

PRO PATRIA AD MORTEM

# Éghajlatváltozás okozta kihívások és lehetséges válaszok



Szerkesztette:  
FÖLDI LÁSZLÓ  
HEGEDŰS HAJNALKA

Dialóg Campus

ÉGHAJLATVÁLTOZÁS OKOZTA KIHÍVÁSOK  
ÉS LEHETSÉGES VÁLASZOK



Vákát oldal

# ÉGHAJLATVÁLTOZÁS OKOZTA KIHÍVÁSOK ÉS LEHETSÉGES VÁLASZOK

Szerkesztők  
Földi László  
Hegedűs Hajnalka

A mű a KÖFOP-2.1.2-VEKOP-15-2016-00001 azonosító számú, „A jó kormányzást megalapozó közszolgálat-fejlesztés” elnevezésű kiemelt projekt keretében jelent meg.

Szerzők

Berek Tamás  
Besenyei Mónika  
Bodnár László  
Csurgai József  
Debreceni Péter  
Farkas Andrea  
Földi László  
Halász László  
Hegedűs Hajnalka  
Hornyacsek Júlia  
Kohut László  
Kuti Rajmund  
Márton Andrea  
Mika János  
Mikulaš Monoši  
Restás Ágoston  
Tóth Tamás

Lektor

Padányi József

© Kiadó, 2020

© Szerzők, 2020

© Szerkesztők, 2020

A mű szerzői jogilag védett. Minden jog, így különösen a sokszorosítás, terjesztés és fordítás joga fenntartva. A mű a kiadó írásbeli hozzájárulása nélkül részeiben sem reprodukálható, elektronikus rendszerek felhasználásával nem dolgozható fel, azokban nem tárolható, azokkal nem sokszorosítható és nem terjeszthető.

## Tartalom

|                                                                                                                                                                           |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Előszó                                                                                                                                                                    | 7   |
| 1. fejezet – <i>Mika János</i> : Nemzetközi klímapolitika, aktualitások                                                                                                   | 9   |
| 2. fejezet – <i>Földi László</i> : Klímapolitika Magyarországon                                                                                                           | 35  |
| 3. fejezet – <i>Besenyei Mónika</i> : Klímatudatosság erősítése az oktatásban                                                                                             | 55  |
| 4. fejezet – <i>Hornycsek Júlia</i> : A klímaváltozással összefüggő katasztrófák lehetséges hatásai a lakosságra és az ezzel szembeni védettségük növelésének lehetőségei | 75  |
| 5. fejezet – <i>Restás Ágoston</i> : Az erdőtüzek intenzitásának változása a globális klímaváltozás hatására                                                              | 91  |
| 6. fejezet – <i>Mikulaš Monoši</i> : Éghajlati változás és erdőtüzek Szlovákiában                                                                                         | 107 |
| 7. fejezet – <i>Kuti Rajmund</i> : Vegetációtüzek környezeti elemekre gyakorolt hatásai, előtérben a talajban bekövetkező változások                                      | 125 |
| 8. fejezet – <i>Berek Tamás</i> : A klímaváltozás mint CBRN-információgyűjtést és feldolgozást befolyásoló tényező                                                        | 141 |
| 9. fejezet – <i>Tóth Tamás</i> : A vízhiányos helyzetek kialakulásának megelőzése és hatékony kezelésének elősegítése                                                     | 159 |
| 10. fejezet – <i>Hegedűs Hajnalka</i> : Az Európai Unió klímaadaptációs stratégiájának tervezett és megvalósult projektjei                                                | 179 |
| 11. fejezet – <i>Csurgai József</i> : Miért szolgálja Paks II. a fenntarthatóságot és az éghajlatváltozás mérséklését?                                                    | 199 |
| 12. fejezet – <i>Kohut László</i> : Élettani paraméterek változása különböző hőmérsékleten végzett terhelés során                                                         | 219 |
| 13. fejezet – <i>Márton Andrea</i> : A klímaváltozás hatásai a Barents Euro-sarkvidéki régióban                                                                           | 241 |
| 14. fejezet – <i>Halász László</i> : Az éghajlatváltozás hatása a krioszféra egyes elemeire és a permafroszt régióra                                                      | 261 |

15. fejezet – *Farkas Andrea*: A magyar közszolgálatok feladatai a klímaváltozással és a hosszú távú globális kihívásokkal kapcsolatban 281
16. fejezet – *Bodnár László – Debreceni Péter*: Erdő- és vegetációtüzek kialakulásának térbeli és időbeli változásai Magyarországon 301
17. fejezet – *Csurgai József*: Az éghajlatváltozás által jelentkező kihívások a nukleáris biztonságban 319

## Előszó

Tisztelt Olvasó!

2017 augusztusától kezdte meg munkáját a Nemzeti Köszolgálati Egyetemen az *Adaptációs lehetőségek a klímaváltozás következményeihez a közszolgálat területén* nevet viselő Ludovika Kiemelt Kutatóműhely. Kutatásaink elsődleges célja a globális éghajlatváltozás hazai negatív következményei okán jelentkező sajátságos klímaadaptációs feladatok meghatározása, azok teljesítésének elősegítése. Magyarország jelenlegi éghajlati viszonyainak elemzésével, a globális éghajlatváltozás jelentette kihívások azonosításával hatékony válaszokat kívánunk adni az adaptációs problémák közszolgálatot érintő kihívásaira, ami új lehetőségeket nyithat meg az erősödő éghajlati szélsőségekhez történő sikeres alkalmazkodás terén. Az éghajlatváltozás legfrissebb hazai adatainak összegzése után, azokra támaszkodva górcső alá vesszünk néhány, a közszolgálat számára kiemelt jelentőségű részterületet a nemzetközi kitekintéstől a dolgozók klímaérzékenységeinek vizsgálatán és Magyarország természeti katasztrófák általi veszélyeztetettségén át egészen a közszolgálati média vonatkozó feladatainak és lehetőségeinek meghatározásáig.

Jelen tanulmánykötet kutatóink első eredményeit rögzíti, amelyekről 2018. május 10-én az egyetemünkön megrendezett országos konferencián tartott előadásainkkal is beszámoltunk. A tanulmánykötet fejezetei egy kellőképpen tarka egyvelegként kívánják bemutatni azt a szerteágazó problémacsomagot, amely megindította tudományos kíváncsiságunkat, és amely esetében a bemutatáson túl néhány megoldást is fel tudtunk vázolni az éghajlatváltozáshoz történő mind hatékonyabb egyéni és közösségi alkalmazkodás elősegítése terén.

*Prof. dr. Földi László*  
kutatóműhely-vezető

Vákát oldal

# 1. fejezet

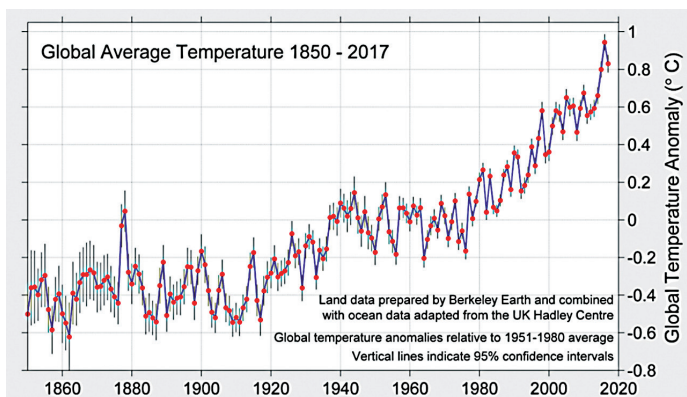
## Nemzetközi klímapolitika, aktualitások

*Mika János*<sup>1</sup>

### 1.1. Bevezetés

#### 1.1.1. Folytatódott a melegedés

Korábbi tanulmányainkban szóltunk (lásd MIKA 2014) arról, hogy kb. 2002 és 2014 között alig emelkedett a Föld felszíni átlaghőmérséklete. A melegedés megtorpanását minden bizonnyal a déli félteke óceánjainak váratlanul felerősödött hőelnyelő képessége okozta. Ugyanakkor a 2015–2017-es évek rendre újra rekordközelezi, magas hőmérsékletet produkáltak. E három év értékeit is hozzátéve a görbéhez, már nem is olyan feltűnő a korábbi stagnálás (1.1. ábra). Ebből, a 2015–2016-os évek magas értékeihez hozzájárulhatott a 2015 közepétől 2016 közepéig tartó El Niño periódus is. E fejezet további részében ezért az El Niño és La Niña jelenségek mibenlétét és éghajlati hatásait ismertetjük.



1.1. ábra

*A globális átlaghőmérséklet alakulása a globális fedettség kezdetétől 2017-ig*

*Forrás: Global Temperature... 2017*

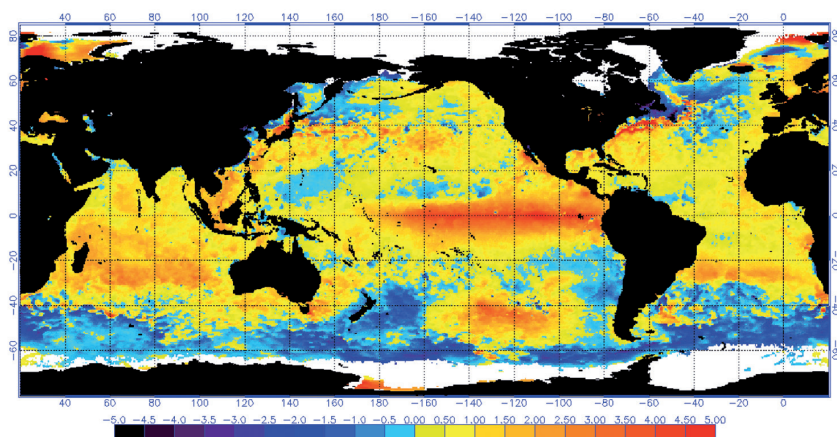
<sup>1</sup> ORCID: 0000-0002-0413-4618, [mika.janos@uni-eszterhazy.hu](mailto:mika.janos@uni-eszterhazy.hu)



De honnan származik, mit is jelent ez a globális átlaghőmérséklet? Valójában mást mérünk a szárazföldek, és megint mást az óceánok fölött. A szárazföldeken a levegőnek a felszíntől két méterre mért hőmérsékletét vesszük figyelembe, míg az óceánok esetében a tengerfelszín hőmérsékletét. Mindkettő az az érték, amelyet a legjobban tudunk mérni. Pontosabban mindkét felszín fölött a hőmérsékleti értékeknek egy viszonyítási időszak átlagától vett eltérését rögzítik. Persze jó lenne az óceánok fölött is a levegő hőmérsékletét mérni, de ez csak hajókról lehetséges.

Abban, hogy a 2015-ös és 2016-os év hőmérséklete minden eddigi megfigyelt értéket meghaladott, minden bizonnyal szerepe van az El Niño jelenségnek is, amely az év közepén kezdődött, és az előrejelzés szerint 2016 közepéig fennállt. Az 1.2. ábrán a 2015. december 24-én mért tengerfelszín-hőmérsékleti eltéréseket láthatjuk. A legnagyobb eltérések Dél-Amerika Egyenlítő-közi partvidékein megközelítik a +4 K-t a sokévi átlagos értékek fölött. (Megjegyezzük, hogy a múlt évszázad El Niño epizódja idején, 1997–1998-ban 5–6 fokkal magasabb értékek is előfordultak!)

A Csendes-óceán egyenlítői térségének normális, átlagos állapota az, hogy az óceán valamivel melegebb felszíne fölött inkább alacsony, a kontinenseken inkább magas a légnyomás. Amikor azonban az óceán felszíne erősen felmelegszik, akkor az alacsony nyomás területe nagymértékben kiterjed, és ennek ellentétéként megerősödik a magas nyomás a kontinensek fölött. Ezt a természeti jelenséget évszázadokkal ezelőtt karácsonykor fellépő égi jelnek tartották, amikor gyenge a halfogás, és senki nem sajnálja az időt Jézus ünneplésére. Innen származik a kisdedre utaló név is. Ma már tudjuk, hogy ez a magas vízhőmérséklet, amit a mélyből érkező, táplálékban és ezt fogyasztó halakban is gazdag, mélységi vizek elmaradása okoz, az év során bármikor megkezdődhet, életciklusa pedig 7–24 hónap lehet.



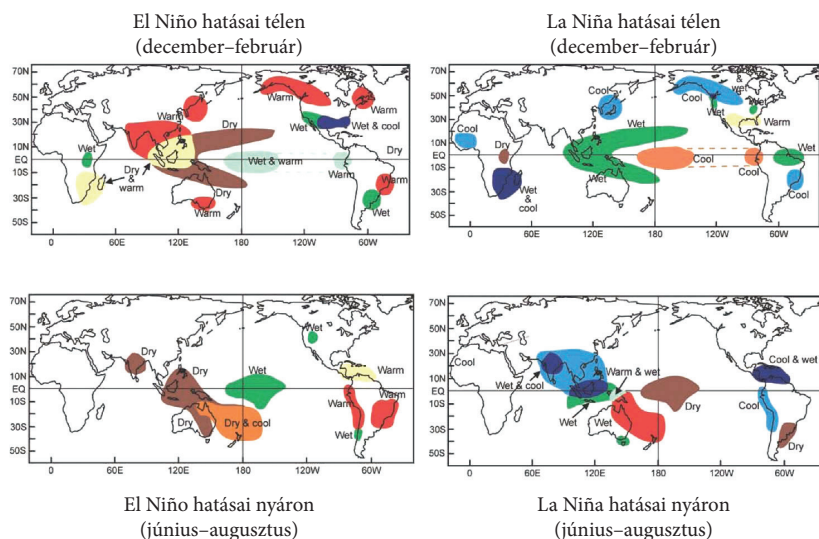
1.2. ábra

*A vízhőmérséklet eltérése a sokévi átlagtól 2015. december 24-én,  
a NOAA/NESDIS tengerfelszín hőmérsékleti anomália (°C)*

*Forrás: Office of Satellite and Product Operations s. a.*

A felszíni hőmérséklet módosulása átrendezi az alacsony földrajzi szélességek légkörzését, csapadék- és szélrendszerét is. Míg Afrikában és Ausztráliában száraz időszakot eredményez, addig a Karib-tengeren és Amerika nyugati partján heves esőzésekkel járhat. Az El Niño ellenpontja, a La Niña ennek nagyjából a fordítottja, ami a szokásosnál kevesebb csapadékot eredményez itt, de annál többet a kontinensek felett. A La Niña állapotban a tengervíz hőmérséklete nem tér el annyira az átlagtól, mint a meleg fázisban.

Az 1.3. ábrán összefoglaljuk, hogy a kétféle óceán-hőmérsékleti és cirkulációs anomália milyen tartós időjárási anomáliákat okozott a 20. század epizódjai alapján. Csak azokat a foltokat mutatják az ábrák, ahol az anomália jellege egyértelmű. Látható, hogy ezek a területek nagyrészt az alacsony földrajzi szélességekre szorítkoznak, és a kétféle anomália összehasonlításában nagyrészt ellentétes előjelűek. E különbség miatt a fejlődő országokban sikeresebb hosszú távú előrejelzések készülnek, mint a mérsékelt övi országokban. A mai kapcsolt óceánlégkör-klímamodellekben sikerrel előre jelezhetők az óceán hőmérsékletének eltérései, különösen akkor, ha az El Niño (vagy a La Niña) állapot már elkezdődött.



1.3. ábra

*Az El Niño (balra) és a La Niña (jobbra) esetén tapasztalt egyértelmű anomáliák a Föld egyes térségeiben.<sup>2</sup>*

*Forrás: Climate Prediction Center s. a.*

<sup>2</sup> Ahol nincs jelölés, ott a különböző epizódok idején más-más anomália mutatkozott.  
Jelmagyarázat: WARM – meleg; COLD – hideg; DRY – száraz; WET – csapadékos.

## 1.1.2. Az IPCC (2013–2014) fő eredményei dióhéjban

### 1.1.2.1. Globális változások

Az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület (Intergovernmental Panel Climate Change – IPCC) három vonatkozásban összegezte mindazt, amit az egyvel korábbi jelentés (2007) óta a tudományos közlemények alapján megtudtunk. Még 2013. szeptember 27-én jelent meg a *Tudományos alapok*. 2014. március 31-én látott napvilágot a *Hatások, alkalmazkodás, sérülékenység*, végül április 13-án a *Kibocsátás mérséklése* című kötet. A három jelentés (IPCC AR5 2017) a mellékletekkel együtt bő hétezer oldal. Az alábbiakban az első kötet, a *Tudományos alapok* lényegét ismertetjük.

A 20. század elejétől 2005-ig a Föld átlaghőmérséklete 0,8–0,9 °C-kal emelkedett. A 21. század eleje váratlanul a felszínközeli hőmérséklet stagnálásával köszöntött be. A légkör 20. századi melegedésével párhuzamosan, az északi félgömbön egyértelműen húzódik vissza a hótakaró, csökken az örökké fagyott talaj területe, valamint a tengeri jég a nyári időszakban. Ugyanakkor az Antarktisz körüli tengeri jégtakaró kiterjedése növekedett, nem csak az utóbbi, stagnáló évtizedben. Az éghajlatváltozás következménye a tengervízszint emelkedése is, amelynek egyik oka a víz hőtágulása, a másik a szárazföldi jéghátságok olvadása.

Legalább az elmúlt fél évszázad melegedéséért nagy valószínűséggel az úgynevezett üvegházhatású gázok (szén-dioxid, metán, dinitrogén-oxid, halogénezett szénhidrogének) fokozódó légköri aránya a felelős. Az elmúlt 250 évben a szén-dioxid 1,7 W/m<sup>2</sup>-rel erősítette a sugárzási mérleget, amihez a többi üvegházgáz további 1,6 W/m<sup>2</sup>-t tett hozzá. Az aeroszolkoncentráció ezt –1,1 W/m<sup>2</sup> erejéig tudta ellensúlyozni. Így bolygónknak mára 2,3 W/m<sup>2</sup> többlettől kell a melegedéssel megszabadulnia. Ha a tapasztalt koncentrációváltozást és minden ismert éghajlati kényszert betáplálunk az éghajlati modellekbe, akkor reprodukálni tudjuk a 20. század második felének felmelegedését. Főleg e bizonyíték hatására 95% valószínűséggel állíthatjuk, hogy a 20. század közepén kezdődött melegedés legalább feléért az emberi tevékenység a felelős.

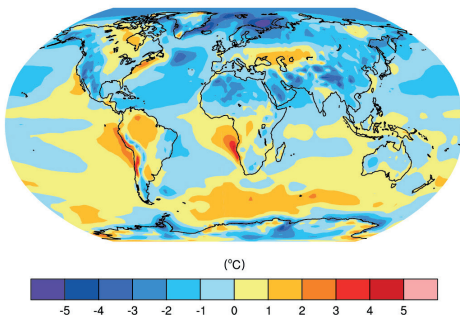
Az üvegházhatás erősödését feltételező, reprezentatív koncentrációpályák szerint 2100-ra az eddigi 2,3 W/m<sup>2</sup>-ről 4,5–8,5 W/m<sup>2</sup>-re nőhet a légköri üvegházhatás mester-séges többlete. A legoptimistább, csak 2,6 W/m<sup>2</sup> többletet előíró változat esetén 2100-ra csaknem visszaáll a mai állapot. A globális éghajlati modellek tanúsága szerint az első három forgatókönyv esetén a Föld hőmérséklete 1–5 K-nel emelkedhet századunk végére a 20. század utolsó két évtizedéhez képest. Az optimista forgatókönyvből csak 0,3–1 K melegedés következik.

### 1.1.2.2. Regionális változások

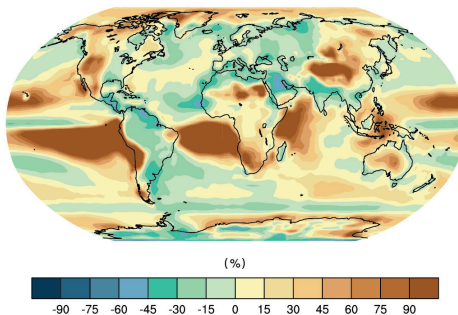
Természetesen a globális változások mellett az IPCC AR5 jelentés (2013–2014) tartalmaz számos olyan térképet, amelyekről már a regionális változások is leolvashatók. Ezek a térképek a jelentésben túlnyomó részben a globális klímamodellekből származnak. Az 1.4. ábrán elsőként azt mutatjuk be, hogy hazánk térségének éghajlata a viszonylag jól szimulált térségek közé tartozik mind a hőmérséklet, mind a csapadék tekintetében.

A felhasznált 42 modell verzió bias típusú (szisztematikus) hibája 1 K alatti, illetve maximum 15% hibával, nullához közeli.

A 42 modell hőmérsékleti hibája (bias: °C)



A 42 modell relatív csapadék hibája (bias: %)



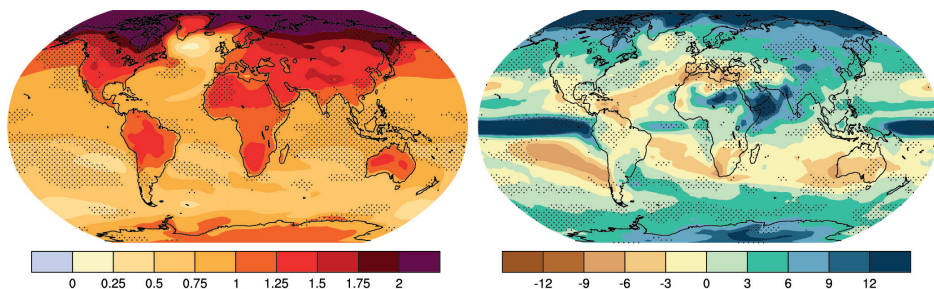
1.4. ábra

A szimulált évi középhőmérséklet (balra) és csapadékösszeg (jobbra) szisztematikus hibái 42 kapcsolt óceán-légkör modell alapján.<sup>3</sup>

Forrás: IPCC 2013, Fig. 9.4.

Az 1.5. ábra a megváltozásokat mutatja 2081–2100-ra az 1986–2005-ös viszonyítási időszakhoz, meghozzá elosztva a mindegyik modellben a globális átlaghőmérséklet változásával, azaz egységnyi melegedésre vetítve. Látható, hogy a legerősebb melegedés az északi térségekben várható. Emellett a kontinensek fölött erősebbek a változások, mint az óceánok felett. A magyarországi melegedés 25–50%-kal gyorsabb, mint a globális átlagé.

Hőmérsékletváltozás 1K globális melegedésre (K/K) Csapadékváltozás 1K globális melegedésre (%/K)



1.5. ábra

Az évi középhőmérséklet (balra) és a csapadékösszeg (jobbra) megváltozása 42 kapcsolt óceán-légkör modell átlagában, egységnyi (1 K) globális hőmérséklet-változásra vetítve.<sup>4</sup>

Forrás: IPCC 2013, Fig. 12.41. alsó része

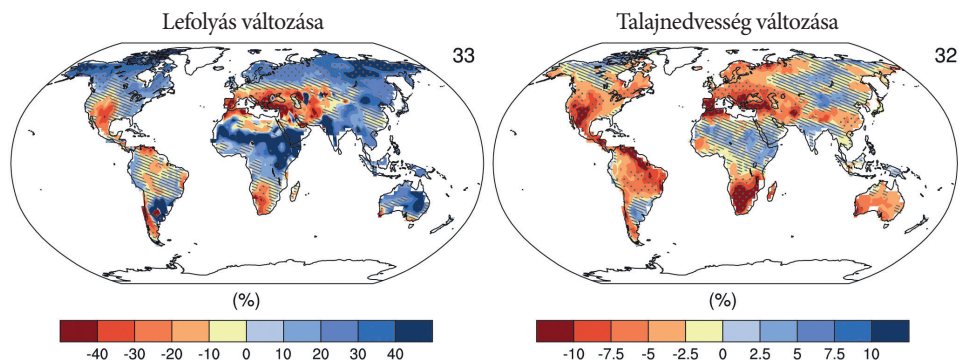
<sup>3</sup> A térképek az 1980–2005-ös időszak szimulált értékeinek eltéréseit ábrázolják az 1980–2005-ös időszakban.

<sup>4</sup> A térképek az 1986–2005-ös időszak modellbeli átlagaihoz képest értendők 2081–2100. átlagában.

A csapadék legerősebb százalékos változásai az Egyenlítő vidékére és a poláris térségbe esnek. Az előbbi térségben a változás igen magas, sok ezer mm/év viszonyítási érték mellett éri el a 10%-ot, míg a poláris térségekben a viszonyítási alap és így az abszolút változás is 1–2 nagyságrenddel kisebb. Hazánkban az évi csapadékösszeg változása nulla körüli. A változások egy éven belüli eloszlásához lásd az 1.4. fejezetet, ahol a regionális modellek eredményeit mutatjuk be.

A csapadék és a hőmérséklet változásai együttesen jelentkeznek a lefolyás és a talajnedvesség változásaiban (1.6. ábra). A csapadék képezi a felszíni vízmérleg bevételi oldalát, a hőmérséklet viszont (a rendelkezésre álló víz mennyiségével együtt) meghatározza a párolgást, azaz a vízmérleg kiadási oldalát. E két oldal pozitív különbsége adja a lefolyást, mivel a talaj vízfelvevő képessége és ennek évi átlagban történő változásai a két oldal mérlegéhez képest elhanyagolhatók. A lefolyás változásának előjele láthatóan nem egyenletes a Föld különböző kontinensei fölött. Az északi félteke kontinensein a magasabb szélességek jellemzően lefolyástöbbletet (magasabb vízszint, árvizek) jelent, aminek fő oka a több csapadék. A mérsékelt szélességek nagy részén egyértelműen csökken a lefolyás, mert itt a hőmérséklet emelkedése, azaz a párolgás növekedése a meghatározó tényező. (Maguk az ábrák a jobb sarokban feltüntetett számú globális klímamodellben keletkezett számokból álltak elő.) Hazánkban mintegy 30%-os lefolyáscsökkenés olvasható le a térképről.

A talaj nedvességtartalma a szárazföldek nagyobb hányadában csökken, még számos olyan területen is, ahol pedig nő a csapadékbevitel. Ezeken a területeken a párolgási veszteség ennél a bevételi többletnél is jelentősebb. Hazánkban is egyértelmű a talaj nedvességkészleteinek apadása a század végére, ami azért is baj, mert a zöldtömeg képződésének már ma is a víz a fő korlátozó tényezője (a hőmérséklet és a napsütés elegendő).



1.6. ábra

*A lefolyás és a talaj felső rétegeinek nedvességtartalma a 21. század végére (2081–2100), a 20. század végéhez (1986–2005) képest a legmeredekebb kibocsátásnövekedést jelentő RCP8.5 forgatókönyv szerint*

*Forrás: IPCC 2013, TFE.1, Fig. 3.*



## 1.2. Mit fogadnak el ebből az újabb összefoglalók?

Az IPCC ötödik értékelő jelentése óta két jelentős átfogó dokumentum jelent meg, valamint folyik egy harmadik szerkesztése. Az első kettő európai, illetve észak-amerikai szempontból tekintette át a változásokat, illetve azok hatásait. A harmadik, ismét az IPCC koordinálásában, azt vizsgálja, hogy milyen lenne bolygónk éghajlata és annak minden következménye, ha sikerülne 1,5 K-en megállítani a melegedést az ipari forradalomhoz képest, azaz már csak további fél fokos melegedést engedve. Ez utóbbi jelentés még nincs kész, jelenleg nem adhatunk közre belőle semmit. Emiatt a 1,5 K-es gondolkört saját gyűjtésünk alapján vázoljuk, miután röviden ismertettük a másik két fenti összeállítást.

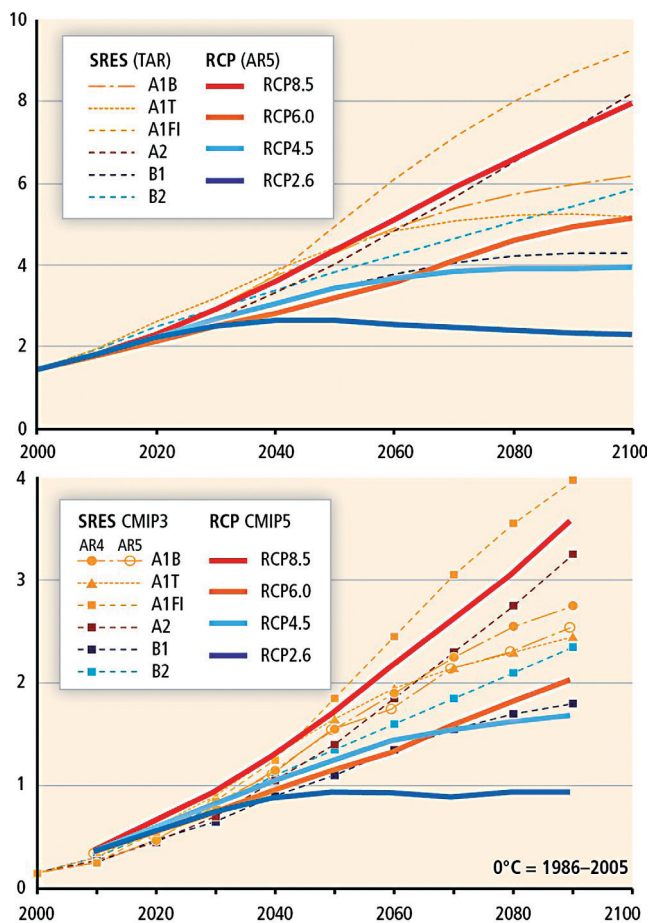
### 1.2.1. Az Európai Környezeti Ügynökség összefoglalója

A fenti jelentés (EEA 2017) is megerősítette, hogy bolygónkon és Európában is folytatódik a felmelegedés. A szárazfölkék és az óceánok hőmérséklete emelkedik, módosul a csapadék eloszlása, egyes térségeket különösen belvizessé, más térségeket aszályossá téve. Az előbbi főként a tél és a tavasz, az utóbbi a nyár jellemző szélsősége. Visszahúzódott a tengeri jég-takaró, a gleccserek kiterjedése és a hótakaró, míg a tengerszint emelkedett az IPCC 2013-as jelentése óta is. Az időjárási szélsőségek sem kímélték a kontinenst.

Az Európai Környezeti Ügynökség (European Environment Agency – EEA) összeállítása (EEA 2017) megismételte az IPCC korábbi ábráját (1.7. ábra), amelyen nyomon követhetjük, hogy milyen viszonyban vannak az IPCC (2013) forgatókönyvei a régebbiekkel. Megállapíthatjuk, hogy a legmeredekebb, RCP8.5 forgatókönyv kissé meredekebb a korábbi második legradikálisabb, A1 forgatókönyvnél (IPCC 2007), míg a közepes RCP6.0 és RCP4.5 forgatókönyvek felülről, illetve alulról közelítik a korábbi legenyhébb B1 forgatókönyvet. A különlegesen optimista RCP2.6 forgatókönyvhöz hasonló lehetőség még nem szerepelt a korábbi forgatókönyvek között.

EEA 2017-es jelentése továbbá megállapítja azt is, hogy az éghajlatváltozás és más tényezők, mint például a földhasználat változásai miatt az ökoszisztémák és a védett térségek fokozódó nyomás alatt állnak. Mindez fenyegetést jelent a biodiverzitásra nézve, de közvetlenül hat az erdőkre, a tengeri halászatra, a mezőgazdaságra és az emberi egészségre is. A közegek legegyszerűbb változása az észak felé és a nagyobb magasságokba tolódás lenne, de ennek is vannak akadályai, még az állatvilágban is. A növényeket ebben a szűkeségnél sokkal lassúbb (csak generációról generációra történő) helyváltoztatás és tájidegen fajok megjelenése korlátozza.

Megállapítja továbbá a jelentés, hogy az éghajlatváltozás legtöbb következménye káros Európa területén. A tengerszint emelkedése, a vihardagályok emiatti fokozódása és a tengerpart eróziója mindenképpen ilyen. A hőhullámok fokozódása közvetlen egészségi kockázatokat hordoz, de áttételesen az elektromos hálózatokban is gyakran kimaradást okoz a hűtőberendezések fokozott fogyasztása. A változások a közlekedést és a turizmust is érintik.



1.7. ábra

*Előre jelzett változások a sugárzási kényszerben (felül) és a globális átlaghőmérsékletben (alul) a 21. században a különböző reprezentatív (RCP, az IPCC AR5, 2013-ból), illetve a betűkkel jelölt SRES (IPCC 2007-ből) forgatókönyvek alapján*

*Forrás: IPCC 2014, Fig. 1.4.*

A hatások területi eloszlása sem egyforma Európában. Dél- és Délkelet-Európa lehet a leginkább kitett terület, ahol a legkedvezőtlenebbek a hatások. A tengerparti, illetve a gyakori áradásnak kitett területek főként Nyugat-Európában szintén veszélyeztetettek, bár ugyanez elmondható az Alpok térségére és az Ibériai-félszigetre is. A gyors melegedés és az olvadás a sarkvidéki hideg térségekben előnyöket és kihívásokat egyaránt hordoz.

A jelentés továbbá statisztikákat is tartalmaz a különböző rendkívüli időjárási körülmények eloszlásáról, és az emberi életet veszélyeztető, illetve anyagi kárt okozó hatásaikról (1.1. táblázat).

## 1.1. táblázat

*Rendkívüli időjárási események által okozott, 1 millió főre jutó halálozások száma az egyes európai alrégiókban az 1991–2015-ös időszakban. A régiók felosztását a táblázat aláírása tartalmazza. A népességi ráták a 2013. évi demográfiai adatok alapján lettek meghatározva*

|                      | Áradás és nedves<br>tömegmozgás (tar-<br>talmazza a föld-<br>csuszamlásokat is) | Hideg idő-<br>járási ese-<br>mény | Hóhullám      | Vihar       | Erdőtűz     |
|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|---------------|-------------|-------------|
| <i>Kelet-Európa</i>  | 8,57                                                                            | 28,27                             | 11,39         | 1,73        | 0,54        |
| <i>Észak-Európa</i>  | 0,99                                                                            | 1,67                              | 11,17         | 2,48        | 0,01        |
| <i>Dél-Európa</i>    | 6,75                                                                            | 0,92                              | 177,98        | 1,19        | 0,97        |
| <i>Nyugat-Európa</i> | 2,09                                                                            | 0,89                              | 191,58        | 2,79        | 0,04        |
| <b>Összesen</b>      | <b>4,64</b>                                                                     | <b>5,31</b>                       | <b>128,98</b> | <b>1,99</b> | <b>0,46</b> |

*Megjegyzések:*

*Kelet-Európa:* Bulgária, Csehország, Magyarország, Lengyelország, Románia, Szlovákia.

*Észak-Európa:* Dánia, Észtország, Finnország, Izland, Írország, Lettország, Litvánia, Norvégia, Svédország, Egyesült Királyság.

*Dél-Európa:* Albánia, Bosznia-Hercegovina, Horvátország, Ciprus, Görögország, Olaszország, Észak-Macedónia, Montenegró, Portugália, Szerbia, Szlovénia, Spanyolország, Törökország.

*Nyugat-Európa:* Ausztria, Belgium, Franciaország, Németország, Luxemburg, Hollandia, Svájc.

*Forrás:* EM-DAT s. a., EUROSTAT s. a., WHO s. a., EEA 2017, 5.2. táblázat

## 1.2.2. Az USA nemzeti jelentése

Az USA 2017 novemberében összeállított nemzeti jelentéséből (*USGCRP* 2017) leszűrhető legfőbb tanulságok a következők:

- a jelentés az embert teszi felelőssé a változásokért és a korábbi jelentésekhez hasonlóan további melegeedésre számít;
- nem tartja fontosnak, az éghajlatról szóló tudásunk megfelelőségét kétségbe vonónak a földi átlaghőmérséklet *Global Warming Hiatus* néven elhíresült stagnálását kb. 2000 és 2013 között;
- de nem tartja reálisnak azt sem, hogy sikerüljön 1,5 fokos (a maihoz képest félfokos) globális melegeedésnél megállítani a melegeedést.

Kissé részletesebben a következő megállapítások érdemesek a kiemelésre:

- A globális évi középhőmérséklet kb. 1,0 K fokkal emelkedett az utóbbi 115 évben (1901–2016 között). Ez az időszak a legmelegebb a modern civilizáció korában. Az utóbbi három év – 2017-tel bezárólag – a megfigyelések kezdete óta a három legmagasabb értéket hordozza.
- Bizonyítékok széles körére alapozva, szélsőségesen valószínű (> 95%), hogy a 20. század közepe óta az üvegházgázok mennyiségi növekedése a melegeedés legfontosabb tényezője. Nincs a tudománynak ismerete olyan okról, ami az elmúlt évszázad során a megfigyelt változásokkal összhangban levő alternatívája lehetne az üvegházhatás erősödésének.
- A tengervíz szintje 18–20 cm-rel emelkedett 1900 óta, aminek csaknem a fele (7–8 cm) 1993 óta valósult meg. A teljes időszak változása nagyobb, mint amit



az utóbbi legalább 2800 évben rekonstruálni lehetett. Az emiatt még kritikussabb ár-ápanya jelenség már több mint 25 nagyvárost érint az észak-amerikai kontinensen.

Hatalmas erdőtüzek pusztítottak az USA nyugati államaiban és Alaszkában 1980-tól kezdődően, súlyos károkat okozva az ökoszisztémában. A korábbra tolódó olvadás már ma hatással van a vízellátásra az Egyesült Államok nyugati részén, s ezek a tendenciák a jövőben erősödni, fokozódni fognak. Az erősebb változásokat előrejelző forgatókönyvekben jelentős vízhiányokra és hidrológiai aszályra kell számítani az USA-ban, már a 21. század vége előtt.

Látható tehát, hogy az amerikai tudósok nem hátrálnak meg véleményeikkel a klímaváltozást is kétségbe vonó elnöki nyilatkozatok ellenére.

### 1.2.3. Az 1,5 K melegedés reménységét tükröző jelentéstervezet

Az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület (IPCC) speciális jelentést készít elő *Special Report on Global Warming of 1.5 °C* címmel, (IPCC 2018) amelynek célja annak bemutatása, hogy milyen lenne bolygónk éghajlata, ha sikerül 1,5 K foknál megállítani a globális felmelegedést. A kötet azt is vizsgálja, hogy ez a klíma mennyiben lenne más, mint ha az éghajlat stabilizálása csak 2 K-nél sikerülne. Természetesen a jelentés bemutatja a hatásokat és azt is, hogyan lehetne elérni ezt a nagyon ambiciózus célt.

A *Speciális jelentés* elkészítését az ENSZ éghajlatváltozási keretegyezményében (United Nations Framework Convention on Climate Change – UNFCCC) (1992) részes felek javasolták, az IPCC 2016-ban fogadta el a javaslatot. Mivel a jelentés e tanulmány elkészítésének idején még csak a második szakértői-kormányzati véleményezésen jutott túl, nem áll módomban annak tartalmát részletesen bemutatni. A speciális jelentés megjelenése után a projektünk zárójelentéséhez már felhasználható lesz.

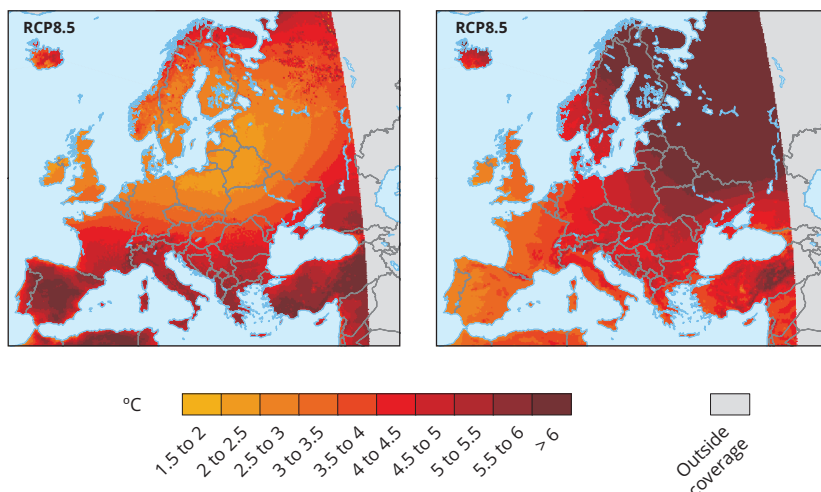
## 1.3. Aktuális változási térképek Európára a CORDEX-projektből

A kvantitatív hatásvizsgálatok különböző modellek láncolatát alkalmazzák. Az egyik modell kimeneti értékei bemenő adatként szolgálnak a másik modell számára. A globális klímamodellek felbontása gyakran nem elég finom ahhoz, hogy a hatásmodellekhez érdemi adatokkal szolgálhasson. Emiatt dinamikus leskálázásra van szükség. Ez a finom felbontású (10–25 km-es rácsávolságú) modellek beágyazását jelenti a globális modellbe úgy, hogy a regionális modellben végbement változásokat nem vezetik vissza a globális modellbe.

### 1.3.1. Hőmérséklet-változás

A hosszú távú éghajlati prognózisok erősen függenek attól, hogy melyik kibocsátási forgatókönyvet tartjuk mérvadónak. A következőkben a legmeredekebb, RCP8.5 feltételezéssel Európára kapott számításokat mutatjuk be Jacob és munkatársai (2014) alapján, jelezve, hogy az EEA 2017 is ezt az ábrát hozza mint legfrissebb eredményt (1.8. ábra).

Az 1.8. ábra tanúsága szerint a nyári, illetve a téli változás térbeli mintázatai jelentősen különböznek. A legnagyobb változások nyáron a Földközi-tenger tágabb környezetébe esnek, míg télen az eleve nagyon hideg északkeleti síkságokra, akár 6 K változást is mutatva. A vizsgált száz év alatt hazánk térségében mindkét szélső évszakban 4–5 K melegedés várható.



1.8. ábra

*Előre jelzett hőmérséklet-változások 2071–2100-ra az 1971–2000-es évekhez képest (°C) a felszín közelében nyáron (balra), illetve télen (jobbra) az RCP8.5 kibocsátási forgatókönyv alapján.*

*A térképek az EURO-CORDEX projektben szereplő, globális háttérmodellek (GCM) és regionális beágyazott modellek (RCM) összes kombinációjának átlagát mutatják*

*Forrás: JACOB et al. 2014, EEA 2017, MAP 3.4.*

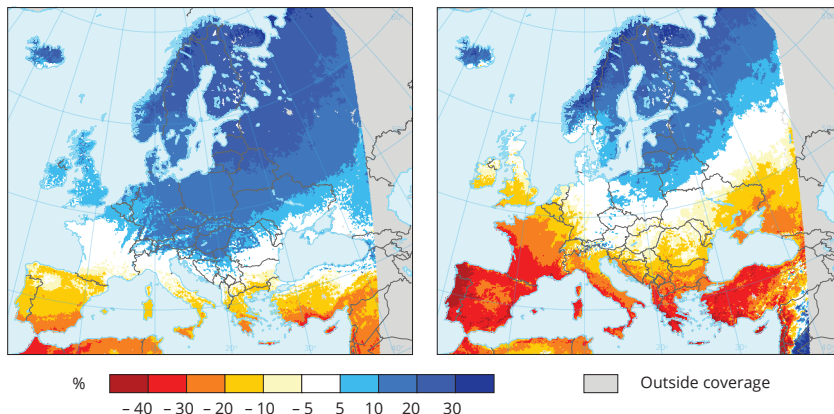
### 1.3.2. Csapadékváltozás

Az éves és a nyári csapadékösszeg megváltozására kapott átlagos térképeket az 1.9. ábrán mutatjuk be. Mindkét térképen egyértelmű a jelentős száradás (csapadékcsökkenés) a Földközi-tenger tágabb környezetében, míg Európa északabbi területein egyértelmű csapadéknövekedés várható. Európa középső sávjaiban a változás előjele erősen évszakfüggő: nyáron e sávban csaknem mindenütt kisebb-nagyobb csapadékcsökkenés várható, azonban az éves összeg emelkedése arra utal, hogy a többi évszakban inkább növekedni fog a csapadék.

Magyarországon ezen újabb számítások szerint még a nyári térképeken sem jelentős a csapadékcsökkenés, míg az évi összegben mintegy 20%-os növekedés látható az ábrán. A változás előjelváltását kirajzoló fehér sáv is tőlünk délebbre húzódik. Megjegyezzük, hogy a változások előjele és térbeli eloszlása megfelel a globális klíma-modellek által a legutóbbi és a korábbi IPCC-jelentésekben szolgáltatott eredményekkel,

de az, hogy hazánkra nézve nyáron is alig mutatkozik csapadécsökkenés, új elem a hasonló szimulációk történetében.

Az ábrákat szolgáltató EURO-CORDEX projektről bővebben olvashatunk a *EURO-CORDEX — Coordinated Downscaling Experiment – European Domain*<sup>5</sup> honlapon. Megjegyezzük, hogy bár az együttműködésben az Országos Meteorológiai Szolgálat is részt vevő partner, a fenti térképekhez hazai modellszámítást nem használtak fel, a sok szerző között sajnos nem szerepel hazai szerző sem.



1.9. ábra

*Az éves és a nyári csapadékösszeg megváltozására kapott átlagos térképek.<sup>6</sup>*

*Forrás: JACOB et al. 2014, EEA 2017, MAP 3.8.*

## 1.4. Klímapolitika

### 1.4.1. A párizsi megállapodás

A 2015. évi párizsi klímacsúcs résztvevői látványosan ünnepelték a megszületett egyezményt. Jogos-e az örömről, vagy csak a politikusok kötelező sikerpropaganda-akciójáról van szó? E kérdést próbáljuk megvilágítani az alábbiakban. Mielőtt ezt megtennénk, lássuk, hogy mennyivel és mikorra kellene csökkentenünk az üvegházgázok kibocsátását!

A végső feladat a melegedés lefékezése, majd megállítása, amihez a légkör állandó összetétele szükséges. Ez pedig nem kevesebbet követel, mint azt, hogy ne engedjünk ki több üvegházhatású gázt, mint amennyit a földi szférák, elsősorban az óceánok mélye és a bioszféra el tud nyelni. A szén-dioxid esetében a mészkő padozat és a növényi fotoszintézis képes erre. Ez az elnyelőképesség 60–80%-kal kisebb, mint a mai kibocsátás, vagyis épp ennyivel kell lecsökkenteni a kibocsátást ahhoz, hogy ne növekedjen a gázok koncentrációja!

<sup>5</sup> Elérhető: [www.euro-cordex.net/](http://www.euro-cordex.net/) (A letöltés dátuma: 2018. 03. 20.)

<sup>6</sup> A csapadékváltozásra az eredeti érték %-ában balra az évi összeg, jobbra a nyári összeg változásai láthatók.

De az se mindegy, hogy ezt mekkora felmelegedést megengedve érjük majd el. A tengerszint lassú emelkedéséhez minden tizedfok hozzájárul. Emellett a folyamatos melegedés elérhet olyan kritikus küszöbértékeket, ahol a mennyiségi változás minőségi ugrásba torlik. Az 1.2. táblázatban összefoglaljuk az ilyen „kritikus billenőpontok” közül azokat, amelyek az egész Földre kiterjedő változást hozhatnak. Ezeken kívül még kb. egy tucat regionális billenőpontot ismerünk, például az El Niño/La Niña oszcilláció erősebbé válásával kapcsolatosan.

A táblázatból kitűnik, hogy 3–5 K között a nyugat-antarktiszi jégömb megolvadása és az óceáni szállítószalag legyengülése drámai tengerszint-emelkedéssel, illetve az időjárás átrendeződésével fenyeget. Látható, hogy az Északi-tenger jegének nyári visszahúzódását már aligha tudjuk megakadályozni. Végül a grönlandi jégsapka olvadásának perspektívája azt is előrevetíti, hogy nem elég megállítani a változást, hanem később vissza is kell hűteni, mert különben a grönlandi jég makacsul folytatja az olvadást, és emeli a tengerszintet.

### 1.2. táblázat

*A földi éghajlat azon kritikus billenőpontjai, amelyeket elérve a melegedés már kritikus minőségi ugrást szenvedhet*

| Érzékeny térség                             | Globális küszöb | A változás időléptéke | Következmény                                       |
|---------------------------------------------|-----------------|-----------------------|----------------------------------------------------|
| <i>Arktikus jégtakaró, nyáron</i>           | +0,5–2 K        | ~ 10 év (gyors)       | többszöröselemelkedés                              |
| <i>Grönlandi jéghegy</i>                    | +1–2 K          | ~ 300 év (tartós)     | +2–7 méteres vízszintemelkedés                     |
| <i>Nyugat-antarktiszi shelf-jégömb</i>      | +3–5 K          | ~ 300 év (lassú)      | +5 m óceáni vízszintemelkedés                      |
| <i>Észak-atlanti szállítószalag gyengül</i> | +3–5 K          | ~ 100 év (fokozatos)  | Az európai időjárás átalakulása, de nem jégkorszak |

*Forrás: a szerző szerkesztése LENTON et al. 2008 alapján*

A klímapolitika régóta a 2 K-es küszöböt szorgalmazza. Ennek egyik oka, hogy akkor biztosabban sikerül a 3 K, a másik ok a tengerszint folyamatos emelkedése mint elkerülendő probléma. A párizsi megállapodás (*Párizsi egyezmény* 2015) a +2 K előtti, lehetőség szerint 1,5 K-hez közeli stabilitást tűzne ki célul az ipari forradalom előtti értékhez képest. E cél megvalósításának megítéléséhez vegyük figyelembe a következőket:

- eddig már végbement földi átlagban 1,0 K-es a melegedés;
- a légkör összetételének állandósulása után még 0,3–0,4 K-es, úgynevezett büntető melegedés (IPCC 2007) következik majd amiatt, hogy a nagy hőkapacitású óceánok, amelyek nem engedték egészében érvényre jutni az üvegházhatás erősödését, később tovább melegítik a felszínközeli levegőt. E két értéket összeadva már majdnem 1,5 K-nél tartunk!

A megállapodás nem tartalmaz konkrét mérséklési vállalást, csak megállapítja, hogy az egyes országok 2015 áprilisára, sőt azóta tett, önkéntes vállalásai nem elegendők a globális melegedés 2 K alatt tartásához. A szerény eredmény fő oka, hogy egyes nagy kibocsátók igen csekély vállalásokat tettek, például Kína csak azt, hogy 2030-tól nem növeli a kibocsátást. Hazánk az EU minden országával azonos, 40%-os csökkentést vállalt 2030-ra,

ami Magyarországon lényegében már meg is valósult. Az Egyesült Államok 26–28%-os csökkenést vállal 2025-re a 2005-ös állapothoz képest. Kína és az Egyesült Államok összevetéséhez fontos tudni, hogy országmenten Kína immár egyértelműen meghaladja az USA kibocsátását, de egy főre vetítve egy kínai polgár csupán felét bocsátja ki az amerikai átlagnak. (*Adoption of the Paris Agreement* 2015)

A megállapodás inkább tekinthető az 1992-es éghajlatváltozási keretegyezmény feljavításának, mivel a korábbinál pontosabb éghajlati célállapotot jelenít meg. A korábbi célkitűzés „az éghajlati rendszerre gyakorolt veszélyes antropogén hatás megakadályozását” (UNFCCC 1992) vetítette elő elérendő célként.

*Hogyan lehet ebből tényleges kibocsátásmérséklés, és mikorra?* A párizsi megállapodást az országok vezetői számára a Föld napjától, 2016. április 22-étől egy évig tartották volna nyitva az országokénti ratifikációt (saját nemzeti jogrendbe iktatást) követően aláírásra az ENSZ New York-i székhelyén. A megállapodás az országoként tett felajánlásokkal együtt legkorábban 2020. január 1-jén válik majd érvényessé, amikor ehhez legalább 55 ország csatlakozik, s az általuk képviselt együttes kibocsátás is eléri az 55%-ot. Szerencsés módon e számokat 2016. október 5-ére elértük, így a párizsi klímamegállapodás egy hónappal később, 2016. november 4-én életbe lépett.

A mai napig (2018. március 1-jéig) a 197 részes félből 175 ratifikálta a megállapodást. Az európai országok közül csak Oroszország, Törökország, Montenegró és San Marino hiányzik a ratifikáló országok közül. A többi hezitáló állam nagy többsége jelentős olajtermelő ország.

#### 1.4.2. Az USA kilépése a párizsi megállapodásból

Egyelőre úgy tűnik, hogy Donald Trumpnak, az USA elnökének a párizsi klímamegállapodást felrúgó bejelentése (2017. június 1-jén) olyan következményt nem von maga után, hogy bármelyik európai vagy tengerentúli állam a kilépést fontolgatná. Sőt a bejelentést követően az Egyesült Államokban több tagállam és nagyvállalat is közölte, hogy az elnöki döntés ellenére ők az eddigi úton haladnak tovább. Ez azt jelenti, hogy gazdasági érdek fűzi őket a környezetbarát energia felhasználásához és a minél hatékonyabb energiatakarékossági technikák kidolgozásához.

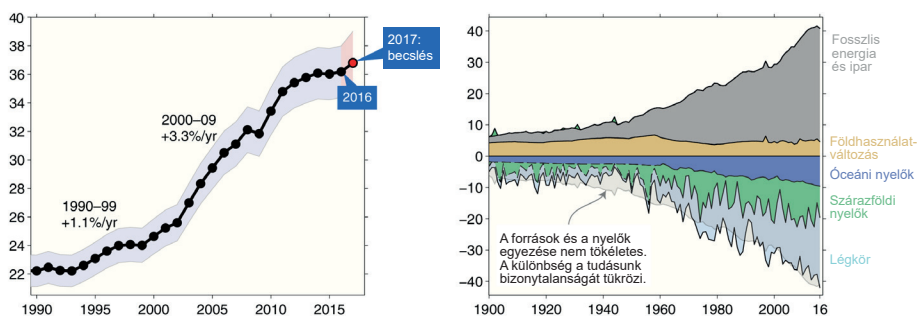
Megnyugtató adat, hogy a világ fejlett országainak jelentős része sokat tett a kibocsátás csökkentése érdekében, és erre pozitív eredményekkel tudunk szolgálni. A legfontosabb, hogy a világ üvegházgáz-kibocsátása 2014 és 2016 között alig emelkedett. Már a legnagyobb kibocsátó országban, Kínában is stagnál a kibocsátás. Az Egyesült Államokban bő hat éve, az Európai Unióban több mint tíz éve csökken a kibocsátás.

Ha tehát az USA elnöke rendeletekkel erőlteti is a fosszilis energia felhasználását, az összességében rosszat tenne az amerikai gazdaságnak. A kevés energiabefektetést igénylő termékek ma jobban eladhatók, amint ezt a párizsi megállapodástól függetlenül tapasztalható kibocsátásstagnálás is bizonyítja. Trump elnök ígérete szerint bizonyára megnyitja majd a szénbányákat, de a zöldenergia fejlődése és az anyag- és energiaigényének csökkenése olyan mértékű lesz, hogy az majd mindent ellensúlyoz. Abban igaza lehet Trumpnak, hogy az USA a többi országhoz képest nagyobb kibocsátáscsökkentést vállalt, de egy főre vetítve kiemelkedően magas kibocsátásért is felel. (Lásd a következő pontban.)

### 1.4.3. Aktuális kibocsátástendenciák

A Föld Statisztikai Adatai (*Earth System Science Data* – ESD) honlapon 2006 óta napvilágot látnak a világ szén(-dioxid) körforgalmának adatai is. A 2017. évig terjedő elemzések (*Earth System Science Data* s. a.) 2017. november 1-jén kerültek ki az *Earth System Science Data, Global Carbon Budget 2017*. című jelentésben.<sup>7</sup> (LE QUÉRÉ et al. 2017) Ebben a fosszilis energiahordozók és az ipar kibocsátása miatti éves mérlegnövekedés ( $E_{FF}$ ) a világ energiastatisztikáin és cementgyártási adatokon alapszik. A földhasználattal, döntő részben az erdőirtással és telepítéssel kapcsolatos növekmény ( $E_{LUC}$ ) földhasználati megfigyelések és gazdálkodási modellek segítségével készült. A légköri szén-dioxid-koncentrációkat folyamatosan mérjük, így a légkörben maradó szén-dioxid évi növekménye ( $G_{ATM}$ ) jól becsülhető. Végül az óceáni  $CO_2$ -elnyelés ( $S_{OCEAN}$ ) és a szárazföldi biomassa-megkötés ( $S_{LAND}$ ) évenkénti értékei megfigyelésekkel támogatott, körforgalmi modellekből származnak. E becslések pontos értékei zérusmérleget ( $B_{IM}$ ) kellene, hogy adjanak, ám ez nem teljesül pontosan. A legutolsó teljes évtizedre (2007–2016) rendelkezésre álló mérlegkomponensek és becsült hibáik a következőképpen alakultak:  $E_{FF} = 9,4 \pm 0,5 \text{ GtC yr}^{-1}$ ,  $E_{LUC} = 1,3 \pm 0,7 \text{ GtC yr}^{-1}$ ,  $G_{ATM} = 4,7 \pm 0,1 \text{ GtC yr}^{-1}$ ,  $S_{OCEAN} = 2,4 \pm 0,5 \text{ GtC yr}^{-1}$ ,  $S_{LAND} = 3,0 \pm 0,8 \text{ GtC yr}^{-1}$ . A mérleg tíz év átlagában  $+0.6 \text{ GtC yr}^{-1}$ , ami arra utal, hogy vagy ennyivel túlbecsült a kibocsátás évi átlagos növekménye, vagy ugyanennyivel alulbecsültek a nyelők.

Az alábbiakban négy diagramot mutatunk be ebből a tanulmányból (1.10. és 1.11. ábra). Elsőként lássuk, hogyan alakult a szén-dioxid kibocsátása 2016-ig, illetve becsült értéként 2017-ben! Látható, hogy a nem mezőgazdasági kibocsátás néhány évi stagnálás után ismét nőtt 2017-ben, méghozzá évi mintegy 2%-kal (1.10. ábra).



1.10. ábra

A fosszilisenergia-használat és a cementgyártás miatti  $CO_2$ -kibocsátás ( $GtCO_2/év$ ; balra) és az összes kibocsátás, és annak megoszlása a földi szférák között ( $GtCO_2/év$ ; jobbra).<sup>8</sup>

Forrás: LE QUÉRÉ et al. 2017

A légköri szén-dioxid növekedése ugyanakkor folyamatos, mivel a stagnáló évek kibocsátása is jelentősen meghaladja azt a szintet, amit az óceánok és a szárazföldek még semlegesíteni tudnak. Meg kell ugyanakkor jegyeznünk, hogy a szférák semlegesítő

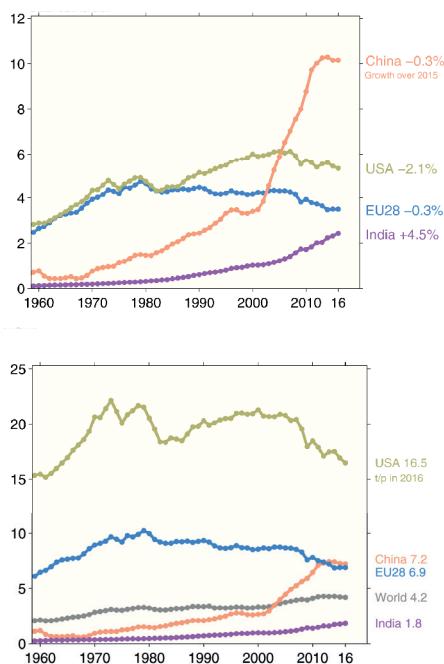
<sup>7</sup> Elérhető: [www.earth-syst-sci-data-discuss.net/essd-2017-123/](http://www.earth-syst-sci-data-discuss.net/essd-2017-123/) (A letöltés dátuma: 2018. 03. 20)

<sup>8</sup> A jobb oldali ábrán a nyelők összege nem mindig adja ki a forrásokét, vagyis ismereteink pontossága korlátozott.

képessége a mai kibocsátások mellett ekkora, kisebb kibocsátás esetén szerényebb lehet. Minél jobban megközelítjük hosszabb távon a nulla kibocsátást, annál biztosabb, hogy a koncentrációk nem nőnek tovább, ezáltal már csak az óceáni hőelnyelés miatti „büntető melegedés” emeli a hőmérsékletet.

Az egyes országok, országcsoportok felelősségét az 1.11. ábrán mutatjuk be, ugyancsak Le Quéré és munkatársai (2017) nyomán. Az első rangsort messze Kína vezeti, immár bő tíz éve, egyre növekvő különbséggel, annak ellenére, hogy mintegy négy éve itt is stagnál a kibocsátás, ám az USA-ban és az EU-ban egy évtizede jelentősen csökken. Az ábrán szereplő országok közül egyedül India kibocsátása növekszik a 20. század közepe óta, illetve az utóbbi évtizedben fokozódó ütemben.

Az egy főre vetített kibocsátás grafikonján a világ kibocsátása lassú növekedés után az utóbbi néhány évben kissé csökkent (a népesség növekedése miatt azért növekedett, sőt a 2017-re becslült érték immár jelentős növekedést vetített előre. E mutató alapján egyértelmű, hogy az Egyesült Államok egy polgára bocsátja ki a legtöbb szén-dioxidot. Bár itt a leggyorsabb a csökkenés, az utóbbi években is mintegy kétszeres az USA egy főre vetített kibocsátása annak, ami Kína és az EU egy átlagpolgárának rovására írható. Érdekes, hogy az utóbbi pár évben egy kínai lakos kicsivel több szén-dioxidot bocsát ki, mint egy EU-s állampolgár.



1.11. ábra

*A fosszilisenergia-használat és a cementgyártás miatti CO<sub>2</sub>-kibocsátás a legjelentősebb országokra (GtCO<sub>2</sub>/év: felül) és az egy főre eső kibocsátás (t CO<sub>2</sub>/fő/év: alul) ezekben az országokban és a világon*

*Forrás: LE QUÉRÉ et al. 2017*



## 1.5. Klímaváltozás és helyi éghajlat az ENSZ SDGs (2016–2030) céljaiban

Az ENSZ közgyűlése 2015 szeptemberében fogadta el a Fenntartható Fejlődés Menetrendjét, benne 17 céllal és 169 részcéllal (Sustainable Development Goals – SDGs), (SDGs 2015) amelyek kidolgozása Kőrösi Csabának, hazánk ENSZ-nagykövetének társelnökségével zajlott, a kenyai Macharia Kamauval együtt.

### 1.5.1. A célok rendszerezése

A célokat, amelyek ikonjai az 1.12. ábrán láthatók, nem rendezték logikai sorba. Ezért a célokat logikus rendben az alábbiakban mutatjuk be (a pontos megfogalmazásokat lásd alább):

- elsődleges emberi igények (2. enivaló, 3. egészség, 6. víz, 7. energia);
- egyenlőség, igazságosság (1. szegénység, 4. oktatás, 5. nemek egyenlősége, 10. más egyenlőtlenségek);
- hatékony és fenntartható gyártás (8. gazdasági növekedés, 9. innovatív ipar, 12. felelős fogyasztás, gyártás);
- veszélyeztetett tájak (11. nagyvárosok, 14. óceáni élet, 15. élet a szárazföldön);
- éghajlatváltozás (13. éghajlati akciók);
- világméretű együttműködés (16. béke és igazságosság, 17. partnerség).

Az alábbiakban az ENSZ fenntartható fejlődési céljait (2016–2030) elsősorban az éghajlathoz és annak változásaihoz kapcsolódva ismertetjük. Az alábbiakban megállapítjuk, hogy összesen 22 éghajlati relevanciájú részcel a 169 részcel 13%-a. Az alábbi táblázatok össze-sítése szerint a jelen éghajlatához 21, annak változásaihoz 11 részcelnek van kapcsolódása.



1.12. ábra

*A fenntartható fejlődés céljainak (2016–2030) emlékeztető ikonjai*

*Forrás: SDGs 2015*



### 1.5.2. Az éghajlathoz és annak változásához kapcsolódó célok és részcélok

E fejezetben a témánkhoz kapcsolódó célokat és részcélokat eredeti szövegükkel mutatjuk be. Az alábbiakban is használt magyar fordítás a hazai indikátorokat előkészítő munkabizottság számára készült. (KSH 2015) A dokumentumban a kitűzött célok kétféle jelöléssel szerepelnek. *Szám.szám* jelöléssel azokat a célokat sorolja a forrás, amelyek konkrét évre elérendő, határozott elvárásokat fogalmaznak meg. Ezzel szemben a *szám.betű* típusú rész-célok intézményi, szemléleti feltételeket tartalmaznak.

Az alábbi alfejezetekben minden cél szerepel legalább egy részcéllal, egy kivétellel. Ez az 5. *A nemek egyenlőségének megvalósítása, minden nő és lány társadalmi szerepének megerősítése* cél. Mind az öt alfejezetben idézzük a célokat és részcélokat, majd táblázatba foglaljuk, hogy a jelen klímára vagy annak változására vonatkozó ismeretek hasznosulnak-e a rész-cél megvalósításában, végül leírjuk, hogy miben is állnak ezek a kapcsolódások.

#### 1.5.2.1. Elsődleges emberi igények (4 cél, 4 releváns rész-cél)

„2. Cél: Az éhezés megszüntetése, az élelmezésbiztonság és a jobb táplálkozás megteremtése, valamint a fenntartható mezőgazdaság támogatása. 2.4 rész-cél: 2030-ra olyan fenntartható élelmiszer-termelési rendszerek létrehozása és rugalmas mezőgazdasági gyakorlatok alkalmazása, amelyek növelik a termelékenységet és a termelési volument, segítenek az ökoszisztémák fenntartásában, erősítik a klímaváltozással, szélsőséges időjárással, szárazsággal, árvizekkel és egyéb katasztrófákkal kapcsolatos alkalmazkodási képességet, valamint progresszíven javítják a föld és talaj minőségét.”

„3. Cél: Az egészséges élet és a jóllét biztosítása minden generáció valamennyi tagjának. 3.9 rész-cél: 2030-ra a veszélyes vegyi anyagok, a levegő-, víz- és talajszennyezés és a fertőzések következtében történő elhalálozások számának jelentős mértékű csökkentése.”

„6. Cél: A vízhez és szanitációhoz történő hozzáférés és fenntartható használat biztosítása mindenki számára. 6.4 rész-cél: 2030-ra a vízhasználat hatékonyságának jelentős növelése minden ágazatban; a fenntartható vízkivétel és az ivóvízellátás biztosítása a vízhiány kezelésére, továbbá a vízhiánytól szenvedő emberek számának jelentős csökkentése.”

„7. Cél: Megfizethető, megbízható, fenntartható és modern energiához való hozzáférés biztosítása mindenki számára. 7.2 rész-cél: 2030-ra a globális energiatermelésben a megújuló energiák részarányának jelentős növelése.”

Az 1.3. táblázat soraiban a fenntartható élelmiszer-termelés bizonyosan igényli az éghajlati ismereteket. Mivel a 2030-as év és a rendelkezésre álló éghajlati adatok származási évtizedei között jelentős az időbeli eltérés, ehhez a rész-célhoz a várható regionális változások előrevetítése is hasznos. Az Egyenlítő körül 20-20 földrajzi fokos övezetben az El Niño/La Niña ingadozás megbízható előrejelzése segítheti a terméshozamok megőrzését. A vegyi szennyezések miatti halálozás csökkentésében elsősorban az elkeveredés átlagos feltételeire és annak ingadozására vonatkozó ismeretek lényegesek. A közelmúlt éghajlatának ismerete

ezt a 3.9 részcélt is segítheti. A vízhiány mérséklése (6.4 rész cél) megvalósításában is fontosak az éghajlati ismeretek, a vízmérlegszámítások és a változás előrejelzése. A megújuló energiaforrások arányának növelésében (7.2 rész cél) hasznosulnak azok az éghajlati ismeretek, amelyek a potenciálok átlagos mértékére, illetve azok szélsőségeire vonatkoznak.

### 1.3. táblázat

*Az éghajlati és éghajlatváltozási ismeretek szerepe az elsődleges emberi igények körébe tartozó részcélok teljesülésében*

|              | Éghajlati információ (CI) | Éghajlatváltozás (CC) |
|--------------|---------------------------|-----------------------|
| 2.4 rész cél | +                         | +                     |
| 3.9 rész cél | +                         |                       |
| 6.4 rész cél | +                         | +                     |
| 7.2 rész cél | +                         |                       |

*Forrás: a szerző szerkesztése*

#### 1.5.2.2. Egyenlőség, igazságosság (3 releváns cél, 3 rész cél)

„1. Cél: A szegénység valamennyi formájának felszámolása mindenhol. 1.5 rész cél: 2030-ra a szegény és sérülékeny helyzetben levő csoportok rugalmas alkalmazkodásának kialakítása, a klímaváltozással kapcsolatos, valamint egyéb gazdasági, társadalmi válságoknak és katasztrófáknak történő kitettségük és sérülékenyséjük csökkentése.”

„4. Cél: Az általánosan elérhető és méltányos minőségi oktatás, valamint az élethosszig tartó tanulás lehetőségeinek megteremtése mindenki számára. 4.7 rész cél: 2030-ra minden tanuló számára a fenntartható fejlődés előmozdításához szükséges tudás és jártasság megszerzésének biztosítása, beleértve egyebek között a fenntartható fejlődésre és a fenntartható életmódra nevelést, az emberi jogokat, a nemek közti egyenlőséget, a béke és az erőszakmentesség kultúráját, a globális felelősség szemléletét, a kulturális sokszínűség és a kultúra fenntartható fejlődéshez való hozzájárulását.”

„10. Cél: Az országok közötti és az országokon belüli egyenlőtlenségek csökkentése. 10.7 rész cél: Az emberek szabályos, biztonságos, legális és felelősségteljes migrációjának elősegítése, beleértve a tervezett és jól irányított migrációs politikák végrehajtását.”

### 1.4. táblázat

*Az éghajlati és éghajlatváltozási ismeretek hasznossága az egyenlőségre irányuló célokban*

|               | Éghajlati információ (CI) | Éghajlatváltozás (CC) |
|---------------|---------------------------|-----------------------|
| 1.5 rész cél  | +                         |                       |
| 4.7 rész cél  | +                         | +                     |
| 10.7 rész cél | +                         |                       |

*Forrás: a szerző szerkesztése*

A szegénység mérséklésével kapcsolatos 1.5 részcéllal kapcsolatban (1.4. táblázat) tudnunk kell, hogy a leginkább érintett térségekben rövidek és hiányosak az éghajlati adatsorok. A 4.7 rész cél, a fenntarthatóság oktatása nemcsak az éghajlati statisztikák átadását jelenti, hanem azon ismereteket is, amelyekkel a klímaváltozás hitelesen detektálható. Végül a migrációval kapcsolatban fontosak azok az ismeretek, amelyek a kibocsátó ország éghajlatára, a helyzet rosszabbodására utaló anomáliák valószínűségére utalnak. Fontos annak ismerete is, hogy a célországban uralkodó éghajlat miben más, mint amit a vándorlók megismertek. A migráció mértékének előrebecsléséhez ismerni kell a klímaváltozás regionálisan várható jellemzőit is.

#### 1.5.2.3. Hatékony és fenntartható gyártás (3 cél, 6 rész cél)

„8. Cél: Tartós, befogadó és fenntartható gazdasági fejlődés, teljes és hatékony foglalkoztatás és tisztességes munka megteremtése mindenki számára. 8.4 rész cél: A fogyasztásban és a termelésben az erőforrások hatékonyságának globális méretekben történő fokozatos javítása 2030-ig és törekvés arra, hogy a fejlett országok vezetésével a gazdasági növekedés különváljon a környezetkárosodástól, összhangban a fenntartható fogyasztás és termelés 10 éves keretprogramjával. 8.9 rész cél: 2030-ra szakpolitikák kidolgozása és megvalósítása a fenntartható turizmus érdekében, amik munkahelyeket teremtenek, és népszerűsítik a helyi kultúrát és termékeket.”

„9. Cél: Ellenállóképes infrastruktúra kiépítése, a befogadó és fenntartható iparosítás támogatása és az innováció ösztönzése. 9.1 rész cél: A gazdasági fejlődés és az emberi jólét támogatására minőségi, megbízható fenntartható és ellenállóképes infrastruktúra kiépítése, beleértve a regionális és a határon átnyúló infrastruktúrát is, a mindenki számára történő elérhetőségre és egyenlő hozzáférésre összpontosítva.”

„12. Cél: Fenntartható fogyasztási és termelési rendszerek kialakítása. 12.8 rész cél: 2030-ra annak biztosítása, hogy az emberek rendelkezzenek megfelelő információval és tudással a fenntartható fejlődésről és természettel harmóniában álló életstílusról.”

1.5. táblázat

*Az éghajlati és éghajlatváltozási ismeretek hasznossága a fenntartható gyártásra irányuló célokban*

|               | Éghajlati információ (CI) | Éghajlatváltozás (CC) |
|---------------|---------------------------|-----------------------|
| 8.4 rész cél  | +                         |                       |
| 8.9 rész cél  | +                         |                       |
| 9.1 rész cél  | +                         |                       |
| 12.8 rész cél | +                         |                       |

*Forrás: a szerző szerkesztése*

A termelés hatékonyságának javításához (8.4 rész cél) sok területen hozzájárulhat az éghajlat ismerete, beleértve annak szélsőségeit (1.5. táblázat). A klímaváltozás ismeretének kicsi a hatása a rész cél szerinti, 2030-ig várt előrelépésre. A fenntartható turizmus fejlesztését (8.9 rész cél) érdemes összehangolni az éghajlat ismeretével. Például fontos tudni, hogy

évente hány napon át alkalmas az érzet hőmérséklet a vízparti tartózkodásra. A kültéri infrastruktúra hatékony tervezésében ugyancsak szerephez jut az éghajlat ismerete (9.1 rész-cél). Végül a 12.8 rész-cél maguknak a környezeti ismereteknek az elterjesztéséről szól, így az éghajlat is része.

#### *1.5.2.4. Veszélyeztetett tájak (3 cél, 6 rész-cél)*

„11. Cél: A városok és emberi települések befogadóvá, biztonságossá, ellenállóvá és fenntarthatóvá tétele. 11.5 rész-cél: 2030-ra a természeti katasztrófák – beleértve a vízzel kapcsolatos katasztrófákat – okozta halálesetek és az érintettek számának jelentős csökkentése, valamint a katasztrófák okozta gazdasági veszteségek GDP-hez viszonyított arányának jelentős csökkentése, középpontba helyezve a szegények és a sérülékeny helyzetben levő emberek védelmét. 11.6 rész-cél: 2030-ra a városok által okozott, egy főre jutó kedvezőtlen környezeti hatások csökkentése, kiemelt figyelmet szentelve a levegő minőségének, valamint a lakossági és egyéb hulladékkezelésnek.”

„14. Cél: Az óceánok, tengerek és a tengeri erőforrások megőrzése és fenntartható használata a fenntartható fejlődés érdekében. 14.5 rész-cél: 2020-ra a tengerparti és tengeri területek legalább 10%-ának védelme, összhangban a nemzeti és nemzetközi törvényekkel, az elérhető legjobb tudományos információkra alapozva.”

„15. Cél: A szárazföldi ökoszisztémák védelme, helyreállítása és fenntartható használatának támogatása, az erdők fenntartható használata, a sivatagosodás leküzdése, a talajromlás megállítása és a pusztulás visszafordítása, és a biológiai sokféleség további csökkenésének megállítása. 15.3 rész-cél: 2020-ra a sivatagosodás leküzdése (megállítása), a leromlott földfelületek és talaj helyreállítása, beleértve a sivatagosodás, aszály és árvizek által érintett területeket, és törekvés a talajromlás nélküli világ elérésére. 15.5 rész-cél: Gyors és jelentős intézkedések megtétele a természetes élőhelyek romlásának mérséklésére, a biológiai sokféleség csökkenésének megállítására, 2020-ra a veszélyeztetett fajok védelme és kihalásuk megakadályozása. 15.8 rész-cél: 2020-ra intézkedések bevezetése a vízi és szárazföldi ökoszisztémákban megjelenő idegenhonos özőnfajok ellen, valamint hatásaik jelentős csökkentésére, a legfőbb fajok ellenőrzés alatt tartása, illetve kiirtása.”

Az 1.6. táblázatba foglalt rész-célok közül az első kettőhöz csak a mai éghajlat ismerete, míg a másik négyhez a klímaváltozás is hozzájárul. A városi környezetet még nem, de a víz alatti és a szárazföldi környezet sérülékeny elemeit már a rövid idő alatt végbemenő éghajlatváltozás is befolyásolja. Például a sivatagosodás nemcsak a sivatagokban, de kiterjedt mérsékelt övi arid területeken is szemmel látható folyamat. Ma már a szélsőségekre vonatkozó ismeretek, például az extrém indexek ugyanúgy az éghajlathoz tartoznak, és most már tárolhatók is a rájuk vonatkozó statisztikák, mint a statisztikai momentumok (átlag, szórás stb.). E szélsőségek mindhárom sérülékeny környezeti típusban (nagyváros, víz alatti élet, szárazföldek) problémákat okoznak, de az, hogy milyen gyakran és milyen intenzitással, az már hozzátartozik a helyi éghajlat ismeretéhez. Megjegyezzük, hogy az árvizek drámai szaporodásában bizonyára a folyómedrek szándékolt átalakítása is szerepet játszott.

1.6. táblázat

*Az éghajlati és éghajlatváltozási ismeretek hasznossága a veszélyeztetett szférák védelmében*

|               | Éghajlati információ (CI) | Éghajlatváltozás (CC) |
|---------------|---------------------------|-----------------------|
| 11.5 rész cél | +                         |                       |
| 11.6 rész cél | +                         |                       |
| 14.5 rész cél | +                         | +                     |
| 15.3 rész cél | +                         | +                     |
| 15.5 rész cél | +                         | +                     |
| 15.8 rész cél | +                         | +                     |

*Forrás: a szerző szerkesztése*

#### 1.5.2.5. Éghajlatváltozás (1 cél, 2 rész cél)

„13. Cél: Sürgős lépések megtétele a klímaváltozás és hatásainak leküzdésére elismerve, hogy az éghajlatváltozásra adandó globális válaszok tárgyalásának elsődleges nemzetközi kormányközi fóruma az ENSZ Éghajlatváltozási Keretegyezménye (UNFCC). 13.1 rész cél: A klímaváltozáshoz kapcsolódó veszélyekkel és természeti katasztrófákkal szembeni ellenálló és alkalmazkodóképesség megerősítése minden országban. 13.3 rész cél: A klímaváltozás kedvezőtlen hatásai mérséklésére, az alkalmazkodás javítására vonatkozó oktatás, szemléletformálás javítása, a humán és intézményi kapacitás növelése, az előrejelzés fejlesztése.”

1.7. táblázat

*Az éghajlati és éghajlatváltozási ismeretek hasznossága a 13. cél rész céljaiban*

|               | Éghajlati információ (CI) | Éghajlatváltozás (CC) |
|---------------|---------------------------|-----------------------|
| 13.1 rész cél | +                         | +                     |
| 13.3 rész cél | +                         | +                     |

*Forrás: a szerző szerkesztése*

Az éghajlatváltozásról szóló célok között csak kettő kapcsolódik az éghajlathoz és annak változásához (1.7. táblázat). Az egyik a szélsőségekkel szembeni ellenálló képesség (13.1), a másik a problémakörrel kapcsolatos oktatás, szemléletformálás (13.3), amelyek éghajlati kapcsolódása nem is igényel külön magyarázatot. A kimaradt rész célok közül a klímaváltozással kapcsolatos intézkedések integrálása a nemzeti szakpolitikákba már nem az éghajlati ismeretektől függ. Ugyanígy a célhoz tartozó két betűs rész cél (13.a és 13.b), a 2020-ra közösen a fejlődő országokba menő évi 100 milliárd USD célirányos felhasználása és a klímaváltozással kapcsolatos tervezést elősegítő kapacitások bővítése sem az éghajlati ismereteken múlik.

#### 1.5.2.6. Világméretű együttműködés (2 cél, 3 rész cél)

„16. Cél: Békés és befogadó társadalmak megteremtése a fenntartható fejlődés érdekében, az igazságszolgáltatáshoz való hozzáférés biztosítása mindenki számára és a hatékony, elszámoltatható és mindenki számára nyitott intézményi háttér kiépítése minden szinten. 16.8 rész cél: A fejlődő országok részvételének kiszélesítése és megerősítése a globális kormányzás intézményeiben. 16.10 rész cél: Az információhoz történő nyilvános hozzáférés biztosítása és az alapvető szabadságjogok védelme a nemzeti jogszabályokkal és a nemzetközi egyezményekkel összhangban.”

„17. Cél: A végrehajtás eszközeinek erősítése és a fenntartható fejlődés megteremtéséhez szükséges globális partnerség újjáélesztése. 17.7 rész cél: A fejlődő országok számára a környezetbarát technológiák fejlesztésének, átadásának, terjesztésének elősegítése kedvező feltételek mellett, beleértve a közös megegyezés alapján biztosított kedvezményes (koncesszionális és preferenciális) feltételeket.”

E két cél éghajlati kapcsolódása is nyilvánvaló (1.8. táblázat). A 16.8 rész célra jó példák a részes felek konferenciái (2017 decemberében, Bonnban már a 23. konferenciát rendezték), amelyek a klímaváltozás mérséklésével és a lehetséges alkalmazkodással foglalkoznak. Ezeknek minden partnerország egyenjogú tagja annak alapján, amit a „mindenkire kiterjedő, de nem egyenlő mértékű felelősség” elve kifejez. Az éghajlati adatokhoz és előrebecslésekhez való hozzáférés biztosítása (16.10 rész cél) alkalmas eszköz a döntéshozók figyelmének felkeltésére.

1.8. táblázat

*Az éghajlati és éghajlatváltozási ismeretek a világméretű együttműködés rész céljai érdekében*

|                | Éghajlati információ (CI) | Éghajlatváltozás (CC) |
|----------------|---------------------------|-----------------------|
| 16.8 rész cél  |                           | +                     |
| 16.10 rész cél | +                         |                       |
| 17.7 rész cél  | +                         | +                     |

*Forrás: a szerző szerkesztése*

Jó példa ugyanerre az ózonpajzs védelmét célzó *Montreali jegyzőkönyv* és ennek későbbi kiterjesztései. Végül az éghajlati adatok, produktumok és megfigyelő eszközök országok közötti cseréje, illetve árusítása, amit a Meteorológiai Világszervezet (WMO) koordinál, jó példa a 17.7 rész cél teljesítésére.

## Felhasznált irodalom

*Adoption of the Paris Agreement.* (2015) Elérhető: <http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/l09r01.pdf> (A letöltés dátuma: 2018. 03. 20.)

*Climate Prediction Center* (s. a.) Elérhető: [www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/MJO/warm.gif](http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/MJO/warm.gif) (A letöltés dátuma: 2018. 03. 20.)

- Earth System Science Data*. (s. a.) Elérhető: [www.earth-syst-sci-data-discuss.net/essd-2017-123/](http://www.earth-syst-sci-data-discuss.net/essd-2017-123/) (A letöltés dátuma: 2018. 03. 20.)
- EEA (2017): *Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016*. An indicator-based report. Copenhagen, European Environment Agency.
- Euro-Cordex* (s. a.) Elérhető: [www.euro-cordex.net/](http://www.euro-cordex.net/) (A letöltés dátuma: 2018. 03. 20.)
- Eurostat* (s. a.) Elérhető: <http://ec.europa.eu/eurostat/web/population-demography-migration-projections/population-data> (A letöltés dátuma: 2018. 03. 20.)
- Global Temperature Report for 2017*. (2017) Elérhető: <http://berkeleyearth.org/global-temperatures-2017/> (A letöltés dátuma: 2018. 03. 20.)
- IPCC (2007): *Climate Change (2007): The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007. Cambridge – New York, Cambridge University Press.
- IPCC (2013): *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge – New York, Cambridge University Press.
- IPCC AR5 (2013–2014): *Climate Change. WG I – II – III. + Synthesis Report*. Cambridge – New York, Cambridge University Press.
- JACOB, D. – PETERSEN, J. – EGGERT, B. – ALIAS, A. – CHRISTENSEN, O. B. – BOUWER, L. M. – BRAUN, A. – COLETTE, A. – DÉQUÉ, M. – GEORGIEVSKI, G. – GEORGOPOULOU, E. – GOBIET, A. – MENUT, L. – NIKULIN, G. – HAENSLER, A. – HEMPELMANN, N. – JONES, C. – KEULER, K. – KOVATS, S. et al. (2014): EURO-CORDEX: New high-resolution climate change projections for European impact research. *Regional Environmental Change*, Vol. 14, No. 2. 563–578.
- KSH (2015): SDGs 2015 magyarul. Az ENSZ Fenntartható Fejlődési Célok hazai indikátor rendszerének kidolgozását segítő, a Központi Statisztikai Hivatal által koordinált tárcaközi szakértői csoport munkanyaga. Budapest, KSH.
- LE QUÉRÉ, C. and 76 co-authors, inc. ANDREW, R. M. – FRIEDLINGSTEIN, P. – SITCH, S. – PONGRATZ, J. – MANNING, A. C. – KORSBAKKEN, J. I. – PETERS, G. P. – CANADELL, J. G. – JACKSON, R. B. – BODEN, T. A. – TANS, P. P. (2017): *Global Carbon Budget 2017*, Earth Syst. Sci. Data Discuss. DOI: <https://doi.org/10.5194/essd-2017-123>
- LENTON, T. M. – HELD, H. – KRIEGLER, E. – HALL, J. W. – LUCHT, W. – RAHMSTORF, S. – SCHELLNHUBER, H. J. (2008): Inaugural Article: Tipping elements in the Earth's climate system. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Vol. 105, No. 6. 1786–1793. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.0705414105>
- MIKA, J. (2014): The “paused warming controversy” in the IPCC AR5 with consequences on adaptation and mitigation. In MESTERHÁZY B. szerk.: *XIII. Természet-, műszaki és gazdaságtudományok alkalmazása nemzetközi konferencia*. Szombathely. CD-ROM. 8–15.
- Office of Satellite and Product Operations*. (s. a.) Elérhető: [www.ospo.noaa.gov/data/sst/anomaly/2015/anomg.12.24.2015.gif](http://www.ospo.noaa.gov/data/sst/anomaly/2015/anomg.12.24.2015.gif) (A letöltés dátuma: 2018. 03. 20.)
- Párizsi Egyezmény*. (2015) Elérhető: [http://unfccc.int/files/essential\\_background/convention/application/pdf/english\\_paris\\_agreement.pdf](http://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/english_paris_agreement.pdf) (A letöltés dátuma: 2018. 03. 20.)
- SDGs (2015): *United Nations Resolution*. A/RES/70/1 of 25 September 2015. Elérhető: [www.un.org/ga/search/view\\_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=E](http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=E) (A letöltés dátuma: 2020. 01. 13.)
- United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)*. (1992) Elérhető: [unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf](http://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf) (A letöltés dátuma: 2018. 03. 20.)

- USGCRP (2017): *Climate Science Special Report*. Fourth National Climate Assessment, Volume I. U.S. Global Change Research Program, Washington, D. C. Elérhető: <https://science2017.globalchange.gov/> (A letöltés dátuma: 2020. 01. 13.)
- WHO. (s. a.) Elérhető: [www.euro.who.int/en/data-and-evidence](http://www.euro.who.int/en/data-and-evidence) (A letöltés dátuma: 2018. 03. 20.)



Vákát oldal

## 2. fejezet

# Klímapolitika Magyarországon

Földi László<sup>1</sup>

### 2.1. Bevezetés

A globális éghajlatváltozással az 1970-es években kezdett foglalkozni a nemzetközi közvélemény. Az első nemzetközi éghajlatváltozással kapcsolatos tárgyalásra 1985-ben került sor az Éghajlati Világkonferencián, majd nem sokra rá, 1988-ban az *ENSZ környezeti programja* (United Nations Environment Programme – UNEP) és a Meteorológiai Világszervezet (World Meteorological Organization – WMO) létrehozta az Éghajlatváltozási Kormányközi Testületet (Intergovernmental Panel Climate Change), rövidítve az IPCC-t.

Célja az emberi tevékenység hatására kialakuló éghajlatváltozással kapcsolatos kutatások összefoglalása és elemzése, valamint hogy tudományosan megalapozott információkkal segítsék az országok vezetőit. Az IPCC három munkacsoportban működik, az első az éghajlatváltozással összefüggő információkkal, a második az éghajlatváltozás hatásaival, míg a harmadik magával az éghajlatváltozás jelenségével foglalkozik. A munkacsoportok mellett egy leltárkészítő egységet is működtet, amely különálló csoportként tevékenykedik.

Az IPCC nem folytat saját kutatásokat, sokkal inkább tudományos publikációkat dolgoz fel, amelyeket időközönként jelentésekben, tanulmányokban foglal össze. Az első ilyen jelentést 1990-ben készítette el *Első értékelő jelentés* címen, amelynek fontos szerepe volt az *ENSZ éghajlatváltozási keretegyezményének* (United Nations Framework Convention on Climate Change – UNFCCC) későbbi megalkotásában. Az *Első értékelő jelentésében* a testület kijelentette, hogy az emberi tevékenységből származó üvegházhatású gázok kibocsátása jelentősen növeli a földfelszín melegedését, illetve javaslatot tett a kibocsátás csökkentésére. De nemcsak az üvegházhatású gázok, hanem az úgynevezett aeroszolok száma is rohamos növekedésnek indult. Mindezek együttesen átalakíthatják az éghajlatot, aminek következtében egyre intenzívebbekké válnak az időjárási jelenségek.

Az ENSZ-közgyűlés 1990. évi határozata alapján készült el az ENSZ éghajlatváltozási keretegyezménye (UNFCCC 1992), és azt az 1992 júniusában megtartott ENSZ Környezet és Fejlődés Konferencián nyitották meg aláírásra. A tárgyalások és az egyezmény vezérfonalául két alapelv politikai szintű elfogadása szolgált. Ezt figyelembe véve az 1997 decemberére elkészült kiotói jegyzőkönyvben a fejlett és az átmeneti gazdaságú országok kibocsátáscsökkentést vállaltak: igaz, csak egy szerény, átlagosan 5%-os csökkenést az 1990. évi szinthez képest, amelyet a 2008–2012 közötti, első kötelezettségvállalási

<sup>1</sup> ORCID: 0000-0001-7575-7188, [foldi.laszlo@uni-nke.hu](mailto:foldi.laszlo@uni-nke.hu)

időszak éves átlagában kellett elérniük. Az egyes országok által teljesítendő kibocsátás-csökkentési mértéket százalékos formában rögzítették. E felsorolásba bekerült több mint harminc ország 5–8% közötti kibocsátáscsökkentési vállalása, valamint néhány ország által csak a kibocsátásnövekedésük mérséklésére vagy a korábbi szinten való tartására vonatkozó vállalás. (Az USA végül nem csatlakozott a jegyzőkönyvhöz, Kanada pedig 2011-ben lépett ki a hatálya alól.) Az akkori EU-tagállamok egy „belső tehermegosztási” megállapodással vállalták, hogy közösen érik el a 8%-os kibocsátáscsökkentést. Az érintett átmeneti gazdaságú országokra érvényben maradt az egyezmény kapcsán jóváhagyott, az 1990. évtől eltérő viszonyítási idő. Az orosz fél csatlakozását követően végül a jegyzőkönyv 2005-ben lett hatályos, s napjainkra az USA kivételével minden ország annak részese.

Az éghajlatváltozás hatására bekövetkező, egyre szélsőséesebb időjárási viszonyok már Magyarországon is megfigyelhetők, mindezek miatt fontossá vált, hogy hazánk is rendelkezzen egy olyan szervezettel, amelynek célja megbirkózni azokkal a nehézségekkel, amelyek országunkban jelentkeznek. Egyre hosszabb és sűrűbb aszályok, árvizek, egyre fokozódó és kiszámíthatatlan időjárási viszonyok figyelhetők meg hazánkban. Így jött létre a *Változás – Hatás – Válaszok* (VAHAVA-) program, amely az éghajlatváltozás okozta változásokkal foglalkozik. (VAHAVA 2005)

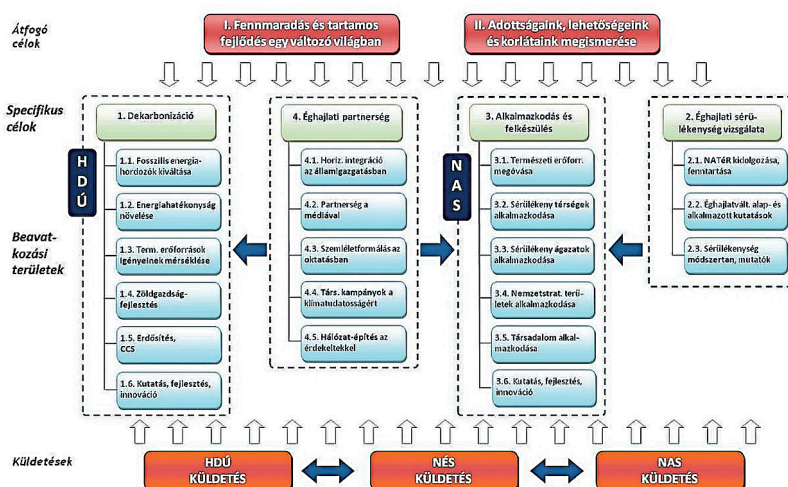
2003-ban a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium a Magyar Tudományos Akadémiával közösen hozta létre a *A globális klímaváltozás: hazai hatások és válaszok* VAHAVA-projektet, hogy feltárják a globális éghajlatváltozás hazai hatásainak pozitív és negatív oldalát, és választ adjanak a kutatások során felmerülő kérdésekre. Meghatározta a Magyarországon várható változások irányát, illetve hogy további melegedésre és szélsőséges időjárási jelenségekre számíthatunk. A VAHAVA egy hároméves projekt volt, amely nemcsak a globális felmelegedés hazai hatásaira tért ki a jelenben, hanem a jövőre vonatkozóan további intézkedéseket javasolt, illetve a légkörvédelem és az éghajlatváltozás hatásaihoz való alkalmazkodást is. Célja az éghajlatváltozás miatt bekövetkező hatásokra való felkészülés, megelőzés, mérséklés és helyreállítás. Feladatai között szerepelt az információk gyűjtése és terjesztése, a témakörrel összefüggő külföldi információk gyűjtése és közreadása, a hazai tevékenységek segítése és közreműködés a hazai fórumok szervezésénél. A VAHAVA-projekt eredeti célja a *Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia* (NÉS) tudományos alapjainak kidolgozása volt. A Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia elkészítését az ENSZ éghajlatváltozási keretegyezménye és annak *kiotói jegyzőkönyve* végrehajtási keretrendszeréről szóló 2007. évi LX. törvény 3. §-ának rendelkezése írta elő. A nemzetközi kötelezettségvállalásokkal összhangban, első alkalommal a 2008–2025-ös időszakra kellett kidolgozni az éghajlatváltozási stratégiát. A NÉS célkitűzéseit – a két évenként kidolgozásra kerülő – nemzeti éghajlatváltozási programoknak kell megvalósítani. A NÉS illeszkedik a kormány által a 1054/2007 (VII. 9.) Korm. határozatban elfogadott *Nemzeti Fenntartható Fejlődési Stratégiához* is. Az első NÉS Magyarország középtávú klímapolitikájának három fő cselekvési irányát jelölte ki: (NÉS 2008)

- Az uniós és nemzetközi követelményeknek megfelelően intézkedéseket irányoz elő az éghajlatváltozást kiváltó gázok kibocsátásának csökkentése és növekedésének megelőzése érdekében. Az üvegházhatású gázok kibocsátásának mérséklését az összes energiaszolgáltatás csökkentésével együtt kell megvalósítani úgy, hogy a termelés és fogyasztás szerkezetének egésze a kevésbé anyag- és energiaigényes irányba változzon.

- A már elkerülhetetlen éghajlatváltozás kedvezőtlen ökológiai és társadalmi-gazdasági hatásai elleni védekezésnek, az éghajlatváltozás következményeihez való alkalmazkodóképesség javításának legfontosabb elemeit tartalmazza.
- Az éghajlatváltozás társadalmi tudatosítását és a klímatudatosság erősítését írja elő.

Az Országgyűlés 29/2008 (III. 20.) számú határozatával fogadta el a 2008–2025-re szóló Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégiát. A dokumentum legfontosabb elemei közé tartozik a nemzetközi kötelezettségek teljesítése, az éghajlatváltozást okozó hatások elleni küzdelem, a kibocsátáscsökkentés és az alkalmazkodás az éghajlatváltozáshoz. A következő öt évben több mint 100 milliárd forint állt rendelkezésre klímavédelemmel kapcsolatos beruházásokra. A NÉS végrehajtása érdekében a kormány két évre szóló *Nemzeti Éghajlatváltozási Programot* (NÉP) fogadott el. Az első Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia jogszabályban meghatározott felülvizsgálatának eredményeképpen elkészült 2013-ban a második *Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia 2014–2025*, kitekintéssel 2050-re tervezete, amelyet 2015. június 2-án nyújtottak be az Országgyűlés részére. (NÉS-2 2017)

## 2.2. A második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia



2.1. ábra

A NÉS-2 célrendszere

Forrás: NÉS-2 2017

Tekintettel azonban arra, hogy az ENSZ éghajlatváltozási keretegyezménye részes feleinek 21. konferenciája keretében 2015. november 30. és december 11. között Párizsban elfogadták az új globális, úgynevezett „párizsi megállapodást”, illetve az azt támogató döntéseket tartalmazó „párizsi csomagot”, (UNFCCC 2016) indokoltá vált a második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia párizsi megállapodásban foglaltaknak megfelelő felülvizsgálata és átdolgozása. A NÉS-2 az új követelményeknek megfelelően magában

foglalja az első Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia felülvizsgálatát, valamint az üvegházhatású gázok kibocsátáscsökkentésének céljait, prioritásait és cselekvési irányait tartalmazó *Hazai Dekarbonizációs Úttervet* (HDÚ). Az éghajlatváltozás várható magyarországi hatásainak, természeti és társadalmi-gazdasági következményeinek, valamint az ökoszisztémák és az ágazatok éghajlati sérülékenységének értékelése is a NÉS-2 részét képezi, amelyre alapozva *Nemzeti Alkalmazkodási Stratégia* (NAS) épül a dokumentumba (lásd 2.1. ábra). Az alkalmazkodás és felkészülés koncepcionális keretei érintik többek között a vízgazdálkodás, a vidékfejlesztés, az egészségügy, az energetika, a turizmus és más ágazatok éghajlatbiztonsággal kapcsolatos helyzetét, kockázatait, a felkészülés lehetséges cselekvési irányait (lásd 2.1. táblázat). A hazai dekarbonizáció és az éghajlati alkalmazkodás teendőit éghajlati szemléletformálási program egészíti ki.

2.1. táblázat

*A NAS által vizsgált hatások, következmények és az alkalmazkodási beavatkozások*

| Hatások természeti erőforrásokra                                                                                            | Humán, társadalmi-gazdasági következmények                                                                                                                                                                                                                                        | Alkalmazkodás eszközközpontú                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vizek</li> <li>• Talaj</li> <li>• Biológiai sokféleség</li> <li>• Erdők</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Emberi egészség</li> <li>• Mezőgazdaság</li> <li>• Katasztrófavédelem, -biztonság</li> <li>• Épített környezet</li> <li>• Közlekedés</li> <li>• Hulladékgazdálkodás</li> <li>• Energetikai infrastruktúra</li> <li>• Turizmus</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Emberi egészség</li> <li>• Vízgazdálkodás</li> <li>• Katasztrófavédelem, biztonságpolitika</li> <li>• Mezőgazdaság, vidékfejlesztés</li> <li>• Természetvédelem</li> <li>• Erdőgazdálkodás</li> <li>• Épített környezet</li> <li>• Energetikai infrastruktúra</li> <li>• Turizmus</li> </ul> |

*Forrás: NÉS-2 2017*

## 2.3. A magyarországi éghajlatváltozás hatása néhány érzékeny területre

Az éghajlatváltozás amellet, hogy a hőmérsékleti és csapadékviszonyok megváltozását okozva közvetlen hatással van országunk jövőbeni klímájára, közvetve számos szektor számára okoz kihívást a biztonság területén. A megváltozott környezeti körülmények ki-kényszerítik a nemzetbiztonság, a katonai biztonság, az élelmiszer-biztonság és még számos terület fenyegetettségének ártértékelését. Szükség van a modellek által prognosztizált szcenáriókra történő felkészülésre, ezek a fenyegetések nem érhetik sem a katonai, sem a civil szektorokat felkészületlenül. (PADÁNYI–FÖLDI 2016)

### 2.3.1. Hatás a vizekre és vízgazdálkodásra

A globális melegedés következményeként Magyarország és a Kárpát-medence éghajlata melegsik, rövid távon az évi középhőmérséklet várhatóan 1,0–2,5 °C-kal emelkedik. Az évi csapadék változása bizonytalan, kisebb csökkenése vagy növekedése egyaránt lehetséges,

várható az éven belüli átrendeződés, nő a téli-tavaszi és csökken a nyári-őszi félévben hulló mennyiség. Az éghajlat szélsőségesebb lehet, gyakoribbá válnak az időjárási szélsőségek, nő a tartósságuk és intenzitásuk, ami növeli a rendkívüli árvizek kockázatát. Hasonló változások várhatók nagyobb folyóink határainkon túli vízgyűjtőiben is. A Duna felső vízgyűjtőjében a gleccserek olvadása lehet számottevő hatással a folyó vízjárására. A kisebb vízfolyásokon várhatóan emelkedik a villámárvizek kockázata.

Vizeink, vízfajtatól függően, eltérő mértékben érzékenyek az éghajlatra, az időjárásra, főként a hőmérséklet és a csapadék területi és időbeli változására. Történelmi és kutatási adatok igazolják, hogy a csapadék és a hőmérséklet viszonylag kismértékű változása nagy hatással van a víz körforgására: többéves időszakok átlagos évi csapadéka közötti 15–20%-os eltérés, párosulva az évi középhőmérséklet 1–2 °C-os eltéréssel, az átlagos évi lefolyásban akár 60%-os különbséget is eredményezhet. A vízgazdálkodási beavatkozások ellenére a vízjárásban többnyire nemcsak kimutatható az éghajlat területi változatosságának hatása, hanem igazolható annak vizeinkben történő felerősödése. (PADÁNYI 2015) A várható hatások az alábbiak:

- Az átlagos évi lefolyás folyóink többségén csökken, várható az éven belüli átrendeződése, a lefolyás télen nő, nyáron csökken, hosszan tartó alacsony vízállás alakul ki.
- A síkvidéki folyók olvadásos árvizei korábbra tolódnak, gyakoribbá válnak az esőeredetű árvizek, tetőző vízhozamuk növekedhet, az olvadásos árvizeké a vízgyűjtő fekvésétől függően csökkenhet vagy növekedhet.
- A kisvízgyűjtők villámárvizei gyakoribbá válnak.
- A nagy tavak vízmérlege romlik, gyakoribbá válnak a tartós alacsony vízállások.
- A beszivárgás csökken, mérséklődik a felszín alatti vizek természetes utánpótlása. Ez a negatív hatás rövidebb-hosszabb távon káros kihatással lehet a felszín alatti áramlási rendszerekre is, ami az ivóvízkészleteink mellett a mélyebb elhelyezkedésű ásvány-, gyógyvíz- és hévízkészleteinkre is kihat.
- A talajvízszint süllyedése, a talaj romló nedvességellátottsága növeli az aszályhajlamot, nő az aszályos évek gyakorisága, az aszály a mainál nagyobb térségre terjedhet ki.
- A belvizek alakulása bizonytalan, várhatóan szélsőségessé válik.
- A víz hőmérséklet emelkedik, a jégjelenségek csökkennek.

Több vízfolyáson csökkent az évi középvízhozam, a síkvidéki folyókön gyakoribbá váltak a szélsőséges árvizek, a kisebb vízfolyásokon a villámárvizek. A Balaton évi természetes vízkészlete jelentősen csökkent, a Duna víz hőmérséklete a léghőmérsékletéhez hasonlóan 1926 és 2005 között – 1970-től gyorsuló ütemben – 0,6 °C-kal emelkedett, a nagymarosi szelvényében a jégjelenségek időtartama 2,5 hónapról egy hónapra zsugorodott, a Duna–Tisza köze hátsági részén a talajvíz tartósan lesüllyedt. Esetenként jelentős lehet a vizeket érő közvetlen emberi beavatkozás, a tározók (kisvízhozamok, víz hőmérséklet, jégviszonyok), a vízkivételek (talajvíz) hatása is.

Az éghajlatváltozás a vízgazdálkodás szakterületei számára is komoly kihívást jelent. A kihívás nagysága az éghajlatváltozás és hatásai feltáratlanságában és bizonytalanságában rejlik, mivel az éghajlatváltozás mértéke és üteme olyan, amire történelmi időkből nincs példa, ezért a múlt kevés tanulsággal szolgálhat a jövő számára. Az éghajlatváltozás nem

egyedüli kihívás a vízgazdálkodás számára, a tőle függetlenül megjelenő, sokrétű, nem éghajlati hatásokkal együtt jelentkeznek, az éghajlati és nem éghajlati hatások egymás közt is bonyolult, alig feltárt kapcsolatainak keresztül hat. Az éghajlat változása Magyarország vízgazdálkodására általában kedvezőtlenül hat, vagy kedvezőtlenül erősíti a nem éghajlati hatásokat. Ezek a hatások befolyással vannak vízellátási folyamatokra.

Globális szemlélettel megközelítve a területet elmondható, hogy a vízellátás mint kiemelt jelentőségű szolgáltatás biztosítása érdekében olyan vízbiztonsági filozófia mentén kell megfelelő szabályozással biztosítani a víz védelmét, amely egyben lehetővé teszi a vízgazdálkodás egészének fenntartható fejlődését is. Az Egészségügyi Világszervezet (WHO) ajánlásai alapján ennek hatékony eszköze lehet a vízbiztonsági tervek kidolgozása és fenntartása. (BEREK 2016)

### 2.3.2. A mezőgazdaságra gyakorolt hatások

Hazánkban a mezőgazdaság a klímaváltozásnak leginkább kiszolgáltatott ágazat. Az éghajlatváltozás hatásai időben és térben differenciáltan jelentkeznek és – többek között a természeti, földhasználati, agrotechnikai sajátosságok függvényében – eltérő károkat okozhatnak. A mezőgazdaságot érő elemi károk közül Magyarországon az aszály okozza hosszú időtávon a legnagyobb veszteséget, amelyet a jégkár és a vízkár követ. Figyelembe véve, hogy az éghajlatváltozás következtében a nyári átlaghőmérséklet növekedésére és a nyári félévben a csapadékmennyiség csökkenésére kell számítanunk, megállapítható, hogy a mezőgazdaság számára az aszályhajlam erősödése jelentheti a jövőben a legnagyobb kihívást.

A felmelegedés és szárazodás folyamata mellett a váratlan szélsőséges meteorológiai események is jelentős károkat okozhatnak. Az időjárással, illetve az éghajlattal összefüggő mezőgazdasági kockázatok között említhetők még:

- árvíz, belvíz;
- aszály;
- özvízszerű esők, sárlavinák, földcsuszamlások, talajerózió;
- szélviharok, szélérozió;
- jégesők, ónos esők, köd, zúzmara;
- hófúvás, hóakadályok;
- hőségnapok, hóhullámok, UVB-sugárzás erősödése;
- korai és késői fagyok, felfagyás, kifagyás;
- erdő-, bozót- és tarlótüzek;
- új kórokozók, kártevők és gyomnövények megjelenése;
- valamint közvetve az ózonkoncentráció növekedése miatti természhozam-csökkenés.

A mezőgazdaság alkalmazkodásának alapja – egyúttal a mezőgazdasági termelés elemi feltétele – a víz és a termőtalaj. Az alkalmazkodási beavatkozások alapja a területhasználat igazítása a változó ökológiai adottságokhoz. A mezőgazdasági termelés alapvető feltétele a víz, a természetes csapadék visszatartása a kistáji vízkörforgásban, illetve talajba szivárogtatásának elősegítése. A termőtalaj hazánk legnagyobb víztározója, megőrzése és hasznosítása, valamint a hiányzó víz pótlása kulcsfontosságú. A vízfolyásokon érkező vizek és a csapadék visszatartása, hasznosítása, valamint az öntözés nemcsak biztonságos



hozamokat, hanem az aszály, belvíz, árvíz és időjárási anomáliák elleni eredményes küzdelmet is megalapozza. Felül kell vizsgálni területhasználatunkat, illetve a mezőgazdasági termelési szerkezetet, és hozzá kell igazítani azt a változó adottságokhoz, csökkentve az ézszerűtlenül működő, intenzív, pazarló, fenntarthatatlan tevékenységek arányát. Mély fekvésű, belvizes, vízjárásos, kötött talajú területeken a terület szántóművelésből való kivonása, illetve az altalajlazító használata, valamint mindenütt a későbbiekben érintett korszerű technika-technológia és talajművelés jelentheti a megoldást. A szélsőséges vízháztartási viszonyokhoz történő alkalmazkodás fontos eleme a mezőgazdaság szempontjából a termőhely aktuális állapotának megfelelő földhasználati mód megválasztása. Az aszály sújtotta területeken a különböző szektorok és földhasználati módok között a vízért folyó verseny várhatóan erősödni fog.

### 2.3.3. A talajra gyakorolt hatások

Hazánk termőföldjeinek közel fele belvízjárta, különösen a mély fekvésű Alföld, Kisalföld és Duna melléke területén. Kiemelendő, hogy a talajban történő víztározás, a belvíz és aszály elleni küzdelem, a talajművelés átalakítása egyúttal az árvizek megelőzéséhez is hozzájárul. A mély fekvésű, rendszeresen belvízjárta, talajhibás területeket a szántóföldi művelésből ki kell vonni művelésiág-váltással, földhasználatváltással. A támogatási rendszereket illeszteni kell az optimalizált, több szempontú táj-, terület- és földhasználatokhoz.

A mezőgazdaság szempontjából jelentős veszélyeztető tényező a jégeső. A leginkább jégveszélynek kitett területek közé tartozott Tolna, Baranya és Somogy megye, amely megyékben az 1991-ben bevezetett talajgenerátoros jégeső-elhárítás jelentősen csökkentette a jégesők károsító hatását. Az Országos talajgenerátoros jégeső-elhárítási rendszer hazánk teljes területére való kiterjesztésének tervezése és gyakorlati bevezetése elkészült, a tervek szerint évente 50 milliárd forint termelési értéket tud majd megóvni. A beruházás 1,8 milliárd forintba kerül, és csaknem ekkora lesz a rendszer éves működtetési költsége is. Továbbra is gyakori a jégesők előfordulása a Duna–Tisza közén, illetve a történelmi borvidékeken, ahol a gazdasági kockázatot némileg csökkentette a jégválós védekezési mód terjedése. A korábbi virágzási időszak vonatkozásában, különösen a gyümölcsfák esetében pedig a fagykár okoz gondokat. Az extrém időjárási károk csökkentését, kivédését szolgálják a különböző védekezési megoldások: jégváló, talajgenerátoros jégeső-elhárító berendezés, paraffinkannás fagyvédelem, fagyvédelmi öntözés, fóliatakarás.

A mezőgazdaság alkalmazkodóképességét számottevően javíthatják a vízpótlás tartalékai, a többcélú víztározók létesítése és ezek öntözési célú hasznosítása, a tőgazdaságok bővítése, a biológiai változatosság növelése, a természetvédelem és a mezőgazdaság távlati integrációja, az árvizes és a nyári gáttal védett területek hasznosítása előtérbe tűrő, sőt igénylő művelési módokkal. Az öntözést, a korábbi rendszerek helyreállításával és újabbak létesítésével, mindenekelőtt a jó termőhelyeken és az értékes ültetvényekben, fólia és üveg alatti termelésnél, szántóföldi zöldség- és gyümölcsnövényeknél, egyes szántóföldi növényeknél, valamint egyes technológiai fázisoknál (kelesztő öntözés) indokolt szorgalmazni. Az öntözés csak a magas hozzáadott értéket előállító termelés számára reális, lokális megoldásként jöhet szóba. Figyelembe véve a klímaváltozás felszín feletti vízkészleteket érintő hatásait, valamint a mezőgazdasági termelés vízigényét befolyásoló hatásait elmondható, hogy a jövőben

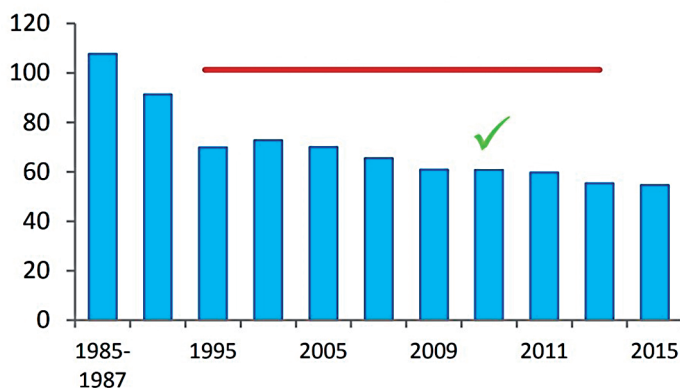


lesznek olyan területek, ahol a növénytermesztés ágazat fenntartása öntözés nélkül lehetetlenné válik. (BEREK 2015)

Tájaink többségén a vízigények tervezése, összehangolása, továbbá a vízvisszatartó vízrendezés kialakítása, az erre építő tájgazdálkodási rendszerek, a beszivárgás elősegítése, valamint az alacsonyabb vízigényű kultúrák termesztésbe vonása jelenthet megoldást. Az öntözésnél célszerű mérlegelni az élelmiszerek és az öntözővíz árának emelkedését is. A házak körüli kertek öntözésére, locsolásra, permetezésre, mosásra, tisztogatásra érdemes újra alkalmazni a feledésbe merült hagyományos módszereket, például a csapadék felfogását, tárolását, ciszternákkal, tartályokkal, kádakkal, dézsákkal. Ezen módszerek alkalmazása azonban csak kis léptékben lehetséges, tekintettel arra, hogy a csapadékvíz csak korlátozottan gyűjthető és használható fel.

## 2.4. Az üvegházhatású gázok magyarországi kibocsátásának alakulása az 1990–2011. közötti időszakban

Az üvegházhatású gázok kibocsátása szempontjából Magyarország helyzete az Európai Unión belül kedvező. Magyarország 2014. évi üvegházhatású gáz kibocsátása 57 millió tonna  $\text{CO}_2$ -egyenérték volt, amely az 1990 óta mért legalacsonyabb érték. Ha figyelembe vesszük az erdeink által elnyelt szén-dioxidot is, a (nettó) kibocsátásunk 53 millió tonna  $\text{CO}_2$ -egyenértékre csökken. A Magyarországra vonatkozó 6 tonna körüli egy főre jutó kibocsátási érték alacsonyabb a 8 tonna/fő fölötti európai átlagértéknél, ami jórészt az alacsony egy főre eső energiafogyasztásnak, az energiatermelésen belül az atomenergia és a relatíve alacsony fajlagos kibocsátású földgáz dominanciájának köszönhető. (OMSZ 2017)



2.2. ábra

A hazai ÜHG-kibocsátási trend alakulása 1985–2015.<sup>2</sup>

Forrás: OMSZ 2017

<sup>2</sup> A bordó vonal jelzi a kiotói jegyzőkönyvben vállalt kibocsátási szintet.

Az üvegházhatású gázok kibocsátásának alakulása jól elkülöníthető szakaszokra osztható az 1990 óta eltelt időszakban. Az 1990-es évek legelején a kibocsátás nagy részéért felelős szocialista nehézipar megszűnése, a gazdasági szerkezet átalakulása, a mezőgazdaság teljesítményének csökkenése a kibocsátás radikális mérséklődését eredményezte. Ezt követően a 90-es évek elejétől kezdve a szén nagyarányú kiváltása földgázzal és a máig folyamatos hatékonyságjavulás már aktívan, a gazdasági fejlődéssel párhuzamosan tartotta fenn a viszonylag kedvező állapotot. A 2008-ban kezdődött gazdasági világválság jelentős hatással volt a magyar gazdaság teljesítményére is, és áttételesen alapvetően befolyásolta a hazai üvegházhatású gázkibocsátás alakulását is. 2008 és 2009 között közel 9%-kal csökkent a kibocsátásunk, majd a következő öt évben (2009–2014) további 12%-os csökkenést mutatott, elérve ezzel a teljes időszakra vonatkozó legalacsonyabb szintet (lásd 2.2. ábra). Mindazonáltal szükséges a kibocsátások feletti kontroll fenntartása, aminek fontos részét képezhetik a környezetnek számos paraméterét figyelembe vevő számítógépes, numerikus modelleket használó elemzések. (CSURGAI et al. 2005) Ilyen, a káros és környezetszennyező anyagok légköri terjedését vizsgáló, a domborzat, növényzet, beépítettség és meteorológiai viszonyokat figyelembe vevő vizsgálatok, (CSURGAI et al. 2006) szimulációk már történtek 2005–2007 között, azóta az úgynevezett CFD-modellekkel való elemzésekhez jóval nagyobb adatbázis áll már rendelkezésre.

## 2.5. Az első Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia felülvizsgálata

Az első *Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia* (NÉS-1) elkészítését az ENSZ éghajlatváltozási keretegyezménye és annak kiotói jegyzőkönyve végrehajtási keretrendszeréről szóló 2007. évi LX. törvény (Éhvt.) 3. §-a írta elő. A nemzetközi kötelezettségvállalásokkal összhangban, első alkalommal a 2008–2025-ös időszakra dolgozták ki az éghajlatváltozási stratégiát. A NÉS-1 célkitűzésének megvalósítására a 2009–2010-es időszakra vonatkozóan dolgozták ki a Nemzeti Éghajlatváltozási Programot.

A NÉS-1 a mitigációt (azaz az üvegházhatású gázok kibocsátáscsökkentését), az adaptációt (az éghajlatváltozás kedvezőtlen ökológiai és társadalmi-gazdasági hatásai elleni védekezést) és a szemléletformálást mint a Magyarország középtávú klímapolitikájának három fő cselekvési irányát jelölte meg. A cselekvési irányok azonban nem teljeskörűen tükröződtek a NÉS-1 átfogó jövőképeiben, hiszen az nem fogalmazott meg állításokat arra vonatkozóan, hogy miként kell kezelni a jövőben az éghajlatváltozáshoz történő alkalmazkodás kérdését. A mitigációs területen a stratégia kellő részletességgel bemutatta a hazai üvegházhatású gázok (ÜHG-) kibocsátás akkori és jövőbeni tendenciáit országosan és az egyes ágazatok vonatkozásában egyaránt, ezt követően fogalmazták meg ágazatonként a stratégiai célokat és az ezek elérését szolgáló konkrét intézkedéseket. Az alkalmazkodási munkarészben ezzel szemben nem történt meg a célrendszer kialakítása, csupán az egyes tématerületekre (élővilág és természetvédelem, emberi egészség, vízgazdálkodás, mező- és erdőgazdálkodás, valamint terület- és településfejlesztés, épített környezet) vonatkozó feladatokat határoztak meg. Ez a kettősség jelentősen gyengítette a NÉS-1 belső koherenciáját, az alkalmazkodás területe egyértelműen kisebb hangsúllyal, nem egyenrangú tématerületként jelent meg.

A Nemzeti Éghajlatváltozási Program tartalmilag összhangban volt az Európai Unió üvegházhatású gázok kibocsátáscsökkentésére irányuló politikáival, ezen belül az EU

emissziókereskedelmi rendszerével, az azt felállító irányelvvel és egyéb háttérszabályokkal, valamint a kibocsátáscsökkentést megalapozó stratégiákkal. Nagy hiányossága azonban a programnak – és egyben a NÉS-1-nek is –, hogy kidolgozásuk a 2007–2013-as EU-s költségvetési ciklus programozása után kezdődött csak el. Ez azt eredményezte, hogy a programban azonosított konstrukciók többsége csak részben szolgálta a NÉS-1-ben megfogalmazott célok teljesülését, számos esetben a NÉS-1 célkitűzéseire nem, vagy csak részben kapcsolódó projekteket támogattak.

## 2.6. A magyarországi éghajlatpolitika stratégiai alapjai: küldetés, jövőkép, prioritások, célok

A Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia – hasonlóan más, több ágazatot átfogó, horizontális stratégiákhoz – az ágazati tervezést segítő, önálló célrendszert és konkrét cselekvési irányokat kitűző, azonban az ágazati fejlesztési törekvéseket „felül nem író” tervdokumentum. E tekintetben a NÉS-2 a klímapolitika, a zöldgazdaság-fejlesztés és az alkalmazkodás átfogó keretrendszere, amely az éghajlatvédelem céljait (ideértve a nemzetközi kötelezettségeket is) és cselekvési irányait tükrözi mind ágazati, mind területi dimenziókban a szakpolitikai és gazdasági tervezés számára, illetve a társadalom egésze felé.

### 2.6.1. Jövőkép

A Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia a mitigációs-adaptációs célkitűzés-kettősnek megfelelően egy-egy dekarbonizációs és adaptációs jövőképre (vízióra) támaszkodik.

- *Dekarbonizációs jövőkép:* „átmenet a fenntarthatóság felé”. Magyarország a gazdasági versenyképesség és növekedés, a társadalmi jólét megteremtése és a szegénység elleni küzdelem, valamint az éghajlatvédelem szempontjait egyaránt figyelembe vevő pályán fokozatosan áttér az alacsony szén-dioxid-kibocsátású gazdaságra. Az áttérés elsődleges hajtóereje nem a nemzetközi kötelezettségeknek való megfelelés szándéka, hanem a fenntarthatóság felé történő átmenet nemzetstratégiai céljainak elérése, különösen a fosszilis tüzelőanyagoktól való függés mérséklése, az anyag- és energiatakarékos technológiák térnyerése, a megújuló energiaforrások elterjedése vonatkozásában.
- *Adaptációs jövőkép:* „Felkészülni az elkerülhetetlenre, megelőzni az elkerülhetőt!”. Hazánk az éghajlatváltozás valószínűsíthető következményeit tekintve Európa egyik legsérülékenyebb országa. Az éghajlatváltozás várható magyarországi hatásainak, természeti, társadalmi és gazdasági következményeinek elhárítása érdekében az alkalmazkodás és a felkészülés teendői – elsősorban a vízgazdálkodás, a mezőgazdasági terméshibiztonság, valamint a természeti értékeink és az emberi egészség megóvása terén – már rövid távon beépülnek a szakpolitikai tervezésbe és a gazdasági döntéshozatalba.

### 2.6.2. Átfogó célok

A jövőképek elérése érdekében a NÉS-2 háromszintű célrendszerre épül, amelyek célhierarchiában rendeződnek egymáshoz. A célhierarchián belül az átfogó célok a hazai éghajlatpolitika prioritásait adják meg.

- Fennmaradás és tartamos fejlődés egy változó világban. Az éghajlatváltozás nemzeti (természeti, humán és gazdasági) erőforrásainkat veszélyezteti. Cél az élıhetőség tartós biztosítása Magyarországon, természeti értékeink, erőforrásaink (termőföld, ivóvíz, biológiai sokféleség) és kulturális kincseink megőrzése, valamint az emberi egészség kiemelt védelme. Cél továbbá a fenntartható, tartósan fennálló (tartamos) fejlődés, amely az erőforrások takarékos és hatékony használatát feltételező gazdasági fordulatra és életmódváltásra épül, elősegítve a területi különbségek mérséklődését.
- Adottságaink, lehetőségeink és korlátaink megismerése. Az éghajlatváltozás jelenségének, természeti hatásainak, területi jellemzőinek és társadalmi-gazdasági következményeinek feltárása tudományos megalapozottságú elemzéseket igényel. A tervezési bizonytalanságok csökkentése és az intézkedések hatékonyságának nyomon követése érdekében, továbbá a döntéshozatal támogatására komplex monitoringrendszer, térinformatikai támogatottságú alkalmazkodási elemző-értékelő mechanizmus létrehozása szükséges, amely az intézkedések hatékonyságának ellenőrzéséhez is alapul szolgál. A kibocsátáscsökkentés és az alkalmazkodás költség-hatékony lehetőségeinek feltárásához célirányos kutatási-fejlesztési, innovációs tevékenységekre kell támaszkodni.

### 2.6.3. Specifikus célkitűzések

Az éghajlatpolitika tématerületeit az ENSZ éghajlatváltozási keretegyezménye és annak kiotói jegyzőkönyve végrehajtási keretrendszeréről szóló 2007. évi LX. törvény jelöli ki. Ennek megfelelően a NÉS-2 négy tematikus specifikus célkitűzést határoz meg, amelyek az átfogó célok részletesebb, szakterületi kifejtését jelentik:

- *Dekarbonizáció:* Cél az éghajlatváltozás hajtóerőit elleni küzdelem keretében, a nemzetközi és EU-tagságunkból adódó kötelezettségek figyelembevételével az alacsony szén-dioxid-kibocsátású gazdaságra való áttérés az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentése és a természetes elnyelőkapacitások megerősítése révén. A szén-dioxid geológiai közegben történő elhelyezését és tározását (CLT) az Európai Unió a dekarbonizáció egyik lehetséges és ajánlott eszközének tekinti, ezért szükséges a környezeti és biztonsági kockázatok, valamint a gazdaságosság további vizsgálata annak érdekében, hogy a technológia esetleges alkalmazása a lehető legkisebb kockázattal járjon.
- *Az éghajlati sérülékenységek területi vizsgálatának térinformatikai megalapozása:* Az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodás területi és ágazati stratégiák integrációja széles körű információkat igényel a változásokkal szembeni társadalmi, gazdasági és környezeti sérülékenységről. Cél egy olyan, hazai kutatásokon és a földmegtérítés eredményein alapuló, többcélú felhasználásra alkalmas térinformatikai

- adatrendszer folyamatos működtetése, amely objektív információkkal segíti a változó körülményekhez igazodó, rugalmas döntés-előkészítést, döntéshozást és tervezést.
- *Alkalmazkodás és felkészülés:* Az éghajlati alkalmazkodás célja a nemzeti (természeti, humán és gazdasági) erőforrások készleteinek és minőségének megóvása, a változó külső feltételekhez való rugalmas természeti, társadalmi, gazdasági és szakpolitikai válaszok előmozdítása. Cél, hogy a felkészülés összehangolt választ adjon a klíma-, energia-, élelmiszer- és vízbiztonság, valamint a kritikusingfrastruktúra-biztonság hosszú távon fennálló problémaköreire.
  - *Éghajlati partnerség biztosítása:* Cél, hogy a magyarországi klímapolitika széles körű partnerség és társadalmi-gazdasági konszenzus keretei között valósuljon meg. Növelni szükséges az éghajlatváltozással, a megelőzési és alkalmazkodási intézkedésekkel kapcsolatos tájékozottságot és közbizalmat. Az államnak – többek között az energiatakarékosság, a klímabarát közbeszerzések terén – tartós és folyamatos példaállítással kell segítenie e konszenzus kialakulását. Erősítendő a civil, karitatív és egyházi szervezetek, önkormányzatok szerepe, valamint a gazdasági érdekképviselők, kamarák részvétele a közös cselekvésekben, hiszen a klímapolitikai célok költséghatékony teljesüléséhez az államháztartáson kívüli források bevonása is elengedhetetlen.

#### 2.6.4. Hazai Dekarbonizációs Útiter (HDÚ)

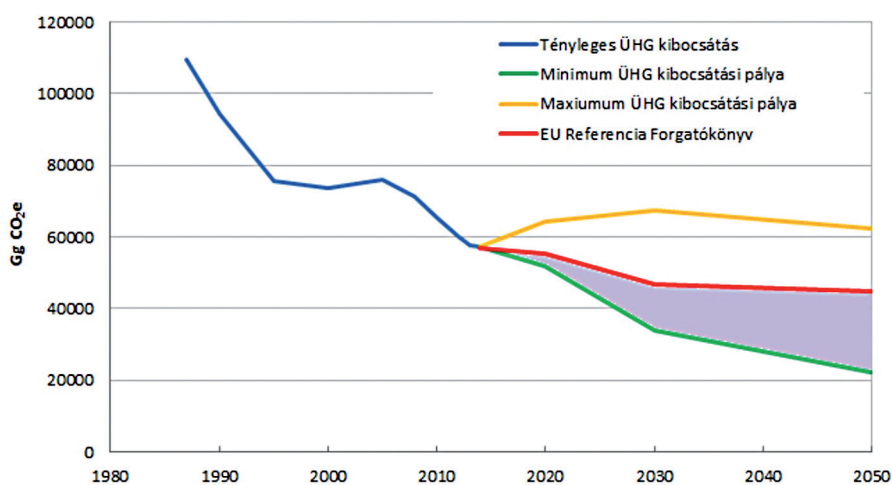
Magyarország alapvető nemzetstratégiai érdeke, hogy a versenyképesség, a technológiováltás és az éghajlatvédelem szempontjait egyaránt figyelembe vevő dekarbonizációs tervvel készüljünk az Európai Unió hosszú távú kibocsátáscsökkentési törekvéseiben és erőfeszítés-megosztási rendszerében való arányos és hatékony részvételünkre. Elengedhetetlen stratégiai érdekünk továbbá a fenntartható fejlődés felé való átmenet feltételeinek megtervezése, a klímapolitikai vállalások teljesítését lehetővé tevő, munkahelyeket teremtő és megtartó, az innovációra és kutatásfejlesztésre építő nemzetgazdaság megteremtése. Emellett a globális környezeti problémák megoldásában való arányos felelősségünk indokolja, hogy a NÉS-2 keretei között elindítsuk a magyarországi dekarbonizáció hosszú távú tervezési folyamatát. Ennek értelmében a HDÚ az éghajlatváltozáshoz hozzájáruló kibocsátások mérséklésének technológiai és fogyasztói viselkedésben rejlő lehetőségeit mutatja be. A HDÚ kiemelt törekvése, hogy rávilágítson azokra a megoldásokra, amelyek a kibocsátáscsökkentést a foglalkoztatásnövekedéssel párosulva valósíthatják meg.

A Hazai Dekarbonizációs Útiterben a kibocsátáscsökkentés lehetséges „szélső” pályáit határozták meg, azaz a NÉS-2-ben ismertetett minimum-maximum pályák elméleti kibocsátáscsökkentési potenciálokat jelölnek ki. A maximum ÜHG-kibocsátású pályák esetében a legmagasabb kibocsátásokat eredményező forgatókönyveket, míg a minimum ÜHG-kibocsátású pályák esetében a legkisebb kibocsátásokat adó forgatókönyveket alkalmazták. A két szélsőértékpálya olyan forgatókönyvek kombinációjából áll össze, ahol az egyes forgatókönyvek beállításai a szakpolitikai célkitűzéseket, illetve a szakértők által elfogadott, legvalószínűbbnek tekinthető értékeket tükrözik. A költséghatékony, a fenntarthatóság felé való átmenetet leginkább támogató optimális kibocsátáscsökkentési pályák meghatározása a NÉS-2 egyik fontos végrehajtási feladata lesz, és – a szakágazati stratégiák

készítésével, illetve felülvizsgálatával összhangban – az *Éghajlatváltozási Cselekvési Terv* keretében dolgozzák majd ki őket.

A nemzetgazdasági szintű maximum és minimum ÜHG-kibocsátási pályák vonatkozásában megállapítható, hogy a 2014-es adatok szerint Magyarország 48%-kal alacsonyabb ÜHG-kibocsátással rendelkezik, mint az ENSZ éghajlatváltozási keretegyezményébe foglalt bázisévben (1985–1987 átlaga), és 40%-kal alacsonyabb az ÜHG-kibocsátás, mint 1990-ben. A 2014-ig tartó tényadatokat követően az előrevetített minimum- és a maximumpályák között jelentős mértékben széttartó ÜHG-kibocsátási trend figyelhető meg: 1990-hez képest 2030-ra a maximumpálya alapján 29%-os, míg a minimumpálya alapján 64%-os csökkenés várható, 2050-re pedig a csökkenés 34% (maximumpálya) és 76% (minimumpálya) lehet. Ugyanez az 1985–1987-es bázisévvel 2030 esetén 38%-os (maximumpálya) és 69%-os (minimumpálya) közötti, míg 2050 esetében 43%-os (maximumpálya) és 79% (minimumpálya) ÜHG-kibocsátáscsökkenési érték lehet.

Lényeges, hogy a párizsi megállapodás hatálybalépésével indul el az Európai Bizottság égisze alatt a többletmitigációs tevékenységek dekarbonizációs potenciáljának meghatározása. 2016. szeptemberig tagállami szinten csak a jelenlegi beavatkozások és szakpolitikák figyelembevételével kialakított EU referencia-forgatókönyv áll rendelkezésre. A minimum ÜHG-kibocsátási pálya és az EU referencia-forgatókönyv közötti tartomány jelöli ki a hazai dekarbonizáció mozgásterét: a költséghatékony és egyúttal a fenntarthatóság felé való átmenetet támogató magyarországi dekarbonizációnak 2050-re 52–77% közé kell esnie 1990-hez képest (lásd 2.3. ábra).



2.3. ábra

*A várható minimum és maximum ÜHG-kibocsátási pályák nemzetgazdasági szinten*

*Forrás: NÉS-2 2017*

Az épületszektor és a hulladékgazdálkodás kibocsátása nagy valószínűséggel csökken, ennek mértéke elsősorban a pénzügyi és szemléletformálási ösztönzők függvénye. A közlekedési szektor kibocsátása jelenleg a közlekedési igények növekedésének következtében

növekszik, azonban hosszú időtávon a közlekedési elektrifikáció elterjedésével, illetve egyéb új technológiák révén várhatóan csökkenni fog a szektor kibocsátása. Ennek feltétele a megfelelő pénzügyi és szemléletformálási ösztönzők alkalmazása. Az ipar és a mezőgazdaság nem tud jelentősen hozzájárulni a dekarbonizációs törekvésekhez, így a dekarbonizáció megvalósítása nem jelent versenyképességi korlátot a magyar gazdaság számára, sőt az innováció és a zöldgazdaság-fejlesztés révén hozzájárulhat a termelő ágazatok modernizációjához és Magyarország újraiparosításához.

A villamosenergia-termelés ÜHG-kibocsátásának szempontjából meghatározó lépés lehet középtávon a Paksi Atomerőmű kapacitáspótlása, az átmenetileg megnövekvő atomenergia-kapacitás (a régi és új blokkok párhuzamosan futása) a 2020-as évek végén, a 2030-as évek elején jelentős kibocsátáscsökkenést okoz, természetesen a lehetséges éghajlatváltozás hatásai révén keletkező kihívásokat figyelembe kell venni az atomenergia alkalmazásának nukleáris biztonsága tervezése és megvalósítása során. (RÓNAKY et al. 2007a, 2007b) A legjelentősebb dekarbonizációs potenciállal az energiahatékonyság javítása jár, mivel ez minden szektor esetében megvalósítható. Az épületek fogyasztásában meghatározók a demográfiai folyamatok, ugyanis 2050-re jelentősen csökken a magyar háztartások száma.

Mindezek figyelembevételével a HDÚ a következő specifikus célokat tűzi ki:

- A fosszilis energiahordozók kiváltásának elősegítése, elsősorban a hő- és villamosenergia-termelés, az épületfűtés és a közlekedés területén. A villamosenergia-termelés szempontjából a célt a *Nemzeti Energiastratégia* atom-szén-zöld forgatókönyvének végrehajtása egy kiegyensúlyozott termelési szerkezet megvalósításával célozza meg, amelyben mindhárom zéró kibocsátású technológia helyet kap: az atomenergia, a megújuló és a CLT is. Ezen célok teljesítése a hazánk által az *Európa 2020 stratégia* keretében vállalt 14,65%-os megújulóenergia-részarány elérését is segíti.
- Az energiahatékonyság növelése és az energiatakarékosság előmozdítása, elsősorban az épületenergetika és a közlekedés, a mezőgazdaság és az ipar egyes ágazatai területén, valamint a hazai erőműpark fejlesztésén keresztül a villamosenergia-termelésben is. Ezen intézkedések megvalósítása elősegítheti az Európa 2020 Stratégia keretében megfogalmazott 20%-os energiahatékonyság-javulást.
- Azon technológiák, szolgáltatások és fogyasztói szokások elterjesztésének ösztönzése, amelyek a természeti erőforrások (különösen az energiahordozók, nyersanyagok és víz) igénybevételének mérséklése révén és a zárt anyagforgalmú rendszerek alkalmazásával segítik a karbonszegény gazdaság felé való átmenetet.
- A dekarbonizáció zöldgazdaság-fejlesztési eszközként való megjelenése. A dekarbonizáció megvalósítását a hazai gazdaságfejlesztés keretrendszerébe kell helyezni. Ennek érdekében a dekarbonizációs törekvések, valamint az innovációs és a kisvállalkozásokra vonatkozó fejlesztési politikák összehangolása szükséges.
- A zöldgazdaság-fejlesztési céllal összhangban a dekarbonizációs törekvések nem mehetnek a gazdaság versenyképességének rovására, és így fokozott figyelmet kell fordítani a szénszivárgás jelenségének vizsgálatára és indokolt esetben kezelésére.
- A szén-dioxid természetes nyelő kapacitásainak (erdők, faanyag) növelése, több szén-dioxid tartós megkötése a faanyagban, a fatermékek elterjedtebb használata és a geológiai közegben történő megkötés technológiai lehetőségeinek vizsgálata.



- Kutatások, fejlesztések, innovációk, demonstrációs projektek támogatása, különös tekintettel az anyag- és energiatakarékos technológiák, a megújuló energiahordozók elterjesztése, a környezetbarát közlekedés- és agrotechnikák, a fenntartható építészet, a hő- és villamosenergia-termelés és a CLT területein. Ezen intézkedések megvalósítása a hazánk által az Európa 2020 Stratégia keretében vállalt GDP-arányosan 1,8%-os KFI-ráfordítás elérését is segíti.

### 2.6.5. Nemzeti Alkalmazkodási Stratégia

A Nemzeti Alkalmazkodási Stratégia az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodás hazai kereteit és lehetőségeit határozza meg.

Az alkalmazkodás gyakorlati megvalósítása egyre sürgetőbbé válik, mert a cselekvés halogatása a kockázatok jelentős növekedését vonhatja maga után.

A Nemzeti Alkalmazkodási Stratégia kiindulópontja, hogy az éghajlatváltozás nem határolható el a társadalom-, gazdaság- vagy környezetpolitika témakörétől, és mint ilyet a fenntarthatóság felé való átmenet szempontrendszerével összhangban szükséges kezelni. A stratégia a rugalmas alkalmazkodás, azaz az összehangolt, a kockázatoknak elébe menő felkészülés lehetőségének megteremtését szolgálja. Küldetése az éghajlati változásokra rugalmasan reagáló, a kockázatok megelőző és a károkat minimalizáló, élhető Magyarország természeti, valamint társadalmi-gazdasági feltételeinek biztosítása innovatív, a fenntarthatóság felé való átmenetet támogató stratégiai keretrendszer révén.

A NAS keretében részletesen vizsgáljuk az éghajlatváltozásnak a vizekre, a talajra, az élővilágra és az emberi egészségre gyakorolt hatásait, elemezzük a várható mezőgazdasági, az épített környezetben jelentkező, a turisztikai és az energetikai következményeket. Az éghajlati sérülékenység komplex elemzése szerint az éghajlatváltozás nem érinti majd egyformán Magyarország településeit, jelentős területi különbségekkel „köszönt be” e kedvezőtlen jelenség.

Magyarországon különböző természetű és eltérő okokra visszavezethető területi egyenlőtlenségek (nyugati–keleti, illetve újabban északnyugati–déli gazdasági lejtő, városias-vidékes térségek egyenlőtlenségei, súlyos társadalmi, jövedelmi különbségek) figyelhetők meg, amelyek az éghajlatváltozás során bekövetkező hatásokra tovább mélyülhetnek, ugyanis az egyes térségek más-más módon és mértékben sérülékenyek a prognosztizált közép- és hosszú távú klimatikus változásokkal szemben. Ebből következően a sérülékenység mértékének regionális összehasonlítása sürgető feladat. Az éghajlatváltozással kapcsolatos kihívások és feladatok területi szintű stratégiai tervezésbe és döntéshozatalba történő integrációját és gyakorlati eszközeinek megerősítését szolgálja a megfelelő területi szintű éghajlati sérülékenységvizsgálat elvégzése. A sérülékenységvizsgálat célja annak feltárása, hogy az egyes térségek, települések mennyire veszélyeztetettek az éghajlatváltozás várható hatásaival szemben. A sérülékenységvizsgálat nem a sérülékenység abszolút mértékének megállapítására, hanem a térségek közti összehasonlíthatóság, a relatív területi különbségek meghatározására törekszik. (*A Régiók Bizottsága véleménye* 2010)

A NAS a Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai Rendszer (NATÉR) keretében kidolgozott sérülékenységvizsgálati eredményeket mutatja be, amelyek jól szemléltetik az éghajlati hatások teljes, komplex láncolatát, beleértve a társadalmi, gazdasági következményeket is. Az alkalmazkodás általában nem elszigetelt jelenség, hanem társadalmi,



politikai és területi szinteken is együttműködést igénylő folyamat. Egyrészt integrálódnia szükséges a különböző szakpolitikákba, másrészt a változások térbeli különbözőségei miatt fontos a térségi adottságok, jellemzők és folyamatok figyelembevétele, továbbá az adott problémával szembenező érintettek és az állami, kormányzati és önkormányzati szervek együttműködése is alapvető fontosságú a hatékony megvalósítás érdekében. Mindezek figyelembevételével – az adaptációra vonatkozó tematikus célkitűzések alapján – a NAS a következő specifikus célokat tűzi ki:

- A természeti erőforrások készleteinek és minőségének megőrzése, illetve tartamos hasznosítása a fenntarthatóság felé való átmenet elősegítése érdekében.
- Sérülékeny térségek alkalmazkodási lehetőségeinek támogatása, térségspecifikus alkalmazkodási stratégiai dokumentumok kidolgozása és integrálása a térségi fejlesztési tervekbe.
- Sérülékeny ágazatok (többek között a mező- és erdőgazdálkodás, a turizmus, az energetika, a közlekedés, az épületszektor, a telekommunikáció, a hírközlési rendszerek) rugalmas és innovatív alkalmazkodásának megvalósítása, valamint ágazatspecifikus alkalmazkodási stratégiai dokumentumok kidolgozása és integrálása az ágazati tervezésbe.
- A növekvő kockázatok kezelésére való felkészülés elősegítése és az alkalmazkodás megvalósítása kiemelt nemzetstratégiai jelentőségű horizontális területeken (többek között a katasztrófavédelem, a kritikus infrastruktúra, a vízgazdálkodás és a vidék-fejlesztés területein).
- Az éghajlatváltozás várható társadalmi hatásainak mérséklése és a társadalom alkalmazkodóképességének javítása, az alkalmazkodási lehetőségek a társadalom által történő megismertetésének elősegítése.
- Kutatások, innovációk támogatása, a tudományos kutatási eredmények közzététele.

## 2.6.6. Partnerség az Éghajlatért Szemléletformálási Terv

Az éghajlatváltozás elleni küzdelem csak a fenntarthatóság felé való átmenettel összhangban, az érdekeltek széles körének bevonásával képzelhető el. Az éghajlatváltozás lassítására irányuló törekvések, illetve az alkalmazkodás a megváltozott körülményekhez akkor lehet hatékony, ha az intézkedéseket szakmai-tudományos, szakpolitikai és társadalmi konszenzus övezi. Az éghajlatváltozással kapcsolatos szemléletformálás célja ezért a klímatudatosság és a fenntarthatóság szempontjainak integrálása a tervezésbe, a döntéshozatalba és a cselekvésekbe a társadalom minden szintjén. *(Az Európai Gazdasági és Szociális Bizottság véleménye 2008)*

A szemléletformálási terv a NÉS-2 jog- és stratégiaalkotási integrációjában, a média-partnerség területén, az oktatás-nevelés terén, a klímatudatossági kampányok területén, a mintaprojektek terén, a kormányzati, gazdasági, civil és tudományos szereplők bevonásával megvalósítandó hálózatépítés területén, továbbá az egyházakkal való partnerség terén rövid, közép- és hosszú távú cselekvési irányt határoz meg. Az éghajlati partnerség kialakítása és nyomon követése érdekében a NAS a következő intézkedéseket tartalmazza:

- Rendszeressé kell tenni a stratégiai dokumentumok, jogszabálytervezetek éghajlati szempontú értékelését.

- Az érintett igazgatási szakemberek segítségével értékelni kell a NATÉR-ra épülő információs, tanácsadási és szemléletformálási program használhatóságát.
- Rendszeresen közvélemény-kutatásokat kell végezni a klímatudatossággal kapcsolatban, amelyek része a médián keresztül kapott információk hatásának mérése is.
- Az éghajlatváltozás megelőzésével és az alkalmazkodással kapcsolatos szempontok oktatási-képzési integrálása érdekében:
  - elemezni kell a kerettanterveket, a felsőoktatási képzési követelményeket, valamint a tanárképzés rendszerét az éghajlatváltozással és fenntarthatósággal kapcsolatos szemléletformálás további erősítése érdekében, valamint
  - át kell világítani a közigazgatási vizsgák anyagait a fenntarthatósággal, éghajlatváltozással kapcsolatos ismeretek szempontjából.
- Az éghajlati partnerség nyomon követésére indikátorrendszert kell kialakítani a következő területeken:
  - a *KlímaBarát Magyarország Évtized* program szemléletformálási hatásának monitoringja,
  - a mintaprojektekkel kapcsolatos tevékenységek eredményességének mérése,
  - a hálózati együttműködés hatékonyságának, eredményességének mérése.

## 2.7. Intézkedések a NÉS-2 végrehajtására

A NÉS-2 végrehajtásának első és legfontosabb lépése az első Éghajlatváltozási Cselekvési Terv kidolgozása, majd az annak keretében megfogalmazott feladatok végrehajtása; ugyanakkor ezen túlmenően mitigációs és adaptációs bontásban is felmerülnek rövid távon olyan pontok, amelyek megoldása a végrehajtás kezdeti lépéseként kulcsfontosságú. A következőkben ezek szerepelnek hármas bontásban, először az általánosabb jellegű pontokat érintve, majd a dekarbonizációs, végül az alkalmazkodási feladatokat véve sorra.

- A NÉS-2 és részelemei (HDÚ, NAS) megvalósításának operatív dokumentumai a háromévente készítendő éghajlatváltozási cselekvési tervek (ÉCST). Ezek tartalmi szempontjairól külön kormányhatározat készítése javasolt.
- Javasolt az I. ÉCST keretében kidolgozni a *NÉS-2 Monitoring és Értékelési Tervét* is. Ennek kapcsán az V.5. fejezet is szolgál információkkal.
- A terv szerint az első ÉCST kidolgozásának 2017-ben kellett megtörténnie. Mivel ez meg is valósult, ezt követheti a tervben foglaltak végrehajtása.

Az éghajlatvédelmi támogatáspolitikai végrehajtása során javasolt hangsúlyosan figyelembe venni az *Országos Fejlesztési és Területfejlesztési Konceptió* – éghajlati adaptációhoz kapcsolódó – átfogó és specifikus célkitűzéseit.

### 2.7.1. A hazai dekarbonizációs útiterv végrehajtása

A mindenkori aktuális Éghajlatváltozási Cselekvési Terven belül ajánlott egy *Dekarbonizációs Program* – mint a HDÚ fő végrehajtási eszközének – kidolgozása. Ennek részeként:

- a magyarországi mitigációs forgatókönyvek és intézkedések költség-haszon viszonyait feltáró, a cselekvés és a nem cselekvés költségeit feltérképező elemzések elvégzése;
- a jelentős ÜHG-kibocsátáscsökkentési potenciállal rendelkező ágazatok szakmapolitikai programjai dekarbonizációs szempontú, indikátoralapú értékelési módszertanának kidolgozása;
- a HDÚ előrehaladását nyomon követő indikátorok kidolgozása;
- az aktuális ÉCST időszakában megvalósuló, a HDÚ cselekvési irányainak megfelelő intézkedések, beavatkozások bemutatása;
- a területi és ágazati sérülékenység leképezésén alapuló, a NAS előrehaladását nyomon követő indikátorkészlet meghatározása;
- az aktuális ÉCST időszakában megvalósuló, a NAS cselekvési irányainak megfelelő intézkedések, beavatkozások körének összefoglalása.

A szakpolitikai döntés-előkészítésben (különösen a mezőgazdaságban, vízgazdálkodásban, energetikában, katasztrófavédelemben) be kell vezetni az alkalmazkodási intézkedéseket megalapozni képes éghajlati szempontú kockázatértékelést.

Az *ÉCST Alkalmazkodási Programjának* kidolgozása során kiemelt figyelmet kell fordítani a *Nemzeti Biodiverzitás Stratégia*, a *IV. Nemzeti Környezetvédelmi Program*, valamint a *IV. Nemzeti Természetvédelmi Alapterv*, továbbá a *Nemzeti Épületenergetikai Stratégia* célkitűzéseivel való összhang megteremtésére.

A *Nemzeti Fenntartható Fejlődési Keretstratégia* előrehaladásáról szóló, kétévenként készülő monitoringjelentés keretében javasolt a Nemzeti Alkalmazkodási Stratégiával való összhang értékelése.

Kulcsfontosságú a kapcsolódó ágazati, területi és horizontális stratégiai tervdokumentumok kidolgozása/felülvizsgálata során a HDÚ céljai és cselekvési irányai figyelembevételének biztosítása.

Az *ÉCST Dekarbonizációs Programjának* kidolgozása során kiemelt figyelmet kell fordítani a *Nemzeti Energiastratégia*, a *Nemzeti Közlekedési Stratégia*, a *Nemzeti Reform Program*, a *Nemzeti Erdőprogram*, a *IV. Nemzeti Környezetvédelmi Program* és a *Nemzeti Környezettechnológiai Innovációs Stratégia* célkitűzéseivel való összhang megteremtésére.

### 2.7.2. A Nemzeti Alkalmazkodási Stratégia végrehajtása

A mindenkori aktuális ÉCST-n belül javasolt egy alkalmazkodási program mint a NAS fő végrehajtási eszközének kidolgozása. A dokumentum keretében ki kell dolgozni:

- a hazai alkalmazkodási intézkedések költség-haszon viszonyait feltáró, a cselekvés és a nem cselekvés költségeit feltérképező elemzéseket;
- az éghajlatváltozás hatásainak kitett ágazatok szakmapolitikai programjainak alkalmazkodási szempontú, indikátoralapú értékelési módszertanát.

## Felhasznált irodalom

- A Régiók Bizottsága véleménye (2010) – Fehér könyv – Az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodás: egy európai fellépési keret felé. *Az Európai Unió Hivatalos Lapja*, 2010/C 79/03. Elérhető: [http://epa.oszk.hu/00800/00877/02463/pdf/C\\_2010\\_079\\_0013\\_0018.pdf](http://epa.oszk.hu/00800/00877/02463/pdf/C_2010_079_0013_0018.pdf) (A letöltés dátuma: 2018. 02. 23.)
- Az Európai Gazdasági és Szociális Bizottság véleménye (2008) – Tárgy: A Bizottság zöld könyve a Tanácsnak, az Európai Parlamentnek, az Európai Gazdasági és Szociális Bizottságnak és a Régiók Bizottságának: Alkalmazkodás az éghajlatváltozáshoz Európában – Az uniós fellépés lehetőségei COM(2007) 354 final. *Az Európai Unió Hivatalos Lapja*, 2008/C 120/09. Elérhető: [www.epa.uz.ua/00800/00877/01608/pdf/C\\_2008\\_120\\_0038\\_0041.pdf](http://www.epa.uz.ua/00800/00877/01608/pdf/C_2008_120_0038_0041.pdf) (A letöltés dátuma: 2018. 02. 23.)
- BEREK T. (2015): A víz mint környezeti erőforrás a Kárpát-medencében, vízbázisok, vízbiztonság. In CSENGERI J. – KRAJNC Z. szerk.: *A hadtudomány és a hadviselés komplexitása a XXI. században*. Budapest, Nemzeti Köszolgálati Egyetem. 61–73.
- BEREK T. (2016): A vízbiztonsági tervezés szerepe a fenntartható vízgazdálkodásban. *Műszaki Katonai Közöny*, 26. évf. 2. sz. 32–48.
- CSURGAI J. – GORICSÁN I. – ÁCS B. – CSÓK L. – HALÁSZ L. – LAJOS T. – PINTÉR I. – SOLYOSI J. – VINCZE Á. – ZELENÁK J. (2005): ABV-anyagok terjedésének numerikus, számítógépes szimulációja. *Haditechnika*, 39. évf. 1. sz. 13–19.
- CSURGAI, J. – ZELENÁK, J. – LAJOS, T. – GORICSÁN, I. – HALÁSZ, L. – VINCZE, Á. – SOLYOSI, J. (2006): Numerical simulation of transmission of NBC materials. *Academic and Applied Research in Military Science*, Vol. 5, No. 3. 417–434.
- NÉS (2008): Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia 2008–2025. In 29/2008 (III. 20.) országgyűlési határozat a Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégiáról. Elérhető: <https://mkogy.jogtar.hu/?page=s-how&docid=a08h0029.OGY> (A letöltés dátuma: 2018. 02. 19.)
- NÉS-2 (2017): A 2017–2030 időszakra vonatkozó, 2050-ig tartó időszakra is kitekintést nyújtó második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégiáról. Budapest, Nemzeti Fejlesztési Minisztérium. Elérhető: [www.kormany.hu/download/f/6a/f0000/N%C3%89S\\_2\\_strat%C3%A9gia\\_2017\\_02\\_27.pdf](http://www.kormany.hu/download/f/6a/f0000/N%C3%89S_2_strat%C3%A9gia_2017_02_27.pdf) (A letöltés dátuma: 2018. 02. 21.)
- Országos Meteorológiai Szolgálat (2017): *Az üvegházhatású gázok és légszennyező anyagok kibocsátási leltárjai*. Elérhető: [www.met.hu/downloads.php?fn=/metadmin/attach/2017/06/4d206b84148e77df4693025656dd0470-11-uveghazhasu-gazok-kibocsatasi-leltara.pdf](http://www.met.hu/downloads.php?fn=/metadmin/attach/2017/06/4d206b84148e77df4693025656dd0470-11-uveghazhasu-gazok-kibocsatasi-leltara.pdf) (A letöltés dátuma: 2018. 02. 20.)
- PADÁNYI J. (2015): Vízkonfliktusok. *Hadtudomány*, 25. évf. Elektronikus különszám. 272–284.
- PADÁNYI, J. – FÖLDI, L. (2016): Security Research in the Field of Climate Change. In NÁDAI, L. – PADÁNYI, J. eds.: *Critical Infrastructure Protection Research: Results of the First Critical Infrastructure Protection Research Project in Hungary*. Zürich, Springer International Publishing. 79–90. (Topics in Intelligent Engineering and Informatics, 12.) DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-28091-2\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-319-28091-2_7)
- RÓNÁKY J. – MACSUGA G. – VOLENT G. – CSURGAI J. – CZIVA O. – HORVÁTH K. – PETŐFI G. – VINCZE Á. – ZELENÁK J. – SOLYOSI J. (2007): A nukleáris létesítmények katonai terror-fenyegetettségének értékelése I.: A nemzetközi és hazai szabályozás, valamint a gyakorlat áttekintése. *Hadmérnök*, 2. évf. 1. sz. 77–85.

- RÓNAKY J. – PETŐFI G. – VOLENT G. – MACSUGA G. – HORVÁTH K. – CSURGAI J. – CZIVA O. – MOLNÁR L. – TÓTH J. – VINCZE Á. – ZELENÁK J. – SOLYMOSI J. (2007): A nukleáris létesítmények katonai terror-fenyegetettségének értékelése II.: A Paksi Atomerőmű katonai terror-fenyegetettségének értékelési eljárása. *Hadmérnök*, 2. évf. 2. sz. 32–49.
- UNFCCC (2016): *Report of the Conference of the Parties on its twenty-first session, held in Paris from 30<sup>th</sup> November to 13<sup>th</sup> December 2015. Part two: Action taken by the Conference of the Parties at its twenty-first session*. Elérhető: <https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/10.pdf> (A letöltés dátuma: 2018. 02. 20.)
- VAHAVA (VÁLtozás-HAtás-VÁlaszadás) jelentés (2005). A globális klímaváltozás: hazai hatások és válaszok, KvVM – MTA „VAHAVA projekt”. Budapest, Magyar Tudományos Akadémia. Elérhető: <http://netrix.mta.nsd.sztaki.hu/fileadmin/2005/09/vahava0915.pdf> (A letöltés dátuma: 2018. 02. 18.)

### 3. fejezet

## Klímatudatosság erősítése az oktatásban

*Besenyei Mónika<sup>1</sup>*

### 3.1. A fenntartható fejlődés és az éghajlatváltozás

A NASA által közölt legfrissebb adatok alapján a légkör CO<sub>2</sub>-koncentrációja (407,61 ppm) 650 000 év óta a legmagasabb. A szárazföldi jégtakaró közel 290 gigatonnával csökken évente, míg a tengerszint-emelkedés 3,2 mm/év. (NASA 2018a) Ezek az adatok elérhetőek valamennyi érdeklődő számára, azonban az értelmezésükhöz és a hatás megértéséhez már szükség van bizonyos ismeretekre.

A fenntarthatósággal kapcsolatos ismeretek oktatásba való integrálása szükséges, de nem elégséges feltétele annak, hogy megfelelő válaszokat tudjunk adni például az éghajlatváltozás jelentette kihívásokra. Jelen tanulmány a kijelentés azon felével kíván foglalkozni részletesebben, amely szerint ez egy szükséges feltétel. Az, hogy nem elégséges, evidenciaként kezelhető, ám bizonyítására számos szakirodalmi példa is hozható, amelyek a gazdasági vagy szabályozói oldal szükségességét bizonyítják, így indirekt módon itt is bizonyítékként szolgálnak. (TANNER–ALLOUCHE 2011; NORDHAUS 1992; KOLK–PINKSE 2004)

Az éghajlatváltozás és a fenntartható fejlődés közötti összefüggést úgy írja le az IPCC (2007) hogy ez egy olyan kétirányú kapcsolat, amely szoros összefüggést mutat. Egyfelől az éghajlatváltozás hatást gyakorol a természeti tőkére és így az emberek életkörülményeire, ezáltal pedig befolyásolja a társadalmi és gazdasági fejlődést. Másrészt az, ahová a társadalmi szinten helyezzük a hangsúlyt a fenntartható fejlődés területén, kihat az üvegházhatást okozó gázok kibocsátásaira. Ez a jellemző kétirányú egymásra hatás jelentkezik az élet számos eltérő területén, meghatározza jövőbeni lehetőségeinket és a fejlődés szükséges irányát a gazdaság, a társadalom, a civil és még a katonai szféra számára is. Talán meglepő, de a haderők fejlesztésének szintén központi kérdésévé vált a fenntarthatóság, a környezet-tudatosság és az éghajlatváltozás elleni küzdelem. (PADÁNYI–FÖLDI 2014)

Szükségszerűen mindannyian kicsit „technooptimisták” vagyunk. Bízunk abban, hogy a jelen globális és lokális környezeti/társadalmi válságai olyan kihívások, amelyekkel az emberiség képes lesz megbirkózni. Egyre tekintélyesebb összegek állnak azon kutatások rendelkezésére, amelyek az éghajlatváltozást kiváltó okok mérséklését célozzák, vagy az alkalmazkodást igyekeznek elősegíteni. Nemzetközi szinten az egyik legjelentősebb ilyen kezdeményezés az ENSZ klímaalapja, amely a fenntartható fejlesztési célokkal összhangban a kutatásokra szánt összeget a globális GDP 0,5%-ára kívánja felemelni 2030-ra,

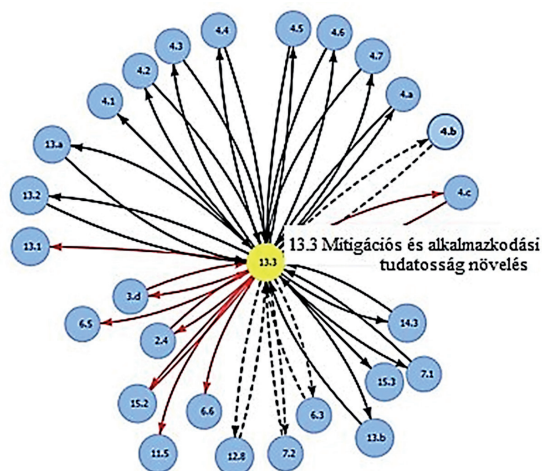
<sup>1</sup> ORCID: 0000-0003-4488-6432, [besenyei.monika@uni-nke.hu](mailto:besenyei.monika@uni-nke.hu)

ami a globális befektetések 1,1–1,7%-át jelentené. (UNFCCC 2014) Az Európai Unió legfőbb éghajlatváltozással kapcsolatos innovációs kezdeményezése a Climate-KIC. Ez a tudás- és innovációs közösség számos egyéb (főleg tapasztalatcsere, szemléletformálás és tudásmegosztás) tevékenysége és célja mellett elsősorban programokat támogat, amelyek magas innovációs potenciállal rendelkeznek az éghajlatváltozás elleni védekezés és alkalmazkodás területén. (Climate-KIC 2018)

### 3.2. A fenntarthatósági oktatási célok a nemzetközi stratégiákban

Az összefüggések megértéséhez segítségül hívjuk azt a kezdeményezést, amely a különböző fenntartható fejlődési célkitűzések (Sustainable Development Goals – SDGs) összefüggéseit hivatott bemutatni. (ZHOU–MOINUDDIN–LI 2017) Az összefüggéseket kétféle módszerrel jelenítik meg. Az egyik esetében (és jelen tanulmányban ezzel fogunk dolgozni) a SDGs célok referenciakapcsolatait veti össze az irodalmi áttekintés (ENSZ és más nemzetközi szervezetek dokumentumai) alapján. A másik pedig a célok referenciátávláságainak egyesítése a mutatókon dolgozó Fenntartható Fejlődési Megoldások Hálózata (Sustainable Development Solutions Network – SDSN) konzultációs folyamatok alapján.

Az általunk összevetni kívánt 4.7 (jólléti) és a 13.3 (természeti erőforrások) (NIESTROY 2016) célkitűzések vizsgálatát Kína esetében mutatjuk be (lásd 3.1. és 3.2. ábrák). A képi megjelenítést lehetővé tevő eszköz még nem érhető el minden országra (csak Banglades, Kambodzsa, Kína, India, Indonézia, Japán, Koreai Köztársaság, Fülöp-szigetek, Vietnám elérhető), ezért kiválasztottam azt, amely számomra a leginkább izgalmasnak tűnt, és vélhetően sok olyan dokumentum van, amely a módszertan alapján számításba vehető volt.



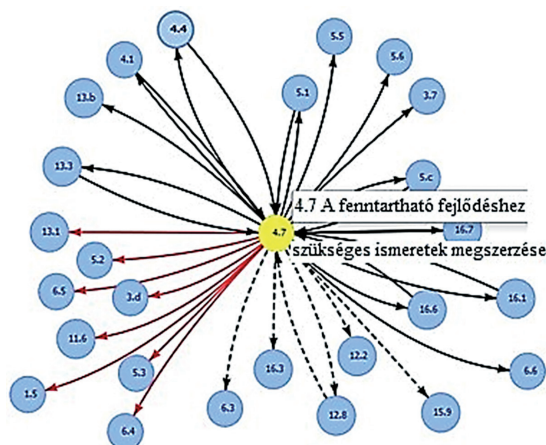
3.1. ábra

A 13.3 célkitűzés összefüggésgráfja

Forrás: a szerző szerkesztése ZHOU–MOINUDDIN–LI 2017 alapján



Mivel ez a megjelenítés csupán illusztráció, és a tanulmány szempontjából az összefüggés léte a fontos, a módszertan részleteire itt nem térünk ki. A tanulmány (ZHOU–MOINUDDIN 2017) részletesen bemutatja a nyilak jelentését és az összefüggés kiszámolásának módját is.



3.2. ábra

A 4.7 célkitűzés összefüggésgráfja

Forrás: a szerző szerkesztése ZHOU–MOINUDDIN–LI 2017 alapján

A fenti ábrák megerősítik azt a feltevést, hogy az éghajlatváltozás megfelelő és eredményes kezelésében kulcsfontosságú az oktatás (minden szinten) és a szélesebb értelemben vett szemléletformálás. Ez utóbbi elsősorban a fogyasztói szokások és a felelős döntések meghozatalában játszik jelentős szerepet.

Az oktatási tudanyagban való megjelenés ezzel szemben sokkal szélesebb körben értelmezve segíti elő az éghajlatváltozás okozta kihívások sikeres megoldását.

### 3.3. A kompetenciaalapú oktatás

Az egyes változások, társadalmi, gazdasági átmenetek görbülékenysége nagyban függ az információkhoz (releváns, friss, valós) való hozzáférés lehetőségétől és attól, hogy képesek vagyunk-e ezeket az információkat megfelelően értelmezni. A hozzáférés sokat változott az utóbbi évtizedekben, részben az infokommunikáció rohamos fejlődésének köszönhetően, az értelmezésre való képesség pedig az oktatással (különböző területeken és általában véve a műveltséggel). Természetesen számos egyéb összetevő (kultúra, attitűd stb.) is közrejátszik abban, hogy miként értelmezzük és használjuk a rendelkezésünkre álló információkat.

A tudáson kívül szükségesek bizonyos kompetenciák, amelyek alkalmassá tesznek minket, hogy az ismereteinket megfelelően értelmezni és alkalmazni tudjuk. Általánosságban elmondható, hogy a sikeresség és a megfelelő teljesítmény elérésének



a kulcsa a releváns tudáson alapuló kompetenciák tára. Ezek alkalmazására való képesség és a tényleges alkalmazás vezethet el a változásokhoz.

A kulcskompetenciák kognitív és nem kognitív fejlesztésen alapulnak, valamint több kontextust igényelnek. A felsőoktatásban a formális és az informális tanulási környezetek egyesítésével – egy újfajta tanulási kultúra részeként – számos kontextus megteremthető és ezáltal javítható a kompetenciafejlesztés színvonala. (BARTH et al. 2007)

A fenntartható fejlődés tekintetében a kulcskompetenciák többnyire az interszónális és a problémamegoldó kompetenciák, név szerint: rendszerszemlélet, hosszú távú szemlélet, értékalapú gondolkodás, stratégiai szemlélet. (WIEK–WITHYCOMBE–REDMAN 2011)

### 3.4. A negyedik ipari forradalom hatása az oktatásra

3.1. táblázat

*A tíz legfontosabb kompetencia*

| 2020                              | 2015                              |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Komplex problémák megoldása    | 1. Komplex problémák megoldása    |
| 2. Kritikus gondolkodás           | 2. Összehangolódás másokkal       |
| 3. Kreativitás                    | 3. Emberek irányítása             |
| 4. Emberek irányítása             | 4. Kritikus gondolkodás           |
| 5. Összehangolódás másokkal       | 5. Tárgyalás                      |
| 6. Érzelmi intelligencia          | 6. Minőség-ellenőrzés             |
| 7. Ítéletalkotás és döntéshozatal | 7. Szolgáltatásirányultság        |
| 8. Szolgáltatásirányultság        | 8. Ítéletalkotás és döntéshozatal |
| 9. Tárgyalás                      | 9. Aktív hallgatás                |
| 10. Kognitív rugalmasság          | 10. Kreativitás                   |

*Forrás: WEF 2016a*

Az ipari forradalmak jelentős átalakulást hoztak nemcsak a mindennapi életünkben, hanem az oktatás terén is. A technológiai és a társadalmi változások együttesen hatnak vissza az oktatásra, és természetesen az oktatás is hat (jó esetben gerjeszti, és nem fékezi) a változásokra. A sikerességhez szükséges kompetenciák változása szükségessé teszi az oktatás átalakítását is (lásd 3.1. táblázat). A Világgazdasági Fórum azon kiadványa, amely a negyedik ipari forradalom után létrejövő munkahelyekkel és a sikeres karrierépítéshez szükséges képességekkel foglalkozik, 2020-ra prognosztizált változások bemutatásával kínál támpontot az oktatástervezéshez is. (WEF 2016a)

Ehhez kapcsolódóan érdemes felsorolni, hogy melyek azok a hivatások, amelyek a digitalizáció és a negyedik ipari forradalom hatásai szempontjából a legkevésbé vannak kitéve a „megszűnés”, azaz a robotokkal való helyettesíthetőség kockázatának. (FREY–OSBORNE 2017) Ezek pedig a:

- rekreációs terapeuta;
- középvezetők (mechanikusok, szerelők és javítók);
- krízismenedzserek;
- szociális munkások (mentális problémák és függőség);
- audiológus;

- foglalkozási terapeuta;
- ortopédiai műszerész;
- egészségügyi szociális munkások;
- szájszabványok;
- középvezetők – tűzoltóság és katasztrófavédelem.

A foglalkozások digitalizálhatóságának egyik fontos ismérve azon képességek hiánya, amelyek a 3.1. táblázat alapján a jövő képességeinek tekinthetők.

Az oktatás és az ipari forradalmak szoros kapcsolatban állnak egymással. (BLINDER 2006) A második és a harmadik ipari forradalom termelési igényeinek kielégítésére óriási változáson ment keresztül az oktatás azzal, hogy elterjedt a közoktatás. (BECKER et al. 2011) Ezzel lehetővé vált a fejlett országokban, hogy valamennyi polgár hozzáférhessen az oktatáshoz, és gyakorlatilag felszámolták az analfabetizmust. (WEST 1978)

Már a harmadik ipari forradalom elhozta a kontrollálhatatlan mennyiségű információt is az asztalunkra, és sajnos a válogatás nélkül elének ömlő adatokkal és hírekkel nem tudunk mit kezdeni. A negyedik ipari forradalom során az információ mennyisége nem csökkent, de a technológiai fejlődés és a digitalizáció révén egészen új dimenziókba léphetünk, ami egyszerre jelent kockázatot és lehetőséget is. Az oktatás színtere ma már nem elsősorban az „iskola”, (SUGATA–VIVEK 2001) jóllehet az oktatás hatását és a benne rejlő lehetőségeket nem szabad alábecsülni. És ha az intézmények képesek lépést tartani a kihívásokkal, akkor képesek lehetnek kihasználni a helyzeti előnyüket.

### 3.5. Az éghajlatváltozás mint a fenntarthatóság szimbóluma

A globális kockázati tényezők közül az egyik legjelentősebb az éghajlatváltozás mérséklésének és alkalmazkodásának hiánya. (WEF 2018) Ezért is fontos, hogy a fenntartható fejlődés témaköréből kiemelten foglalkozunk az éghajlatváltozással. Sokszor didaktikailag is nagy jelentősége van annak, ha egy konkrét problémán és annak megoldási lehetőségein keresztül világítunk meg egy komplex rendszert, amelynek ez a példaeset is a része.

Az oktatás jobban csökkenti az éghajlatváltozással kapcsolatos katasztrófák okozta halálesetek számát, mint a gazdasági növekedés. Az oktatás elősegíti a katasztrófákkal szembeni sebezhetőség csökkenését és az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodást is. (MCSWEENEY 2014)

Az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodási beruházások általában a nagy infrastrukturális projektekre, például árvízvédelmi és öntözőrendszerekre összpontosulnak. De a *Science*-ben közzétett új kutatás szerint az oktatásba való befektetés jobb módja lehet az éghajlattal kapcsolatos katasztrófákkal szembeni sebezhetőség csökkentésének. (LUTZ–MUTTARAK–STRIESSNIG 2014; MUTTARAK–LUTZ 2014)

Az éghajlatváltozás következményeit számos szervezet kutatja és kommunikálja. (JRC–IPTS 2014; WWF 2018; NASA 2018b; BRASSEUR 2009) A Stern-riporttól (STERN 2008) kezdve, amely a gazdasági hatásokat veszi számba egészen az emberi egészségre gyakorolt hatást elemző WHO-tanulmányig (WHO 2017) a kutatások célja a döntéshozók helyzetének megkönnyítése azáltal, hogy a megfelelő tényeket érthető és mérhető módon prezentálja. (NAUSTDALSLID 2011)

Az éghajlatváltozás tehát szorosan összefügg a fenntartható fejlődéssel. „A fenntartható fejlődés és az éghajlatváltozás között kettős kapcsolat áll fenn. Egyfelől az éghajlatváltozás befolyásolja a legfontosabb természetes és emberi életkörülményeket, ezáltal pedig a társadalmi és gazdasági fejlődés alapjait, másrészt a társadalom fenntartható fejlődésre vonatkozó prioritásai befolyásolják mind az üvegházhatást okozó gáz kibocsátást, mind az éghajlatváltozást és a sebezhetőséget.” (IPCC 2007)

Ez a szoros összefüggés az oka annak hogy a két fogalmat, ha nem is szinonimaként, de gyakran egymás helyettesítéseként használjuk. Pontos szétválasztásuk azért sem szükséges, mert a két jelenség korrelál egymással. Így az éghajlatváltozás indikátorai egyben jó mércét jelentenek a fenntarthatóság megvalósulására is. (Kis et al. 2017; KSH 2017)

### 3.6. Fenntarthatósági kutatás a Nemzeti Közzolgálati Egyetemen

A következő fejezetben annak a kutatásnak az eredményeiből mutatok be válogatást, amely a Nemzeti Közzolgálati Egyetem polgárainak fenntarthatósággal kapcsolatos attitűdjét és szokásait volt hivatott felmérni. A felmérés elsődleges célja az egyetemi fenntarthatósági stratégia megalapozása. A célkitűzések globálisak, ám a megvalósítás módja, útjai és a kiindulási állapot intézményenként eltérő. Így a nemzetközi referenciaadatok mellett a kezdeti állapot felmérése elengedhetetlen részét kell, hogy képezze valamennyi stratégia megalkotásának.

A 2016-ban lezajlott adatfelvétel elemzése még jelenleg is folyamatban van. Az adatok, amelyekből jelen tanulmányban közölni fogok részleteket, az egész egyetemre kiterjedő kérdőíves kutatásból, valamint a vezetői attitűd felmérésére szolgáló Q-módszeres adatfelvételtől származnak.

A Q-módszertan esetében a 49 vezetői válasszal dolgoztam, míg a kérdőív esetében változó elemszámú a halmaz annak függvényében, hogy a kérdés mely válaszadói csoportra volt releváns, és azok közül hányan adtak értékelhető választ.

#### 3.6.1. A Q-módszer bemutatása

A Q-módszert William Stephenson angol pszichológus dolgozta ki (STEPHENSON 1993), és főként a pszichológiai kutatások során, illetve különböző véleménycsoportok meghatározására használják. Hazai alkalmazásokra az egészségügyben (GULÁCSI et al. 2011) a pszichológiában, (SUPICZ 2012) a szervezetek környezettudatosságának témájában találunk példákat. (NEMCSICSNÉ ZSÓKA 2005) Bár a Q-módszer kutatási eredményei számszerűek, statisztikai módszerekkel elemezhetők, alapjaiban kvalitatív módszer, mivel nem célja az általános érvényű megállapítások megfogalmazása, így nem is szükséges, hogy a résztvevők reprezentativitási szempontoknak megfelelően kerüljenek be a vizsgálati csoportba, és számosságuk is lehet alacsony. Azaz nem szükséges nagy létszámú kitöltő, az állítások számának függvényében, létszámukat 40–80 között értékre javasolják tervezni. (WATTS–STENNER 2005; COOGAN–HERRINGTON 2011)

Azért választottam ezt a módszert a vezetők attitűdjének vizsgálatára, mert úgy vélem, hogy a fenntarthatóság témája már nehezen mérhető más módon a média hatásának

köszönhető félinformációk és közhangulat miatt. Illetve általában a hagyományos eszközökkel nehezen vagy csak hosszas interjúk útján kaphatunk képet a fenntarthatósággal kapcsolatos attitűdökről a „megtanult helyes válaszok” miatt is. (COTTON et al. 2009)

Az állítások megfogalmazása a Q-módszer egyik kulcskérdése. Ezek mindazon lehetséges vélemények, hitek, álláspontok, amelyek a kutatott témával kapcsolatban felmerülhetnek. Az állításgyűjtemény forrása lehet a média, a fókuszcsoportos beszélgetések, interjúk, a szakirodalom és a közpolitikai dokumentumok. Olyan állítások szükségesek, amelyek megfelelően rátapintanak egyes érzékeny pontokra, illetve segítenek a későbbiekben azonosítani és elkülöníteni az egyes véleménycsoportokat. Ugyanakkor mivel nem egyszerű statisztikai módszerről van szó, illetve nem sorba rendezésről vagy az egyetértés rangsorolásáról (bár utóbb ilyen módon is elemezhetők a válaszok), hanem az egyes állítások egymáshoz való viszonya is kiemelten fontos, így az állítások tesztelése és validálása igen fontos része az előkészítésnek. Jelen esetben a kérdések alapjául szolgáló szakcikket (BARRY–PROOPS 1999) olyan módon alakítottam át, hogy figyelembe vettem az előzetes kutatási eredményeket (2013-as adatfelvétel), illetve a személyes adatgyűjtést és az egyetem jellegét is. Ezen túl részben a további érzékenyítést, illetve a teszt elvégzését követő szükséges ventilálást is szolgálja az a néhány kérdés, amely minden esetben kiegészítette az adatfelvételt.

A Q-módszertan alkalmazása több lépcsőben történhet. Már volt egy nagyobb személyes adatfelvétel (2014–2015), amelyet hosszabb kihagyás után az állítások pontosítása követett. Ez a finomítás a személyes adatfelvétel tapasztalatain alapult, és módszertani szakértők bevonásával történt. A cél az érthetőbb megfogalmazás volt, mivel a következő adatfelvétel során (elektronikus) nem volt lehetőség személyes megjegyzéseket fűzni az állításokhoz vagy helyben tisztázni a félreértéseket és megválaszolni az esetleges kérdéseket. Ezt követően elkészült a Q-program digitalizált változata, és a következő adatfelvétel már online történt. Itt az interjúkat olyan nyitott kérdésblokkok helyettesítették, amelyekben a félig strukturált interjú kérdéseit tudták szabadszavasan megválaszolni a kitöltők. Ezek a kérdések a következők voltak:

- Ön szerint mit jelent a fenntarthatóság?
- Hogyan kapcsolódik jelenlegi munkaköre a fenntarthatósághoz?
- Ön szerint mi lehet az Önök intézményének a szerepe a fenntartható fejlődés megvalósításában?
- Ön szerint hogyan (mivel) kellene a fenntarthatóság megvalósítását kezdeni az Önök intézményében?
- Ön szerint mik lehetnek/lesznek a legfőbb akadályok? Hogyan lehet ezekre felkészülni és kivédeni?

A fenntarthatósággal kapcsolatos általános attitűdök mellett a megkérdezettek konkrét egyetemi tapasztalatait is vizsgálom a témában.

Az adatfelvétel a Nemzeti Közszolgálati Egyetem vezetéségének körében zajlott a döntéshozók attitűdjének megismerése céljából. A vezetői attitűd és elkötelezettség kulcsfontosságú ugyanis minden sikeres fejlesztés esetében. (ERNST 2002)

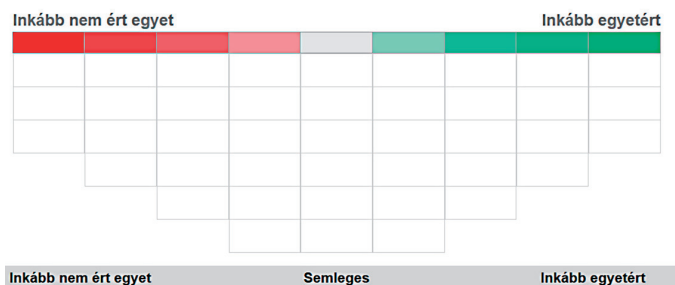
A kérdőív kitöltése online, egy speciálisan programozott felületen történik, a résztvevők a felületet e-mailen keresztül küldött linken érhetik el és tölthetik ki. A kérdőív kitöltése önkéntes és anonim. Összesen kb. 110 személyt kerestem meg e-mailben. A válaszadók

körének kialakításánál a kutatás jellegéből adódóan törekedni kell arra, hogy olyan személyeket válasszak a kutatásba, akiktől a vélemények széles spektrumát várhatom, a létrejövő minta reprezentativitása ugyanakkor nem cél.

Az alkalmazott Q-módszer jól használható egyéni vélemények és véleménykülönbségek feltárására, emellett különböző véleménycsoportok leírására, továbbá alkalmas egy téma alapos megvizsgálására, ugyanakkor az eredmények számszerűsíthetők.

Az online forma miatt az adatok gyorsan és könnyen elemezhető formában állnak rendelkezésre. Emellett ez a forma lehetővé teszi, hogy a megkérdezettek anonim módon oszthassák meg a véleményüket (ez természetesen hátrányt is jelent a kiértékelés szempontjából). A vezetői célcsoport esetén a módszer további előnye, hogy a megkérdezettek akkor tölthetik ki a kérdőívet, amikor idejük engedi, és nem szükséges minden vezetőnek egy időben egy helyen lennie ehhez.

A fent említett módszerrel kiválasztott és tesztelt állításokból áll elő az úgynevezett Q-készlet. A program segítségével, amelyhez személyes meghívást kaptak, a résztvevőknek először a 42 állítást be kellett osztaniuk három halmazba aszerint, hogy egy adott állítással inkább egyetért, inkább nem ért egyet, vagy semleges számára (3.3. ábra). Ezt követően a véleményüket tovább kellett árnyalniuk a megkérdezetteknek oly módon, hogy az állításokat az alábbi rácsszerkezetben kellett elhelyezniük.



3.3. ábra

*Az állításokkal feltöltendő Q-tábla*

*Forrás: a szerző szerkesztése*

Az elhelyezés független a háromosztatú előzetes besorolástól, bárhova tehetjük az egyes állításokat a megkérdezettek – azaz az „előosztályozás” csak technikai segítségnyújtásnak tekintendő. A módszer lényege, hogy a rácsszerkezetnek köszönhetően nemcsak azt tudjuk meg, hogy a kérdezett egyetért-e, vagy sem az egyes állításokkal, hanem azt is, hogy az egyetértés/egyet nem értés milyen mérvű a többi állításhoz mint viszonyrendszerhez képest. Azaz a hagyományosnak tekinthető kérdőívekben általánosan használt, egyetértésre vonatkozó skálákhoz (például 5–7–10 fokozatú Likert-skála: *Milyen mértékben ért vagy nem ért egyet azzal az állítással, hogy...*) képest többletinformációt ad a módszer abban a tekintetben, hogy az állítások egymáshoz viszonyított pozícióját is megismerhetjük. Azt is meg kell ugyanakkor jegyeznünk, hogy a módszer alkalmas a skálázásra is. Azaz a –4 és +4 közötti tartományban egy kilencfokú skálát alakítunk ki, és az állítások helyétől függően értéket adunk az állítások elhelyezésének.

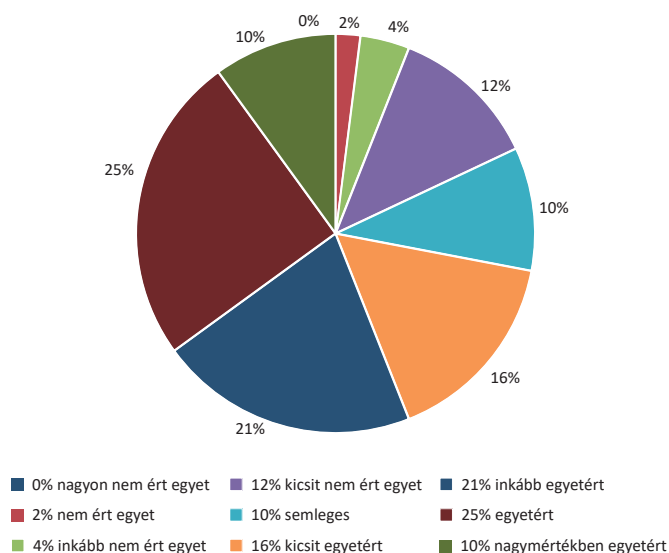
A jelen tanulmányban ilyen módon fogok néhány kiemelt állítást bemutatni.

### 3.6.2. Néhány Q-módszerrel kapott eredmény

Mivel a Q-módszerrel a vezetőket szólítottuk meg, így a kérdések kiválasztásakor tekintettel voltunk arra, hogy az ő döntéshozói pozíciójuk nagy hatással lehet a startégiaalkotásra.

Látni fogjuk, hogy az állítások nagy része a személyes véleményükre és beállítottságukra volt kíváncsi, ám oly módon, ahogyan ez hatással lehet az intézmény működésének egészére és a tervezett fenntarthatósági átalakításra is.

Mivel az egyik legfontosabb területe az egyetemi fenntarthatósági átalakításnak a szakirodalom alapján az új ismeretek tananyagokban való megjelenése, ezért ennek a támogatottságára kíváncsiak voltunk.



3.4. ábra

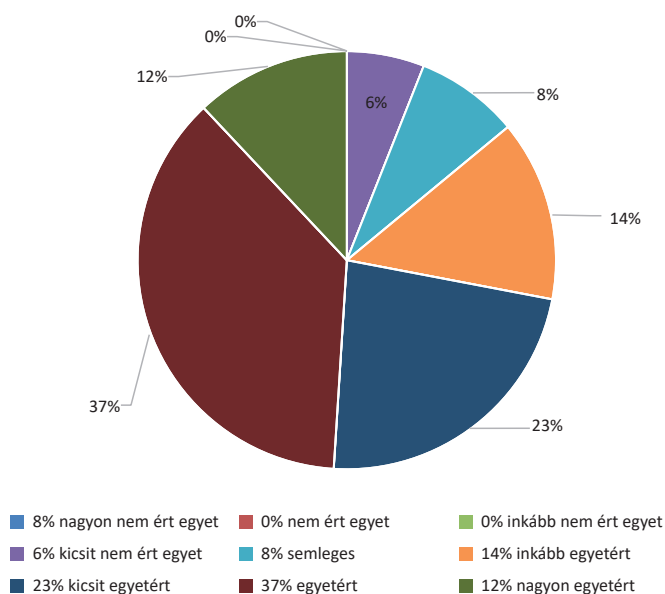
*A fenntarthatósági elvek oktatását be kellene építeni minden tudományterület tantervébe, a képzés valamennyi szintjén, akár a most oktatott órakeret terhére*

*Forrás: a szerző szerkesztése az NKE Q-módszertan alapján*

A meglehetősen erős állítással jól láthatóan a válaszadók 72%-a egyetértett, és 10%-uk rakta a semleges zónába. Tehát csupán 18%-uk nem értett egyet az állítással valamilyen mértékben (3.4. ábra). A tananyagban való megjelenés a hallgatók visszajelzései alapján is kívánatos, ám annak módjáról már megoszlanak a vélemények (lásd 3.6.4. fejezet).

A fenntarthatósági ismeretek elsajátításának egyik módja a tananyagba való beépítés. Tekintettel arra, hogy a felsőoktatás hangsúlyosan az „oktatást” helyezi előtérbe (főleg alapképzésben, hiszen ez szükséges a későbbi tudományos pálya megalapozásához), kiemelt fontosságú a fenntarthatóság tudatos és szervezett formában történő oktatása.

Az előbbihez kapcsolódó, kissé provokatív állítás már a vezetőkre vonatkozott. Ennek ellenére a kérdés nem volt megosztó, a válaszadók 86%-a valamilyen szinten egyetért azzal, hogy az éghajlatváltozással kapcsolatos ismeretek az alapképzés részét képezik (3.5. ábra).



3.5. ábra

*Napjainkban egy vezetőnek tisztában kell lennie az éghajlatváltozás összefüggéseivel, mivel ez az általános műveltség része*

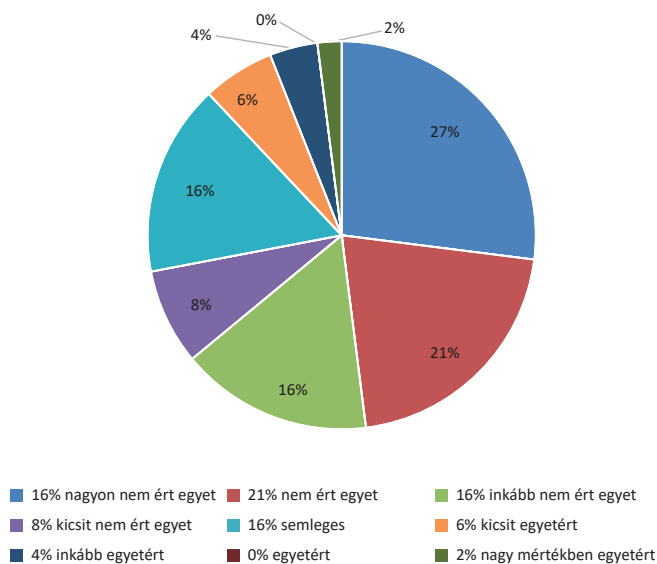
*Forrás: a szerző szerkesztése az NKE Q-módszertan alapján*

Az éghajlatváltozás ügyének kimenetele megosztja még azokat is, akik a tényét és az antropológiai eredetét nem vonják kétségbe. Ezzel együtt az éghajlatváltozás mint globális krízisforrás (társadalmi és gazdasági téren is jelentős a veszély a környezeti kockázat mellett) nem hagyható figyelmen kívül, ám a hozzáállásunk nagyban befolyásolja azt, hogy mennyire vagyunk készek cselekedni. Az állítással arra szeretnénk volna fényt deríteni, hogy a vezetők milyenek látják most az éghajlatváltozás ügyét.

A válaszok alapján az derült ki, hogy a vezetők nagy része (72%) úgy látja, hogy még nem késő tenni az éghajlatváltozás ügyéért. Viszonylag sokan (16%) nem tudják eldönteni, hogy a többi állításhoz képest ezzel inkább egyetértenek-e, vagy sem, és csupán 12%-uk véli úgy, hogy már késő bármit is tenni (3.6. ábra).

Ehhez kapcsolódó állítás, hogy az éghajlatváltozás milyen hatással van a társadalomra. Azt, hogy ez a veszély miben rejlik, szándékosan nem részleteztük. Itt egyaránt gondoltunk a direkt és indirekt hatásokra. A szakirodalom elsősorban az élettani (vagy élelmiszeripari) hatásokra tér ki, (US EPA 2017) bár nyilvánvalóan a gazdasági vagy a jólétre gyakorolt hatások sem elhanyagolhatók, bár áttételesen ezek is visszahathatnak az egészségre. Illetve társadalmi szempontból az egészségre gyakorolt hatások jobban mérhetők és érzékelhetők a gyakran inkább makroszinten jelentkező gazdasági hatásoknál.

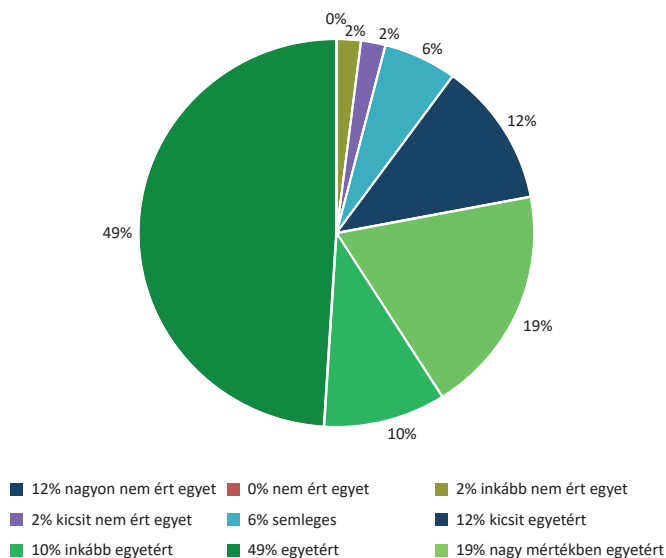
A következő állítás jelentős és szignifikáns egyetértést mutat. A kitöltők közel fele (49%-a) azt választotta, hogy ez legyen azon három állítások egyike, amellyel a leginkább egyetért (3.7. ábra).



3.6. ábra

*Az éghajlatváltozás ügye már kicsúszott a kezünkől, nem sokat tehetünk*

*Forrás: a szerző szerkesztése az NKE Q-módszertan alapján*



3.7. ábra

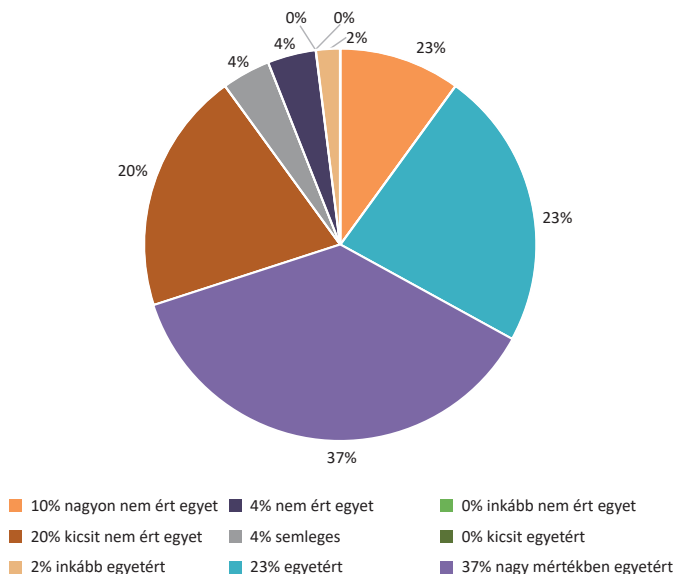
*Az éghajlatváltozás valódi veszélyt jelent az emberiség számára is*

*Forrás: a szerző szerkesztése az NKE Q-módszertan alapján*



Ez azt jelenti, hogy az éghajlatváltozás ügyének súlyossága kiemelt helyen szerepel a vezetők gondolkozásában. Itt utalnék vissza a tanulmány elején említettekre, miszerint az éghajlatváltozás a fenntarthatóság szimbóluma. Biztos vagyok abban, hogy ennek a megértése és a megoldás megtalálása olyan tanulóút, amely elvezetheti a civilizációt a fenntartható működés megvalósításához.

Végezetül egy olyan állítást szeretnék bemutatni, amely az elméleteken túlmutatva a gyakorlatra irányítja a figyelmet (3.8. ábra).



3.8. ábra

*Nem gondolom, hogy az egyetemi fenntarthatóság a gyakorlatban megvalósítható lenne*

*Forrás: a szerző szerkesztése az NKE Q-módszertan alapján*

A kissé provokatív állítás szándékos volt, részben a módszertan jellege miatt, részben pedig azért, hogy a kitöltőknek alkalmuk legyen a kérdésen jobban elgondolkodni és nem rutinból válaszolni. Ugyanakkor az állítás reflektál azokra a kritikákra is, amelyek a felsőoktatás átalakításával kapcsolatban felmerülnek. Itt szintén nem esik szó a mikénről és a gyakorlat technikai megvalósításáról, így ez a kitöltő képzeletére volt bízva.

A válaszok alapján egyértelmű, hogy a vezetők jelentős része pozitív és bizakodó az egyetem fenntartható működésével kapcsolatban, hiszen 70%-uk nem ért egyet az állítással, tehát megvalósíthatónak tartja az átalakulást.

Összességében elmondható, hogy a Nemzeti Közszerkeleti Egyetem vezetői a fenntarthatóság ügyét megfelelő súllyal kezelik, de pozitívan állnak azokhoz a kezdeményezésekhez, amelyek megoldást jelenthetnek a jelenlegi kihívásokra és válságokra. Ez egyfajta nyitott és fenntarthatóság-központú attitűdöt mutat, ami megfelelő kezdeményezés hatására elkötelezett vezetői hozzáállást vetít előre.

### 3.6.3. A kérdőív bemutatása

Az online kérdőíves adatfelvétel célcsoportja az NKE polgárai (oktatói, hallgatói és adminisztratív munkatársai). A Q-módszertan célcsoportja is felkérést kapott a kérdőív kitöltésére, így a kérdőív tartalmazhatja a vezetői véleményeket is.

A módszer segítségével a résztvevők fenntarthatósággal és a fenntartható módon működő egyetemmel kapcsolatos véleményét, attitűdjüket és ismereteiket kívántuk feltárni.

A kérdőívet többkörös egyeztetést követően az online programozása előtt és után is teszteltem mind a kérdőív hosszának, mind a kérdések és válaszlehetőségek érthetőségének, megfelelősége megismerésének céljából. A tesztelést követően a véglegesített és leprogramozott kérdőív linkjét küldtem ki magyarázó levél kíséretében. A kitöltésre rendelkezésre álló idő alatt további emlékeztető e-maileket is küldtem az érintetteknek.

A kb. 60–70 kérdéses kérdőívet az NKE hallgatói és dolgozói önkéntes alapon és anonim módon tölthették ki. Az adattisztítást követően összesen több mint 600 értékelhető választ kaptunk.

Az adatok értelmezésekor figyelembe kell venni, hogy feltételezhetően a kitöltők között felülreprezentáltak lesznek azok, akik az átlagnál jobban érdeklődnek a fenntarthatóság témája iránt, illetve akik elkötelezettebbek a szervezet felé.

Az egyetemi polgárok három fő csoportját: oktatókat; hallgatókat; adminisztratív területen dolgozó munkatársakat, vizsgálva arra keresem a választ, hogy mit értenek (egyetemi) fenntarthatóság alatt (különös tekintettel a hármas optimalizálásra), rendelkeznek-e ilyen területen képzettséggel, ismernek-e ezzel kapcsolatos nemzetközi vagy hazai dokumentumokat, és érvényesítik-e a fenntarthatóság szempontjait a mindennapok során otthonukban és/vagy az egyetemi közegben.

A kérdőív öt nagy blokkból áll (a 2013-as kérdőív mintájára):

1. személyes adatok;
2. a fenntarthatósággal kapcsolatos ismeretek;
3. képzési tapasztalatok;
4. környezettudatos magatartás otthon és az egyetemen;
5. a fenntarthatósággal kapcsolatos vélemények.

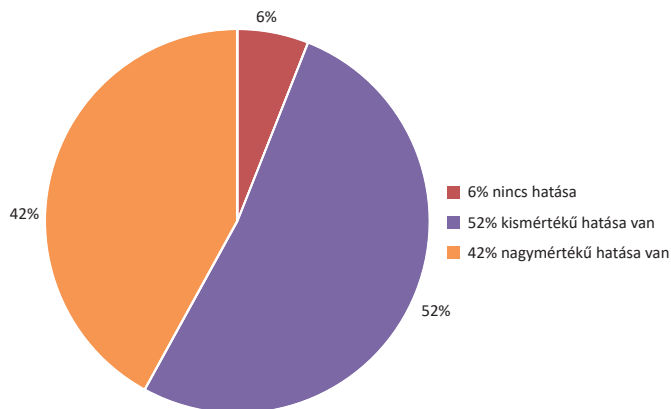
A kérdőív a kitöltők válasza alapján olyan elágazásokat tartalmaz majd, amelyek biztosítják, hogy mindenki csak a számára adekvát kérdéseket válaszolja meg. Például a hallgatók esetében az a kérdés szerepelt, hogy milyen fenntarthatósági kurzusai vannak, és azokkal mennyire elégedettek, míg az oktatók esetében, hogy tartanak-e ilyen témákban órákat, mennyire érdeklődnek a hallgatók ezek iránt, van-e gátja, hogy a fenntarthatósági tananyagot beépítsék a tananyagba, stb.

### 3.6.4. A kérdőív konklúziói

Mint arra a Q-módszertannál utaltam, az egyetemi polgárokat is megkérdeztük arról, hogy a fenntartható egyetem megvalósítása mennyiben járul hozzá a hallgatói kompetenciák fejlesztéséhez. A kérdésblokkban abból a feltételezésből kiindulva finomítottuk tovább a vizsgálódást, hogy a fenntarthatóság (éghajlatváltozás ügye) mára az alapkultúra része.

Arra kerestük a választ, hogy a válaszadók véleménye szerint a különböző tényezők hogy hatnak a kellő fenntarthatósági műveltség megszerzésére.

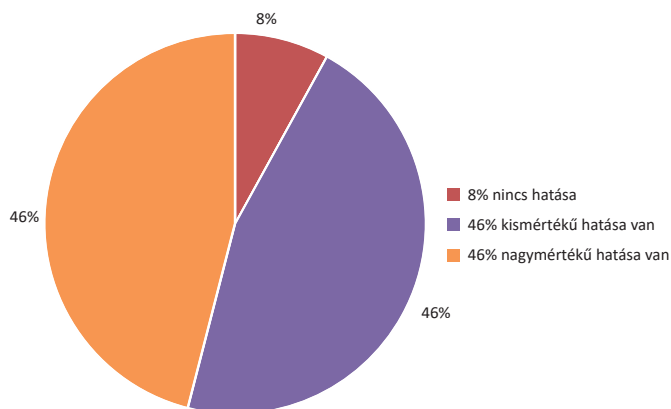
Ön szerint az alábbi tényezőknek mekkora a hatásuk abban, hogy egy hallgató megfelelő fenntarthatósági műveltséggel rendelkezzen diplomája megszerzésekor?



3.9. ábra

*A fenntarthatóság tematikájának megjelenése a főtárgyak között [N=321]*

*Forrás: a szerző szerkesztése az NKE-kérdőív alapján*



3.10. ábra

*Az NKE mint szervezet fenntarthatósági gyakorlatai [N=321]*

*Forrás: a szerző szerkesztése az NKE-kérdőív alapján*

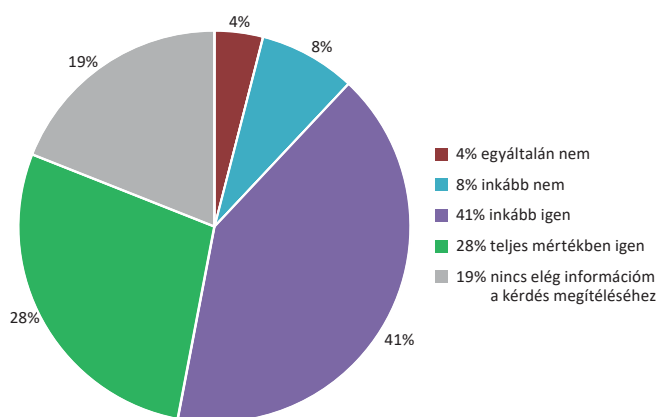
A válaszadók véleménye szerint a fenntarthatóságnak meg kell jelennie a főtárgyak között ahhoz, hogy kellő hangsúlyt kapjon. Ez járulhat hozzá megfelelő mértékben ahhoz, hogy a hallgatók olyan ismeretekre tegyenek szert, amelyek megfelelőek a jelenkor

kihívásainak a fenntarthatósággal összefüggésben. A nagymértékű hatás mellett több mint 40%-uk tette le a voksát, míg a kismértékű hatásra szavazók aránya is több mint 50% (3.9. ábra). Ez gyakorlatilag azt jelenti, hogy azok aránya elenyésző akik szerint ez nem támogatná a hallgatók körében a fenntarthatósági kompetencia fejlesztését.

A szakirodalom alapján az egyetemi fenntarthatóság szempontjából másik fontos összetevő a példamutatás. Azaz, hogy a fenntarthatóság mennyire valósul meg az adott intézmény gyakorlatában. Itt még jelentősebb volt azok aránya, akik úgy vélik, hogy ennek nagy hatása van arra, hogy az itt végzett hallgatók milyen fenntarthatósági ismeretekkel gazdagodva hagyják el az intézményt (3.10. ábra).

Egy további kérdés során rákérdeztünk arra, hogy az oktatott kurzusok tekintetében hogyan vélekednek a válaszadók a fenntartható fejlődés témájáról (3.11. ábra). Összhangban az előbbi válaszokkal itt is azt tapasztaljuk, hogy a válaszadók jelentős többsége kíváncsún tartaná, hogy valamennyi hallgató elvégezzen fenntarthatósági fókuszú kurzusokat.

*Mennyire ért egyet a következő állításokkal:*



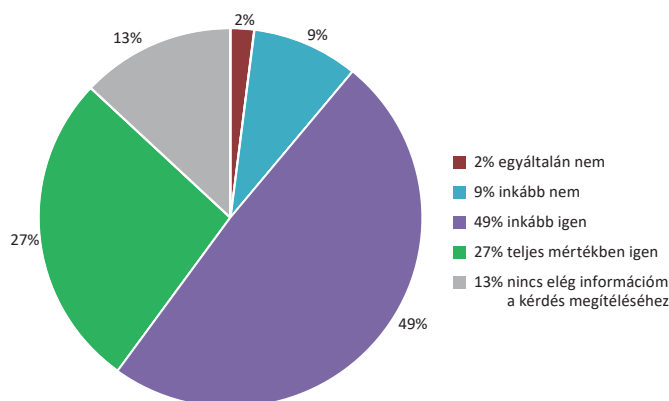
3.11. ábra

*Az NKE minden hallgatójának el kell végeznie olyan kurzusokat, amelyek során elsajátíthatók azok a szempontok, értékek, készségek, amelyek szükségesek a fenntarthatóság érvényesítéséhez későbbi életpályájuk során [N=445]*

*Forrás: a szerző szerkesztése az NKE-kérdőív alapján*

A válaszadók 69%-a jelölte be azt, hogy egyetért azzal, hogy valamennyi hallgató részt vegyen fenntarthatósági kurzuson. Ez egyben azt is jelenti, hogy a kötelező kurzusokon túl érdemes megfontolni a speciális érdeklődéseknek megfelelő kurzusok fejlesztését is.

Összegezve az intézményi fejlesztések irányait és lehetőségeit a fenntartható fejlődés területén feltettük a kérdést, hogy a téma összességében hol kellene, hogy elhelyezkedjen az NKE palettáján.

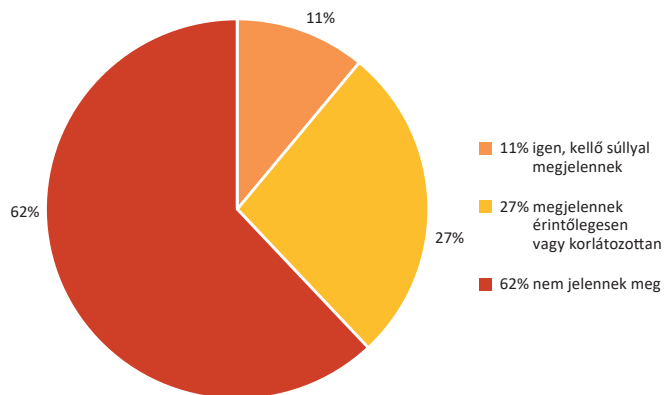


3.12. ábra

*Az NKE-nek kiemelten kellene foglalkoznia a fenntarthatóság témájával [N=445]*

*Forrás: a szerző szerkesztése az NKE-kérdőív alapján*

A válaszadók 76%-ának az volt a véleménye, hogy ezt kiemelt témaként kellene kezelni. A nagyobb egyetértés azt is mutatja, hogy nem csupán a kurzusok fejlesztésére érdemes koncentrálni, amikor az NKE fenntartható fejlődés stratégiáját alakítjuk ki (3.12. ábra).



3.13. ábra

*[Válaszok az éghajlatváltozásra] Ön szerint azon képzés(ek)ben, amelyekben Ön is részt vesz, az alábbi tartalmak kellő súllyal jelennek meg? [N=276]*

*Forrás: a szerző szerkesztése az NKE-kérdőív alapján*

Tekintettel arra, hogy az NKE-n már most is vannak olyan hagyományok a fenntartható fejlődés területén, amire lehet és érdemes alapozni, arra is kitértünk a kérdőívben, hogy a már meglévő tartalmak mennyire fedik le például az éghajlatváltozás témáját. Fontos ugyanakkor megjegyezni, hogy a kérdés megfogalmazásakor külön figyelmet fordítottunk

arra, hogy nem csak a dedikáltan fenntarthatósági kurzusok tartalmazzanak/tartalmazhatnak fenntarthatósági vonatkozásokat. Kíváncsiak vagyunk, hogy valamennyi olyan kurzus során szóba kerüljön a fenntarthatóság, ahol ennek relevanciája van.

A válaszadók jelentős része (62%) úgy véli, hogy egyáltalán nem jelennek meg az éghajlatváltozással kapcsolatos ismeretek, míg további 27% szerint csak korlátozottan jelennek meg ezek az ismeretek (3.13. ábra).

### 3.7. Zárógondolatok

A jelenleg zajló negyedik ipari forradalom nemcsak azt változtatja meg, ahogyan a társadalom működik, hanem magukat az egyéneket is. A digitális forradalom és az információkhoz való gyors és szabad hozzáférés lehetővé tette, hogy az eddig rejtett problémákra is nagyobb figyelem irányuljon. Láthatóvá válnak az egyenlőtlenségek, amelyek ezentúl kevésbé lesznek elfogadhatók a világ számára. (WEF 2016b; SCHWAB 2015) Ugyanakkor az oktatásra szánt források növelése csak a legszegényebb intézmények esetében jelent javulást. Míg az egyszerű erőforrás-optimalizáló intézkedések (kisebb osztálylétszám, tanári fizetések emelése stb.) minimális hatással vannak a tanulók teljesítményére, a bizonyítékok azt támasztják alá, hogy a tanárok „minősége” kulcsfontosságú összetevője a hallgatói teljesítménynek. (HANUSHEK–WÖSSMANN 2007) A széles körű ismeretanyag és a fejlődést támogató intézményrendszer tehát csak képessé az új korszak kihívásainak való megfelelésre.

### Felhasznált irodalom

- BARRY, J. – PROOPS, J. (1999): Seeking sustainability discourses with Q methodology. *Ecological Economics*, Vol. 28, No. 3. 337–345. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(98\)00053-6](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(98)00053-6)
- BARTH, M. – GODEMANN, J. – RIECKMANN, M. – STOLTENBERG, U. (2007): Developing key competencies for sustainable development in higher education. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, Vol. 8, No. 4. 416–430. DOI: <https://doi.org/10.1108/14676370710823582>
- BECKER, S. O. – HORNUNG, E. – WOESSMANN, L. (2011): Education and Catch-up in the Industrial Revolution. *American Economic Journal: Macroeconomics*, Vol. 3, No. 3. 92–126. DOI: <https://doi.org/10.1257/mac.3.3.92>
- BLINDER, A. S. (2006): Offshoring: The Next Industrial Revolution? *Foreign Affairs*, Vol. 85, No. 2. 113–128. DOI: <https://doi.org/10.2307/20031915>
- BRASSEUR, G. P. (2009): Implications of climate change for air quality. *WMO Bulletin*, Vol. 58, No. 1. 10–15. Elérhető: <https://public.wmo.int/en/bulletin/implications-climate-change-air-quality> (A letöltés dátuma: 2018. 03. 09.)
- Climate-KIC, E. (2018): *Climate-KIC Programmes. Research and Innovation*. Elérhető: [www.climate-kic.org/programmes/research-innovation/](http://www.climate-kic.org/programmes/research-innovation/) (A letöltés dátuma: 2018. 03. 10.)
- COOGAN, J. – HERRINGTON, N. (2011): Q methodology: an overview. *Research in Secondary Teacher Education*, Vol. 1, No. 2. 24–28.
- COTTON, D. – BAILEY, I. – WARREN, M. – BISSELL, S. (2009): Revolutions and second-best solutions: education for sustainable development in higher education. *Studies in Higher Education*, Vol. 34, No. 7. 719–733. DOI: <https://doi.org/10.1080/03075070802641552>

- ERNST, H. (2002): Success factors of new product development: a review of the empirical literature. *International Journal of Management Reviews*, Vol. 4, No. 1. 1–40. DOI: <https://doi.org/10.1111/1468-2370.00075>
- FREY, C. B. – OSBORNE, M. A. (2017): The Future of Employment: How Susceptible Are Jobs to Computerisation? *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 114. 254–280. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.08.019>
- GULÁCSI L. – PÉNTEK M. – HAJDU O. (2011): Gyakorló orvosok egészségnyeresség társadalmi elosztásával kapcsolatos attitűdje – a Q-vizsgálat. *Statisztikai Szemle*, 89. évf. 9. sz. 980–1006.
- HANUSHEK, E. A. – WÖSSMANN, L. (2007): The Role of School Improvement in Economic Development. *World Bank Policy Research Working Paper*, WPS4122, 1–96. DOI: <https://doi.org/10.3386/w12832>
- IPCC (2001): *Climate Change 2007*. Working Group III: Mitigation of Climate Change. Accra, Ghana: IPCC. Elérhető: [www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/wg3/en/ch2s2-1-3.html](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg3/en/ch2s2-1-3.html) (A letöltés dátuma: 2018. 03. 08.)
- IPCC (2007): *IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007*. The dual relationship between climate change and Sustainable Development. Elérhető: [www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/wg3/en/ch2s2-1-3.html](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg3/en/ch2s2-1-3.html) (A letöltés dátuma: 2018. 03. 10.)
- JRC-IPTS (2014): *Climate Impacts in Europe*. The JRC PESETA II Project. Luxembourg, Publications Office of the European Union. DOI: 10.2791/7409
- KIS N. – BÁGER G. – CSATH M. – BESENYEI M. – FÖLDI L. – HETESI Z. – KÁDÁR K. (2017): *Jó Állam Jelentés 2017*. Budapest, Dialóg Campus. [www.google.hu/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKewjGi9fy7fPZAhVCYIAKHsk-rAhAQFggmMAA&url=http%3A%2F%2Fakfi-dl.uni-nke.hu%2Fjo\\_allam\\_jelentes\\_2017%2FJoAllamJelentes\\_2017\\_web.pdf&usg=AOvVaw15pg3LCCZt-8Kjc9StGoXc](http://www.google.hu/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKewjGi9fy7fPZAhVCYIAKHsk-rAhAQFggmMAA&url=http%3A%2F%2Fakfi-dl.uni-nke.hu%2Fjo_allam_jelentes_2017%2FJoAllamJelentes_2017_web.pdf&usg=AOvVaw15pg3LCCZt-8Kjc9StGoXc) (A letöltés dátuma: 2018. 03. 10.)
- KOLK, A. – PINKSE, J. (2004): Market Strategies for Climate Change. *European Management Journal*, Vol. 22, No. 3. 304–314. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.emj.2004.04.011>
- KSH (2017): *A fenntartható fejlődés indikátorai Magyarországon, 2016*. Budapest, Központi Statisztikai Hivatal. Elérhető: [www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszaki/fenntartfejl/fenntartfejl16.pdf](http://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszaki/fenntartfejl/fenntartfejl16.pdf) (A letöltés dátuma: 2018. 03. 10.)
- LUTZ, W. – MUTTARAK, R. – STRIESSNIG, E. (2014): Universal education is key to enhanced climate adaptation. *Science*, Vol. 346, No. 6213. 1061–1062. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1257975>
- McSWEENEY, R. (2014): *Carbon Brief*. Education is “top priority” for climate change adaptation, study shows. Elérhető: [www.carbonbrief.org/education-is-top-priority-for-climate-change-adaptation-study-shows](http://www.carbonbrief.org/education-is-top-priority-for-climate-change-adaptation-study-shows) (A letöltés dátuma: 2018. 03. 10.)
- MILLER, G. (1990): The assessment of clinical skills/competence/performance. *Academic Medicine*, Vol. 65, No. 9. S63–S67. DOI: <https://doi.org/10.1097/00001888-199009000-00045>
- MUTTARAK, R. – LUTZ, W. (2014): Is Education a Key to Reducing Vulnerability to Natural Disasters and hence Unavoidable Climate Change? *Ecology and Society*, Vol. 19, No. 1. 42. DOI: <https://doi.org/10.1097/00001888-199009000-00045>
- NASA (2018a): *NASA Global Climate Change*. NASA Climate. Elérhető: <https://climate.nasa.gov/> (A letöltés dátuma: 2018. 03. 10.)
- NASA (2018b): NASA Science. In CALLERY, S. ed.: *Global Climate Change, Vital Signs of the Planet*. Elérhető: <https://climate.nasa.gov/> (A letöltés dátuma: 2018. 03. 10.)

- NAUSTDALSLID, J. (2011): Climate change – the challenge of translating scientific knowledge into action. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, Vol. 18, No. 3. 243–252. DOI: <https://doi.org/10.1080/13504509.2011.572303>
- NEMCSICSNÉ ZSÓKA Á. (2005): *Következetesség és rések a környezettudatos szervezeti magatartásban*. (PhD-értékezés) Budapest, Budapesti Corvinus Egyetem.
- NIESTROY, I. (2016): *How Are We Getting Ready?* Bonn, Deutsches Institut für Entwicklungspolitik. Elérhető: [www.die-gdi.de/uploads/media/DP\\_9.2016.pdf](http://www.die-gdi.de/uploads/media/DP_9.2016.pdf) (A letöltés dátuma: 2018. 03. 08.)
- NORDHAUS, W. D. (1992): An Optimal Transition Path for Controlling Greenhouse Gases. *Science*, Vol. 258, No. 5086. 1315–1319.
- PADÁNYI, J. – FÖLDI, L. (2014): Environmental responsibilities of the military (Soldiers have to be “Greener Berets”). *Economics and Management*, No. 2. 48–55.
- SCHWAB, K. (2015): *The Fourth Industrial Revolution: what it means, how to respond*. World Economic Forum. Elérhető: [www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond/](http://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond/) (A letöltés dátuma: 2018. 03. 09.)
- STEPHENSON, W. (1993): Introduction to Q-Methodology. *Operant Subjectivity*, 1–13.
- STERN, N. (2008): The Economics of Climate Change. *The American Economic Review*, Vol. 98, No. 2. 1–37. DOI: <https://doi.org/10.1257/aer.98.2.1>
- SUGATA, M. – VIVEK, R. (2001): Children and the Internet: experiments with minimally invasive education in India. *British Journal of Educational Technology*, Vol. 32, No. 2. 221–232. DOI: <https://doi.org/10.1111/1467-8535.00192>
- SUPLICZ S. (2012): *Tanárok pszichológiai jellemzői diákszemmel*. (PhD-értékezés) Debrecen, Debreceni Egyetem.
- TANNER, T. – ALLOUCHE, J. (2011): Towards a New Political Economy of Climate Change and Development. *IDS Bulletin*, Vol. 42, No. 3. 1–14. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1759-5436.2011.00217.x>
- UNESCO (2017): *GAP*. Elérhető: <https://en.unesco.org/gap> (A letöltés dátuma: 2018. 03. 07.)
- UNFCCC (2014): *UN Climate change, Fact sheet: Financing climate change action*. Elérhető: [http://unfccc.int/press/fact\\_sheets/items/4982.php](http://unfccc.int/press/fact_sheets/items/4982.php) (A letöltés dátuma: 2018. 03. 10.)
- US EPA (2017): *Climate Impacts on Human Health*. Forrás: Climate Change Impacts: [https://19january2017snapshot.epa.gov/climate-impacts/climate-impacts-human-health\\_.html](https://19january2017snapshot.epa.gov/climate-impacts/climate-impacts-human-health_.html) (A letöltés dátuma: 2018. 03. 02.)
- WATTS, S. – STENNER, P. (2005): Doing Q methodology: theory, method and interpretation. *Qualitative Research in Psychology*, 67–91.
- WEF (2016a): *The Future of Jobs*. Geneva, World Economic Forum.
- WEF (2016b): *The Fourth Industrial Revolution*. Geneva, World Economic Forum. Elérhető: [www.weforum.org/videos/documentary-the-fourth-industrial-revolution](http://www.weforum.org/videos/documentary-the-fourth-industrial-revolution) (A letöltés dátuma: 2018. 03. 10.)
- WEF (2018): *The Global Risks Report 2018*. 13<sup>th</sup> Edition. Geneva, Switzerland, World Economic Forum.
- WEST, E. G. (1978): Literacy and the Industrial Revolution. *The Economic History Review*, Vol. 31, No. 3. 369–383. DOI: <https://doi.org/10.2307/2598759>
- WHO (2017): *Fact sheet. Climate change and health*. Elérhető: [www.who.int/mediacentre/factsheets/fs266/en/](http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs266/en/) (A letöltés dátum: 2018. 03. 10.)



- WIEK, A. – WITHYCOMBE, L. – REDMAN, C. L. (2011): Key competencies in sustainability: a reference framework for academic program development. *Sustainability Science*, Vol. 6, No. 2. 203–218. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11625-011-0132-6>
- WWF (2018): *The Effects Of Climate Change*. Elérhető: [www.wwf.org.uk/effectsofclimatechange](http://www.wwf.org.uk/effectsofclimatechange) (A letöltés dátum: 2018. 03. 10.)
- ZHOU, X. – MOINUDDIN, M. (2017): *Sustainable Development Goals Interlinkages and Network Analysis: A practical tool for SDG integration and policy coherence*. Hayama, Japan, Institute for Global Environmental Strategies.
- ZHOU, X. – MOINUDDIN, M. – LI, Y. (2017): *SDG Interlinkages and Indicators. SDG Interlinkages and Data Visualisation*. Elérhető: <https://sdginterlinkages.iges.jp/visualisationtool.html> (A letöltés dátum: 2018. 03. 10.)

## 4. fejezet

### A klímaváltozással összefüggő katasztrófák lehetséges hatásai a lakosságra és az ezzel szembeni védtettségük növelésének lehetőségei

*Hornyacsek Júlia<sup>1</sup>*

#### 4.1. Bevezetés

Az éghajlatváltozás kérdésköre évtizedek óta kiemelt helyen szerepel a tudományos kutatásokban. A jelenség igentlői és tagadói érveket ütköztetnek pro és kontra. Azt azonban senki sem vitatja, hogy összefüggés fedezhető fel az éghajlat változása és bizonyos rendkívüli természeti jelenségek megjelenése vagy a korábban is meglévő jelenségek megváltozása között. Az éghajlatváltozás-elmélet igentlői több kutatásban bizonyították, hogy mindezeknek a tényezőknek komoly hatása van az épített és természeti környezetre és az emberre egyaránt. Ezek a jelenségek az elsődleges károk mellett másodlagos (gazdasági, társadalmi, szociológiai stb.) károkat is okoznak, veszélyeztetik a társadalom normál életét, a létfontosságú anyagi javakat, gátat szabnak a kiegyensúlyozott életvitelnek és a békés fejlődésnek.

Az elmúlt évtizedekben, a katasztrófák számának megszorodásával, természetük, jellemzőik megváltozásával újabb lendületet és irányt vettek az éghajlatváltozással kapcsolatos kutatások. Az ENSZ IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC) szervezete koordinálásával óriási adatbázis gyűlt össze a klímával foglalkozó kutatásokból, megfigyelésekből. A szervezet több különböző munkacsoportja foglalkozik az adatok összegzésével és a döntéshozók számára a témával kapcsolatos jelentések összeállításával. Emellett az államok irányításával világszerte belekezdtek az éghajlatváltozás-jelenség kutatásába a hatások elleni védekezés érdekében. Ebből adódóan a tudományos kutatók körében is fókuszba került a téma.<sup>2</sup>

A kutatók eleinte az időjárás és a klíma összefüggéseinek vizsgálatára fókuszáltak, majd megpróbálták a várható következményeket megjósolni és elemezni, ezután egyre inkább előtérbe került a megelőzés és a felkészülés kérdése. Az elmúlt évtizedek bizonyították azonban, hogy a megelőzés, az éghajlatváltozást erősítő, arra hatást gyakorló tevékenységek „kordában tartása” nem könnyen valósítható meg. Ennek következtében a kutatásokban is egyre nagyobb teret kapott a körülményekhez való *alkalmazkodás* kérdése,

<sup>1</sup> ORCID: 0000-0002-2441-7383, [hornyacsek.julia@uni-nke.hu](mailto:hornyacsek.julia@uni-nke.hu)

<sup>2</sup> Hazánkban például a klímaterhelékenység-vizsgálatok előzetes eredményeiről és a megoldásokról több esetben is szerveztek workshopot a kutatók. A Geofizikai Intézet szervezésében *A NATÉR alkalmazási lehetőségei és korlátai, klímaterhelékenység-vizsgálatok előzetes eredményei* címmel tanácskoztak. (*A NATÉR...* 2015)

valamint a lakosság *védettségének* vizsgálata. Felmerül a kérdés, hogy az éghajlatváltozás és a katasztrófák milyen összefüggést mutatnak, mennyire sebezhetők az emberek ezeknél az eseményeknél, és mitől függ a védettségük. Felmerül továbbá a kérdés, hogyan növelhető a lakosság védettsége az éghajlatváltozás hatásai és az ezzel összefüggésbe hozható katasztrófák ellen. A kérdések megválaszolása érdekében jelen kutatásban a fő hangsúlyt az épített környezet katasztrófák következtében kialakult sérüléseinek, pusztulásának vizsgálatára, a károk eszkalálódása megelőzésének lehetőségeire és a lakosság védelme érdekében végzendő feladatokra fókuszáltam. Feltételezem, hogy:

- az éghajlatváltozás hatására kialakulhatnak új típusú katasztrófák, illetve a korábban is előforduló katasztrófák jellemzői, természete megváltozott;
- a katasztrófák következtében kialakult károk jelentősen károsítják a természeti és épített környezetet, és mivel az általuk létrehozott kárterület összetett, a felszámolása az ország védelmi potenciáljának koncentrációját igényli;
- az éghajlatváltozással összefüggésbe hozható rendkívüli időjárási jelenségek következményei elleni védettség több lépcsőben alakítható ki;
- a lakosság védettsége kialakításának lépései a sebezhetőségi kategóriákkal korrelálnak, és a sebezhetőség csökkentésével a védettség szintje növelhető.

*Ebben a kutatásban célul tűztem, ki, hogy:*

- azonosítom az éghajlatváltozás következményeit általában, vizsgálom továbbá a jelenség megakadályozását célzó, valamint a kivédhetetlen következményekhez való alkalmazkodás érdekében kialakított nemzetközi és hazai válaszokat,
- elemzem azokat a katasztrófatípusokat, amelyek összefüggésbe hozhatók az éghajlatváltozással, vizsgálom a következtükben kialakult károkat, a kárterületük jellemzőit,
- meghatározom a katasztrófák következményeinek felszámolását célzó és a lakosság védelmét szolgáló feladatokat.

Az egy-egy konkrét veszélyeztető tényezővel szembeni védettség kérdésköre (áramkimaradás, gázszolgáltatások kimaradása, áradások stb.) jelen tanulmány kereteit meghaladná, ezért ez majd további kutatás tárgyát képezi.

## 4.2. Az éghajlatváltozás problémájára adott válaszok

A környezetvédelem kérdéseinek megoldása régi törekvése az emberiségnek. Az elmúlt évtizedekben az ENSZ lett a világméretű feladat zászlóshajója. 1972-ben jött létre az *ENSZ Környezetvédelmi Programja* (UNEP). A program aktivitásalapját a négyéves középtávú stratégiák (*Medium-Term Strategy*) adják, amelyekben a környezetvédelmi célokat fogalmazzák meg az indikátorokkal együtt, a prioritásokat és az elvárt eredményeket. (*Das Umweltprogram* 2015) Ezekben helyet kaptak az éghajlatváltozással összefüggő sürgető teendők is. Az *Európa 2020 stratégiában* például kiemelten kezelik üvegházhatást kiváltó gázok kibocsátásának csökkentését. (*Európa-2020-Strategy* 2010)

Mivel a jelenséget nem lehet megakadályozni, legfeljebb csökkenteni, a hatásai már jelentősen érződnek, ezért fontossá vált az ezekhez való alkalmazkodás, az *adaptáció*.

Az Európai Unió erre fókuszálva 2007. június 29-én elfogadta az első adaptációs tervezetét, amelyet *Zöld könyvként*<sup>3</sup> ismerünk. Lényege, hogy a többi politikával egységben kell kezelni a klíma- és energiapolitikát és a kohéziós politika részévé kell tenni. (*Consultation on...* 2013)

Megalakult a Klíma Világtanács, amelynek tevékenysége új lendületet adott a kutatásoknak. Helyzetjelentéseivel megalapozta az éghajlatváltozásról való reális kép kialakítását, és a nemzeti szintű döntéseknek is alapjául szolgált. A legutóbbi, azaz az *ötödik* jelentés kidolgozása (*Der Fünfte Sachstandbericht* 2017) már három nagy területen folyt. (STOCKER–QIN–PLATTNER 2013; BARROS–DOKKEN–MACH 2014; EDENHOFER–PICHSMADRUGA–SOKONA 2014) A részt vevő államok ennek alapján megkezdték a nemzeti teendőket meghatározni (DRÖGE–GEDEON 2015) és azokat különböző szakpolitikák területére lebontani. (FISCHER 2014; *Rahmen für...* 2014)

Az ENSZ ajánlásai alapján az államok kidolgozták a saját országukra vonatkozó klímastratégiákat is. Hazánk 2013-ban már a második ilyen stratégiát adta ki. (*Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia* 2013) A *Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia* (NÉS) több irányvonalat határozott meg:

- a) a gáz kibocsátás és az energiateljesítmény csökkentését;
- b) az éghajlatváltozás hatásainak csökkentését;
- c) az alkalmazkodóképesség javítását;
- d) a klímabiztonság erősítését.

A cél érdekében strukturális változásokat javasolt több területen is, amelyek a következők: a vízkészletek, a vizes területek, az ökoszisztémák, a biológiai sokféleség, a mezőgazdaság, erdőgazdálkodás és a halászat, az energia és közlekedés, a turizmus és a pihenés, a vagyonbiztosítás és az emberi egészség.

Minden hatás elemzésére nincs lehetőség, ezért a továbbiakban csak az éghajlatváltozással összefüggésbe hozható extrém időjárási jelenségeket és azok következményeit vizsgálom, valamint az azok következtében kialakuló természeti eredetű katasztrófák kárterületének jellemzőit, továbbá a károk felszámolásának teendőit.

A kutatás alapját valós katasztrófaesemények leírásainak elemzése és a katasztrófavédelemlélő munkám során szerzett szakmai tapasztalataim, valamint a szakterületről készült összefoglalók, jelentések adták.<sup>4</sup> Ennek során vizsgáltam a kiváltó okot, a kialakult hatásokat és a kialakult kárterületen érzékelhető jelenségeket, továbbá a kialakulás és a riasztás között eltelt időt és a fogantatósított intézkedéseket. Az ebből levonható következtetéseket és a jelenség leírását az alábbi fejezet tartalmazza olyan formában, hogy a kárterület-jellemzők tükrében vázoltam a legfontosabb teendőket és feladatokat is.

<sup>3</sup> *Zöld könyv a természeti és ember okozta katasztrófák biztosításáról.*

<sup>4</sup> Körös-völgyi árvíz, 1980; Heves megye heves esőzés, vihar a tűzijáték idején 2006; Emma orkán erejű vihar 2008; Árvíz a Felső-Tiszaán 2001; „Fekete szombat” tűzvész, Ausztrália 2009; Andrew hurrikán 1992; árvíz Dél-Szlovákia 2017; árvíz Galați megye Románia, 2016; aszály a Száhel-övben 2010; aszály és éhínség Dél-Szudánban 2017; Colorado erdőtűz 2010; erdőtűz Arizona-ban 2013; heves esőzés Toronto Mississauga 2013; homokvihar Magyarországon 2011; jegesár Léva, Érsekújvár és Alsókubín 2012; Katrina hurrikán 2005; kolerajárvány Haitin 2010; mátrakeresztesi villámárvíz 2005; országos árvizek Németországban 2016; pusztító szélviharok Alabama, Missouri és Mississippi 2012; rendkívüli esőzés Magyarországon 1999; rendkívüli esőzés és árvíz Borsod megyében 2010; rendkívüli esőzés okozta árvíz katasztrófa Indiában 2000; Sandy hurrikán 2012; spanyolnátha 1918 Európa-szerte; fagykár 2017; villámárvíz BAZ-megyében 2017; Yasi ciklon Ausztrália 2011; hóvihar Magyarország 2013.

### 4.3. Az éghajlatváltozással összefüggő katasztrófák kárterületének jellemzői

Az elmúlt években a katasztrófák fajtáit, típusait és azok hatásait a kutatók többféle szempontból dolgozták fel, de konkrétan az éghajlatváltozással és annak hatásaival összefüggő katasztrófákat és azok kialakult kárterületeit eddig átfogó jelleggel kevesen vizsgálták. Ebben a fejezetben csak azokat az éghajlatváltozással összefüggő természeti veszélyeket fogom vizsgálni, amelyek közvetlenül vagy közvetve hatnak a lakosság életére, szűkebb vagy tágabb környezetére. Ebből a szempontból a szélviharok és tornádók, a rendkívüli esőzések felhőszakadások, az extrém meleg vagy extrém hideg időjárás kárterületeit elemzem.

#### 4.3.1. Szélviharok, tornádók hatása, kárterületük jellemzői

A szél sebességén a levegő mozgásának sebességét kell érteni, és a mindennapi életben a 60 km/h feletti szélsébséget már *szélviharnak* nevezzük. *Tornádóról* akkor beszélünk, ha a szélsébség a 65 km/h-t meghaladja, valamint több fázison keresztül tölcser alakú, felfelé mozgó levegőáramlat alakul ki, amely magába szippantja, majd kidobja az útjába kerülő tárgyakat.

A viharos erejű vagy *orkánszerű szél* pusztító hatása azon alapul, hogy nyomást gyakorol az útjába eső álló vagy a szél sebességénél jelentősen lassabban mozgó tárgyakra. Megbontja az épületek tetőszerkezeteit, megrongálhatja az energiaellátó és távközlési berendezéseket, vezetékeket. Képes felszíni eróziót is okozni azáltal, hogy megbontja a talaj felső rétegét és azt továbbszállítva máshol lerakja és felhalmozza.

*A kárterületekre jellemző* az épületek épületszerkezetek romosodása, az úttesteken romtorlaszok alakulhatnak ki, kidőlt fák, leszakadt villanyvezetékek és tartóoszlopok akadályozhatják a közlekedést. Szélviharok és tornádók esetében heves villámlások fordulnak elő, amelyek esetenként épület- és erdőtüzeket okozhatnak, vagy tönkreteszik az energiaellátó és hírközlő rendszereket és azok berendezéseit. A mentőerőknek fel kell készülni az áram- és közmuhszolgáltatás kiesésére, valamint a tüzek oltására, a tűzkárok felszámolására is. Ahhoz, hogy a károk elkerülhetők vagy csökkenthetők legyenek, javasolt az alábbi óvintézkedések végrehajtása:

- megfelelő monitoring- és előre jelző rendszerek kialakítása,
- a lakosság felkészítése az alapvető veszélyhelyzeti magatartási szabályokra az önvédelem érdekében.

#### 4.3.2. Rendkívüli esőzések, felhőszakadások hatása, kárterületének jellemzői

A csapadéknak eső formájában történő kihullása csak abban az esetben okoz problémát, ha mennyisége jelentősen meghaladja a szokásos mértéket, vagy ha az átlagosnál lényegesen rövidebb idő alatt hullik ki, és így nincs mód, hogy a talajba beszívárogjon, vagy elpárologjon, esetleg más módon elvezetésre kerüljön.

*Felhőszakadás*kor hirtelen nagy mennyiségű csapadék hullik, amely heves zivattal, élénk villámtevékenységgel és erős széllel jár, de érkezhetséggel is. Intenzitásában el kell,

hogy érje a 100 mm/h értéket. Az intenzív esőzések és felhőszakadások következtében hirtelen kialakuló áradások a lezúduló vízfolyásokkal hatalmas károkat okozhatnak, mivel tönkretesznek az építményeket, utakat, közműveket és azok műtárgyait, valamint rombolhatják a természeti környezetet is.

A *jégeső* a csapadék olyan különleges formája, amikor a zivatarban lévő légköri feláramlások az esőcseppeket egy extrém hideg rétegébe szállítják, ahol azok megfagynak, és egy lefelé áramló légrétegbe kerülve a felszínre esnek, és ott pusztítást végeznek. A nagyobb jégszemek betörnek az ablakokat, összetörnek a tetőszerkezeteken a borításokat, kárt tesznek a gépkocsik karosszériájában, zavarják a közlekedést és a repülőgépek fel- és leszállását. A jégverés súlyos károkat okoz a mezőgazdaságban, a növények elpusztításával tönkretesz a termést, amely az adott terület lakosait nehéz helyzetbe hozza, társadalmi vagy szociális problémákat okozva az egyén és a közösség számára.

A víz áztató hatása miatt a mentőerőknek számolni kell épületek és más műtárgyak megsüllyedésével, deformációjával, utak, vasutak alámosásával, a töltések tönkremenetelével, valamint a közművezetékek sérülésével, törésével is. További nehézséget okoznak egy ilyen extrém időjárási helyzetben azok a veszélyek vagy helyi katasztrófák, amelyek a lezúduló nagy mennyiségű csapadék következményeként alakulnak ki. Ilyen az áram- és közműszolgáltatás rövidebb és hosszabb idejű megszűnése, villámárvizek kialakulása, pusztítása, sárlavinák, partfal- és kőzetomlások, valamint a bel- és árvizek kialakulása.

Az *áram- és közműszolgáltatás* megszűnésének egyik lehetséges oka, hogy tönkremennek azok a berendezések, amelyek a szolgáltatást biztosítják, vagy a közművek és energiarendszerek fizikai sérüléseiből adódnak. Ilyen esetekben nem alakulnak ki összefüggő kárterületek, amelyek speciális mentőeszközöket és erőket igényelnének, de szolgáltatóknak vagy a helyreállítást végzőknek a sérült szakaszok javítását azonnal meg kell kezdeni. Ha ez nem lehetséges, akkor gondoskodni kell helyi áramforrásokkal és szállítóeszközökkel az ideiglenes szolgáltatás megindításáról.

A *villámárvizek* kialakulását és pusztítását külön ki kell emelni, mert ezek ellen bekövetkezésük után rendkívül nehéz védekezni. Ennek oka, hogy olyan rövid idő alatt alakulnak ki, és olyan intenzíven pusztítják az épített és a természeti környezetet, hogy a mentőerők riasztását és a védekezés megkezdését ilyen szűk időintervallum alatt nem lehet eredményesen végrehajtani. A romboló hatásukat a lezúduló víz és az általuk szállított törmelékek mozgási energiája és hidrodinamikai ereje révén fejtik ki. Képesek megbontani az utakat, hidak felületét, az épületek falait, alámosni az úttestek, vasútvonalak töltéseit, építmények alapjait, valamint törmelékkel elárasztani az utakat, akadályozva ezzel a közlekedést és a mentési feladatok végrehajtását. Nem ritka eset, hogy a villámárvizek következtében a talaj felszínén suvadás alakul ki, amely kő- és partfalomlások, kisebb földcsuszamlások, törmelékmozgások formájában jelenik meg.

A heves esőzések, felhőszakadások gyakran okoznak *sárlavinákat, partfal- és kőzetomlásokat, földcsuszamlásokat, felszíni eróziót* is. A nagy mennyiségű csapadék feláztatja a földfelszín talajrétegeit, amely víztartalmának növekedésével egyre instabilabbá válik. Elveszti stabilitását, földcsuszamláshoz vezet, és sárlavinák alakulnak ki. A lezúduló víz a föld felszínének erózióját idézi elő, mert áramlás közben a talaj felső rétegének koptatásával elvékonyítja és rombolja azt, a megbontott talajréteg egy részének elhordásával pedig károsan befolyásolja és sérülékennyé teszi a környezet növényvilágának vegetációját.

A sárlavinák által okozott károkat ki kell emelni, mert az ilyen jellegű katasztrófák bebizonyították, hogy nagyon súlyos rombolást és pusztítást képesek előidézni. Hasonlóan a villámárvízhez képes elsodorni az útjába kerülő fákat, tárgyakat, maga alá temeti az épületeket, úttesteket, vasútvonalak töltéseit, valamint vastag sárréteggel és törmelékkel árasztja el az utak felületét, az épületek bejáratait, a közműveket és műtárgyait, a vízelvezető árkokat, vízgyűjtő helyeket, víztározókat stb. A sárlavinák veszélyesek a lakosságra, mert nagyon nehéz ellenük védekezni a rövid idejű hatásuk és kiszámíthatatlanságuk miatt, valamint azoknak, akiket maga alá temet, kevés az életben maradásra az esélye. A kárterületen a kialakult sárréteg több méter magasságot is elérhet, szerkezete nem homogén a magával sodort hordalék miatt, ezért a mentési munkákat csak nagy körültekintéssel és speciális technikai eszközök, eljárások igénybevételével lehet eredményesen végrehajtani.

A rendkívüli esőzések, ha nem is mindig közvetlenül, de okozhatnak helyi és területi áradásokat és belvízi veszélyeket, amelyek áztató hatásukkal pusztítják a talaj szerkezetét, és károsítják a környezetük növény- és állatvilágát. A belvizek tönkreteszik a talaj termőképességét. Az érintett épületek, építmények, utak, vasúti töltések stb. megsüllyedhetnek, összedőlhetnek, működésképtelenné válhatnak.

A *belvizes* kárterületekre jellemző, hogy nehezen megközelíthetők és járhatók, a mentést csak úszó járművekkel vagy speciális közlekedési eszközökkel (lánctalpas vagy légpárnás eszközök, kiemelkedő terepjáró képességgel rendelkező járművek stb.) lehet végrehajtani. A kárterületen az elpusztult növények és állati tetemek miatt számolni kell fertőzésveszéllyel, valamint a megrongálódott utak és épületek miatt veszélyes épületszerkezetekkel, közlekedési műtárgyakkal. A visszahúzódó belvizek után sáros, hordalékos utakkal, vízelvezető csatornákkal, továbbá nedves és átázott pincékkel, épületrészekkel, megsüllyedt közművezetékekkel, vasúti töltésekkel és használhatatlan sínpályákkal találkozhatnak a mentést végrehajtók.

Mivel az intenzív esőzések országos vagy államhatárokon átnyúló nemzetközi szintű árvízi katasztrófákat ritkán hoznak létre, sokszor csak helyi vagy területi árvízi veszélyekről (katasztrófákról) beszélhetünk. Ezek létrejötte is nagyban függ attól, hogy milyen intenzitású a csapadékkihullás, milyen az érintett terület földrajzi, geológiai helyzete, talajszerkezete, növény és erdő általi lefedettsége, a terület vízgyűjtő és vízelvezető képessége. A lejtőkön lezúduló nagy mennyiségű csapadékot a vízgyűjtő területen található folyók, patakok rövid idő alatt nem tudják elvezetni, ezért azok elöntik a mélyebben fekvő területeket.

A kárterület nagysága függ a lehullott csapadék mennyiségétől, az érintett terület vízmegtartó (visszatartó) képességétől, az összegyűlt vízmennyiséget elvezető folyók vízjárási sebességétől, gátjainak és vízügyi műtárgyainak karbantartottságától, műszaki állapotától, valamint az érintett terület földrajzi jellemzőitől.

A kárterületeket vizsgálva megállapítható, hogy azok összetettek és komplexek, ötvözik a villámárvizek és a belvizek kárterületeinek jellemzőit, amelyeket a fentiekben részletesen bemutatam.

A rendkívüli esőzések, felhőszakadások okozta veszélyeket és az általuk létrehozott kárterületek jellemzőit vizsgálva megállapítható továbbá, hogy ezek hatásait a lakosság nem mindig tudja elkerülni, mert az éghajlatváltozásból adódó meteorológiai viszonyok előre, hosszabb távra történő jelzése (megadása) a folyamatos fejlődés ellenére még nem megoldott. Ezért nagyobb figyelmet kell fordítani a *megelőző feladatokra*, amelyek műszaki,



tervezési, szervezési és adminisztratív eszközökkel, módszerekkel hajthatók végre. Ezek közül csak a legfontosabbakat emelem ki:

- a települések és a hozzá tartozó területek vízelvezető rendszereinek, vízügyi műtárgyainak karbantartása, működőképességének biztosítása;
- erdősítéssel és megfelelő növénytakaró telepítésével a terület „vízmegtartó” és „víz-visszatartó” képességének fokozása;
- gyors riasztási és előre jelző rendszer kiépítése és működtetése;
- az ár- és belvízveszélyes területen történő építkezések esetén szigorú jogi szabályozás és műszaki követelmények bevezetése;
- a lakosság felkészítése a magatartási szabályok betartására, az alapvető önvédelmi feladatok végrehajtására;
- a lakosság rendelkezzen megfelelő élelmiszer- és víztartalékkal és tartalék áramforrásokkal, hogy az életfeltételeik többnapos elzárttság esetén is biztosítva legyenek;
- folyami medrek megerősítésével és védelmi műtárgyak kiépítésével csökkenteni kell a villámárvizek kialakulásának esélyét, káros hatásainak bekövetkezését;
- a támfalak megerősítésével, a lejtős talajok növénytakarójának kialakításával, egyéb műszaki megoldásokkal csökkenteni kell a partfal- és kőomlások, valamint sárlavinák kialakulásának esélyét.

#### 4.3.3. Az extrém téli időjárás hatása, következményei, a kárterület jellemzői

A téli időjárás hazánkban általában akkor okoz problémát, ha a hőmérséklet tartósan és jelentősen alacsonyabb a korábban megszokottnál, vagy intenzív havazás miatt a leesett nagy mennyiségű hó már negatívan befolyásolja (akadályozza) az emberek mindennapi életét.

Ez hazánkban nem túl gyakori, bekövetkezésére azonban az ország bármely részében számítani lehet. A jövőben fel kell készülni ilyen extrém téli időjárásra is, vagy annak ellenkezőjére, amikor a várt havazás és a rendkívüli hideg idő nem köszönt be. A hideg (vagy a meleg) szélsőséges értékeihez való alkalmazkodás különösen nehéz, gyakoribbá vált a szélsőséges hőmérsékletű időszakok bekövetkezése, valamint ezek időbeni és térbeni lefolyása megváltozott, ezért a lakosságra nézve ezt a kihívást társadalmi szinten is kiemelten kell kezelni. Az extrém, (rendkívüli) téli időjárási fajták közül három alapvető típust (fajtát) kell kiemelni, amelyek a következők:

- rendkívüli havazás, hólavina, hóvihár;
- rendkívüli hideg, tartósan nagyon alacsony hőmérséklet;
- ónos eső, jegesedés és ezek kombinációja.

Az *ónos esőt* mint önálló időjárási fajtát azért emeltem ki, mert ez egyik típusba sem sorolható, de kiemelt veszélyességű. Egy ilyen helyzet nagyon súlyos közlekedési káoszt vagy katasztrófát és tömegszerencsétlenséget okozhat a síkos úthálózat, a lefagyott váltók és vasúti irányító berendezések működési zavara miatt. A légi közlekedésre is negatívan hat, mert a lefagyott fel- és leszálló pályák, gurulóutak síkossága miatt a légi forgalom teljesen megbénulhat. A közúti szállítás akadozása miatt ellátási zavarok alakulhatnak ki, ami társadalmi elégedetlenséget okozhat.



Ha a megszokottnál *nagyobb hómenyiség* esik, komoly problémát jelenthet a közlekedésben, az emberek életfeltételeiben és életvitelében. Hegyvidéken nagy a *hólavina veszélye*, ráadásul ezek kialakulása nemcsak szándékosan (védelmi szempontból elindított lavina), hanem spontán is történhet. *Hóvihar* esetén a havazás erős széllel párosul, a látási viszonyok jelentősen romlanak, már kisebb magaslatok szélvédett oldalán is magas „hólerakódásokkal” kell számolni. Intenzív havazás és erős szél esetén magas hófalak és hótorlaszok keletkezhetnek, amelyek súlyos problémát okozhatnak az emberek életében.

A légkör hőmérsékletének jelentős mértékű csökkenése *rendkívüli lehűlést* okoz, amely természetesen kihat az emberi szervezetre, egészségre, de negatívan hat a természetes és épített környezetünkre is. Az utak csúszóssága miatt megnő a balesetek veszélye, a folyók és a tavak befagynak, hajózhatatlanná válnak. A gyenge minőségű üzemanyagok miatt a gépjárművek egy része nem fog működni, fák dőlhetnek ki, ágak törhetnek le, amelyek balesetveszélyt és közlekedési akadályokat okozhatnak.

A leginkább célravezető megoldás a körülmekintő felkészülés és a megfelelő tartalékok felhalmozása. A rendkívüli téli időjárás lehetséges legjellemzőbb következményei az alábbiakban foglalhatók össze:

- a vasúti váltók befagyhatnak, ami fennakadásokat okozhat a közlekedésben;
- a hó nem tud összetapadni, a porhóból a szél hatalmas torlaszokat hordhat össze, ami akadályozhatja a közúti és vasúti közlekedést;
- akadózhat a közellátás, a lakossági ellátás;
- akadályokba ütközhet az egészségügyi ellátás, a betegszállítás, a gyógyszerellátás, valamint egyes gyógyszerek beszerzése megnehezülhet;
- a vezetékes gázellátásban hosszabb-rövidebb ideig tartó szolgáltatási szünetekre lehet számítani;
- az elektromos áram felhasználásának várható növekedése miatt átmeneti zavarok keletkezhetnek az áramszolgáltatásban, valamint sérülhetnek a hálózatok, a berendezések, ami tartós szolgáltatáskiesést okozhat;
- a hó egyes településeket, sőt egész tájegységeket elvághat a külvilágtól, így hosszabb időn keresztül az itt élők ellátása, az életfeltételek biztosítása komoly nehézségeket okozhat;
- ha a hőmérséklet nem túl alacsony, az olvadás vagy eső következtében keletkezett víz a szilárd tárgyak felületére fagyva jégréteg kialakulását eredményezheti, ami rendkívül megnehezítheti a közlekedést, vagy esetleg lehetetlenné is teheti azt;
- a vastag jégréteg az elektromos, hír- és kommunikációs vezetékekre fagyva könnyen tönkretelheti azokat, ezzel komoly energiaellátási és kommunikációs nehézségeket okozva;
- az emberek esetében a legnagyobb veszélyt a fagyási sérülések kialakulása, illetve a testhőmérséklet veszélyes mértékű csökkenése jelenti, amely súlyos esetleg végzetes következményekkel járhat.

A rendkívüli téli időjárás fentiekben összefoglalt legfontosabb hatásai egyben tükrözik azok kárterületeinek alapvető jellemzőit is. Így például nagy havazás vagy hosszabb ideig tartó jegesedés esetén az elzárt területre a mentőerők nem tudnak bejutni, esetenként a lakosság ellátása is nehézségekbe ütközik. Ilyen esetekben fel kell készülni a „belülről” és „kívülről” történő mentés feladatainak összehangolására, a végrehajtáshoz szükséges

feltételek biztosítására. Számolni kell azzal, hogy a rendszerek sérülése vagy műszaki meghibásodásai miatt rövidebb-hosszabb ideig nem lesz áramellátás és közműszolgáltatás. A nagy hó- és jégterhelés miatt gyakori a vezetékszakadás, a fák kidőlése, az ágak letörése, amelyek az útestre dőlve közlekedési akadályokat képeznek, és káoszt okozhatnak. A kárterületeken a hó és a jég súlya alatt összedőlt épületekkel, a jég által megrongált folyóhídkkal, vízbe fagyott hajókkal és vízi járművekkel kell számolni.

A károk elkerülése vagy csökkentése érdekében az alábbi óvintézkedések és megelőző védelmi feladatok végrehajtását javaslom:

- a lakosságot fel kell készíteni az önmentési feladatok végrehajtására, a magatartási szabályok betartásának fontosságára;
- a lakosság rendelkezzen több napra elegendő, az életfeltételekhez szükséges tartalékokkal (ivóvíz, élelem, gyógyszer, tüzelőanyag, üzemanyag stb.), valamint tartalék áramforrásokkal;
- a tél beállta előtt fel kell állítani a hófúvások kialakulását megakadályozó hófogókat;
- erdősítéssel és megfelelő növénytakaró telepítésével csökkenteni kell a hólavínák kialakulásának veszélyét;
- olyan épületek, hidak, közlekedési műtárgyak épüljenek, amelyek kibírják az adott területre jellemző hó- és jégterhelést;
- ki kell építeni a veszélyhelyzeti riasztási és jelzőrendszert, biztosítani kell ezek folyamatos működőképességét;
- a tél beállta előtt ki kell javítani az úthálózat, a támfalak az alul- és felüljárók szerkezeti hibáit, hogy a nagy hó terhelése és a jég súlya ne rombolja, és ne tegye működésképtelenné azokat;
- a lakossági és vállalati gépjárműveket fel kell készíteni téli viszonyok közötti üzemeltetésre és közlekedésre (hólánc, minőségi kenő- és üzemanyag, akkumulátor).

#### **4.3.4. Az extrém meleg és aszályos időjárás hatása, következményei, a kárterület jellemzői**

A *szélsőséges meleg* és a csapadékszegény időjárás egyik legközismertebb következménye az aszály. A rendkívüli hőség okozta *aszály* csapadék- és nedvességhiánnyal kapcsolatos komplex jelenség, amelynek különféle hatásai és következményei vannak. Ezek közül az alábbiakban csak a legfontosabbakat emelem ki:

- az emberi egészséget befolyásoló tényezők és azok hatásai;
- a levegő minőségét befolyásoló tényezők és azok hatásai;
- a természetre és a mezőgazdasági ökológiai rendszerekre gyakorolt hatások;
- éhínség, amely népek és népcsoportok vándorlását okozhatja;
- nagy kiterjedésű erdőtüzek, amelyek veszélyeztetik a természeti környezet és a lakosság életét, anyagi javait;
- a városokat érintő negatív hatások, amelyek az ott élő emberek életkörülményét rendkívül hátrányosan befolyásolják (víz-, élelem- és energiahány, járványok, tömeges megbetegedések stb.).

A továbbiakban csak a hosszan tartó magas hőmérséklet, az aszályok, valamint a bozót- és erdőtüzek kárterületeinek jellemzőit vizsgálom és mutatom be.

#### *4.3.4.1. A hosszan tartó magas, (extrém) környezeti hőmérsékletnek kitett területek jellemzői*

Ez a jelenség a környezetre is hatással van. A fokozott ütemű melegedést a fák és a növényzet egyes fajai a lassúbb alkalmazkodóképesség miatt nem tudják követni, ezért kiszáradnak és elpusztulnak. Az útburkolatok a hő hatására károsodnak, az aszfalt elveszti szilárdságát, felpúposodik. A kötöttpályás járművek sínei deformálódnak, károsodnak, leállhat a vasúti és a többi, sínhez kötött közlekedés. Számolni kell a nagymértékű vízfelhasználás miatti vízkorlátozással, esetleg a szolgáltatás megszűnésével. A folyók, patakok, tavak vízszintje lecsökken, a medrek ki is száradhatnak, ezáltal károsodni fog az élővilág és a környezet. A vízhiány miatt elpusztulnak az állatok, járványok léphetnek fel, ami veszélyt jelent az ott élőkre. A közlekedési és a szállítási problémák miatt ellátási gondokkal kell számolni, valamint a magas hőmérséklet miatt nagyobb a tűzveszély is.

#### *4.3.4.2. Az aszályok miatt kialakult kárterületek jellemzői*

Ha egy térségben az átlagosnál jelentősen kevesebb csapadék hullik, vagy a magas hőmérséklet miatt a talajból jóval több nedvesség párolog el, mint amennyit felvesz, a hosszabb időn át tartó szárazság miatt aszály következik be. Aszály nemcsak a magas hőmérséklet miatt alakulhat ki, hanem a helytelen földművelési technikák is előidézhetik, mert a termékeny talajréteg tönkremehet, erodálódhat, az öntözővíz elfogyhat. A helytelen vízgazdálkodás is okozhatja. A növények kiszáradnak, a talaj szerkezete megrepedezik, a termőréteg elszikesedik vagy elszivatagosodik. Az állatok más területre vándorolnak, így felborul az ökológiai egyensúly. Éhínség alakulhat ki, amely tömeges elvándorlást, (migrációt), ezáltal humán katasztrófát idézhet elő. Az emberek életfeltételei lecsökkennek. Az elszáradt növényzet és fák miatt számolni kell tüzekkel, valamint a szennyezett vizek fogyasztása okán betegségek és fertőzések léphetnek fel, ami tovább súlyosbítja a helyzetet. Azok a rovarfajták, amelyek alkalmazkodtak az aszályos vidék természeti körülményeihez, elszaporodnak és tömegesen jelennek meg az adott területen, elpusztítva a még meglévő növényzetet.

#### *4.3.4.3. A bozót- és erdőtüzek kárterületeinek jellemzői*

Szárazság idején a természetes növénytakaró, a cserjék és a fák nagy területen lángra lobbanhatnak. Az *erdőtüzekre* jellemző, hogy kiterjedt, nagy területen tombolnak, nagy sebességgel terjednek, megváltoztathatják a terjedési irányukat. Károkat okoznak az emberi tulajdonban és életekben. Az erdőtüzek kárterületére általános jellemzőként említhető a nagy kiterjedés, a szennyezett légtér, a közlekedési nehézségek, valamint a fertőzésveszély, amely az elhullott állati tetemek miatt alakulhat ki. Az égés során

felszabadult, az egészségre káros gázok, valamint a levegőbe került füst, korom, hamu és por légszennyezést okoznak.

A mentőerőknek fel kell készülni arra, hogy a mentési feladatokat magas hőmérsékleti viszonyok között és erős légköri szennyeződés mellett kell végrehajtani. A kárterületről az emberek kimenekítése rendszerint megtörténik, de az elhullott és bomló állati tetemek miatt számolni kell a fertőzésveszéllyel. A tűz miatt sérülnek a közművek, megszűnik az energiaellátás, elpusztulnak a lakóépületek, raktárak a bennük tárolt anyagokkal együtt. Mivel a talaj felszínén átmenetileg megszűnik a növényzet, és maga a talaj hamuval telített, ezáltal csökken a vízmegtartó képessége, így intenzív, nagy mennyiségű csapadék esetén (felhőszakadás) kialakulhatnak földcsuszamlások, kőomlások, kisebb méretű sárlavinák is.

A károk elkerülése vagy csökkentése érdekében az alábbi óvintézkedések és megelőző védelmi feladatok végrehajtását javaslom:

- a lakosságot fel kell készíteni a mentési és az önmentési feladatok végrehajtására;
- a lakosoknak rendelkeznie kell több napra elegendő, az életfeltételekhez szükséges tartalékokkal (ivóvíz, élelem, gyógyszer, üzemanyag stb.), valamint tartalék áramforrásokkal;
- szabályozni kell a vizek felhasználását, gondoskodni kell a tartalék vízkészletek létrehozásáról, meg kell határozni azok felhasználási szabályait;
- egyszerű és tervszerű vízgazdálkodással el kell érni, hogy az adott területen a folyók és tavak vízkészletei ne merüljenek ki, és ne alakuljon ki aszályos kárterület;
- olyan mezőgazdasági termelési technikát kell alkalmazni, amely csökkenti a föld termőrétegének tönkremenetelét, valamint hő- és szárazságtűrő növények (kultúr-növények) telepítésével (termelésével) csökkenteni kell az aszályos időszakok káros hatásait;
- olyan építési technológiát és anyagokat kell alkalmazni, amelyek csökkentik a magas hőmérséklet káros hatásait;
- javasolt olyan víztározók/tartályok létrehozása és folyamatosan feltöltött állapotban tartása, amelyeket szükség esetén tűzoltásra is igénybe lehet venni;
- ki kell építeni a veszélyhelyzeti riasztási és jelzőrendszert, biztosítani kell ezek folyamatos működőképességét.

#### **4.4. Az éghajlatváltozással összefüggő katasztrófákkal szembeni védelem növelése**

A katasztrófaíráások és a nagy katasztrófák tapasztalatainak vizsgálata alapján megállapítható, hogy az ellenük való védelem kialakítása nemcsak abból áll, hogy bekövetkezésük esetén megfelelő mentési tevékenység folyik.

A nemzetközi és hazai védelmi trendekben kiemelt szerepe van a védelmi folyamat egymásra épülésének és az egymással való kölcsönhatás figyelembevételének, ezért fontos, hogy az éghajlatváltozás hatásai elleni védelem is átgondolt és logikailag egymásra épülő legyen. A védelem kialakítása többlépcsős folyamat, amely lényegében öt alapvető feladatrendszerre épül. Ezek az alábbiak:

- a katasztrófák kialakulásának megakadályozása és a negatív hatás lehetséges *megelőzése*,

- a felkészülés keretében a *sebezhetőség* (vulnerabilitás) *csökkentése*,
- a felkészülés során a *katasztrófaérzékenység összetevőinek* azonosítása és csökkentése,
- a katasztrófák kialakulása esetén tervszerű, hatékony *mentés*,
- a folyamat a *helyreállítással* végződik.

Ezeknek a feladatrendszernek a végrehajtása nem feltétlenül egymást követően, hanem gyakran egymással párhuzamosan folyik.<sup>5</sup> Vizsgáljuk meg ezeket a feladatrendszereket!

#### 4.4.1. A kialakulás vagy a hatás megelőzése

Az éghajlatváltozás következtében fellépő katasztrófák kialakulásának megakadályozására és megelőzésére kevés lehetőség van. Napjainkban az egyébként vitatott úgynevezett *geoengineering programok* keretében folynak próbálkozások, amikor a természeti eseményeket műszaki hatással akarják befolyásolni. (*Geoengineeringwatch* 2018)

Ilyen például, amikor a jégeső ellen a felhőbe repülőből kondenzációs magokat (ezüstjodid) fecskendeznek be, vagy a trópusi viharokat akarják műszaki megoldásokkal befolyásolni, vagy ilyen a mezőgazdaságban a jégkár és az elfagyás ellen kálium-nitrát, kálium-nitrit, ammónium-nitrát és karbamid felhasználásával való fellépés vagy a hagyományos füstöléssel való védekezés. (*Resilienz mehr als...* 2017)

Az éghajlatváltozással összefüggő esőzések árvízhez vezethetnek, amelyek gátrendszerekkel, tározók megnyitásával, folyószabályozással stb. jó eséllyel megelőzhetők. Az időben történő előrejelzés, a riasztás és a rövid reakcióidővel megtett megelőzési intézkedések, mint például a kitelepítés, szintén védettebbé teszik a lakosságot.

#### 4.4.2. A felkészülés

A védettség kialakítása során a megelőzés, elkerülés érdekében végrehajtott intézkedésekkel párhuzamosan intézkedéseket kell tenni a teljes körű felkészülésre (képességek, védelmi feltételek kialakítására) annak érdekében, hogy szükség esetén minden rendelkezésre álljon a károk enyhítéséhez, a helyzet eszkalálódásának megakadályozásához. Vizsgáljuk meg ennek főbb lépéseit!

A felkészülés első lépése a *kockázatazonosítás*. Mára elkészült a világ országainak *kockázati világindexe*, amely megmutatja az adott terület katasztrófáknak való kitettségét és veszélyeztetettségét. A kockázatazonosítást az ENSZ elvégezte, és rendszeresen felülvizsgálja azt. (*The Global Risks Report* 2017) Három mutató alapján állították össze, az egyik, hogy mennyire valószínű egy természeti katasztrófa az adott térségben, és érinti-e az embereket. A másik, hogy mennyire sebezhető a lakosság ez ellen, és hogyan tudja az adott ország megoldani a katasztrófahelyzetet, továbbá hogy tesznek-e megelőző intézkedéseket.

<sup>5</sup> Gondoljunk a katasztrófák során megkezdett kárelhárításra, amelynek során gyakran megkezdődik a károk felszámolása is, és az ideiglenes helyreállítás, míg a végleges helyreállításra a helyreállítási szakaszban kerül sor.

A felkészülés második lépése a *sérülékenység azonosítása*. Ez a tevékenység minden veszélyeztető tényező vonatkozásában külön vizsgálatot igényel, amelynek célja megállapítani, hogy melyik veszélyeztető tényező milyen kockázattal fordulhat elő, és milyen hatása lehet. Ezek ismeretében meg kell vizsgálni, hogy az adott területen melyek azok a tulajdonságok, képességek, jellemzők, amelyek adott esetben az általános védettség ellenére sem képesek biztosítani a lakosság vagy közösség teljes védelmét. Az érzékenység azonosítását követően az esetek tükrében meg kell határozni azokat a feltételrendszereket, elveket és módszereket, amelyekkel az érzékenységi szint csökkenthető, és amelyek a védelmi képességeket növelhetik. Jó példa erre, ha egy egyénnek a katasztrófaérzékenységet befolyásolja a kora, az egészségi állapota, a szociális helyzete, és ezeknek megfelelően kell kiegészíteni az általános védettséget adó erőket, képességeket, eszközöket és eljárásokat.

A kockázat azonosítását követő lépés az adott katasztrófának való kitettség, érzékenység beazonosítása, majd ennek tükrében a szükséges védelmi szint meghatározása és az ennek megfelelő *védelmi képességek kialakítása*.

A *védelmi képességek* magukban foglalják a védelmi tervezést, a védelmi szervezetek kialakítását és felkészítését, a védelmi vezetési rendszer létrehozását, a végrehajtandó feladatokhoz szükséges képességek kialakítását, valamint az erő-eszköz szükséglet biztosítását, köztük például a helyi riasztási rendszert.

A konkrét veszélyeztetettség felmérésének tükrében kell a várható veszélyek negatív hatásainak kivédését szolgáló konkrét védrendszereket kiépíteni, illetve a tervezésüknél a prioritásokat és a hangsúlyt erre vagy erre is helyezni. Az aszály elleni védettséget növelhetik például a víztározók, a tudatos vízgazdálkodás és az aszálytűrő növények és kultúrák alkalmazása. Az erdő- és vegetációtüzeknél a monitoringrendszer és a figyelőszolgálatok kialakítása valamint a tűzterjedési modellek helyi alkalmazása válhat fontossá. (DONNER–RODRÍGUEZ 2011) További feladat a védekezési gyakorlatok, szükségstartalékok képzése, a veszélyeknek megfelelő hír- és kommunikációs rendszer kiépítése. (*Anpassung an...* s. a.)

Fontos teendő ezen a területen a kapacitásnövelés. Ez alatt a védelmi erők, a lakosság, a védelmi igazgatás, a civil szervezetek képességeinek növelését és szenzibilizálását értik, valamint az éghajlatváltozással összefüggésbe hozható rendkívüli események, katasztrófák következményeinek felszámolását célzó ismeretek beépítését a kiképzés, képzés, továbbképzés rendszerébe. (*Nothilfe und wiederaufbau* s. a.; *Build a kit* s. a.)

#### 4.4.3. Reagálás

A védettség kialakításának következő feladatcsoportját akkor kell elvégezni, amikor a katasztrófa bekövetkezett. Ez az úgynevezett *reagálás*, ami katasztrófák estében a *mentést és a lakosság védelmét* jelenti. A mentés attól függ, hogy milyen a katasztrófa, és milyen kárterületet alakított ki. Ennek keretében történik meg a riasztás és a kárterület felderítése, majd a nyert adatok tükrében hoznak döntést a mentőerők összetételéről és a szükséges mentési feladatokról. A mentési időszakban elvégzik még az élet és az anyagi javak mentésével, a lakosság védelmével kapcsolatos feladatokat, valamint a károk felszámolását.

#### 4.4.4. Helyreállítás

A védettség kialakításának fontos lépése a katasztrófa előtti eredeti állapot vagy annál jobb helyzet kialakítása, azaz a *helyreállítás* feladatainak végrehajtása. Egy megfelelően helyreállított terület lakossága védettebb egy következő veszéllyel szemben.

#### 4.5. Összegzés

Az elmúlt évtizedek kutatásainak célja volt, hogy bebizonyítsák, hogy az éghajlatváltozással összefüggő káros hatások nagyrészt az emberi tevékenységgel függnek össze, és ennek megfelelő válaszokat keressenek. Rámutattak arra, hogy az éghajlatváltozás következtében katasztrófák is kialakulhatnak. Vizsgálták ennek okait, a kialakulás miértjeit, de csak kevés kutatás tért ki minden részletre kiterjedően arra, hogy ezeknek a katasztrófáknak a kárterülete milyen, mik a jellemzőik, és hogyan lehet az ezek elleni védelemre felkészülni.

Jelen kutatásban megvizsgáltam az éghajlatváltozás okait és a következményeit olyan mértékben és olyan szempontból, amelyek a katasztrófákkal összefüggésbe hozhatók.

*Az éghajlatváltozás következményeit elemezve megállapítható, hogy a hőmérséklet-emelkedés és az éghajlati jellemzők változása negatív hatással van az épített és a természeti környezetre egyaránt, és természeti katasztrófákat is okozhatnak.* Megvizsgáltam az éghajlatváltozással kapcsolatba hozható katasztrófák kialakulásának okait, következményeit, és megállapítottam, hogy öt olyan hatása is van, ami katasztrófhhoz vezethet, ezek a szélviharok, tornádók, a rendkívüli esőzések, az extrém téli időjárás, valamint a tartós meleg, szárazság.

Ezek közül az egyik legnagyobb problémát a rendkívüli felhőszakadás és esőzés okozza, mert ezek következtében belvizek, árvizek és villámárvizek alakulnak ki. A másik fenyegető hatás az extrém magas hőmérséklet és szárazság, amelyek nemcsak erdő- és bozóttüzeket okoznak, hanem aszályhoz vezetnek, és éhínséget és az ezzel összefüggő humanitárius katasztrófákat is előidézhetnek. *A katasztrófák kárterületének jellemzőit elemezve megállapítható, hogy ezek a kárterületek komplexek, és így a lakosságra gyakorolt hatásuk is összetett, ezért a velük kapcsolatos teendőknek is széles a skálája.* Vizsgálataim során konkrét katasztrófák elemzésére alapozva rendszereztem a kárterület-jellemzőket, és meghatároztam az ezzel összefüggő védelmi feladatokat.

Megvizsgáltam, hogy hogyan lehet a lakosságot védettebbé tenni az ilyen jellegű katasztrófák hatásai ellen. Megállapítottam, hogy a mentés önmagában nem elegendő a védettséghez, hanem átfogó megközelítés szükséges, ezért öt olyan feladatcsoportot határoztam meg, amelyek nélkülözhetetlenek a védettség kialakításához. Ezek a *megelőzés, a felkészülés, a sebezhetőség és a katasztrófaérzékenység csökkentése, a mentés és a helyreállítás.*

A vizsgálatok alapján is megállapítható, hogy az éghajlatváltozással járó rövid és hosszabb távú negatív hatások, köztük a katasztrófák, nagyobb kockázatot és kihívást jelentenek, mint más veszélyeztető tényezők (háborúk, terrorizmus stb.), ezért a jövőben minden államnak kiemelten kell kezelnie ezt a kérdést, és fel kell készülnie a káros hatások kezelésére, a környezetünk és a lakosság védelmére.



## Felhasznált irodalom

- A NATér alkalmazási lehetőségei és korlátai, klímaterületi vizsgálatok előzetes eredménye.* (2015)  
Elérhető: <http://nakfo.mbfisz.gov.hu/hu/node/472> (A letöltés dátuma: 2018. 02. 07.)
- Anpassung an den Klimawandel.* (s. a.) Elérhető: [www.giz.de/nothilfe/de/html/1838.html](http://www.giz.de/nothilfe/de/html/1838.html) (A letöltés dátuma: 2018. 02. 12.)
- FIELD, C. B – BARROS, D. J. – DOKKEN, K. J. – MACH, M. D. et al. (2014): Summary for Policymakers. In *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge–New York, IPCC, Cambridge University Press. Elérhető: [www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar5\\_wgII\\_spm\\_en.pdf](http://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar5_wgII_spm_en.pdf) (A letöltés dátuma: 2018. 03. 17.)
- Build a kit.* (s. a.) Elérhető: [www.ready.gov/build-a-kit](http://www.ready.gov/build-a-kit) (A letöltés dátuma: 2018. 02. 13.)
- Consultation on climate and energy policies until 2030.* (s. a.) Elérhető: <https://ec.europa.eu/energy/en/consultations/consultation-climate-and-energy-policies-until-2030> (A letöltés dátuma: 2018. 02. 11.)
- Der Fünfte Sachstandsbericht (Fifth Assessment Report, AR5).* (s. a.) Elérhető: [www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Download\\_PDF/Klimaschutz/ipcc\\_sachstandsbericht\\_5\\_synthese\\_bf.pdf#scheidungungen](http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/ipcc_sachstandsbericht_5_synthese_bf.pdf#scheidungungen) (A letöltés dátuma: 2017. 10. 13.)
- DONNER, W. – RODRÍGUEZ, H. (2011): *Disaster Risk and Vulnerability: The Role and Impact of Population and Society.* Elérhető: [www.prb.org/disaster-risk/](http://www.prb.org/disaster-risk/) (A letöltés dátuma: 2018. 02. 23.)
- DRÖGE, S. – GEDEN, O. (2015): Die EU und das Pariser Klimaabkommen. Ambitionen, strategische Ziele und taktisches Vorgehen. *SWP-Aktuell*, 42, 2015. April, S. 1–4.
- EDENHOFER, O. – PICHs-MADRUGA, R. – SOKONA, Y. et al. (2014): Summary for Policymakers. In *Climate Change Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge – New York, IPCC, Cambridge University Press.
- Europa-2020-Strategy.* (2010) Elérhető: [www.bmub.bund.de/themen/nachhaltigkeit-internationales/europa-und-umwelt/europa-2020-strategie/](http://www.bmub.bund.de/themen/nachhaltigkeit-internationales/europa-und-umwelt/europa-2020-strategie/) (A letöltés dátuma: 2018. 02. 10.)
- FISCHER, S. (2014): Der neue EU-Rahmen für die Energie- und Klimapolitik bis 2030. *SWP-Aktuell*, 73. 1–8.
- Geoengineeringwatch.* (2018) Elérhető: [www.geoengineeringwatch.org/category/storms/](http://www.geoengineeringwatch.org/category/storms/) (A letöltés dátuma: 2017. 12. 03.)
- Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia 2008–2025.* (2014) Elérhető: [www.pestmegye.hu/images/2014/agazati\\_strategiak/Nemzeti\\_eghajlatvaltozasi\\_Strategia\\_2008\\_2025.pdf](http://www.pestmegye.hu/images/2014/agazati_strategiak/Nemzeti_eghajlatvaltozasi_Strategia_2008_2025.pdf) (A letöltés dátuma: 2020. 01. 16.)
- Nothilfe und Wiederaufbau.* (s. a.) Elérhető: [www.giz.de/nothilfe/de/html/1836.html](http://www.giz.de/nothilfe/de/html/1836.html) (A letöltés dátuma: 2018. 02. 15.)
- Rahmen für die Klima und Energiepolitik bis 2030.* (s. a.) Elérhető: [https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030\\_de](https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030_de) (A letöltés dátuma: 2017. 09. 13.)
- Resilienz mehr als ein Modewort.* (s. a.) Elérhető: [www.munichre.com/topics-online/de/2017/topics-geo/resilience-more-than-just-a-buzzword](http://www.munichre.com/topics-online/de/2017/topics-geo/resilience-more-than-just-a-buzzword) (A letöltés dátuma: 2018. 02. 11.)
- STOCKER, T. F. – D. QIN, G. K. – PLATTNER, M. et al. (2013): Summary for Policymakers. In *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge – New York, IPCC, Cambridge University Press.
- The Global Risks Report 2017.* (2017) Genova, World Economic Forum, The Global Competitiveness and Risks Team.



Vákát oldal

## 5. fejezet

# Az erdőtüzek intenzitásának változása a globális klímaváltozás hatására

*Restás Ágoston<sup>1</sup>*

### 5.1. Bevezetés

Magyarország területét nem egyenletes eloszlással borítja erdőség. A statisztikai adatok alapján az erdősült terület nagysága ma már megközelíti a 2 millió hektárt, ami az ország területének több mint 20%-át jelenti. A területek több mint 56%-a állami, valamivel több, mint 1%-a közösségi tulajdon, míg a magánerdők részaránya 43% körüli. (OEE é. n.) A kormányzati célkitűzések között további programok, tervek találhatók, amelyek alapján a jövőben 25%-ra növelhető az erdősített területek aránya. Az erdősült területek döntő hányada a 400 métert nem meghaladó tengerszint fölötti magasságokon helyezkedik el. Hazánk meteorológiai viszonyait tekintve azonban megállapítható, hogy a 400 m alatti területek csapadékmennyisége nem éri el az erdők eltartásához szükséges minimum évi 600 mm mennyiséget. Így ezeket a területeket úgy is vehetjük, hogy nem természetesen erdősült tájak. (GELETA 2003)

Számítások alapján az élőfakészlet mintegy 382 millió m<sup>3</sup>-re tehető, az évi folyónövedék 15 millió m<sup>3</sup> fölötti. Évente országos szinten a vágás és erdősisítés 100 ezer hektár fölötti területet érint. (KSH 2017) A Magyar Tudományos Akadémiának Magyarország agroökológiai potenciáljáról készített felmérése az erdőtelepítés kiterjesztésének lehetőségét tárja fel. A felmérés indokoltnak tartja 700 ezer hektár új erdő telepítését, amelynek 2050-ig történő megvalósulása esetén az ország elérné az optimálishoz közeli 26,2%-os erdősisültséget.

A globális éghajlatváltozás az időjárás szélsőségeinek egyre gyakoribbá válásával a száraz időszakokra jellemző erdőtüzek számának és pusztító hatásának növekedését okozhatja. (PADÁNYI–FÖLDI 2016) A médián keresztül nap mint nap látható, hogy a tűz pusztító hatása elleni védekezés nemcsak hazánkban, de nemzetközi szinten is egyre súlyosabb és megoldásra váró probléma. (TEKNŐS 2017) A vegetációtüzek, de különösen az erdőtűz elleni küzdelem fontossága miatt célszerű áttekinteni, hogy az éghajlatváltozás milyen hatással lehet a tüzek kialakulásának gyakoriságára és intenzitásának változására. Az éghajlatváltozás az erdőtüzet befolyásoló jellemzőkre alapvetően háromféleképpen hathat:

- az erdőtűz keletkezésének kockázatát és égési intenzitásának nagyságát csökkenti;
- az erdőtűz keletkezésének kockázatára és égési intenzitására nincs hatással;
- az erdőtűz keletkezésének kockázatát és égési intenzitásának nagyságát növeli.

<sup>1</sup> ORCID: 0000-0003-4886-0117, [restas.agoston@uni-nke.hu](mailto:restas.agoston@uni-nke.hu)

A klímakutatók a hazai viszonyokra egyértelműen melegeledést jósoltak már évtizedekkel ezelőtt is (például MIKA 1988; GELETA 2003), de a kötet korábbi fejezetei is sorra ezt erősítik, ami alapján alapvetően azt feltételezhetjük, hogy mind az erdőtűz keletkezésének kockázata, mind annak intenzitása nőni fog. Az erdőtűzek intenzitása esetén elsősorban magára a tűzre gondolunk, arra, hogy egységnyi idő alatt mekkora mennyiségű éghető anyag ég el, és az milyen nagyságú energiafelszabadulással jár a tűz frontvonalában. A nemzetközi tűzoltó gyakorlat azonban átvitt értelemben a tűzek gyakoriságára, az úgynevezett tűzfrekvenciára is asszociál. Így, amennyiben egy adott területre koncentrálunk, a tűzek intenzitását részben értelmezhetjük azok keletkezési gyakoriságával is, vagyis hogy az adott területen keletkezett biomassza milyen időközönként semmisül meg a tűz által. Ezt tűzfrekvenciaként is magyarázhatjuk, ami által egy hosszabb időszakot és nagyobb területi egységet tekintve úgynevezett „tűztörténetet” (*fire history*) kapunk. (GOLDAMMER–PAGE 2000)

A gyakorlatban azt tapasztaljuk, hogy a tűz keletkezési okának kockázata és a vegetációtűz intenzitásának nagysága korrelál egymással. Példaként a viszonylag gyakran előforduló úgynevezett szabadtéri tűzek gyújtását lehet felhozni. Nedves, nyirkos időben ritkán gyújtunk a szabadban tüzet, viszont egy esetlegesen kialakuló vegetációtűznek ilyenkor az intenzitása is alacsonyabb lesz, sőt szélső esetben az nem is gyullad meg. Száraz időben azonban, amikor a vegetációtűz intenzitása nagy lehet, a tapasztalatok alapján a szabadterén gyújtott tűzek száma is megnő. Mivel a legtöbb esetben az erdőtűzek oka éppen a szabadterén figyelmetlenségből gyújtott vagy gondatlanságból magára hagyott tűz, ezért könnyen belátható, hogy a kettő között szoros korreláció van. Az éghajlatváltozás okozta hatások pontosabb megértése céljából tehát érdemes nemcsak a tűz égési intenzitását befolyásoló tényezőket, de a tűz keletkezési okait is számba venni és megvizsgálni.

## 5.2. Az erdőtűzek keletkezését és égési intenzitását befolyásoló tényezők

Az erdőtűzek keletkezését, valamint a tűzek terjedését, következményeit számos tényező befolyásolja. Ezeket a korszerű szakirodalom az erdő szempontjából úgynevezett biotikus (élő), abiotikus (élettelen) és gazdálkodási tényezők csoportjába sorolja. (BÁNYAI et al. 2004; NAGY 2007) A továbbiakban elsősorban az abiotikus tényezők befolyásoló hatását elemezzük.

### 5.2.1. Az emberi közreműködés hatása

Az abiotikus tényezők csoportjában a tűzkeletkezési okok között az emberi közreműködés, a gondatlanság és a szándékosság a legjelentősebb. A hazai és a nemzetközi adatok egybehangzóan az emberi közreműködést jelölik meg a leggyakrabban előforduló tűzkeletkezési okként, amelyet a szakma Magyarországon 95% fölöttiként értékel. (NAGY 2004)

Hazánk területén felmelegeledést prognosztizálva alapvetően két lehetőséget kell megvizsgálnunk. Az első esetben – mivel a magasabb átlaghőmérséklet logikailag hosszabb olyan időszakokat jelent, ahol a szabadtéri tűzgyújtás feltételei is adóttak – az emberi közreműködés lehetőségét (gondatlanság, szándékosság) potenciálisan hosszabb időszakokra

kell értelmeznünk, mint korábban. A hosszabb ideig fennálló tűzkeletkezési lehetőség pedig – az átlaghőmérséklet növekedése nélkül is – már önmagában is magasabb kockázati tényezőt jelent.

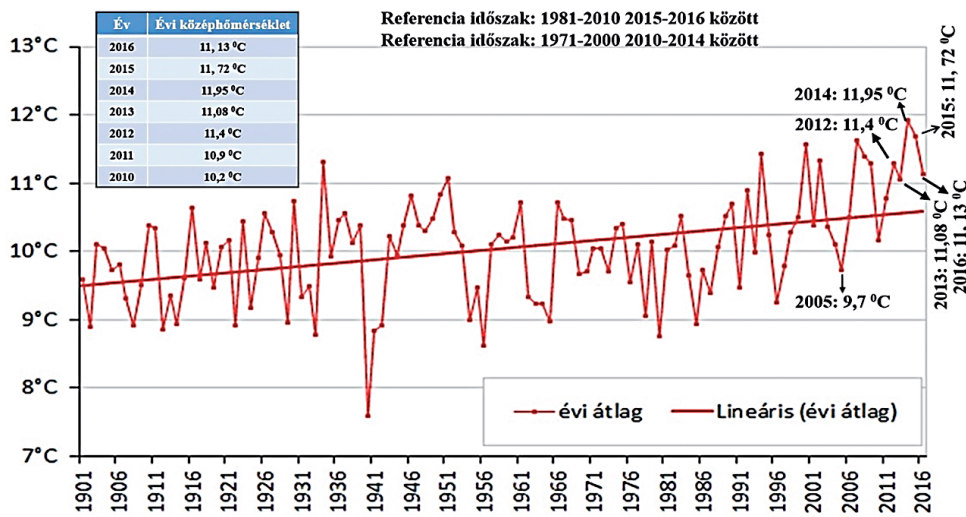
A második esetben, az esetlegesen megváltozó emberi viselkedésformákat kell áttekinteni. Az emberi tényező éghajlatváltozás okozta magasabb kockázatát szervezeti, társadalmi szinten lehet, és kell is kezelni. Erre különböző, úgynevezett korai előre jelző rendszerek (*early warning systems*) adatait lehet felhasználni. Amennyiben a tűzveszély kockázata egy meghatározott küszöbértéket elér, vagy az elfogadhatónál az magasabb, úgy az előre kidolgozott jogi eszközöket (például tűzgyújtási tilalom elrendelését), figyelemfelhívó kampányokat, tájékoztatókat protokollszerűen indítani lehet. Így a társadalom még időben és kellő érzékenységgel tud „reagálni” a magasabb tűzkockázatra, vagyis szabadtéri tűzrakás esetén gondosabban jár el, vagy igyekszik teljesen elkerülni azt. A korai előre jelző rendszerek, így például a tűzkockázatokat mutató úgynevezett tűzveszélyességi indexek döntően meteorológiai adatokkal számolnak, így azok könnyen és előre prognosztizálva folyamatosan elkészíthetők.

A hanyagságból vagy végtelenül okozott tűzkeletkezés lehetősége mellett figyelembe kell vennünk a szándékosság lehetőségét is. Az éghajlatváltozás szándékos tűzokozásra való hatásának megítélése biztosan nagyon nehéz, azt csak kriminalisztikai vizsgálatokkal együtt lehetne elvégezni. Az ezzel kapcsolatos nemzetközi tapasztalatokat azonban hiba lenne nem áttekinteni, vagy felhívni rá a figyelmet mint lehetséges kockázati tényezőre. A mediterrán országokban tapasztaltak alapján előfordult, hogy a gazdálkodók a megváltozott környezeti viszonyokra úgy reagáltak, hogy a gazdálkodásuk jellemzőin is változtattak. (LEONE–LOVREGGIO 2003) Mivel a leégett területek újrahasznosításakor nem minden országban kötelező ismételt erdőt telepíteni, a gazdálkodók az erdő helyett a gyorsabb és magasabb megtérüléssel kecsegtető haszonnövények (például olívaültetvények) telepítésének irányába mozdultak el. Ha az adott területen lévő erdő „egészségi állapota” vagy a folyónövedék az éghajlatváltozás hatására érezhetően csökken, úgy a gazdálkodó számára logikus, hogy a gazdálkodás jellegén úgy változtasson, hogy a magasabb hasznot hozó gazdálkodás lehetőségeit keresse, illetve részesítse előnyben. A fenti célok érdekében tett szándékosság egyértelműen a bűncselekmények kategóriájába tartozik, aminek a megelőzéséhez szigorú jogi eszközöket kell igénybe venni, így ellene a területhasznosítási engedélyek megfelelő keretek közé szorításával és az erdőterületek csökkentésére irányuló kiskapuk bezárásával lehet, illetve célszerű küzdeni.

### 5.2.2. A hőmérséklet hatása és a várható változások

A hőmérséklet az anyagok azon fizikai jellemzője, amelyet az ember elsősorban tapintás útján érzlel és hőérzetként azonosít. Erdőtüzek szempontjából ez a keletkezést befolyásoló egyik legfontosabb éghajlati elem. A korábbi fejezetek részletesen elemezték az éghajla változás Magyarországot érintő hatásait, külön kiemelve mind a hőmérsékleti átlagértékek változását, mind az extremitásokat, így ennek ismételt tárgyalása szükségtelen. Erdőtüzek szempontjából azonban különösen is jelentős szerepe van az átlaghőmérsékletek változásának és az abból következő hatásoknak, mivel ezek a különböző modellekben nem egyszerűen összeadódnak, hanem sokkal inkább szorzatként viselkedve szinte exponenciálisan gerjesztik egymást.

A magyarországi adatokat tekintve látható, hogy tendenciáját illetően hőmérséklet-emelkedéssel számolhatunk, ami egyértelműen az erdőtüzek keletkezésének és terjedési feltételeinek kedvezőbbé válását eredményezi (5.1. ábra).



5.1. ábra

*Az országos évi középhőmérsékletek 1901 és 2016 között, homogenizált, interpolált adatok alapján*

*Forrás: OMSZ é. n.*

Az éghajlatváltozás modellezése alapján Magyarországon már 0,5 fokos globális melegedés is több mint 50%-kal növelheti az erdőtüzek gyakoriságát. (MIKA 1988) Nagyobb átlagos felmelegedés még magasabb erdőtűz-gyakoriságot okozhat. Számítások szerint 4 fokos melegedés esetén az erdőtüzek gyakoriságának akár 200–300%-os növekedése sem zárható ki. (BUSSAY–SZINELL–SZENTIMREI 1999) A modellek eredményeit is figyelembe véve a továbbiakban különböző tényezők változásának logikai összefüggéseit vizsgáljuk.

### 5.2.3. A légköri kisülések, villámlások hatásai mint lehetséges gyújtóforrások

A villámlás nem más, mint két pont közötti folyamatos áramfolyam, amely a kisülések, vagyis a becsapódások helyein óriási energiaszabadulással jár. A felszabaduló energia éghető anyag jelenlétekor gyújtóforrást jelenthet, így számos esetben erdőtűzet is okozhat. A meggyulladás az áramfolyam időtartamától és erősségétől, valamint az éghető anyag jellemzőitől függ. A hosszú és közepesen hosszú tülevek esetén például a meggyulladás azok nedvességtartalmától függ, míg az apró tülevek esetén már inkább a gyantatartalom számít. A meggyulladás után a tűz terjedése a tapasztalatok alapján döntően már az éghető anyag nedvességtartalmától függ.

A villámok erdőtüzekre gyakorolt potenciális gyújtóhatását tapasztalati mérések alapján határozták meg. (THE CLIMATE REALITY PROJECT 2017) Amennyiben egy 1 km<sup>2</sup>-es

területre vonatkozóan már tíz vagy annál kevesebb kisülés is meggyulladást eredményez, úgy a gyújtási potenciált magasnak tekintjük. Amennyiben a meggyulladáshoz már öt vagy akár kevesebb villámcsapás is elegendő, úgy nagyon magas gyújtási potenciálról beszélünk. Vagyis ha a tűzgyulladás kockázata magas, akkor körülbelül kilenc kisülés eredményez egy gyújtást; ha a kockázat extrém magas, körülbelül öt vagy annál kevesebb kisülés okoz egy meggyulladást. A kutatások arra is rámutattak, hogy különbség fedezhető fel a felhőkből (pozitív kisülés), illetve a felszínről (negatív kisülés) induló kisülések gyújtó hatása között, kb. 80%-os aránnyal az előbbi javára. (LATHAM–SCHLEITER 1989)

A fentiekkel összefüggésben meghatározták a villámlási tevékenység szintjeit is (lighting activity levels – LAL). Ez a megfigyelés központja körüli 50 km-es körzetben méri a felhőből induló, de a talajba csapódó (felhő–föld típusú) villámlások gyakoriságát, és ennek alapján 1-től 6-ig terjedő skálán kategorizálja a villámtevékenység szintjeit:

- LAL 1: Nem figyelhető meg zivatar vagy annak kialakulására utaló felhő.
- LAL 2: Egyetlen kialakult vagy kevés kialakulóban lévő felhő észlelhető, amelyeknél legfeljebb csak alkalmasszerűen figyelhető meg a zivatarkra jellemző aktivitás. A zivatark vagy villámok észlelése nem szükségszerű, annak csak a lehetősége áll fenn, de legalább egy nagy kumuluszfelhőnek már jelen kell lennie.
- LAL 3: Alkalmasszerűen bekövetkező villámcsapás észlelése (átlagosan 1–2 felhő–föld típusú villámcsapás következik be percenként). A kumuluszfelhők kialakulása már gyakori; a zivatark az adott területen már szétszórva megfigyelhetők.
- LAL 4: Gyakori villámlás. A villámlások ilyenkor elsősorban a felhő–felhő típusúak közé sorolhatók, de felhő–föld villámlás is megfigyelhető (átlagosan 2–3 felhő–föld típusú villámcsapás bekövetkezése percenként). A zivatark már gyakorivá válnak, és az égbolt láthatóságának 10–30%-át lefedik.
- LAL 5: Gyakori és intenzív villámlás. A felszíni villámcsapások száma eléri, illetve meghaladja a percenkénti hármát. A zivatark gyakoriak, néha elhomályosítják a teljes égboltot. A közepes vagy heves intenzitású eső általában megelőzi, de majdnem mindig biztos, hogy követi a villámcsapásokat. Mindenféle villámlás (felhő–felhő, felhő–föld, föld–felhő) jellemző és tartósan jelen van a vihar időszaka alatt.
- LAL 6: Száraz villámlás. Alacsony villámlási gyakoriság figyelhető meg (kevesebb, mint 1–3 felhő–föld típusú villámcsapás 5 perc alatt egy-egy viharcellában).

Szétszóródott felhők figyelhetők meg, néhány ezek közül zivatarjellegű lehet. Jellemző lehet, hogy a felhők alapjai viszonylag nagy magasságban helyezkednek el.

Az éghajlati elemek közül a villámlás mint tűzkeletkezési ok a nemzetközi becslések alapján a tüzek kb. 2%-ára vagy inkább kevesebbre tehető. (TAYLOR 1973) Egyes országokban azonban, ahol lakatlan területeken hatalmas erdőségeket találunk (például Norvégia, Kanada, Oroszország), ez az érték akár egy nagyságrenddel is magasabb lehet. (DAVIDENKO 2004) A magasabb arány oka ez utóbbiaknál azonban nem a gyakoribb légköri kisülések számából adódik, hanem abból, hogy az adott területek gyéren vagy egyáltalán nem lakottak, és ezáltal az emberi közreműködés részleges vagy teljes hiányával találkozunk. Viszonylag alacsony tűzkeletkezési gyakoriság mellett a keletkezési ok arányai tolódnak el.

A megfigyelések alapján az ezredforduló óta drasztikusan növekszik a villámcsapások száma és gyakorisága, amiért döntően az éghajlatváltozást okolják. Egyes előrejelzések szerint már a közeljövőben megduplázódhat a villámlások aránya. Csak az Egyesült

Államokban évente kb. 25 milliószor csap le valahol a villám. A számítások azt mutatják, hogy a globális felmelegedés minden egyes hozzáadott °C-a kb. 12%-kal növeli meg a villámlási átlagot. Ez pedig azt jelentheti, hogy 2 °C átlagos hőmérséklet-emelkedéssel számolva a következő évtizedek során a mostani, felszín érő kisülési ráta kb. 25%-kal megugrik. Magasabb helyi átlagos hőmérséklet-emelkedés esetén azonban a villámlások száma akár 50%-kal is magasabb lehet. (*The Climate Reality Project* 2017)

A villámlások – vagyis a lehetséges gyújtó források – számának növekedése tehát önmagában is magasabb tűzkezelési kockázatot jelent. Figyelembe kell venni azonban egyéb tényezőket is. Egyrészt a villámokat magukkal hordozó viharok az éghajlatváltozás miatt számos helyen hosszabb ideig tartó száraz időszakok után fognak kialakulni, emiatt a vegetáció nedvességtartalma a korábbiakhoz képest is alacsonyabb lesz; vagyis az könnyebben tud majd lángra lobbanni és intenzívebben fog égni. Másrészt figyelembe kell venni azt is, hogy a villámlást kísérő viharok többségében csapadékat is magukkal hoznak, így annak mennyiségétől függően az akár az esetlegesen kialakuló tüzek eloltásához vagy továbbterjedésének megakadályozásához is elegendő lehet. Ez utóbbi most is jellemző, vagyis számos esetben a meggyulladás az azt követő csapadék gyakorlatilag azonnal el is oltja. Mivel a villámlás okozta és a csapadék által eloltott tüzek arányának változását nem tudjuk megítélni, így azonos ütemű változást feltételezve arra jutunk, hogy a villámlások gyakoriságának növekedésével a keletkezett tüzek száma is nőni fog. Ezt erősítheti az a logikai következtetés is, hogy a globális hőmérséklet-emelkedés nemcsak gyakoribb villámlást, de hosszabb szárazabb időszakokat is jelent, így a becsapódások gyúlékonyabb és intenzívebben égő anyaggal találkozhatnak. Összességében tehát mind a tüzek gyakorisága, mind intenzitása növekedni fog.

#### 5.2.4. A csapadék jelenlegi és várható jövőbeni hatásai

Az egyéb éghajlati elemek közül a tüzek terjedésében a csapadék, a levegő relatív nedvességtartalma és a légmozgás játszanak jelentős szerepet. Az éghajlatváltozás ezekre az elemekre nyilván külön – külön is jelentős hatással van. A közhiedelemmel ellentétben a bolygónk melegedése nem csökkenti a csapadék átlagos mennyiségét, hanem éppenséggel megnöveli azt. Ennek oka, hogy egyrészt, a bolygónk felszínének kétharmad részét víz borítja, tehát a párolgásra alkalmas felszín jóval nagyobb, mint az arra kevésbé alkalmasak (szárazföldek), másrészt pedig, a magasabb hőmérséklet ugyanazon felület vonatkozásában is nagyobb párolgási intenzitással jár. Összességében tehát a levegő nedvességtartalma a melegedés hatására átlagosan magasabb lesz, mint jelenleg vagy a korábbiakban volt.

A lehullott korábbi csapadékmennyiség mind az élő növényzet, mind a talajt takaró elhalt vegetáció nedvességtartalmára hatással van. A frissen lehullott, illetve hulló csapadék a vegetáció égésének alapvető feltételeit megszünteti. Sajnos a nemzetközi gyakorlatban számos példát találunk arra, hogy a kiterjedt erdő- vagy egyéb vegetációtűz esetén csupán a frissen hullott csapadék volt képes sikeresen eloltani (például Borneó, 2002; Kalifornia, 2003).

Az éghajlatváltozás azonban a csapadék kihullásának korábbi – ha úgy tetszik, emberi léptékkel számolva megszokott – időbeli eloszlását és intenzitását változtathatja meg: egyes területeken mind mennyiségében, mind intenzitásában növekedést tapasztalhatunk,



míg máshol éppen az ellenkezőjét. (JORDAAN 2012) Az eloszlásában és intenzitásában hektikussá váló csapadék azonban nem segíti elő sem az erdők egészségének megóvását, sem vízmegtartó képességének növelését. A korábbi csapadékeloszláshoz alkalmazkodott őshonos erdőterületek a hirtelen lezúduló csapadékot nem képesek tartalékolni még akkor sem, ha annak mennyisége esetleg több, mint amennyi a korábbiakban volt. Ennek oka, hogy a gyorsan lezúduló csapadék nem képes beszivárogni a talajba, a domboldalak felszínéről az lefolyik, inkább árvizeket, villámárvizeket okoz, mintsem elraktározódna a talajban, illetve a növényzetben. Sőt a hirtelen lezúduló csapadék a lejtősebb területeken akár fokozott eróziót is okozhat, ami tovább csökkentheti a talaj erdőmegtartó képességét. Összességében tehát a talajba kerülő csapadék mennyisége időszakonként a korábbiakhoz képest akár jelentősen is csökkenhet, ami által a növények nedvességtartalma is csökkenni fog.

A fentiek alapján egyértelmű, hogy a csapadék eloszlása jelentős hatással van az erdőtüzekre. A hosszabb szárazabb időszakok a növényzet nedvességtartalmát jelentősen lecsökkentik, így egyrészt az könnyebben meggyulladhat, másrészt pedig az égése sokkal intenzívebb lesz, terjedése gyorsabbá válhat. Ennek az az oka, hogy a növényzet éghetőségét és égését a saját tömegének a víz-szárazanyag tartalmának az aránya döntően befolyásolja. A növényzet szárazanyagtartalma többnyire nem, vagy csak lassan változik – pontosabban egy fa esetében például annak növekedésével az folyamatosan nő – viszont a nedvességtartalmának a változása ezekhez képest sokkal dinamikusabb. A fa folytonos növekedése során az időszakonként változó nedvességtartalomra is utalnak az évgyűrűk. A szárazabb években keskenyebb, míg a csapadékosabb években szélesebb évgyűrűk keletkeznek.

A nedvességtartalom égésre gyakorolt hatása a frissen kivágott fa és a száraz, légszáraz fa fűtőértéke közötti különbségből is jól látható. A frissen kivágott fa fűtőértéke kb. 50%-os nedvességtartalom mellett kb.  $6,8 \text{ MJkg}^{-1}$ , míg az úgynevezett légszáraz fánál ugyanez az érték kb. 15%-os nedvességtartalomnál  $14,4\text{--}15,8 \text{ MJkg}^{-1}$ . A fa szárazanyagtartalmának döntő többsége éghető összetevőkből áll (például cellulóz), aminek a sejtek közötti és a sejtekben lévő nedvességtartalmat is el kell tudni párologtatnia. A fentiek alapján látható, hogy a szárazabb fának kevesebb vizet kell elpárologtatnia, ami gyorsabb, intenzívebb égéshez, így magasabb égési hőmérsékletre is vezet. Meg kell jegyezni azonban, hogy az erdők égése során a nagyobb fatörzsek nem, vagy csak lassabban égnek el, mint ahogyan a tűz frontvonala halad, így az erdőtüz intenzitását nem a legnagyobb tömeget jelentő fatörzs égése határozza meg, hanem sokkal inkább a levelek és az apróbb ágak, valamint a földön lévő kiszáradt biomassza mennyisége és gyors ellobbanása. Az erdő egységnyi biomassza-tömegére vonatkoztatott égéshőt a gyakorlati tapasztalatok alapján az erdészeti és a tűzoltó szakma  $18,5 \text{ MJkg}^{-1}$  értékűnek veszi. (NAGY 2004)

Az erdők égése után megfigyelhető, hogy a vastagabb faágak és a törzs is rendszerint megmarad, vagy az az intenzív égést követően ég el, de már sokkal lassabban. Ennek oka, hogy a frontvonalban az égési reakció olyan gyorsan zajlik le, a tűz terjedési sebessége olyan nagy, hogy a fa egyes részei – a vastagabb ágak és a fatörzs – nem tud benne csak részlegesen részt venni. Az, hogy az erdő biomasszatartalmának mekkora része ég el, több tényezőtől is függ, így például az égési hőmérséklettől, a biomassza mennyiségétől vagy a biomassza kiszáradtsági fokától. Egy füves terület – például a tavaszi időszakban – az égés során teljesen megsemmisülhet, többnyire nem marad utána szinte semmi. Úgy is vehetjük, hogy a biomassza 100%-a megsemmisült. Bozótos esetében viszont már azt tapasztaljuk, hogy a vastagabb részek megmaradnak, vagyis a megsemmisülés aránya tág



határok között mozogva, de bizonyosan alacsonyabb. A kezdeti biomassa mennyiségéhez képest bozótos esetén a megsemmisülés arányát 5–95%-osnak vesszük. A vágásérett erdő, a korábbi kitermelés után maradt rönkök és nagyobb fadarabok ritkán égnak el teljesen, a megsemmisülés tömegaránya itt már leesik 5–25%-ra.

A fentieknél természetesen figyelembe kell venni azt is, hogy annak ellenére, hogy a füves területek megsemmisülési aránya 100% körüli, az egységnyi felületre eső éghető anyag mennyisége jóval alacsonyabb, mint egy bozótos vagy kifejlett erdő esetében. Így egy vágásérett erdőterületen az alacsonyabb megsemmisülési arány ellenére is az égés során megsemmisülő biomassa mennyisége többszöröse lehet a füves vagy bozótos területeken lévőhöz képest. Megközelítő értéként, egy füves terület éghető biomassa-mennyisége 1–2 kg négyzetméterenként, míg egy erdő esetében ugyanez fafajtól függően 6–10 kg értékű.

A fentiek alapján tehát, az éghajlatváltozás okozta szárazságok a faállomány nedvességtartalmának csökkenéséhez vezethetnek. A nedvességtartalom csökkenése az eléghető részek arányának növekedését okozza, ami miatt magasabb tűzintenzitást és gyorsabb tűzterjedést várhatunk.

### 5.2.5. A páratartalom megváltozásának hatása

A páratartalom fogalma alatt érthetünk abszolút és relatív értéket. Az abszolút érték az 1 m<sup>3</sup> levegőben lévő vízpára mennyiségét mutatja (gm<sup>-3</sup>), míg a relatív vagy viszonylagos páratartalom a levegőben lévő vízpára arányát mutatja meg az adott hőmérsékleten a lehetséges telítettséghez képest (%). A meleg levegő több vízpárát tartalmazhat, mint a hideg, ezért abszolút nedvességtartalma is nagyobb lehet. Adott hőmérsékleten és nyomáson az egységnyi térfogatú levegő csak meghatározott mennyiségű vizet képes felvenni. Ha a maximális mennyiséget felvette, telítetté válik. 20%-os relatív páratartalmú levegő az adott hőmérsékleten elnyelhető vízpára egyötödét tartalmazza. Ha a vízgőzzel telített levegő nyomását növeljük, vagy hőmérsékletét csökkentjük, pára csapódik ki belőle. A tűzoltók ezzel a fizikai jelenséggel találkozhatnak, amikor a tavaszi, úgynevezett szárazfű-tüzes időszakban az esti órákban már a tűz intenzitásának csökkenését tapasztalják. Ilyenkor a fűszálakra lecsapódott pára hatására a tűz akár már magától is elalszik.

A levegő relatív nedvességtartalma tehát jelentősen befolyásolja az erdőtüzek keletkezésének kockázatát és égési intenzitásának nagyságát. Alacsony páratartalom mellett, vagyis ha a levegő nagyon „száraz”, az égés több ok miatt is intenzívebbé válik. Egyrészt az égés során kialakul egy úgynevezett nyílt téri gázcserefolyamat, amely során az égő frontvonalhoz áramlik a nedvességet is tartalmazó környezeti hőmérsékletű levegő. 30 °C-os levegő 50% relatív nedvességtartalomnál kb. 15 g vízpárát tartalmaz köbméterenként. A magas hőmérséklet miatt ilyen körülmények között általában már jól ég az erdő, tehát számítási példának elfogadható. A száraz fa vagy hasonló minőségű anyagok, így az erdei biomassa égéséhez is kb. 4,6 m<sup>-3</sup> levegő szükséges, ami 50%-os relatív nedvességtartalom esetén kb. 70 g vízpára égési hőmérsékletre emelését jelenti. Az átlagos lánghőmérséklet erdőtűz esetén kb. 800 °C. A vízpára fajhője 2 kJkg<sup>-1</sup>, ami alapján a páratartalom égési hőmérsékletre emelése kb. 122 kJ energiát emészt fel az éghető anyag részéről. Ez a mennyiség bár nem tűnik soknak, de összehasonlításként ez a hőmennyiség elegendő lenne kb. 1 kg tömegű víz hőmérsékletének 30 °C-kal való emeléséhez.

Azt tapasztalatból tudjuk, hogy az erdőtüzek égési intenzitása kb. 20% relatív páratartalom körül jelentősen megugrik, és azt is, hogy a különösen nagy erdőtüzeknél a páratartalom 10% körüli, vagy az alatt volt. (VIEGAS 2006) Az előbbi esetén a vízpára mennyisége 6 g, az utóbbinál 3 g köbméterenként. Így 1 kg tömegű biomassza eléégésekor az első esetben kb. 28 g, a második esetben 14 g vízpára hőmérsékletét kell az égési hőmérsékletre emelni. Ehhez 20% relatív páratartalom esetén kb. 48 kJ, 10% esetén pedig kb. 24 kJ energiára van szükség. Az 50%-os relatív páratartalmú környezethez képest az első esetben kb. 74 kJ, a másodikban közel 100 kJ „energiatöbblet” marad az égés során.

A korábbiakra hivatkozva a biomassza égéshőjét a szakirodalmak többsége  $18,5 \text{ MJkg}^{-1}$  értéknek veszi, ami alapján a relatív páratartalom égésre gyakorolt hatását ebben a formában mérsékeltnek, de inkább elenyészőnek is vehetjük (kb. 0,5%). Az energiaszükséglet az elméleti minimum 0%, illetve a maximális 100% között is alig haladja meg az égéshőnél felszabaduló energia 1%-át. A tapasztalatok ennek ellenére azt mutatják, hogy alacsony páratartalom mellett a tüzek intenzitása jelentősen megnő, így bizonyos, hogy a páratartalomnak a fenti számítástól függetlenül egyéb tényezőkön alapuló hatása is létezik.

Érdekességként a többletvíz-tartalom helyzeti energiájának megváltoztatásához szükséges energiaigényt is megvizsgálhatjuk. Az égési gázokkal együtt távozó vízgőz 1000 m-re történő szállításához szükséges energiát annak helyzeti energiájából számíthatjuk, így az  $E_h = mgh$  törvényszerűséget alkalmazzuk. Az 1 kg biomassza eléégéséhez  $4,6 \text{ m}^3$  levegőmennyiség szükséges, és a maximális 100%-os relatív páratartalmat vesszük figyelembe ( $30 \text{ gm}^{-3}$ ). A fentiek alapján a helyzeti energia megváltozásához:  $E_h = 1000 \text{ m} \times 10 \text{ ms}^{-2} \times 0,138 \text{ kg} = 1,38 \text{ kJ}$  energia szükséges, ami elenyésző a  $18,5 \text{ MJkg}^{-1}$  hőmennyiséghez képest ( $< 0,01\%$ ).

A páratartalom azonban másként is befolyásolja az égést. A tapasztalatok alapján tudjuk, hogy az élő vegetáció mellett mindig jelen van, és akár jelentős is lehet az adott terület úgynevezett holtanyag-tartalma, ami nem más, mint az elpusztult biomassza többnyire a talajon felhalmozódott része. Ezek rövid időn belül elvesztik élőkori nedvességtartalmukat, és kiszáradnak, illetve sokkal szárazabbakká válnak. Köztudomású, hogy a holt anyag az eleve kevesebb nedvességtartalom miatt sokkal tűzveszélyesebb, mint az élő biomassza; így az éghetőségével kapcsolatos változások jelentősen befolyásolják egy-egy terület kockázati besorolását. A holt anyagok közé soroljuk a kiszáradt fűvet, a lehulló faleveleket, de a száraz gallyakat, sőt az elhalt fatörzset is. A holt biomassza nedvességtartalma a környezetétől, vagyis leginkább a levegő páratartalmától függ, attól nem tud kiszáradni. A kiszáradás üteme függ az adott anyag méretétől; a fa esetén ilyenkor többnyire a gallyak átmérőjéről beszélünk. Logikus, hogy a kisebb átmérőjűek gyorsabban, a nagyobbak lassabban képesek követni a környezetük páratartalmának változását. Emiatt az avar nedvességtartalmának vagy a vékonyabb gallyak, ágak nedvességtartalmának a változása sokkal hektikusabb, mint a vastagabb részeké. Egy füves terület nagyon gyorsan elveszítheti nedvességtartalmának jelentős részét, de szinte ugyanilyen gyorsan, akár a levegő páratartalmából pótolni is képes lehet azt. A nedvességtartalom ingadozásának, az eltérő mértékű kiszáradásnak a kifejezésére az erdészeti és a tűzoltó szakma exponenciálisan növekvő óraszámokhoz rendelt, nevesített értékeket határoz meg, amely tulajdonképpen nem más, mint az anyag vastagságához, az elszáradt gallyak átmérőjéhez rendelt késleltetett kiszáradási idő. A késleltetés kategóriái a következők:

- 1 órás kiszáradás: az gallyak átmérője kevesebb, mint 6 mm;
- 10 órás kiszáradás: a gallyak átmérője 6–25 mm közötti;

- 100 órás kiszáradás: a gallyak átmérője 25–75 mm közötti;
- 1000 órás kiszáradási idő: a gallyak átmérője meghaladja a 75 mm-t.

Az adatokból látható, hogy a holt anyag nedvességtartalma akár jelentős is lehet, így az égés dinamikáját döntően is befolyásolhatja. A jövőben hektikusabbá váló időjárási viszonyok az alacsonyabb páratartalmú időszakok által nemcsak az égés levegőfogyasztásán keresztül befolyásolják az égést, de a holt biomassa nedvességtartalmán keresztül is. A fentiekhez köthetően, illetve abból is levezethetően az erdőtüzek gyakoriságát, kockázatát előre jelző, meteorológiai adatokon alapuló indexeket alkottak, amit a nemzetközi gyakorlat már régóta alkalmaz. (BRYAN 2003)

### 5.2.6. A szél tűzterjedésre gyakorolt hatása

A szél nem más, mint a légkört alkotó levegőtömegnek a közel vízszintes irányú áramlása, amely az eltérő helyi nyomáskülönbségek miatt jön létre. Nagyobb földrajzi területeket figyelembe véve mindig van nyomáskülönbség, ezért a szél szinte mindig fúj, ha nem, az többnyire időszakos és földrajzi értelemben véve csak korlátozott területekre vonatkozik.

A szél hatása az erdőtüzek vonatkozásában rendkívül meghatározó. Egyrészt a friss csapadék gyorsabb elpárolgotatásában, a felszín felszárításában, az elhalt növényzet mielőbbi kiszáradásában van jelentős szerepe, másrészt pedig döntően befolyásolja a tűz terjedési sebességét és irányát is. A gyakorlati megfigyelések igazolják, hogy erdőtüzek esetében a szél sebessége akár teljes mértékben is meghatározhatja az erdőtűz kontúrját. Minél nagyobb a szélesebesség, annál nyúltabb a tűz kontúrja a szél irányában. Az erdőtüzek oltása során megállapították azt is, hogy a szélirány változásával egyidejűleg a tűz terjedési iránya is megváltozik. A tűzoltás szempontjából a 10 m/s-nál nagyobb szélesebességnél a szél iránya állandónak mondható, 6 m/s-nál nagyobb szélesebességnél az aljnövényzet égése átterjedhet koronaégésre.

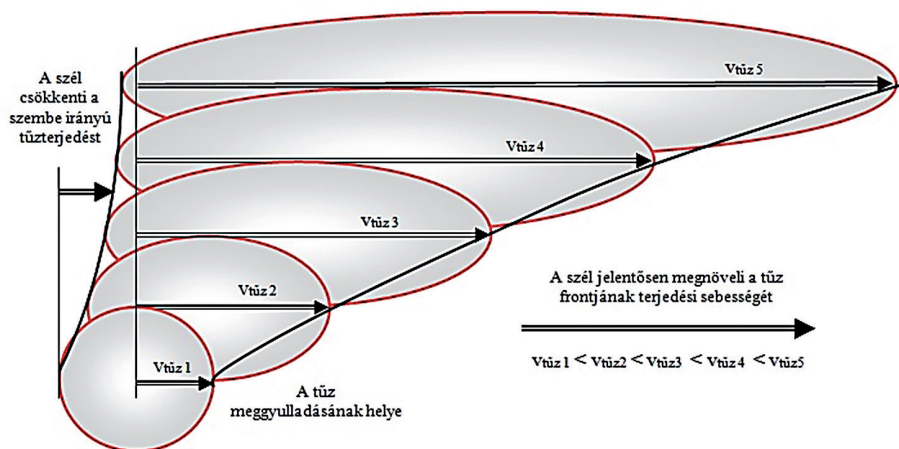
Ideális esetben a tűz terjedése a keletkezési helyétől számítva időben koncentrikus körök-ként rajzolható fel. Ezt a szimmetrikus terjedést változtatja meg a szél úgy, hogy a szél vektorával megegyező irányba megnöveli, míg azzal ellentétesen lecsökkenti azt. Minél nagyobb a szél sebessége, a szél vektorával megegyezően annál nagyobb lesz a tűz terjedése is, míg azzal ellentétesen annál kisebb. Ezáltal – maradva az ideális feltételeknél – időben szimmetrikus ellipszisek írják le a tűz terjedését. A tűz terjedési sebességével megegyező szél esetén elméletileg nincs is széllal szembeni tűzterjedés. Az égés által generált mikrometeorológiai tényezők azonban jelentősen befolyásolják a tűz terjedését, megváltoztatják az ideális viszonyokat.

A tűz által generált feláramlás következtében a tűz frontvonalával szembefújó szél vertikálisan „elhajlik”, azaz a feláramlás irányába mutató vektora keletkezik. Ez az égés, vagyis a talaj szintjén azt jelenti, hogy a légmozgás vízszintes irányú vektora a frontvonal előtt lecsökken, aminek következményeként az átlagos szélesebesség értékétől alacsonyabb tűzterjedésénél is egy bizonyos értékig még megfigyelhető széllal szembeni tűzterjedés. Amikor az ellentétes irányú vektorok a talaj szintjén azonos nagyságúak, vagyis hatásaik kiegyenlítődnek, a tűzterjedés elméletileg megszűnik. Tapasztalatok alapján a tűzterjedés sebessége a szél irányával szemben 6–10-szer kisebb, mint azzal megegyezően. (BLESZITY–ZELENÁK 1989)

A tűzterjedés irányával azonos légmozgás a feláramló égésgázokat a terjedés irányával azonos irányba „hajlítja el”. Ennek hatására a még nem égő területek többlethősugárzást

kapnak, ezáltal gyorsabban kiszáradnak, így könnyebben gyulladnak meg, intenzívebben és nagyobb terjedési sebességgel fognak égni. A feláramlás okozta mikrometeorológiai tényezők itt is szerepet kapnak, azonban annak hatásait a „megdőlt” láng és az égési gázok hősugárzása ellensúlyozza.

A fentiek alapvetően a szél mikrometeorológiai hatásainak változására fókuszálnak, és nem veszik figyelembe a szél többlet-oxigénszállításából generált hatásokat, a párolgási egyensúlytalanságokat és az égés okozta turbulenciákat sem.



5.2. ábra

*Az ideális szél hatása a tűz terjedésére*

*Forrás: a szerző szerkesztése*

A szél szerepe az úgynevezett röptűzek kialakulásában is jelentős, hiszen a frontvonaltól távolabb is számos tűzgócot hozhat létre, ami a beavatkozó egységek háta mögött azok biztonságára is veszélyt jelenthet.

Az éghajlatváltozás okozta magasabb helyi hőmérséklet nagyobb területi nyomáskülönbséget okoz, így várható, hogy a nyomáskiegyenlítődést szolgáló szeles napok száma több lesz, a szelek erőssége pedig nagyobb. Köztudomású, hogy a légmozgás elősegíti a párolgást, így a szeles napok számának növekedése egyértelműen elősegíti majd a biomassza kiszáradását is, azaz a vegetáció meggyulladás feltételei egy-egy esős időszak után egyrészt gyorsabban válnak kedvezőbbé, másrészt a kiszáradás mértékének növekedésével intenzívebb égés és gyorsabb tűzterjedés várható még a szélcsendes napokon is.

A fentiekből az is látható, hogy a szél elősegíti a tűz terjedését is, azaz a szeles napok számának várható növekedése a korábbiakhoz képest, vagyis a szélcsendes napokon kialakult tüzekhez viszonyítva megnöveli a keletkezett tüzek terjedési sebességét, így intenzitását is. Az átlagos szélerősség növekedésének hatása is ugyanezt okozza, vagyis a terjedési sebesség növekedésével a tűzintenzitás értéke is magasabb lesz.

### 5.2.7. A domborzati viszonyok befolyásoló hatása

A földfelszíni egyenetlenségek, vagyis a domborzat a tűz terjedésére szintén alapvető befolyású. A domborzat alsó része a felső részen lehullott és lecsorgó csapadék áztató hatását is élvezi. Így az aljnövényzet, valamint az elhalt növényzet és a talajtakaró nedvességtartalma – egyéb hatásokat figyelmen kívül hagyva is – itt potenciálisan mindig magasabb.

A domboldalak felső része, többnyire a felső harmada, kedvezőbb feltételeket nyújt az azt takaró növényzet kiszáradásához. Ez a felső rész a szél szárító hatásának mindig jobban ki van téve, sőt a napsugárzás hatása is szintén jobban érvényesül ezen a harmadon. Ez egyrészt annak köszönhető, hogy a szomszédos dombok, hegyek árnyékoló hatásából eredően a felkelő és lenyugvó Nap sugárzási ideje a dombok tetején hosszabbra nyúlik, mint azok alján, másrészt pedig annak, hogy a völgyekben tovább megmaradnak a ködös, párák légtömegek, ami szintén késlelteti mind a vegetáció pillanatnyi, mind a hosszabb távú kiszáradását. A völgyekben megmaradó pára egyrészt védi a növényzetet a napsugárzástól, másrészt csökkenti, gátolja a levelek párolgását.

Az éghajlatváltozás okozta hőmérséklet-emelkedés a domboldalak gyorsabb kiszáradását okozza, ahogyan a relatív páratartalom várható csökkenése is. Ez utóbbi esetben nemcsak a domboldalak magasabb részein, de különösen az eddig védettebb helyeken, a szűkebb völgyekben okozhat jelentősen kedvezőbb meggyulladási és tűzterjedési feltételeket, így intenzívebb égést is. A szűkebb völgyekben kialakuló tüzek nagyobb szárazságok idején és alacsonyabb páratartalom mellett különösen intenzívvé válhatnak, így a jövőben az eddig kevésbé tűzveszélyes helyek is jelentősen kockázatosabbak lehetnek. (VIEGAS–PITA 2006)

Az éghajlatváltozás miatt esetenként intenzívebbé váló csapadékhullás az esetleges csapadéktöbblettel együtt sem biztos, hogy csökkenti a dombos-hegyes területen a tűz kockázatát. Ennek oka, hogy a domboldalak lejtőin lefolyó víz áztató hatása időben bár lehet, hogy nem csökken, viszont a korábbiakhoz képest gyorsabb lefolyás eróziót okozva rombolja az erdő általános egészségi állapotát. Az erdő egészségi állapotának romlása pedig egyértelműen növeli a holt biomassza mennyiségét, ezzel a tűz kockázatát. (GELETA 2003)

## 5.3. A tűzveszélyességi indexek

### 5.3.1. A tűzveszélyességi indexek jelentősége

Az erdőtűzet különböző mértékben befolyásoló tényezők együttes hatásának pillanatnyi összegzésére, illetve egyszerű bemutatására a szakértők úgynevezett tűzveszélyességi indexeket alkottak. Ezek az indexek statikus és dinamikus adatokat tartalmaznak, így például az adott vegetáció jellemzőit (statikus) vagy az aktuális időjárási adatokat (dinamikus). Az indexek jellemzői, hogy azok viszonylag lassan változnak, az érintett közösségek számára könnyen kommunikálhatók, és vizuálisan is megérthető üzenetet tartalmaznak. A tűzveszély mértéke alapján a hatóságok korlátozó (például tűzgyújtási tilalom) vagy kötelezően megteendő (például oltóvíz időszakos felhalmozása) intézkedéseket írhatnak elő, amelyek megsértése szankciókat is lehetővé tesz. Azért, hogy a tűzveszély könnyen kommunikálható üzenetként a lakossághoz is eljusson, az írott és elektronikus média által – többnyire az időjárási hírekhez kötötten – rendszeresen megismétlik. A különösen veszélyeztetett

helyeken, például nemzeti parkok, erdősült területek megközelítési útvonalai, tűzrakó helyei környékén színskálával illusztrált jelzőtáblákat helyeznek ki, amelyek alapján az arra járók azonnal tudatában lehetnek a tűzveszély mértékének. A tűzveszélyességi skála a hozzá rendelt színekkel a következő üzeneteket hordozza: (BRYAN 2003)

- alacsony tűzveszélyességi szint (zöld);
- mérsékelt tűzveszélyességi szint (kék);
- magas tűzveszélyességi szint (sárga);
- nagyon magas tűzveszélyességi szint (narancssárga);
- extrém magas tűzveszélyességi szint (piros).

Az éghajlati elemekből számított valamilyen tűzveszélyességi jelzőszám, index meghatározására többféle módszer alkalmazásával folynak kísérletek. Ezek közül néhánynak a rövid jellemzői a következők.

### 5.3.2. Keetch–Byram-szárazsági index

A Keetch–Byram-szárazsági index (KBDI) a szezonálisan kialakuló aszályos időszakok tűzzel szembeni hatásainak mérésére használható. Az index tényleges numerikus értéke becslése annak a csapadékmennyiségnek (100 cm-ben), amely ahhoz szükséges, hogy a talajt visszaadja a telítettségnek (0 érték telített). Az index a talaj profiljának legfelső 20 cm-ével foglalkozik. Az index az angolszász területeken terjedt el, a hétköznapiakban is alkalmazták, ezért hüvelyk mértékegységet használ. Az index maximális értéke 800 (8 hüvelyk). Ez az a csapadékmennyiség, amely ahhoz szükséges, hogy a talaj visszaálljon a teljes telítettség szintjére. Az index tűzhöz való viszonyát úgy értelmezhetjük, hogy az indexértékek növekedésével a vegetáció nagyobb nedvességhiánya miatt az fokozott „stressznek” van kitéve. Magasabb értékeknél az élő növények kiszáradnak és elpusztulnak, így anyaguk könnyen éghetővé válik. (KEETCH–BYRAM 1968)

- KBDI = 0–200: mind a talaj nedvessége, mind az élő és elhalt vegetáció víztartalma magas, ezért a tűz intenzitása viszonylag alacsony marad. Ez erdők esetében jellemzően a téli csapadék után, illetve a tavaszi nyugalmi időszakban figyelhető meg, de ez nem, vagy csak korlátozottan érvényes a füves társulásokra.
- KBDI = 200–400: tipikus a késő tavaszi vagy a kora nyári időszakokban. Az erdő alján összegyűlt avar lassan elveszíti nedvességtartalmát, és egyre szárazabbá válik, ami elősegíti a tűz intenzitásának növekedését.
- KBDI = 400–600: tipikusan a nyár végén, kora ősszel előforduló időszak. Az erdő alsó növényzintje, valamint az avar is jelentősen veszít nedvességtartalmából, illetve kiszárad, így aktívan hozzájárulnak a tűz intenzitásához.
- KBDI = 600–800: gyakran összefüggésbe hozható a tartósan száraz, aszályos időszakokkal, így a fokozottan tűzveszélyes időszakok előfordulásával. Ilyen értékek mellett a tűz várhatóan nagyon intenzív lesz, a növények keresztmetszetüket tekintve jelentősen beégnek, vagy teljesen átégnek, sőt az élő növényzet is intenzíven ég, táplálja a tüzet.



### 5.3.3. A Haines-index

Az alsó légkör stabilitási indexét – az úgynevezett Haines-indexet – a rendszerbe kötött megfigyelő állomások Észak-Amerikában gyakorlatilag folyamatosan számolják és továbbítják a szakembereknek. Az indexnek van egy stabilitási és egy nedvességtartalom összetevője. Az index a stabilitási határértéket két légköri szint hőmérséklet-különbségéből határozza meg, míg a nedvességtartalomra vonatkozó érték egyetlen légköri szint harmatpont-depressziójából származik. Ez az index a tüzek keletkezésének kockázatára és a terjedés várható mértékére ad iránymutatást a felszíni szelek hatásának figyelmen kívül hagyásával. A Haines-index értékei 2–6 közé skálázhatók: (HAINES 1988)

- 2 – nagyon alacsony potenciál (nedves, stabil alsó légkörrel);
- 3 – nagyon alacsony potenciál;
- 4 – alacsony potenciál;
- 5 – mérsékelt potenciál;
- 6 – nagy potenciál (száraz, instabil alsó légkörrel).

### 5.4. Következtetések és megállapítások

A szakirodalmak döntő többsége ma már a globális klímaváltozást tényként fogadja el. Egyes klímamodellek szerint az előre jelzett üvegházgáz-koncentrációk esetén az éghajlat fokokban kifejezhető változás előtt áll. Ennek egyik velejárója, hogy az időjárás szélsőséges jelenségei megszorodnak. Így egyre inkább várható, hogy az özvízszerű esőzések, felhőszakadások egyes helyeken gyakoribbá válnak, míg más területeken a tartósan csapadégmentes időszakok tolódnak ki. A szárazabb időszakokban a vegetáció nedvességtartalma lecsökken, ezáltal a meggyulladás, égés feltétele jelentősen kedvezőbbé válik.

Az erdőtüzek gyakoriságát, kockázatát előre jelző, meteorológiai adatokon alapuló indexeket a nemzetközi gyakorlat már régóta alkalmaz. A regionális éghajlati forgatókönyveket és erdőtűz-gyakorisági indexeket kombinálva azt kapjuk, hogy Magyarországon már fél fokos globális melegedés is több mint 50%-kal növelheti az erdőtüzek gyakoriságát. Nagyobb felmelegedés magasabb erdőtűz-gyakoriságot okoz. Számítások szerint négy fokos melegedés esetén az erdőtüzek gyakoriságának akár 200–300%-os növekedése sem zárható ki.

A következő általános megállapítások, illetve problémafelvetések jellemezhetik a vegetációtüzek, erdőtüzek kezelésének jelenlegi rendszerét.

A globális felmelegedést tényként fogadjuk el. Tudományos kutatásokkal igazolható, hogy ez az aszályosabb időszakok számának és tartamának növekedésével jár. A Kárpát-medencében a csapadék évi mennyisége várhatóan nem fog jelentősen változni, de az eloszlása igen. A lehulló csapadék rövidebb idő alatt, de nagyobb mennyiségben, esetleg koncentráltabb területeken fog jelentkezni. A szárazabb időszakok hosszabbak lesznek, ami a növényzet nagyobb fokú kiszáradásához, így a meggyulladás, égési, tűzterjedési feltételeinek kedvezőbbé válásához vezet.

A „tüzes” időszakok a meteorológiai viszonyok, valamint a tapasztalat alapján viszonylag jól előre jelezhetők, ezért a megelőző intézkedések hatékonyságát (például tűzgyújtási tilalom elrendelése) jelentősen növelni szükséges.

Mind a hazai, mind a nemzetközi tapasztalat igazolja, hogy a tűz keletkezésének okánál az emberi közreműködés aránya 80–90% közötti. Az állampolgári fegyelem javításával ez az arány jelentősen csökkenthető.

Összességében megállapítható, hogy a tűzkeletkezésben szerepet játszó tényezők többsége az éghajlatváltozás következtében növelni fogja a tüzek keletkezésének kockázatát, a terjedésének a sebességét, így a tűzvonala intenzitását is, amelyet korszerű gazdálkodási viszonyok bevezetésével, korai előre jelző rendszerek alkalmazásával és a társadalom megfelelő érzékenységgel és tudatosságával lehet és kell csökkenteni.

## Felhasznált irodalom

- BÁNYAI P. – HORVÁTH B. – MÉSZÁROS K. – NAGY L. – PAKSY P. – SZEDLÁK T. (2004): Az erdőtüzek elleni védekezés kérdései. *Védelem*, 11. évf. 2. sz. 11–14.
- BLESZITY J. – ZELENÁK M. (1989): *A tűzoltás taktikája*. Budapest, BM.
- BRYAN, L. (2003): Fire Danger, fire risk, fire threat – Mapping Methods. In *EARSeL, 4<sup>th</sup> International Workshop on Remote Sensing and GIS Applications to Forest Fire Management*. Ghent.
- BUSSAY A. – SZINELL Cs. – SZENTIMREI T. (1999): *Az aszály magyarországi előfordulásainak vizsgálata és mérhetősége. Tanulmány*. Budapest, Országos Meteorológiai Szolgálat.
- DAVIDENKO, E. (2004): The 2003 Forest Fire Season in the Russian Federation. In *Conference on Forest Fire Management and International Cooperation in Fire Emergencies in the Eastern Mediterranean, Balkans and Adjoning Regions of the Near East and Central Asia*. Antalya.
- GELETA F. (2003): Az erdőtüzekről – EU-csatlakozás előtt. *Védelem*, 10. évf. 2. sz. 25–28.
- GOLDAMMER, J. G. – PAGE, H. (2000): *Fire History of Central Europe: Implications for Prescribed Burning in Landscape Management and Nature Conservation; Baltic Exercise for Fire Information and Resources Exchange (BALTEX FIRE 2000)*. Freiburg, Global Fire Monitoring Center [GFMC]. Forrás: [www.fire.uni-freiburg.de/programmes/natcon/BAL-AP3-2.PDF](http://www.fire.uni-freiburg.de/programmes/natcon/BAL-AP3-2.PDF) (A letöltés dátuma: 2018. 02. 23.)
- HAINES, D. (1998): A lower-atmosphere severity index for wildland fires. *National Weather Digest*, Vol. 13, No. 2. 23–27.
- JORDAAN, A. J. (2012): *Drought risk reduction in the Northern Cape, South Africa*. (PhD dissertation) Bloemfontein, University of the Free State.
- KEETCH, J. J. – BYRAM, G. M. (1968): *A drought index for forest fire control*. Asheville, Res. Pap. SE-38, Department of Agriculture, Forest Service, Southeastern Forest Experiment Station.
- KSH (2017): *Központi Statisztikai Hivatal adatbázis*. Budapest, Központi Statisztikai Hivatal.
- LATHAM, D. J. – SCHLEITER, J. A. (1989): *Ignition Probabilities of Wildland Fuels Based on Simulated Lightning Discharges*. (Research Paper INT-411) Ogden, UT.
- LEONE, V. – LOVREGGIO R. (2003): Human fire causes: a challenge for modeling. In *EARSeL, 4<sup>th</sup> International Workshop on Remote Sensing and GIS Applications to Forest Fire Management*. Ghent.
- MIKA J. (1988): A globális felmelegedés regionális sajátosságai a Kárpát-medencében. *Időjárás*, 92. évf. 178–189.
- NAGY D. (2004): Erdőtüzek megelőzési és oltási gyakorlata és problémái Magyarországon. *Erdészeti Lapok*, 139. évf. 5. sz. 156–159.



- Országos Erdészeti Egyesület honlapja [OEE (é. n.)]. Elérhető: [www.oee.hu/hirek/agazati-szakmai/terulet\\_csokkent\\_elofakeszlet\\_nott](http://www.oee.hu/hirek/agazati-szakmai/terulet_csokkent_elofakeszlet_nott) (A letöltés dátuma: 2017. 12. 06.)
- Országos Meteorológiai Szolgálat [OMSZ] honlapja: *Éghajlatváltozás, Megfigyelt változások, Magyarország.* (é. n.) Forrás: [www.met.hu/eghajlat/eghajlatvaltozas/megfigyelt\\_valtozasok/Magyarorszag/](http://www.met.hu/eghajlat/eghajlatvaltozas/megfigyelt_valtozasok/Magyarorszag/) (A letöltés dátuma: 2018. 01. 18.)
- PADÁNYI, J. – FÖLDI, L. (2016): Security Research in the Field of Climate Change. In NÁDAI, L. – PADÁNYI, J. eds.: *Critical Infrastructure Protection Research: Results of the First Critical Infrastructure Protection Research Project in Hungary.* Zürich, Springer International Publishing. 79–90. (Topics in Intelligent Engineering and Informatics, 12.) DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-28091-2\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-319-28091-2_7)
- TAYLOR, A. R. (1973): Ecological aspects of lightning in forests. *Proceedings of of the Annual Tall Timbers Fire Ecology Conference*, Vol. 13. 455–482.
- TEKNŐS L. (2017): A lakosság szélsőséges időjárási eseményekre történő felkészítésének lehetőségei Magyarországon. *Bolyai Szemle*, 26. évf. 3. sz. 137–160.
- The Climate Reality Project (2017): *How does climate change affect forest fires?* Elérhető: [www.climaterealityproject.org/blog/how-does-climate-change-cause-forest-fires](http://www.climaterealityproject.org/blog/how-does-climate-change-cause-forest-fires) (A letöltés dátuma: 2018. 02. 26.)
- VIEGAS, D. X. (2006): Parametric study of an eruptive fire behaviour model. *International Journal of Wildland Fire*, Vol. 15, No. 2. 169–177. DOI: <https://doi.org/10.1071/WF05050>
- VIEGAS, D. X. – PITA, L. P. (2006): Fire spread in canyons. *International Journal of Wildland Fire*, Vol. 13, No. 3. 253–274. DOI: <https://doi.org/10.1071/WF03050>

## 6. fejezet

### Éghajlati változás és erdőtüzek Szlovákiában

*Mikulaš Monoší<sup>1</sup>*

#### 6.1. Bevezetés

Az erdőtüzek a természetes tüzek közé tartoznak, és pont az egészséges természet teremti meg a feltételeket az egészséges élethez és az egészséges életmódhoz egyaránt.

A tüzek szempontjából az erdei ökoszisztémák fokozott védeltséget kell, hogy élvezzenek. Sajnálatos módon az utóbbi évtizedekben az erdőtűz egy egyre gyakrabban előforduló jelenség, ami sok esetben emberéleteket követel, továbbá nagy gazdasági és ökológiai következményeket vonz magával. Ebből kifolyólag az elmúlt 30 évben az erdőtüzek fokozott figyelmet kaptak. Tanulmányozni kezdték az anyagok éghetőségét, fejlődik a tüzek terjedésének modellezése, a helyrajzi és a légköri feltételek hatásainak tanulmányozása a tüzek terjedésének függvényében.

#### 6.2. Az erdőtüzek jelentősége európai és szlovákiai feltételek mellett

Az utolsó évtizedekben az erdei tüzek száma állandó jelleggel nő az egész világon. A jelenlegi feltételezések szerint évente átlagosan 600 000 hektár erdei terület károsodik vagy válik a tüzek martalékkává. (ALBERS 2012)

A tüzesetek helyzete és jelensége az egész világon állandó jelleggel rosszabbodik, az utóhatások pedig egyre nőnek és komolyodnak. A tüzesetek kialakulását a mai helyzetben több különböző tényező is befolyásolja. Természeti jelenségek, klimatizációs (éghajlati) tényezők általában előre jelzik az erdőtüzek valószínűségét és kialakulását. A gazdasági tényezők és intézkedések (fakitermelés) szintén nagyban befolyásolják a tűzveszély kialakulását. A tüzek keletkezését az erdőben való nagy faraktárak létesítésével csak növeljük. (RIGOLOT et al. 2009; VÉLEZ 2009) Ebből következik, hogy az erdei tüzesetek megoszlását a megadott területen nemcsak éghajlati viszonyok befolyásolják, hanem a szociális-gazdasági tényezők is. (MAJLINGOVÁ–SEDLIAK 2010)

A szociális-gazdasági tényezőket leegyszerűsítve jellemezhetnénk úgy is, mint például a bruttó nemzeti termék nagysága (GDP), a lakosság sűrűsége vagy a használatok mennyisége. Az ezen tényezők tökéletes és világos (explicit) egymással való kapcsolata témája a tudományos kutatásoknak, főleg a Földközi-tenger térségében, ahol az utolsó év-

<sup>1</sup> ORCID: 0000-0003-0355-6789, [mikulas.monosi@fbi.uniza.sk](mailto:mikulas.monosi@fbi.uniza.sk)

tizedekben történt változások szorosan összefüggnek az ott végbement szociális-gazdasági változásokkal. (CATRY et al. 2009; MONTIEL–HERRERO 2010)

A fiatal generáció távozása a falvakból a városokba, a mezőgazdasági gépparkok likvidálása a vidék szociális arculatának formálásához és átalakulásához vezet (urbanizáció), amely újabb problémát okoz, mégpedig a tüzelőanyag felhalmozását. (MORENO–OECHEL 1994; FAO 2007)

A vidéki területeken a száraz fű égetéséből keletkező tüzeseteknél nem egyszer gátolják és akadályozzák az önkéntesek és a tűzoltóság hozzáférését, ami csak fokozza a tüzet, és növeli a veszélyhelyzetet. (FAO 2007) Ezen problémák nemzeti politika befolyásának vannak alávetve. A füves területek felégetése a mezőgazdasági területeken természetes folyamat és általános jelenség egész Kelet-Európában, főleg a tavaszi időszakban és a nyár kezdetén. (GOLDAMMER 2010)

Jelenleg általánosságban érvényes az a tény, hogy az erdészeti-gazdasági gyakorlatban előtérbe helyezzük az erdei kitermelésből származó nyereséget, amelyet ahelyett, hogy természetvédelemre és a természet jobb kihasználására fordítanánk, főleg üdülési és rekreációs célokra használunk fel. Természetesen az üdülésre kihasznált erdei terület a másik oldalon hétvégi házak, üdülők és más ingatlanok építését jelenti, ami fokozott tűzveszélyt is jelent, mivel növekednek az összekötő útvonalak. A fokozott tűzveszélyességért még mindig az emberi gondatlanság vagy szándékos cselekedet a felelős, ami a természeti környezetben a legfőbb okozója a tüzeseteknek. Mindezek a tényezők és folyamatok befolyásolják a tüzesetek keletkezését egész Európában. Fontos azonban megjegyezni, hogy a földközi-tengeri államokhoz (Portugália, Spanyolország, Franciaország, Görögország, Olaszország) viszonyítva a közép- és kelet-európai államokban gyakran hiányzik a konzisztens és hosszú távú áttekinthető kimutatás a tüzesetekről, azok okairól, pedig ezen adatok alapján a statisztikai adatok és geostatisztikai ismeretek segítségével lehetne számítani a tűzveszélyre. (NIKLASSON et al. 2010; VACÍK et al. 2011) A 6.1. táblázat eredményeinek elemzése alapján arra következtetünk, hogy a tüzesetek száma alapján a legrosszabb évek Európában 2003 (43 776 tüzeset), 2006 (41 649 tüzeset), 2000 (35 773 tüzeset) és 2005 (35 451 tüzeset) voltak. A tüzesetek növekedését összeköthetjük az egyre gyakoribb extrém időjárási jelenségekkel, amelyeket a szakemberek a folyamatban lévő klimatizációs változásoknak tulajdonítanak. A fent említett öt földközi-tengeri államon kívül ebben az időszakban a leggyakrabban tűzvész által sújtott területek közé tartozik még Lengyelország (összesen 194 260 tüzeset, és 17 087 tüzeset 2003-ban), Svédország (összesen 79 782 tüzeset, és 8 282 tüzeset 2003-ban), Horvátország (összesen 63 696 tüzeset, és 6 923 tüzeset 2003-ban) és Törökország (összesen 47 066 tüzeset, és 2 177 tüzeset 2003-ban).

6.1. táblázat

*Az 1990–1997-es években keletkezett tüzesetek adatai*

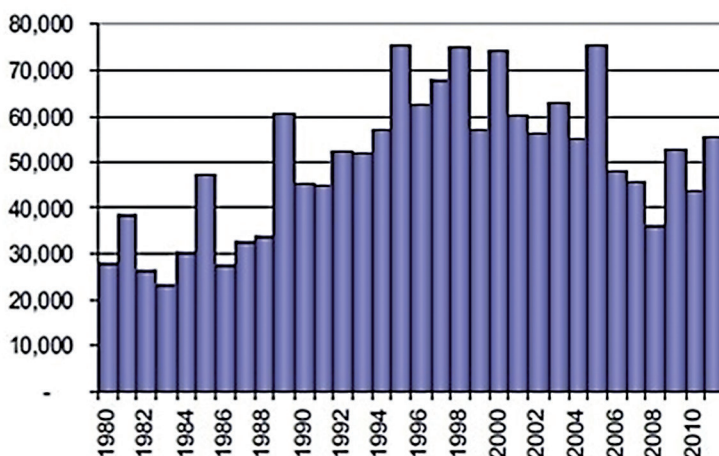
| Ország/év     | 1990   | 1991   | 1992   | 1993   | 1994   | 1995   | 1996   | 1997   |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Franciaország | 5 881  | 3 888  | 4 002  | 4 769  | 4 618  | 6 563  | 6 401  | 7 200  |
| Görögország   | 1 322  | 858    | 2 582  | 2 406  | 1 763  | 1 438  | 1 508  | 3 113  |
| Portugália    | 14 477 | 11 965 | 14 545 | 15 380 | 8669   | 6 225  | 9 093  | 11 408 |
| Spanyolország | 18 507 | 13 118 | 14 954 | 13 919 | 18 104 | 28 044 | 29 078 | 24 429 |
| Olaszország   | 12 474 | 13 011 | 15 895 | 14 254 | 19 263 | 25 827 | 16 772 | 22 479 |

*Forrás: FAO 2001*

A tűz okozta károk nagyságát a 6.1. ábra mutatja, amely kimutatásból látható, hogy a legnagyobb káresetek 2011-ben voltak (872 914 eurós kár), kisebb esetek 2000-ben (239 376 eurós kár), 2012-ben (137 215 eurós kár), 2007-ben (137 026 eurós kár), 2003-ban (133 180 eurós kár) és 2002-ben (103 555 eurós kár).

A táblázat elemzése alapján arra a következtetésre jutottunk, hogy a mediterrán országok közül a legjobban veszélyeztetett országok közé tartozik Spanyolország és Olaszország.

Tűzesetek száma



6.1. ábra

*Tűzesetek kifejlődése a mediterrán országokban 1980 és 2010 között*

*Forrás: JRC 2011*

Az összes tüzeset szempontjából, amelyek a mediterrán országokban keletkeztek 1980 és 2010 között, megjegyezhetjük, és arra következtethetünk, hogy a legtöbb tüzeset (több mint 70 000) ezekben az országokban 1995-ben, 1998-ban, 2000-ben és 2005-ben keletkezett.

Egyre gyakrabban beszélhetünk olyan erdei tüzek keletkezéséről, amelyek a globális éghajlatváltozás helyi hatásainak következtében lépnek fel, és amelyek száma a mi környezeti adottságaink mellett is emelkedik. A szlovákiai tüzesetek száma és nagysága az utolsó években szorosan egybekapcsolódik az erdei tüzek és a természeti környezetben keletkező tüzek számával.

Az erdei tüzesetek keletkezésének egyik befolyásoló tényezője a meteorológiai helyzet az adott térségben. A meteorológiai helyzet szempontjából a legveszélyesebb időszak a tüzek keletkezésére a tavaszi (március–május) és a nyári időszak a legnagyobb napi átlaghőmérséklettel (július és augusztus). Meteorológiai szempontból a legfontosabb tényező és jellemző az aktuális páratartalom a levegőben, amely hatással van a vegetáció nedvességére (cserjék, fák, növények, fű) és úgyszintén hatással van a föld bizonyos rétegeinek páratartalmára. Nagyon veszélyes a föld kiszáradt felső rétege, amely szárazlevél-hulladékból

(levél, tűlevél, gally) tevődik össze. Ez a réteg a füves és növényes réteggel együtt első számú éghető anyaggá válik egy esetleges tüzesetnél. Ezért a száraz fű felégetése rendkívül veszélyes művelet a száraz időszakban. Tüzet nagyon könnyű és egyszerű gyújtani, de az ellenőrzése, kordában tartása és esetleges eloltása nagyon körülményes, főleg az ilyen-fajta éghető anyagnál. Ezt bizonyítja az évről évre növekvő tüzesetek száma is, amelyet a területek felégetése okoz. (HLAVÁČ et al. 2009)

Mindemellett tudatosítanunk kellene, hogy ezek a tüzesetek nemcsak anyagi károkat okoznak, amelyeket a helyszínen fel tudunk mérni, hanem környezetvédelmi-környezeti károk is keletkeznek. Ezek közé sorolhatjuk a fontos és jelentős biotópok teljes megsemmisítését (kiégés), az erdei környezet megrongálását vagy a környezet szennyeződését vegyi anyagokkal abban az esetben, ha nem megfelelő oltóanyagot használunk az oltási munkálatoknál. Sok esetben olyan károk is keletkeznek, amelyeket nem lehet helyrehozni, ezek a személyi sérülések vagy halálesetek.

A tanulmány következő részében ismertetni szeretném a legjelentősebb tüzeseteket Európában és Szlovákiában. Konkrét tüzeseteken lehet a legjobban bemutatni és ismertetni a tűz által okozott károkat és következményeket. Sok esetben a tűz nemcsak a természetben okozott károkat, hanem emberéleteket is követelt.

Főleg az elmúlt pár évben figyelhettük meg az extrém meleg nyarakat, amikor hettegig tartó perzselő hőség és szárazság tombolt. Geert Jan van Oldenburg a holland meteorológiai intézet kutatója világos bizonyítékot talált a 2017-es nyári rekordmeleg és az ember okozta éghajlatváltozás között. A fosszilis üzemanyagok használatával előidézett éghajlatváltozás miatt négyszer nagyobb a valószínűsége az ilyen típusú hőségnek Franciaországban, Hollandiában és Közép-Angliában, és tízszer nagyobb Portugáliában, valamint Spanyolországban.

### 6.2.1. Portugália, 2017

A 2017. év júniusában és októberében hatalmas erdőtüzek keletkeztek Portugáliában. A júniusi tüzet a tűzoltóság véleménye szerint egy villámcsapás okozta, amely meggyújtotta a növényzetet, és a 40 fokok hőség és a szárazság miatt Portugália egyik legnagyobb erdőtüze alakult ki. A tűz több mint 50 ember életét követelte, több községet körbezártak a lángok. Az oltási munkákban több mint 3 000 tűzoltó vett részt. Sokak szerint a Portugáliában gyakori eukaliptuszfák nagy szerepet játszottak a lángok terjedésében. Az eukaliptuszfa levelei és kérge rendkívül tűzveszélyes, amelyek leszakadnak a fatörzsről, a szél pedig messzire viheti az izzó fadarabokat. Az eukaliptuszfa eredetileg Ausztráliában őshonos növény, amelyet főleg a papírgyártás érdekében ültetnek nagy mennyiségben Portugáliában.

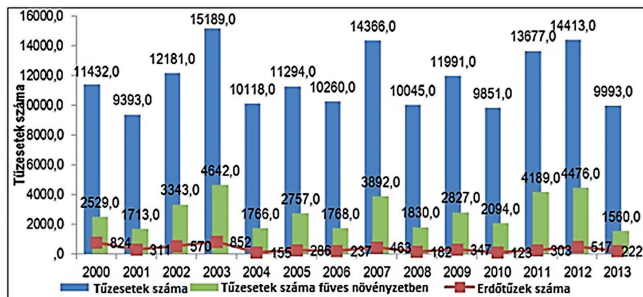
Az októberi tüzeset több szempontból is specifikus volt. A hónapok óta tartó szárazság és a különösen magas hőmérséklet következtében a lángok hatalmas sebességgel terjedtek. A lángokat felerősítették és szétterjesztették az Ophelia hurrikán szellőkései is. Az eset során 9 ember vesztette életét. Több mint 250 tűzfészket derítettek fel a tűzoltók. Összesen 216 ezer hektárnyi növényzet vált a lángok martalékává. A vizsgálatok szándékos gyújtogatás nyomait állapították meg.

A portugáliai példa is jól mutatja, hogy mennyire befolyásolja a klíma, illetve a természetbe való emberi beavatkozás egy erdőtűz kialakulását, illetve lefolyását.

### 6.2.2. Tüzesetek Szlovákiában

A 2013-as évben az összes tűz 18%-át a természeti környezetben keletkezett tüzek képezték, de a 2012-es évben ez az arány 34% volt.

A 6.2. ábra kimutatja, hogy a természeti környezetben keletkezett tüzek száma követi az általános tüzesetek mennyiségét az adott időszakban. A legtöbb tüzeset 2003-ban, 2007-ben, 2011-ben és 2012-ben keletkezett. Ezekben az években növekedett a szárazfű-tüzek és erdőtüzek száma.

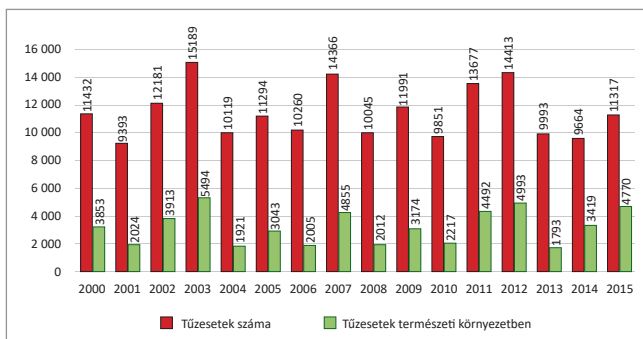


6.2. ábra

A tüzek számának alakulása 2000 és 2013 között

Forrás: PTEÚ MV SR 2014

A 2015-ös évben a 32 306 kivonulás volt, ennek a 35%-át jelentette a tüzesethez való vonulás. Ezek a bevetések általában nagy anyagi károkkal végződnek, és sok esetben veszélyeztetik az állampolgárok egészségét, életét. Egyre több esetben fordul elő füstmérgezés, fulladás és égési sérülések. A kimutatás alapján arra következtethetünk, hogy a tűzoltók bevetéseinek 30%-át a 2000–2015-ös években a természeti környezetben keletkező tüzek alkotják (6.3. ábra). A természeti környezetben keletkezett tüzek fontos tényezője az éghajlat, tehát erősen befolyásolja a hosszan tartó hőség és a száraz időjárás. A természeti környezetben keletkezett tüzek nagysága és száma az ország egyes területein eltérő.



6.3. ábra

A kivonulások száma a természetben keletkezett tüzekhez 2000 és 2015 között

Forrás: PTEÚ MV SR 2014

## 6.3. A legjelentősebb erdőtűzek Szlovákiában

### 6.3.1. Szlovák Paradicsom, 2000

A 2000. október 23-án keletkezett és tizenegy napig tartó erdőtűz 12 154 millió eurós kárt okozott. Szlovákia történelmének legnagyobb erdőtüze a Szlovák Paradicsomban, pontosabban Hrabušice község határában keletkezett. A tüzeset során hat ember vesztette életét. Ezek az emberek az erdőtűz kezdeti fázisában próbáltak segíteni a mentési és oltási munkákban. Később a tűzzel már emberek százai harcoltak. A legkeményebb napokon közel 500 tűzoltót vetettek be, akik munkáját a lakosság, az erdészeti vállalatok alkalmazottjai, rendőrök és természetvédők is segítették. Első ízben használtak ekkora mértékben légi technikát tűzoltásra Szlovákiában.

A faanyagban keletkezett közvetlen kár közel 403 000 euró volt. A megsemmisült erdei növényállomány eszmei értékét a Szlovák Nemzeti Park Igazgatósága becsülte fel, méghozzá 11,75 millió euróra. A megmentett értékek becsült összege közel 36,5 millió euró. Az oltási munkálatokba összesen 2 981 ember kapcsolódott be. A megközelíthetetlen terep, ahol a tűz keletkezett, rámutatott a légi technika bevetésének szükségességére. A légi technika bevetése után egyértelművé vált, hogy kevés a helikopter és a „Bambi zsák”. Ezt a hiányt a környező országok helikopterei pótolták, mégpedig Csehország, Magyarország és Lengyelország. A helikopterek összesen 946 felszállást hajtottak végre. Ezeken az eszközökön kívül még két szlovák „dongó” is segítette az oltást, amelyek együttesen 120 felszállást hajtottak végre. Ezek után Szlovákiában földi oltási egységek jöttek létre, amelyeket speciálisan extrém és megközelíthetetlen terepen való oltásra és munkára fejlesztettek ki, és láttak el minden szükséges technikával. (*Správa...* 2000)

### 6.3.2. Magas-Tátra, 2005

A Magas-Tátrában 2005. július 30-án keletkezett erdőtűz tíz napig tartott, és 564 297 eurónyi kárt okozott. A magas-tátrai erdőtűz az utóbbi évtizedek egyik legnagyobb erdőtüze volt. A 2004-es szélviharban letarolt területen négy napig égett az erdő maradványa. A bejelentést 11 óra 58 perckor kapták, és az irányító központ azonnal kiküldött egy egységet a poprádi tűzoltóállomásról egy CAS-32 Tatra 815 típusú gépjárműfecskendővel. A tűz lokalizálására egy C sugarat vetettek be, amellyel a tüzet látszólag el is oltották. Az erős délnyugati szél miatt azonban újra felcsaptak a lángok, és végül gyorsan továbbterjedtek a szél irányában. A vasárnapról hétfőre virradó éjszaka lehullott eső nagy segítség volt a tűz megfékezésében, bár még ezután is lehetett látni parázsló, gőzölgő foltokat. A rákövetkező napokban felderítő repüléseket hajtottak végre, amelyek során több rejtett tűzfészket fedeztek fel tűzoltó gépjárművekkel nehezen megközelíthető helyeken is. Ezért is vetették be ezeken a helyeken a tűzoltóság légi egységeit, akik kézi eszközökkel és Genfo hátizsákokkal, a helikopterek irányítása mellett semmisítették meg az említett tűzfészkeket. Az erdőtűz tombolása alatt a Tátrai Nemzeti Park majdnem 200 alkalmazottján kívül az eperjesi (Prešov), kassai (Košice) és besztercebányai (Banská Bystrica) Műszaki és Tűzoltó Mentőszolgálat Kerületi Igazgatóságának tűzoltói, a Főigazgatóság dolgozói, a késmárki (Kežmarok), lőcsei (Levoča), poprádi (Poprad), eperjesi (Prešov), ólublói (Stará Ľubovňa), felsővízközi (Svidník), varannói (Vranov nad Topľou), igloi (Spišská Nová Ves) Műszaki és Tűzoltó Mentőszolgálat Járási Igazgatóságának



tűzoltói is részt vettek az oltásban. A hivatásos tűzoltók mellől nem hiányozhattak a belügy-minisztérium zsolnai (Žilina) tűzvédelmi középiskolájának diákjai, továbbá Gerlachfalva (Gerlachov), Tátralomnic (Tatranská Lomnica) és Batizfalva (Batizovce) falvak önkéntes tűzoltói és a Szlovák Vasutak poprádi (Poprad) hivatásos tűzoltói sem. A bevetett tűzoltó technika között voltak tűzoltó tartálykocsik, szivattyúk, kézi eszközök, Genfo hát zsákok, SPOT márkájú tűzoltó tank, amely 11 000 liter vizet szállít, és helikopterek Bambi zsákokkal. A légi tűzoltótechnikával együttvéve 1 006 000 liter vízre volt szükség. Összesen 431 tűzoltó vett részt a mentési és oltási munkákban. A kassai (Košice) rendőrség bűnügyi-szakértői véleménye alapján a tűz keletkezésének legvalószínűbb oka emberi gondatlanság volt, mégpedig egy eldobott cigaretta. A tűz keletkezésének helye közvetlenül egy frekvenciált turistaútvonal mellett volt. A tűz által okozott közvetlen kárt 564 297 euró nagyságban határozták meg, mivel megsemmisült 15 000 köbméter faanyag, 3 500 köbméter erdei növényállomány, 5,44 hektárnyi telepített erdő és 34 hektárnyi természetes fiatal erdő. Az erdőtűz által sújtott össz-terület 230 hektár. Ebből 3-as szintű védelem alá 97 hektár, 4-es szintű védelem alá 107 hektár, 5-ös szintű védelem alá pedig 26 hektár tartozott. (MAJIRŮVÁ 2010)

### 6.3.3. Óhegy (Staré Hory), 2007

Az Óhegy (Staré Hory) mellett 2007. április 15-én 15 órakor keletkezett erdőtűz tíz napig tartott, és 228 042 eurónyi kárt okozott. Két falu (Alsó-Jelenec [Dolný Jelenec] és Felső-Jelenec [Horný Jelenec]) közötti területen csaptak fel először a lángok, amelyek azonnal fenyegették Jelenec, Valentová és Ribó (Rybie) falvakat. A tűzoltók gyors és hatékony munkájának köszönhetően a tűz nem érte el az említett településeket. Az erdőtűzet már másnap sikerült lokalizálni, az oltási munkák viszont még tíz napig tartottak. Ezen erdőtűz sajátossága az extrém, megközelíthetetlen terep volt, ami miatt a tűzoltó gépjárművek vagy csak nagyon nehezen, vagy egyáltalán nem tudták megközelíteni a tűzfészkeket. Ezért az oltási feladatok nagy részét helikopterek végezték, amelyek OTO-zsákok segítségével szállították a vizet a Dóvalon (Donovaly) felállított manipulációs pontról. Az oltási munkálatok része volt a tőrendszer kialakítása is. Ez a rendszer arra szolgált, hogy miután kialakították a megfelelő sík területet a repülőgépek által használt vízszállító zsákoknak, amit szivattyúállomásnak is használtak a zsákok töltésekor, erről a pontról további vízvezetéseket tudtak kiépíteni. Ez a módszer lehetővé tette a talajon terjedő tűz megfékezését is, amely gyorsan terjedt az erdei száraz aljnövényzeten és a meredek sziklák körül Jelenec és Ribó (Rybie) községek felett.

Az oltási munkákban 154 ember segédkezett tizenegy tartálykocsival, öt helikopterrel, Bambi zsákokkal, honvédelmi minisztérium hozzájárulásával és az AIR Transport Europe (ATE) Poprád (Poprad) segítségével. Továbbá bekapcsolódtak a besztercebányai (Banská Bystrica), zsolnai (Žilina), pozsonyi (Bratislava), trencsentyeplici (Trenčianske Teplice), malackai (Malacky) tűzoltóegységek, a besztercebányai (Banská Bystrica) rendőregység és az eperjesi katonai egységek is. A tűz 120 hektár nagyságú területre terjedt ki. Főleg a talaj mentén terjedt, ahol sok volt a száraz levél, tűlevél és fű. A fák koronájáig csak bizonyos helyeken terjedt el a tűz, keletkezésének oka pedig valószínűleg az időjárási feltételek (szárazság, meleg, szél) és az emberi tényező kombinációja. A közvetlen kár 228 042 euró volt, és további 192 525 euró volt szükséges a mentési és oltási munkálatokra, amit a besztercebányai szlovák erdészet állami vállalat állt.

### 6.3.4. Szlovák Paradicsom, 2007

A Szlovák Paradicsomban 2007. július 22-én keletkezett erdőtűz tizenöt napig tartott, és 3,7 millió eurós kárt okozott. Vernár község hivatalának dolgozói 2007. június 7-én észlelték a tüzet 14 óra 45 perckor, és azonnal bejelentették az irányító központnak, amely egy Mercedes Unimog és két Tatra típusú tartálykocsit küldött helyszínre. A helyszínre érkezés után azonnal nyilvánvalóvá vált, hogy a kiküldött tűzoltó technika az extrém meredek erdei terep miatt nem tudja megközelíteni a tűzfészket, ezért a további felderítés gyalogosan folytatódott. A felderítés során kiderült, hogy a 930 méteres tengerszint feletti magasságban kifejezetten tagolt terepen ég az erdei aljnövényzet. Két órával később megérkezett az eperjesi Ján Ambrus vezérezredesről elnevezett helikopterbázis helikoptere, egy MI–17-es egy 2 000 literes Bambi zsákkal. Másnap egy 35 000 literes Fireflex típusú víztartályt raktak össze egy tisztáson, amelybe a két kilométerre levő Hernád folyóból töltötték a vizet ingajárral. Az oltási munkálatokba négy további helikopter is bekapcsolódott, amelyekből az egyik egy 2 000 literes OTO típusú víztartályt vitt fel az égő domb tetejére, amelyből két D vezetékkel alakítottak ki. A kedvezőtlen időjárás miatt a tűz továbbra is terjedt, és 2007. július 25-e után az erős szél miatt a helikopterek már egyáltalán nem repülhettek. Ezért is született a döntés, hogy az oltást a tőrendszer segítségével folytatják. Még aznap sikerült három medencét kialakítani. A vizet két D vezetékkel és Genfo hátizsákokkal szállították a tűz helyszínére. Négy nappal később, 29-én már tizenegy medence működött, ami stabilizálta és biztosította a vízszállítást egészen a domb tetejére. Ezen a napon jelentették be a tűz lokalizálását is. A tőrendszerrel sikerült áthidalni a 300 méteres szintkülönbséget extrém, megközelíthetetlen terepen. A tüzet tizenöt nappal később sikerült likvidálni, 18,5 hektár erdei és védett terület viszont a tűz martalékává vált. A tűz keletkezésének oka valószínűleg egy fába becsapódó villám volt a dombtetőn. (MAJŘOVÁ 2010)

Összesen 650 hivatásos tűzoltó 77 tartálykocsival, 85 szállítókocsi, 127 különbözőfajta szivattyú és 29 darab egyéb technika (például egy speciális Scot-Trac) került bevetésre. A bevetésen részt vett még öt helikopter is, amelyek együttesen 950 felszállást hajtottak végre. Az erdőtűz több mint 18 hektárnyi vegyes erdőt károsított meg, vagy egyes helyeken tett teljesen tönkre, és okozott 3,7 millió eurós kárt.

#### 6.2. táblázat

*A legnagyobb erdőtűzek paraméterei és keletkezésük okai 2000 és 2007 között Szlovákia területén*

| Tűz keletkezésének helye                      | Szlovák Paradicsom 2000 | Magas-Tátra (Vysoké Tatry) 2005 | Szlovák Paradicsom 2007 | Óhegy (Staré Hory) 2007 |
|-----------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| <i>Terület nagysága (ha)</i>                  | 67                      | 230                             | 18,5                    | 120                     |
| <i>A bevetésen részt vevő személyek száma</i> | 2981 személy            | 354 személy                     | 650 személy             | 154 személy             |
| <i>Oltás hossza (nap)</i>                     | 11                      | 10                              | 15                      | 10                      |
| <i>Tűz keletkezésének oka</i>                 | emberi tényező          | emberi tényező                  | villámcsapás            | emberi tényező          |
| <i>Károk (€)</i>                              | 12 154 000              | 564 297                         | 3 700 000               | 228 042                 |

*Forrás: MAJŘOVÁ 2010*

### 6.3.5. Szélvihar a Magas-Tátrában (Vysoké Tatry), 2004-ben

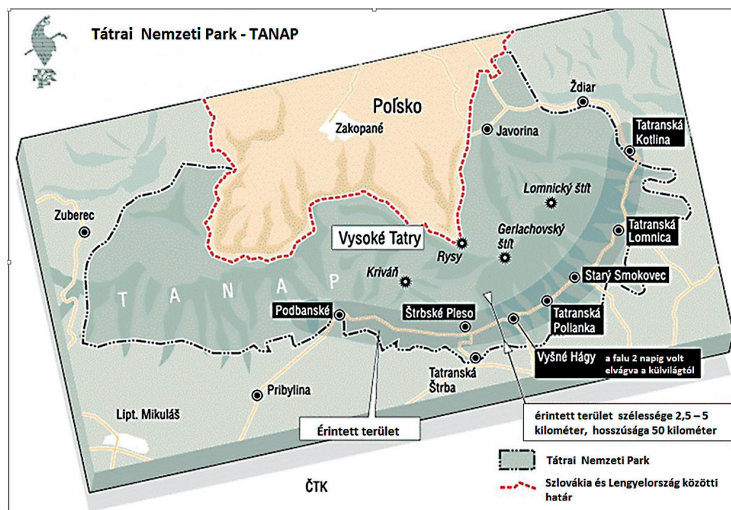
Szlovákia történelmének egyik legmegrázóbb és legmeghatározóbb eseménye a 2004-es szélvihar. A Magas-Tátra (Vysoké Tatry) mind a mai napig viseli ennek az eseménynek a nyomait. A tetemes mennyiségű károsodott fa és a megcsonkított erdőkép a mai napig elrettentő példa arra, hogy az éghajlatváltozás mennyire befolyásolhatja az időjárást.



6.4. ábra

*A levegő áramlásának ábrázolása 2004. november 19-én*

*Forrás: GREŇA 2006*



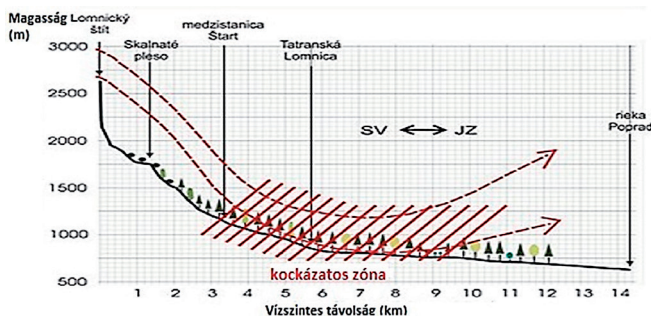
6.5. ábra

*Szélvihar a Magas-Tátrában (Vysoké Tatry) – szélvihar által sújtott terület*

*Forrás: <https://sites.google.com/site/vichricavtatrach/> (A letöltés dátuma: 2018. 10. 21.)*

A klimatikus helyzet, ami 2004. november 19-én alakult ki a Magas-Tátrában (Vysoké Tatry), egy hidegfronti áramlással összekötött nyomásváltozás miatt jött létre, és a délutáni órákban érte el a tátrai vidéket. A frontáramlást erős szél kísérte, amit megsokszoroztak a délnyugati és nyugati széláramlatok a lipitói- és a poprádi-völgy szűkülete következtében (6.4. és 6.5. ábra). Így a Tátra szélárnyékos oldalán erős nyomásváltozások alakultak ki, és a terep formája miatt nehezebb volt a levegő pótlása a szeles oldalról. Ezen körülmények miatt csökkent a barometrikus nyomás a szélárnyékolt oldalon annyira, hogy a légáram saját súlyától lehúzódtott teljesen a földfelszín fölé. Így a túlnyomás a szeles oldalról átkerült a heggyerinc másik oldalára. (GREŇA 2006)

A felgyülemlett nehéz hideg levegő a Tátra északi oldalán egy óriási vízesésként fordult át a déli oldalra – tátrai bóra keletkezett (meteorológiai jelenség, erős szél, szél-lökések, amelyek a magasabb hegyekről az alacsonyabban fekvő részekre áramlanak, ebben az esetben először az alacsonyabban fekvő Vörös-hegyek [Czerwone Wierchy] felől Podbanszkó [Podbanské] falu irányába – bóra 1, később a Magas-Tátra [Vysoké Tatry] magasabb heggyerincein keresztül – Felsőhági [Vyšné Hágy] és Tátra Barlangliget [Tatranská Kotlina] – bóra 2). A másik oldalon a szél sebessége messze meghaladta a megszokottat, és teljesen elpusztította a vidéket. Ezt alátámasztja a szél sebessége is, amely fokozatosan növekedett, miután elérte a tátrai heggyerinceket (6.3. táblázat).



6.6. ábra

A tátrai bórjelenség ábrázolása

Forrás: GREŇA 2006

6.3. táblázat

Maximális szélsősebesség a tátrai gerincek átalakulása után

| Hely                          | Tengerszint feletti magasság | Szélsősebesség         |
|-------------------------------|------------------------------|------------------------|
| Lomnici-csúcs (Lomnický štít) | 2635 m                       | 170 km/h <sup>-1</sup> |
| Kő-pataki-tó (Skalnaté pleso) | 1780 m                       | 200 km/h <sup>-1</sup> |
| Az erdő felső határa          | 1480 m                       | 230 km/h <sup>-1</sup> |
| Felsőerdőfalva (Stará Lesná)  | 820 m                        | 130 km/h <sup>-1</sup> |
| Poprád (Poprad)               | 700 m                        | 120 km/h <sup>-1</sup> |

Forrás: a Tátrai Nemzeti Park meteorológiai állomásának adatai alapján; GREŇA 2006

Ezen pusztító erő következményei a következők voltak:

- Egy autóra dőlt fa egy ember halálát okozta, és egy másik ember súlyosan megsérült.
- 12 600 hektárnyi terület volt érintett, legnagyobb károk az erdőkben keletkeztek, ez a károsodott terület 56%-a, Késmárk (Kežmarok) város területe: 12,4%, Szepesbela (Spišská Belá) város területe: 4,6%, nyolc kisebb község területe: 22%, magánszemélyek területei: 3,4%, egyházi terület: 0,6%.
- A károsodott faanyag mennyisége körülbelül 2 500 000 köbméter volt. Ez az eddigi legnagyobb kár Szlovákiában, ami szélvihar vagy egyéb más természeti csapás következtében keletkezett.
- Közel száz ember ragadt gépjárművekben, autóbuszokban egy 30 km hosszú és 5 km széles területen.
- A közlekedés és az úthálózat teljesen megbénult a Magas-Tátra (Vysoké Tatry) egész területén. A kidőlt, kicsavarodott fák nagy mennyiségben hevertek az utakon, és zárták el azokat Podbanskó (Podbanské) és Ľysa Polana között, továbbá elzárták az összes Magas-Tátrába (Vysoké Tatry) vezető utat, beleértve a tátrai kisvasút útvonalát is.
- Részlegesen a közművek is megrongálódtak (víz, gáz, de legfőképp az elektromos hálózat).
- Több tíz objektum tetőszerkezetét tépte le az erős szél, és rengeteg más épületet és forgalmi eszközt temetett be az erdő. (MAJÍŘOVÁ 2010)

### 6.3.6. A szentivánbocai (Nižná Boca) erdőtűz

A tűz 2012. április 28-án keletkezett, öt napig tartott, és 80 ezer eurónyi kárt okozott. Az erdőtűz a 2012-es év egyik legnagyobb erdőtüze volt Szlovákiában. A tűz kiterjedt az erdei aljnövényzetre, a fakitermelési területekre, fatörzsekre, gallyakra, a fák csúcsára és a beteg, öreg faállományra is. Továbbá a hegygerincre is, ahol a flórát már főleg törpefenyő, ritkább aljnövényzet és havasi rétek alkotják. Az erdőtűz összesen 120 hektárnyi területet érintett.

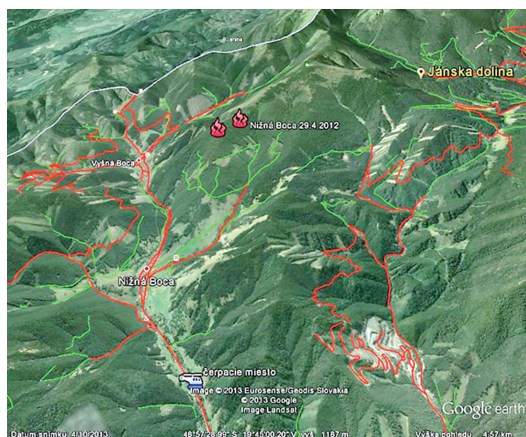
#### 6.3.6.1. Az erdőtűz leküzdésének folyamata Szentivánbocánai (Nižná Boca)

2012. április 28-án 12 óra 25 perckor bejelentés érkezett a liptószentmiklósi járási irányító központba egy erdőtűzről, amely akkor körülbelül egy 50 × 50 méteres területet érintett Nižná Boca község közelében (6.7. ábra). A bejelentés felvétele és kiértékelése után a liptóújvári (Liptovský Hrádok) és a liptószentmiklósi (Liptovský Mikuláš) tűzoltóállomás riasztást kapott. A tűzoltóegységek 12 óra 27 perckor vonultak ki összesen hat rohamkocsival és fedélzetükön 18 hivatásos tűzoltóval. A megközelíthetetlen terep okozta nehézségek miatt 13 óra 30 perckor a bevetési parancsnok a belügyminisztériumtól helikopteres segítséget kért. A légi oltási modul pilótái és tűzoltói GPS segítségével mérték be a tűz pontos helyét, és légi oltási eszközökkel végezték a munkát.

A tűz keletkezési ideje a kora tavaszi időszakra esett, ami azt jelenti, hogy a földes erdei utak még nem tudták teljesen elszívni és a szél nem tudta felszárítani az olvadt hó maradványait. Így az erdei utak a tűzoltó technika számára ebben az időszakban szinte járhatatlanok voltak.



Az út a tűz helyszínéig 53 percig tartott. A helyszínre jutást nehezítette a megfelelő és járható útvonal felderítése, mivel az erdei úthálózat kifejezetten összetett. A technika elhelyezése után a tűzoltóknak még további 1,5 kilométert kellett gyalogosan megtenniük a meredek emelkedőn. Az út igen megterhelő volt, mivel a gyalog járható erdei utak is nagyon sárosak voltak, és a tűzoltóknak minden eszközüket a hátukon kellett elszállítaniuk a tűz helyszínére. Genfo hátizsákokat, egyszerű kézi eszközöket és kézi motorfűrészeket vittek magukkal.



6.7. ábra

*Az erdőtűz keletkezési helye Nizná Boca község mellett*

*Forrás: MONOŠT et al. 2015*

A tűz gyors terjedéséhez hozzájárult a nagy mennyiségű, kiszáradt könnyen éghető fahulladék (rétegezett gallyazat halmokba összegyűjtve). Az erdőtűz helyszínén egyetlen vízforrás sem volt fellelhető.

Egy Mercedes Benz G kategóriás terepjáró és quadok segítségével sikerült csak a felderítés elvégzése, ami azért volt fontos, mert ismerni kellett, hogy az erdő mely helyeire tudnak eljutni a tűzoltó gépjárművek, és ami még fontosabb, hova lehet biztonságosan leállítani őket.

Az elkövetkező napokban a tűz továbbra is ellenőrizetlenül terjedt tovább, főleg keleti és északkeleti irányba. A felderítés elvégzése után a bevetési parancsnok elrendelte a munkálatok folytatását egyszerű kézi eszközök és Genfo hátizsákok segítségével. A cél a tűz részleges lokalizálása és továbbterjedésének megállítása volt, mivel a gallyhalmazok miatt még mindig gyorsan terjedt tovább.

A bevetési parancsnok később elrendelte az oltási munkák befejezését és az irányító központon keresztül elrendelte a technika visszavonását másnap reggelig. Döntésének okai a korlátozott látási viszonyok (sötétség és füst), az irtvány járhatatlansága és az erős széllelőkések voltak, amelyek együttesen nagy rizikót jelentettek a bevetési tűzoltók számára.

A kommunikáció a tűzoltók között kézi rádióállomásokon keresztül zajlott, a bevetési parancsnok és az irányító központ között pedig mobiltelefonon keresztül.

2012. április 29-én a felderítés elvégzése és a helyzet kiértékelése után a bevetési parancsnok elrendelte két víztöltő állomás létrehozását a helikopterek számára (egyiket

az OTO-zsákok töltésére az egyik sípálya területén, másikat a nagy térfogatú FIREFLEX tartályok töltésére, amelyekből a helikopterekkel szállított zsákokat töltik), továbbá a légi oltási modul bevetését a tűz területére (6.9. ábra). Az irányítást később átvette a Zsolnai Kerületi Tűzoltó és Mentő Szolgálat Igazgatóságának igazgatója, aki elrendelte a törzskar létrehozását, amelynek székhelyévé a királybocai (Vysná Boca) sípálya egyik panzióját választotta.

Amíg az időjárás és a légköri viszonyok engedték, a helikopterek OTO-zsákokkal folyamatosan ingáztak a víztöltő állomás és a tűzfészek között. Egy másik helikopter VSU-zsákkal pedig folyamatosan a leginkább exponált területek fölött repkedett. A tűz terjedését ezek után sikerült megfékezni. A további munkálatok során már csak a kisebb rejtett tűzfészkeket oltották Genfo hátizsákokkal.

Pár órával később viszont az időjárás jelentősen megváltozott. Hirtelen rosszabbodtak az időjárási és a légköri viszonyok, ezért a helikopterek nem tudtak több felszállást végrehajtani. Az erős szél és szélleökések hatására a tűz újra lángra kapott, és a rejtett tűzfészek kontrollálatlanul terjedtek szét minden irányba. A tüzekeket a természetes akadályok (erdei utak, összefüggő hórétég) sem tudták megfékezni.

A tömlővezeték kiépítésével párhuzamosan a légi oltási modul átcsoportosult a főrendszert kialakításához, hogy a vizet még több helyre el tudják juttatni. Végezetül a főrendszert nem alakították ki. A tömlő kiépítéséhez további technikai eszközökre volt szükség, amelyeket a rózsahegy (Ružomberok), turócszentmártoni (Martin) és homonnai (Humenné) tűzoltóállomások biztosították.

Továbbiakban is folytatódtak az oltási munkák. Az erős szélleökések hatására a tűz folyamatosan terjedt tovább, és egyes helyeken áttért az erdei utakra is, ahol több tíz méter tömlővezetéket károsított meg, továbbá egyes helyeken már lombtüzzé alakult át. A tűzoltókat és a technikát folyamatosan áthelyezték azokra a helyekre, ahol a tűz a leggyorsabban terjedt. A nagymértékű füst miatt a tűzoltók csak légzőkészülékben végezheték az oltási munkákat. A tűz folyamatosan terjedt tovább keleti irányba, ahol egy nagy falerakat volt található. A tűzoltók többször is a tűzoltó gépjármű tetején található magasnyomású sugárcsövet voltak kénytelenek használni a tömlővezetékek és a technika védelmének érdekében. 2012. május 2-án sikerült megfékezni a tüzet.

Taktikai szempontból a szentivánbocai (Nižná Boca) erdőtűz kiemelkedően összetett és bonyolult volt, magas szintű katasztrófavédelmi ismereteket igényelt. A bejelentést követően nem vetették be azonnal a megfelelő fajtájú és mennyiségű technikai eszközöket, ezért a tűz rövid időn belül gyorsan terjedt át nagy területekre. A tüzeset kiértékelését követően elmondhatjuk, hogy hatalmas erőfeszítések árán sikerült csak a tüzet megfékezni. Ebben az esetben a hagyományos oltási módszereken kívül bevetették a Genfo hátizsákokat.

### 6.3.7. Problémák és hiányosságok az erdőtűz oltása közben

Az erdőtűzek tulajdonságai:

- A tüzekek magashegyi területeken keletkeztek.
- A erdőtűzekek nagy kiterjedésűek voltak.
- A bevetést erős szélleökések és helyenként nagy hőmérséklet-csökkenés nehezítette.
- Erdőtűz oltása tagolt erdei terepen jelentősen növeli a sérülések kockázatát.



- A terület földrajzi adottságai megnehezítették, vagy helyenként lehetetlenné tették a földi tűzoltó technika bevetését. Szükséges volt a helikopterek bevetése Bambi zsákokkal, amivel viszont jelentősen megnövekedtek a bevetés kiadásai.
- Az utak közelében kőhullásveszély alakult ki, ezért volt fontos a közlekedés biztonsága szempontjából az utak lezárása és elterelése az érintett útszakaszokon.
- A rejtett tűzfészkek begyulladásának kockázata is magas. Ebben az esetben a tűz csak a gyökér vagy az üreges fák szintjén terjedne tovább.
- Ha a tüzet sikerül is lokalizálni, azokon a területeken, ahol elterjedt, lehetnek még nagy, nem károsodott területek is, főleg szűk völgyekben, ahol megtörténhet, hogy a tűz újra erőre kap és fellángol.
- Az időjárás egyes elemei nagy veszélyt jelentenek a már kialakult erdőtüzek terjedésében, nagyságában.
- A légi oltást befolyásolja a szél sebessége és iránya, a páratartalom, a csapadék, a hőmérséklet és a légköri stabilitás is.

#### *6.3.7.1. Az erdőtűzoltás pozitív tapasztalatai*

- Megfelelő technika használata – PV3S, MB Unimog, CAS T815.
- A D sugarak megfelelő használata tűzoltásra a tartálykocsikból.
- Megfelelően bevetett légi technika a tűz oltására és a felderítés elvégzésére (összetett terep, nagy területek).
- Tőrendszer kialakítása és használata vízszállításra.
- A többnapos bevetés során nem sérült meg senki.
- Minőségi segítségnyújtás és támogatás a parancsnokság részéről a bevetési parancsnok felé.

#### *6.3.7.2. Az erdőtűzoltás negatív tapasztalatai*

- Az egyszerű kézi eszközök (például lapát, kapa) a nehéz terepen nem hatásosak.
- A kommunikáció az egyes tűzoltók és területparancsnokok között különálló csatornán kell, hogy történjen.
- Lámpák és egyéb más világító eszközök hiánya éjjel az erdei terepen.
- GPS-navigáció hiánya a parancsnokok felszereléséből.
- Kedvezőtlen időjárási feltételek – a vezetékekben levő víz fagyása.
- A kidőlt fák oltásának nehézségei, mivel nagyon gyúlékony anyag, nehezen bejárható területet alkot, és jelentősen megrongál mindennemű technikai eszközt.

A fent említett erdőtüzek elemzése és az egyes tapasztalatok alapján szükséges volt a tűzoltóegységek felkészültségének javítása, fejlesztése. Az utóbbi években több gyakorlatot is folytattak, ahol az egységeket már ellátták minden szükséges technika eszközzel. Több rendszabályt is elfogadtak, amelyek biztosították:

- CAS 30 T 815-7 típusú tartálykocsik és négykerekű motorkerékpárok vásárlását;
- az önkéntes tűzoltó testületek bekapcsolódását a bevetésekbe;

- az önkéntes tűzoltó testületek számára tűzoltó technika vásárlását;
- három egység kialakítását Szlovákiában, amelyek erdőtüzes oltására specializálódtak;
- a tórendszerhez szükséges technikai eszközök nagy mennyiségben való vásárlását a tűzoltóegységek számára;
- termokamerák, navigációs eszközök és egyszerű kézi eszközök vásárlását. (*Foest-portal* 2018)

#### 6.3.7.3. A tórendszer használata erdőtűzoltásra

A tórendszer egy egyedi rendszer, amelyet legjobban az erdőtüzes oltásakor lehet kihasználni. Egy medencerendszerről van szó, amelyben az egyik medencéből a másikba tudják szivattyúzni a vizet magas nyomású hordozható szivattyúkkal. Legtöbbször nehéz erdei terepen (meredek lejtők, szűk utak) használják, amely a földi kommunikáció hiánya miatt hagyományos mobil technikával nem közelíthető meg. Ezekben az esetekben bevethető a légi technika, Genfo hátizsákok vagy a tórendszer. A vízszállítás ezen fajtája nemcsak a víz szállítását teszi lehetővé, hanem effektív kihasználását is közvetlenül a tűzfészekben. (LANDÁK 2012)

A tórendszer a következő részekből áll:

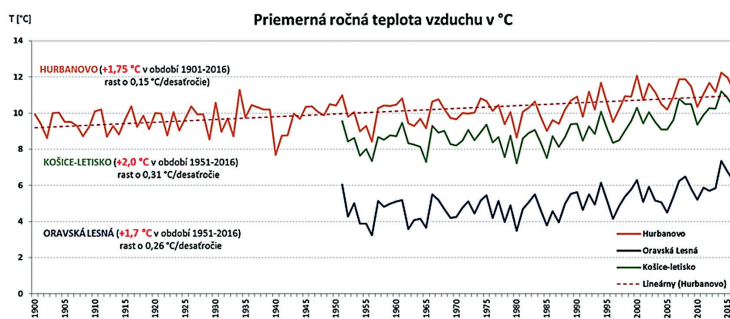
- tó – 1000 literes medence;
- C vízszállító vezetékek;
- elosztó, D tömlők, D sugárcső kompakt sugárra;
- záró csapok és szelepek, amelyek a rendszer kiürülését, esetlegesen a víz visszafolyását akadályozzák meg;
- szívócsövek;
- magas nyomású hordozható szivattyúk.

Ezen rendszer helyszínre való szállítását többféle módon is elvégezhetik. Lehetséges a helikopterrel történő szállítás, továbbá hagyományos földi mobil technikával, nehéz terepen speciális Scot-Trac gépjárművel, drótkötélpályán vagy négykerekű motorkerékpárral. Bizonyos esetekben, amikor a terep adottságai, akadályok vagy a sűrű erdő nem teszi lehetővé semmilyen jármű közlekedését sem, akkor egyetlen módszer, mégpedig a háton való cipelés az egyetlen megoldás. Maga a rendszer részekre szétszedhető és speciális zsákokban háton is szállítható. Az első medence kapcsolódhat egy tartálykocsira vagy természetes vízforrásra is. Tartálykocsira való kapcsolódás esetén viszont jelentősen növekedhet a szállítható víz mennyisége és távolsága is, akár 80 méterrel. A további szivattyúk átlagosan 35–40 méterre képesek felnyomni a vizet, az utolsó szivattyú pedig 20 méterre. A rendszer tetején egy nagyobb kapacitású 38 000 literes FIREFLEX típusú medence helyezkedik el. Ez a medence, illetve a benne levő nagy mennyiségű víz lehetővé teszi a légi oltás során használt 2 000 literes Bambi zsák töltését, illetve több vezeték kiépítését bármely irányba.

#### 6.4. A természeti környezetben keletkező tüzesetek veszélyessége és okai

A veszélyességet a tűz természeti környezetben való keletkezésének valószínűsége, a kár nagysága és az utólagos károk nagysága határozza meg. A tűz keletkezésének valószínűsége

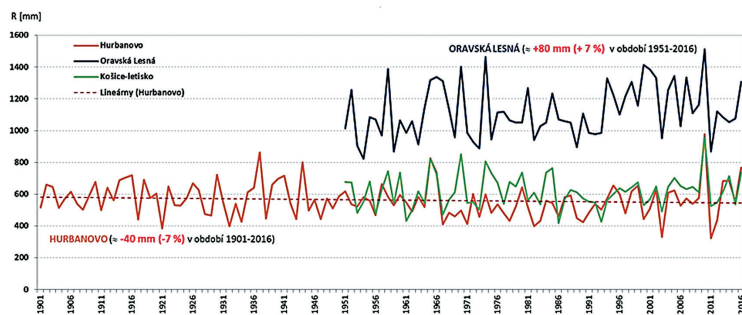
több tényezőtől és körülménytől függ. Ahogy a tüzesetek elemzéséből és kimutatásából is látható, 2014 és 2015 első fél évének tüzeseteit is nagymértékben befolyásolták az évszakok, a klimatizációs feltételek, a meteorológiai helyzet az adott térségben, de az emberi szándékos vagy hanyag, gondatlan viselkedés is.



6.8. ábra

Éves átlaghőmérséklet

Forrás: PECHO s. a.



6.9. ábra

Éves teljes csapadékmennyiség

Forrás: PECHO s. a.

A tüzesetek által keletkezett károk különböző nagyságúak lehetnek. Az elenyészően kis kártól a sosem és semmivel sem pótolható nagy károkig és halálesetekig terjedhetnek. Ez lehet közvetlen káreset, amely közvetlenül a tűz hatására keletkezik, vagy mellékkár, amely a tűzzel kapcsolatban keletkezik, vagy a bevetési művelettel van összefüggésben. Ilyenek például:

- a tűzoltó eszközök és felszerelés megkárosodása a bevetés alatt;
- a tűzoltók esetleges sérülése a tüzeseteknél;
- a tüzesetnél jelen lévő személyek esetleges sérülése;
- pénzületi és anyagi károk, egyéb utólagos kiadások;
- anyagi károk a magántulajdonokban, értéktelenné vált faanyag, kár az erdei növényzetben.

Természetesen a tűz némely következménye sok esetben csak egy idő után derül ki vagy mutatkozik meg. A kéregrágó bogarak, molyok és gombák szintén veszélyeztethetik a tüzesetben tönkrement erdőket és területeket. Ilyen esetekben állandó jellegű károk keletkeznek az egész ökoszisztémában. Ez a devasztációs folyamat sok esetben egy egész biotóp elvesztéséhez vezethet. Egy egész erdei közösség eltűnése a tűz következtében hosszan tartó folyamat után befolyásolhatja a térség klimatizációját is.

A tüzesetek veszélyességét a természeti környezetben három csoportba sorolhatjuk. Az *elsőbe* tartoznak azok a tényezők, amelyeket a tűz keletkezésének okai befolyásolnak, ami azt jelenti, hogy feltételezik a tűz valószínű keletkezését. Ezen tényezők csökkentését és megelőzését a preventív, megelőző intézkedésekkel tudjuk befolyásolni. Természetesen erre nem mindig elég az emberi erő, amiről az éves tüzesetek is tanúskodnak.

A *második* csoportba tartoznak azok a veszélyes tényezők, amelyek szoros kapcsolatban állnak a tűz keletkezésével és annak terjedésével. A zsolnai kerületben minden évben több száz tüzesetet tartunk számon, amelyeket erdőtűznek, parlagtűznek, esetleg szárazfű-tűznek nyilvánítunk. Csak néhány ilyen tűz terjed el a környezet szélesebb területére, és csak néhány esetben tart több órán át ezek leküzdése, eloltása. A tűz terjedése a természetben fizikai törvényeknek van alávetve, befolyásolják a környezeti viszonyok, és függ a tűzoltó egységek felkészültségétől is.

A *harmadik* csoport foglalkozik az utólagos károkkal, amelyeket a tűz okozott. Ezeket befolyásolják az előző két csoportban említett tényezők is. Ha nem keletkezik tűz, akkor nem keletkezik tűzkár sem. Ha időben sikerül a tüzet lokalizálni és szakszerűen eloltani, akkor a károk kicsik, minimálisak. Ellenben ha a tűz taktikailag hozzáférhetetlen hegyes vidéken keletkezik, a károk nagyon magasra szökhetnek, sok esetben több százezer eurós nagyságrendűre is.

A tüzek problémája természeti környezetben nagyon aktuális és fontos kérdés, főleg az emberekre és az emberi életre való kihatása miatt. Az éghajlatváltozás nagy hatással van az erdei tüzekre úgy Európában, mint Szlovákiában. A tüzek okának felderítése, azonnali reagálás a tüzesetekre segítség lehet a hasonló esetek megelőzésében.

## Felhasznált irodalom

- ALBERS, J. (2012): *Comparative Analysis of the Forest Fire Situation in Central-Eastern Europe. Master thesis*. Vienna, Institute of Silviculture, Department of Forest- and Soil Sciences, University of Natural Resources and Life Sciences (BOKU).
- CATRY, F. X. – REGO, F. C. – BAÇÃO, F. L. – MOREIRA, F. (2009): Modeling and mapping the occurrence of wild fire ignitions in Portugal. *International Journal of Wildland Fire*, Vol 18, No. 8. 921–931. DOI: <https://doi.org/10.1071/WF07123>
- FAO (2001): *Global forest fire assessment 1990–2000*. Forest Resources Assessment Programme, (Working Paper 55) Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO (2007): *Fire management – global assessment 2006*. A thematic study prepared in the framework of the Global Forest Resources Assessment 2005. (FAO Forestry Paper 151) Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations.

- GOLDAMMER, J. G. (2010): Preliminary Assessment of the Fire Situation in Western Russia. *International Forest Fire News*, No. 39. Elérhető: [www.fire.uni-freiburg.de/intro/about4\\_2010-Dateien/GFMC-RUS-State-DUMA-18-September-2010-Fire-Report.pdf](http://www.fire.uni-freiburg.de/intro/about4_2010-Dateien/GFMC-RUS-State-DUMA-18-September-2010-Fire-Report.pdf) (A letöltés dátuma: 2018. 03. 27.)
- GREŇA, L. (2006): *Analýza vybraných zásahových činností Hasičského a záchranného zboru*. Žilina, Diplomová práca FŠI ŽU v Žiline.
- HLAVÁČ, P. – CHROMEK, I. – MAJLINGOVÁ, A. (2009): *Od Projektu protipožiarnej ochrany lesa vo Vysokých Tatrách po vetrovej kalamite po zmeny legislatívy v oblasti ochrany lesov pred požiarom v podmienkach Slovenskej republiky*. (Jedna elektronický optický disk) Zvolen, Technická univerzita Zvolene.
- JRC (2011): *Forest fires in Europe, Middle East and North Africa 2011*. Ispra, European Commission, Joint Research Centre.
- JRC (2012): *Forest fires in Europe, Middle East and North Africa 2012*. Ispra, European Commission, Joint Research Centre.
- LANDÁK, M. (2012): *Kritické miesta v doprave hasiacich látok k lesným požiarom*. Žilina, Dizertačná práca FŠI, ŽU v Žiline.
- MAJÍŘOVÁ, I. (2010): *Hasenie lesných požiarov pomocou netradičných technických prostriedkov*. (Diplomová práca) Žilina, FŠI ŽU.
- MAJLINGOVÁ, A. – SEDLIAK M. (2010): Social vulnerability to the wildland fire. In *Bezbednosni inženjering: požar, životna sredina, radna okolina, integrisani rizici*. Novi Sad, Visoka tehnička škola strukovnih studija u Novom Sadu. 136–145.
- MONTIEL, C. – HERRERO, G. (2010): An Overview of Policies and Practices Related to Fire Ignitions at the European Level. In SILVA, J. S. – REGO, F. – FERNANDES, P. – RIGOLO, E. eds.: *Towards Integrated Fire Management – Outcomes of the European Project Fire Paradox*. *European Forest Institute Research Report*, No. 23. 35–46.
- MORENO, J. M. – OECHEL, W. C. eds. (1994): *The Role of fire in Mediterranean-type ecosystems*. New York, Springer Verlag, Ecological Studies. Vol. 107. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-1-4613-8395-6>
- NIKLASSON, M. – ZIN, E. – ZIELONKA, T. – FEIJEN, M. – KORCZYK, A. F. – CHURSKI, M. – SAMOJLIK, T. – JĘDRZEJEWSKA, B. – GUTOWSKI, J. M. – BRZEZIECKI, B. (2010): A 350-year tree-ring fire record from Białowieża Primeval Forest, Poland: implications for Central European lowland fire history. *Journal of Ecology*, Vol. 98, No. 6. 1319–1329. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2010.01710.x>
- PECHO, J. (s. a.): *Všeobecná charakteristika zmeny klímy na Slovensku*. Slovenský hydrometeorologický ústav, Bratislava–Koliba.
- PTEÚ MV SR (2014): *List faktov*. Nové Mesto, Požiarnotechnický a expertízny ústav Ministerstva Vnútra SR. Elérhető: [www.minv.sk/?fakty\\_atlas](http://www.minv.sk/?fakty_atlas) (Aletöltés dátuma: 2018. 11. 21.)
- RIGOLO, É. – FERNANDES, P. – REGO, F. (2009): Managing Wild fire Risk: Prevention, Suppression. In BIROT, Y. ed.: *Living with Wildfires. What Science Can Tell Us?* *European Forest Institute Discussion Paper*, No. 15. 49–52.
- Správa zo zásahu "Požiar vo Vysokých Tatrách 23. októbra 2000"*. (2000) Poprad, OR HaZZ.
- VÉLEZ, R. (2009): The Causing Factors: A Focus on Economic and Social Driving Forces. In BIROT, Y. ed.: *Living with Wildfires. What Science Can Tell Us?* *European Forest Institute Discussion Paper*, No. 15. 21–25.

## 7. fejezet

### **Vegetációtüzek környezeti elemekre gyakorolt hatásai, előtérben a talajban bekövetkező változások**

*Kuti Rajmund<sup>1</sup>*

#### **7.1. Bevezetés**

Több tudományos kutatás is bizonyította már, hogy Földünk éghajlata folyamatosan változik. Ez a változás az elmúlt évtizedekben érezhetően, földtörténeti léptékben is szokatlanul felgyorsult, aminek okai elsősorban emberi tevékenységre vezethetők vissza. Ez a gyors ütemű változás jelenti az egyik legnagyobb problémát, ugyanis az éghajlatváltozáshoz egyre nehezebben tud a természeti és a humán környezet alkalmazkodni. Az éghajlatváltozás pozitív következményei nem számottevők, viszont a negatív hatások dominálnak Magyarországon is. (PADÁNYI–FÖLDI 2016) Míg más országokban csak egyes területek esnek az ökológiailag legmagasabb sérülékenységi besorolás alá, addig Magyarországon szinte alig van ettől eltérő térség. Magyarország a klímaváltozás hatásai szempontjából az átlagosnál fokozottabban érintett államok közé tartozik. A meteorológiai elemzések tanulmányozása során egyértelműen megállapítható, hogy a magyarországi átlaghőmérséklet emelkedése felgyorsult, ezért a melegebb, szárazabb időszakok kitolódása hatással van a szabadtéri, különösen a vegetációs területeken kialakuló tüzekre. A szabadtéri tüzek, különösen az erdő- és vegetációtüzek – helytől és kiterjedéstől függően – a természeti környezetben súlyos károkat okozhatnak, az ökológiai pusztításaik lassan regenerálódnak. Egy nagyobb kiterjedésű vegetációs tüzeset alkalmával nemcsak a területen élő növényzet károsodik, hanem a tűz hatásai a talaj önszabályozó, önfenntartó, az emberi beavatkozás mértékétől függően önmagát megújítani képes folyamataiba is beavatkoznak. (FÖLDI–KUTI 2016) Összességében egy környezeti rendszert is veszteség ér az esetleges tűz során. Írásomban a vegetációk, továbbá a vegetációtüzek általános ismertetésén túl a tüzek környezeti elemekre, szélesebb körben a talajra gyakorolt hatásait vizsgálom. Egy a szűk környezetemben – Győrújfalu melletti vegetáció – bekövetkezett vegetációtűz által érintett területen végeztem vizsgálatokat, vettem talajmintákat, hogy a tűz által a talajban okozott változásokat követni tudjam. A talajminták laboratóriumi vizsgálati eredményeit, továbbá helyszíni megfigyeléseim tapasztalatait mutatom be. Kutatásaimmal rá kívánok világítani a környezetünkben végbemenő változások folyamatos vizsgálatának fontosságára.

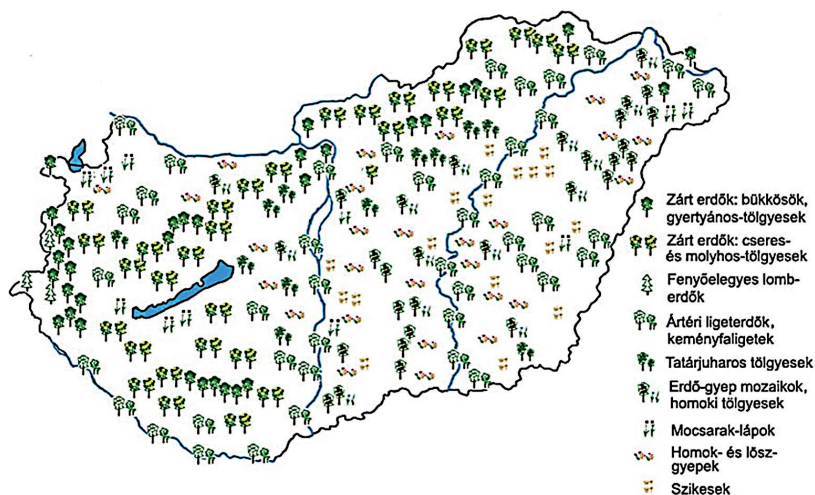
<sup>1</sup> ORCID: 0000-0001-7715-0814, [kuti.rajmund@sze.hu](mailto:kuti.rajmund@sze.hu)





## 7.2. Vegetációk a Szigetközben

A vegetáció egy adott területen található növénytársulások összessége. Ennek megfelelően a vegetáció alapegysége nem a faj vagy valamely más növényrendszertani egység, hanem a növénytársulás (*asszociáció*), illetve növényformáció. (NAGY 2008) A magyarországi vegetációk összetételét a következő ábra tartalmazza.



7.1. ábra

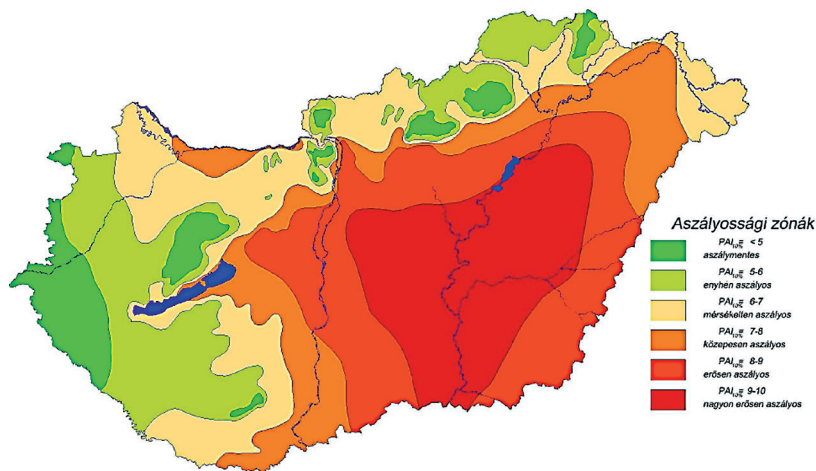
Magyarország vegetációs egységei

Forrás: MESTER–TOLDI 2009

A vegetációk kialakulását az adott területre jellemző időjárási, domborzati, vízrajzi és talajviszonyok nagyban befolyásolják. Magyarország Földünk északi féltékéjének mérsékelt égövi régiójába tartozik. Ez a földrajzi fekvés nagymértékben meghatározza hazánk növényvilágát, vegetációs egységeinek elhelyezkedését. A természeti környezet kialakításában állandóan közreműködő tényező a víz, a növényvilág szempontjából különösen fontos szerepe van. A víz túlzott jelenléte vagy éppen hiánya számos életközösség elterjedésének szabhat határokat. Az általam vizsgált terület a Szigetközben található, jellemző vegetációközösségei az ártéri ligeterdők (7.1. ábra), azonban ezek mellett számos más növény is tagja a szigetközi növénytársulásoknak. A növényvilág a folyók által feltöltött területeken folyamatosan bővült, a vízinövények helyét a szárazföldi növények foglalták el. A folyó menti területek további feltöltődésével telepedtek meg a part menti bokorfűzek, amelyek között a névadó mandulalevelű fűz mellett jelentősebb a csigolyafűz előfordulása is. A szárazabb területeken más fás szárú növényfajok is megjelentek, köztük a hamvas éger, az egybibéjű galagonya és a veresgyűrű som is. A vegetációközösségekben a bokorfűzesek feletti szintet a fűz-nyár ligeterdők alkotják, napjainkban is viszonylag nagy területeket, főleg a folyóparti sávokat borítják ezek a növények. A közösségek fő növényfajai a fehér fűz és a törékeny fűz mellett a fehér és szürke nyár. A Mosoni-Duna mentén a magas ártéri szinten valaha



uralkodó szerepet töltöttek be a tölgy-, szil-, kőrisfákból álló ligeterdők. Napjainkra ezeknek a vegetációtársulásoknak az összetétele megváltozott, amiben a globális éghajlatváltozás is szerepet játszott. A magas ártéri társulások jellemző fafajtái a kocsányos tölgy, mezei szil, magyar kőris, mézgás éger, fehér nyár, szürke nyár, ritkábban fellelhető a zselence meggy és a hegyi juhar. A közösségek cserjeszintjét is gazdag összetétel jellemzi. Megtalálható a fekete bodza, mogyoró, ükörke lonc és a kányabangita. A gyepszintben rendkívüli a fajgazdagság a fellelhető fajok száma nagy. Csak a leggyakoribb növényeket említve, előfordul a posvány sás, a fehér sás, a ritkás sás, a hamvas szeder és a medvehagyma. Előbbiek mellett sok helyen tömegesen fordulnak elő a védett nyári tűzikek is. (BORHIDI 2003)



7.2. ábra

Magyarország aszályossági zónái

Forrás: PÁLFAI-KOZÁK 2010

A Szigetköz kialakulásánál és jelen állapotában is meghatározó szerepet játszott a víz, illetve játszik ma is. A klimatikus és talajtani viszonyokat is jelentősen befolyásolja a nagy mennyiségű felszíni és felszín alatti vízkészlet. Az itt kialakult ökoszisztémák léte is döntően a víz jelenlététől függ, ezért a vízszintnek a tartós csökkenése vagy emelkedése az ökoszisztémák jelentős változásához vezetne. A vegetációközösségek összetételét az adott terület talajának szerkezete, víztartó képessége, tápanyagtartalma is nagyban befolyásolja. A mélyebb fekvésű, közvetlenül a természetes vizek mellett fekvő területek talajainak kialakulásában elsősorban a víz játszik szerepet, ezek a hidromorf talajok. Ebbe a körbe tartoznak a folyó menti öntéstalajok, a réti és a láptalajok. (BORHIDI 2003) A Szigetközben található jó minőségű talajoknak köszönhetően jelentős területek állnak mezőgazdasági művelés alatt, nagy területeket vegetációsávok választanak el egymástól. Ezeknek a közösségeknek az összetételére a mezőgazdasági művelés is hatással van, megfigyeltem, hogy az ártéri ligeterdőkhöz képest eltérő fafajták és cserjék is megtalálhatók a vegetációsávokban. A szigetközi vegetációközösségek összetételére az elmúlt évtizedekben bekövetkező aszályos időszakok is hatással vannak, ugyanis ez a káros jelenség

egyre sűrűbben jelentkeznek ezeken a területeken is a csapadékhiányos időszakokban. Hazánk aszályossági zónái a következő ábrán láthatók.

A szigetközi vegetációk határai több esetben közvetlenül a lakott területek mellett vannak, összetételükre az emberi közreműködés is hatással van. Ártéri rétek is találhatóak a Szigetközben, de az ott keletkező tüzek hatásaival jelen írásban nem foglalkozom.

### 7.3. A vegetációtüzek környezeti hatásai

A vegetációközösségekben keletkezett tűz, legyen antropogén vagy természetes eredetű, megzavarja az ökoszisztémák funkcionális folyamatait. A tűz komplex hatása nehezen adható meg általánosságban, mivel nagyban függ annak jellemzőitől. Ilyenek például: a tűz időszakára jellemző időjárási körülmények, a tűz előtti és utáni csapadékviszonyok, a tüzesetek előfordulásának gyakorisága, a tűz térbeni kiterjedése, intenzitása és tartalma. (NAGY 2008) A vegetációtüzek környezeti ártalmait többféle szempontrendszer szerint lehet csoportosítani. A csoportosítás azért szükséges, mert az összefüggések felismerése alapján bizonyos káros hatások csökkenthetők, vagy a jövőben esetleg egyszerre megelőzhetők lehetnek. A csoportosítás alapja lehet a tüzek által érintett terület nagysága, időbeli lefutásának hossza, a környezeti elemekre gyakorolt hatások. A vegetációs területeken keletkezett tüzek környezeti ártalmait a későbbi tüzesetek bekövetkezésének megelőzése, továbbá környezetünk megóvásának érdekében, valamint az érintett területek ökoszisztémája helyreállításának szempontjából is vizsgálni kell. Az időbeli lefutást is figyelembe véve a továbbiakban a vegetációtüzeknek a következőkben felsorolt környezeti elemekre gyakorolt hatásait vizsgálom:

- levegő,
- talaj,
- víz,
- élővilág,
- táj,
- mesterséges környezet.

#### 7.3.1. Levegő

A vegetációtüzeket nem a tökéletes égés jellemzi, azaz intenzív füstképződéssel járnak együtt, aminek következtében a levegőbe kerülő nagy mennyiségű szerves mikrorészecske is szennyezi az atmoszférát. A tökéletlen égés következtében szén-monoxid (CO) is kerül a levegőbe, amely az összes élő szervezetre veszélyt jelent. A tüzek során nagy mennyiségű szén-dioxid (CO<sub>2</sub>) is kerül a légkörbe, amely a levegő változó összetevője, ugyanis a megfigyelések szerint légköri mennyisége a múlt évszázad eleje óta folyamatosan nő. Földünk óceánjai és a légkör közötti egyensúly fenntartásához állandó koncentrációra van szükség. Ez a Föld légkörének szempontjából nagyon lényeges, mert a szén-dioxidnak a sugárzási mérleg kialakításában fontos szerepe van. Ez a gáz a levegőben a rövid hullámú napsugárzást gyengítés nélkül átengedi, a felszínről visszaverődő infravörös kisugárzást azonban nagymértékben elnyeli. Ez a jelenség az üvegházhatás, amely a légkör szén-dioxid tartalmának feldúsulásakor következik be. (RÁCZ et al. 2002) A szén-dioxid-kibocsátás

növekedése tehát a légkör felmelegedését eredményezi, valamint gyorsítja a globális éghajlatváltozást. Amennyiben a tűz zöld területet is érint, a növényzet égésekor nagy mennyiségű további mérgező égéstermék keletkezik és kerül a levegőbe. Ilyen égéstermékek például a különböző illó olajok, a benzol és származékai. Ezek a mikrorészecskék a szerves anyagok részleges bomlásakor keletkeznek. (FÖLDI–KUTI 2016) A tüzek során a gázcsere következtében a légkörbe kerülő szilárd égéstermékek nemcsak a tűz közvetlen helyszínén és közelebbi környékén szennyeznek, illetve veszélyeztetnek élőlényeket, hanem belekerülve a tűz által gerjesztett légmozgásokba több km magasra is feljuthatnak a tűz nagyságától függően. Ebben a magasságban pedig az ott uralkodó légmozgásnak köszönhetően akár 10–50 kilométert is utazhatnak, távolabb is szennyezve a környezetet. Ez különösen akkor kellemetlen, ha a szél lakott terület felé szállítja az égéstermékeket.

### 7.3.2. Talaj

A talaj a földkéreg legfelső, laza, szilárd, termékeny rétege, amelyet a növények gyökérzete és a mikroorganizmusok együttes tevékenysége hozott létre a kőzetek és az elhalt szerves maradékok anyagából. A talaj tehát az élő és az élettelen természet szimbiózisának az eredménye, élő anyag, amely az ökológiai rendszer fenntartásának fontos tényezője. A talaj helyhez kötött, ennek következtében nehezebben távoznak belőle a szennyező anyagok, mint a levegőből vagy a vízből. (EDWARDS–OWENS 1991) A vegetációtüzek során fellépő nagymértékű hőterheléstől az érintett területen teljesen kipusztul a növényzet nagy része, amelynek hiánya miatt a talaj átalakulása felgyorsul. Megszűnik a gyökerek talajösszetartó ereje, a talaj sokkal porhanyósabbá, lemoshatóvá válik. Főleg dombos területen az érintett domboldalról csapadék hatására a termőtalajréteg nagyon könnyen és gyorsan lemosódik, valamint szél hatására bekövetkező defláció lép fel. Sík területen a tűz során keletkezett vastag hamuréteg a csapadék hatására bemosódik a talajba, ezáltal a talaj ellúgosodik, ami a következő években visszavetheti az ökoszisztéma működését. További probléma, hogy a tűz során felszabaduló hő miatt a talaj felső rétegében található szerves anyagokat felszabadító mikroorganizmusok kipusztulnak, ez a növényzet fejlődését nagyban befolyásolja. Azok a növények, amelyeknek az ellúgosított talaj nem felel meg, gyengébben fejlődnek, valamint a területre nem jellemző növények is életteret nyerhetnek. Ez a környezeti ártalom az eredeti életkörülmények visszaállításának akadálya lesz. A tűz által nem érintett területeken a talaj mikroorganizmusok tekintetében gazdagabb, mint a tűz által elpusztított és később valamilyen szinten regenerálódott talaj. Pontos képet a talaj állapotáról csak a részletes talajállapot-vizsgálatok adhatnak. A vizsgálatok eredményeinek ismeretében kell gondoskodni a talaj fizikai, kémiai, biológiai jellemzőinek visszaállításáról. Megállapították továbbá, hogy a tűz által kifejtett hőterhelés a talaj nedvességtartalmát nagymértékben csökkenti. További hatása a nagy területű tűznek, hogy a részben vagy egészben elpusztult növényzet miatt – domborzati adottságok figyelembevételével mellett – a talajerózió nagyon felgyorsul a tüzet követő időszakban, ezáltal megszűnik a termőtalajréteg. (EDWARDS–OWENS 1991) A talaj felett lévő növényi részek az elégés után nem állítják meg a tűz terjedését, a tűz parázs formájában a növény talajszint alatti részeit emésztí el, ezáltal a gyökerek is megsemmisülnek. A vegetációs területeken keletkezett tüzeket általában vízzel oltják, de különleges esetekben, ha az épített környezet elemeit veszélyezteti a tűz, akkor különleges tűzoltó anyagokat, például habképzőket is felhasználnak. (KUTI 2014)

A tűzoltás során fontos a talajjal kapcsolatos környezetvédelmi előírások betartása, hiszen nemcsak a talaj káros anyagoktól való megvédése a feladat, hanem termékenységének, természetes életfolyamatainak megőrzése is. A tűzoltás során alkalmazott oltóhabok talajra gyakorolt hatása mennyiségtől és fajtájától függően környezeti veszélyt jelent, amelyet a felszín alatti víz és a földtani közeg minőségi védelméhez szükséges határértékekről szóló 10/2000. (VI. 2.) KöM-EüM-FVM-KHVM együttes rendelet szerint kell vizsgálni. A proteinalapú habképző anyagok állékonyasága és hőállósága érdekében kevés szulfitlúgot, zsírsav frakciót és konzerváló szert, stabilizálóként a vasfémeknek alacsonyabb oxidációs fokú szulfátját és alumíniumsókat is tartalmazhatnak. A habképző anyagok ellenálló képességének növelése érdekében a koncentrátumok a bennük lévő stabilizáló, fagyáspontcsökkentő, korróziógátló, viszkozitást növelő adalékok miatt sok nehézfémeket is tartalmaznak. A nehézfémek közé tartoznak például a króm (Cr), kadmium (Cd), kobalt (Co), nikkel (Ni), higany (Hg), ólom (Pb), ón (Sn), réz (Cu), cink (Zn), volfrám (W). Sok nehézfém nemcsak elemi formában, hanem oldható só alakjában is erősen mérgező hatású lehet. A környezeti elemek közül például a vizekben, az üledékes kőzetekben, a levegőben, a növényekben a koncentráció feldúsulhat, ahonnan bekerül a táplálékláncba, az élelmiszerekbe és végső soron az emberi szervezetbe. Az utóbbi időben ez a probléma a figyelem központjába került. A szintetikus habképző anyagokból alkalmazásuk során a tűzoltási hatékonyság növelése érdekében vékony, az oltandó anyagok felületét jól fedő filmréteg képződik, amely még azután is megmarad, miután maga a hab teljesen eltűnt. A szintetikus habképző anyagok alkotói a fluort tartalmazó tenzidek is, amelyek jellemzően igen stabil vegyületek, biológiai lebomlásuk rendkívül lassú. A szintetikus habképző anyagokból előállított habok nagymértékben terhelik környezetünket a bennük lévő vegyi anyagok miatt, ezért alkalmazásuk, valamint a tüzeset utáni utómunkálatok végzése különleges körülményt igényel. A habképzőanyag-koncentrátumokra vonatkozó biológiai követelményeket a 2000. évi XXV. törvény a kémiai biztonságról és annak végrehajtási rendeletei szabályozzák. A tűzoltás során alkalmazott habképző anyagok talajra gyakorolt hatása azok fajtájától és mennyiségétől függően jelent környezeti veszélyt. Fontos tehát a tűzoltás során mérlegelni a habképző anyagok felhasználásának tekintetében, ugyanis annak összetevői a talajba kerülve annak eredeti egyensúlyi folyamatait felborítják, elsavanyítják, ellúgosítják, kémiai összetételét megváltoztatják, azáltal az ökoszisztémára is hatást gyakorolnak. Ezeket a tűzoltó anyagokat talajra gyakorolt hatás tekintetében nem vizsgálták, ugyanis elsősorban nem természeti környezetben történő felhasználásra fejlesztették ki őket, viszont ha lakott területeket vagy erdőket veszélyeztet a tűz, akkor alkalmazásuk hozzájárulhat az emberi életek megóvásához, továbbá az anyagi károk csökkentéséhez. Ezeknek az anyagoknak a környezetre gyakorolt hatásaival kevés kutatás foglalkozott, pedig szükséges lenne vizsgálatokat végezni, mert még ha kémiailag semlegesek is, a természetbeli eredeti összetétel arányait mindenképpen befolyásolják, megváltoztathatják. (NAGY–KUTI 2015)

### 7.3.3. Víz

A nagy kiterjedésű vegetációtüzek közvetlen és közvetett módon is vezetnek a vizek szennyezéséhez a tüzek során a légkörbe kerülő, majd onnan kicsapódó szennyezők által. Közvetlenül a közeli vizekben vízfelszíni szennyeződést okozhatnak a korom, a pernye és a kisebb növényi részek. Közvetve a magasabb légköri áramlásoknak köszönhetően a szennyezés a távolabbi

vizekben is megjelenhet. (RESTÁS 2008) A tűzoltáshoz használt víz belemoshatja az oltáshoz használt egyéb kémiai anyagokat a környező vízfolyásokba, ezáltal a közelben lévő álló és folyóvizeket is megfertőzheti, elszennyezheti. Azok a kémiai anyagok, vegyületek, amelyek a talajba kerülve kémiaiilag semlegesek maradnának, és esetlegesen csak az összetételarányt változtatnák meg, a vízbe kerülve kémiai reakció hatására nagyon könnyen aktivizálódhatnak, és a vízfolyás mentén sokkal nagyobb területet szennyezhetnek be, mint a tűz közvetlen környezete. (FÖLDI–KUTI 2016) A vízbe kerülve ezek az anyagok a vízi élővilágot veszélyeztethetik, kipusztíthatják. Az előbbieken már említettük, hogy a habképző anyagok különféle tulajdonságainak javítása érdekében különféle nehézfémeket is tartalmaznak. Amennyiben a tűzoltó habok – különösen a szintetikus habok – az oltás folyamán vagy annak következményeként bekerülnek az élővizekbe, a bennük található szintetikus detergens nem engedi a nehézfémeket rögtön a befolyás helyén kiüledni, hanem hosszú ideig azokat a vízben lebegtetni. Ennek hatására a nehézfémek nagy területen fognak szétszóródni és a továbbiakban a káros hatásukat kifejteni. A használatos és rendszeresített kémiai tűzoltó anyagokkal komplex laboratóriumi vizsgálatokat nem végeztek, ezért az összes élővízbeli hatásukról nem rendelkezünk pontos információkkal. A vizek védelme érdekében viszont alkalmazásukat az élővizek közelében lehetőség szerint kerülni kell.

#### 7.3.4. Élővilág

A nagy kiterjedésű vegetációtüzek bekövetkezésének gyakorisága és az általuk pusztított terület megnövekedése hatással van az élővilágra is. A növényvilág összetételében bekövetkező változások egyik oka a globális éghajlatváltozással összefüggő kiszáradási folyamat, amely a tüzek keletkezésében is közrejátszik. Ennek a kiszáradási folyamatnak a következtében az elmúlt 10 évben kb. 100 mm-rel kevesebb csapadék hullott hazánkban az évente szokásosnál. A növények víztartalma lecsökkent, ez a tendencia vezetett ahhoz, hogy a növényzet gyulladási hőmérséklete is alacsonyabb lett, így kisebb energiájú gyújtóforrás is elegendő a lángra lobbantásukhoz. A tűz által érintett terület mellett lehetnek más fejlődési ciklusú haszonnövények, továbbá rétek, kaszálók is, ahová legtöbb esetben a tűz áterjed. (NAGY 2008) Az éghető aljnövényzettel kevésbé borított területeken, a ligetes, túlnyomórészt lomberleves, lombos fákkal és cserjékkel borított részekben a tűz kisebb intenzitású, így az égés részlegesen érinti a területet és a növényzetet is. Ez azt jelenti, hogy a fák, cserjék lombozatának egy része fennmarad, más része a hőhatás következtében lehullik. Ezek a fák, cserjék – a károsodás mértékétől függően – törzsükből, gallyaikból, ágaikból, tövükből, gyökereikből sarjakat tudnak képezni, ezáltal képesek regenerálódni. A fákkal és cserjékkel sűrűn benőtt részek kedveznek a tűznek, táplálják azt. Itt a tűz könnyen terjed, és teljes égéskár keletkezhet. A területen található fák, cserjék teljesen elpusztulnak, sőt a köztük, közelükben lévő fák, cserjék, évelők föld feletti részei is a hőhatás következtében. A cserjék tövében élő évelők a kiterjedt tűz következtében általában teljes égéskárt szenvednek, azaz a talaj feletti részeik elpusztulnak. A tüzet követő egy évben általában élettelen a növényzet, bár a kiadós csapadék jelentős szerepet játszik újraéledésükben. Ezután rendkívül gyorsan, nagy tömegben mindenütt megjelennek a különböző növényi sarjak, kizöldül a terület, bizonyítva ezzel a természet égési katasztrófát is túlélő erejét, megújulási képességét. A növénytakaró felújulása, az égett terület természetes úton növényekkel való benépesülése sarjakon kívül a magokkal is megtörténhet. A magok

az égést túlélve a talajból szélllel, valamint a madarak, emlősök és rovarok közreműködésével a környező le nem égett területekről származhatnak. Egyes fafélék megégésükkor nem képesek regenerálódni, felújulásuk csak szórványosan történik, visszatelepítésükhöz emberi segítségre van szükség. (NAGY 2008)

A lágyszárúak nélkülözhetetlenek a talaj fedésében, takarásában, védelmében. Legtöbb esetben csak a tűz utáni év tavaszán indul meg a vegetáció, a növények kihajtása. A talaj nagy része a tűz után fedetlen marad, ez lehetővé teszi a napsugárzás perzselő hatásának, a szél szárító hatásának és a csapadékvíz eróziójának érvényesülését. Ezáltal az elégett növényekből hátramaradó ásványi anyagok és az égés során különböző mértékben károsodott humusz egy része is elfolyik a mélyebben fekvő részekre, ahol a termőhelyi körülmények ezáltal megváltozhatnak, így megteremtve a feltételeket a nem őshonos fajok elterjedéséhez. A lágyszárú növények tűz után elsősorban vegetatív úton, sarjakkal regenerálódnak. A sarjak megjelenése egy év után látványos. Minden növény – ami megjelenik a tűz után – még azok a fajták is, amelyek nemkívánatosak a területen, hasznos védőszerepet töltenek be. Az 1-2 éves növények az égést túlélő magokkal, a szomszédos nem égett területekről származó magokkal szaporodhatnak, és telepednek vissza. Előbbiek miatt tehát a lágyszárúak nélkülözhetetlenek a talaj fedésében, takarásában, védelmében. (MILLER et al. 2012) A vegetációtűzek komoly hatást gyakorolnak a tűz által érintett terület állatvilágára is. Azok az emlősök, amelyek képesek elmenekülni a tűz elől, életben maradhatnak, a területen maradt többi állat elpusztul. A madarak is megszenvedik a vegetációtűzeket, a kifejtett példányok elrepülnek, a fiókák azonban szintén elpusztulnak. A területen található rovarvilág nagy része szintén elpusztul a tűz közvetlen hatásai miatt. Azok a rovarok, amelyek járatai a föld alatt olyan mélységben találhatók, hogy védettek a sugárzó hőtől, túlélhetik a tüzet, viszont a helyszínen kialakult körülmények jelentősen leszűkíthetik táplálékforrásaikat, ezáltal további életük is veszélybe kerül. (NAGY 2015)

### 7.3.5. Táj

Egy nagy kiterjedésű vegetációtűz már az égés közben elkezd átformálni a tájat. Amikor a tüzet sikerül eloltani, és a füst is elszáll a területről, akkor látható a táj nagymértékű átalakulása. Rögtön feltűnik, hogy a tűz által érintett terület teljesen szürkévé vált, égett növény-maradványok és vastag hamu borítja a talajt. Ez a kép sajnos hosszú ideig biztosan megmarad. Az esőzések hatására általában a tüzet túlélő növények hajtani kezdenek, ennek következtében a terület színe megváltozik. A növények kihajtásával, majd azok növekedésével folyamatosan változni fog a táj képe. Az eső és a szélerózió a tűz által érintett terület közvetlen környezetére is hatással van, ugyanis a szél által szállított égéstermékek az esőnek köszönhetően a talajba mosódnak megváltoztatva annak minőségét, ezáltal az azt borító növényzet életkörülményeit. Később a területen megjelenő új növényfajták is átformálják a táj képét.

### 7.3.6. Mesterséges környezet

A vegetációtűz akkor gyakorol közvetlen hatást a mesterséges környezetre, ha a tűz által érintett vegetáció közvetlenül a lakott vagy épített terület mellett található. Amennyiben



nem sikerül megfékezni a tüzet, és az a lakókönyezetbe is továbbterjed, akkor az ott található épületek is tűzkárt szenvedhetnek, és a lakosság élete is veszélybe kerülhet. Közvetve a tűz során keletkezett füst és további égéstermékek is káros hatást gyakorolhatnak a mesterséges környezetre, ha a szél a füstöt annak irányába viszi.

#### 7.4. A vegetációtüzek kedvező környezeti hatásai

A vegetációtüzeknek, bár a károkozashoz képest csekély mértékben, vannak a környezetre, a növényvilág fejlődésére kedvezően ható vagy inkább előnyösnek mondható hatásai is. Ezek a hatások csak bizonyos szemszögből előnyösek, széles körű kutatások bizonyították, hogy mértékük a károsító hatásokkal szemben elhanyagolható. Egyes növényfajták életciklusához szükséges a rendszeres erdőtűz. Európában is honos bizonyos fenyőfajták toboza csak az erdő- és vegetációtüzek okozta hő hatására nyílik ki, és szórja el magvait. Ezek a fenyők vastag kérgűek, ennek köszönhetően jól ellenállnak a tüzek hatásainak, és szaporodásuk szerves része a rendszeres erdőtűz. Előbbiekhez hasonlóan érdekes módon egyes állatfajták és rovarok szaporodásának is része a rendszeres erdőtűz. Ezeknek a rovaroknak a lárvái csak az égő fakéreg alatt kelnek ki a nagy hő hatására, ennek hiányában évekig be vannak bábozódva, és várják a tüzet. Nagy kiterjedésű vegetációtűz után lehetőség van az érintett területen nem őshonos vagy nemkívánatos növények erdőtechnikai visszaszorítására is. Az egyik elfogadható haszon az erdőtűzből, hogy az elégett tüzelőanyag visszamarad a helyszínen, és a lebontott szerves anyag visszakerül a táplálkozási lánc elejére, és később felhasználódik mint az újratelepülő növényzet alapépítőköve, és ezáltal nem kerül ki a körforgásból. A hasznosítható részek – vastag fák – elszállítása után a vékony ágakat a helyszínen kell hagyni, hogy azok a lebomlás után biomasszaként szolgálják a természetet. (NAGY 2008) Előnyös hatásnak tekinthető még, például amikor a tűz következményeként a növényzetet károsító gombabetegségek, fertőzések, továbbá az adott területen élő kártevők egy időre eltűnnek. Azokon a területeken, ahol a vegetációtűz előtt a talaj pH-értéke savas volt, kedvező lehet a tűz következtében keletkezett hamu talajba mosódása, amely lúgosításával a talaj minőségének javítását eredményezi. (FÖLDI–KUTI 2016)

#### 7.5. Saját vizsgálatok

A vegetációtüzek környezeti hatásainak tanulmányozása, a kapcsolódó jelenségek pontos megismerése érdekében egy vegetációtűz által érintett szigetközi terület talajának laboratóriumi vizsgálata mellett döntöttem. A tüzeset Győrújfalutól északra, nagyjából 3–4 km távolságra, két szántóföldi táblát elválasztó kb. 15 m széles vegetációsávban történt. A vegetációsáv egyik oldalán földút található, amelyen a mezőgazdasági területek is megközelíthetők. A terület vegetációközösségét faszinten fehér nyárfák, mellettük néhány akác, cserjeszinten nagyrészt bodza, talajszinten fűfélék és gyomnövények borították. A tüzeset nyárvégi időszakban történt, a vegetációs sáv mindkét oldalán található mezőgazdasági területeken az aratás és a tarlóhántás már megtörtént. A tűz gyorsan terjedt a vegetációs sávban a teljesen száraz aljnövényzet miatt, a füstöt már messziről látni lehetett, pedig szélcsendes időszak volt. A tűz eloltásáig a terület nagy része égett, a cserjék teljes terjedelemben, a fák



szárai és az alsó ágak is égtek. A tüzeset után megtekintettem a területet, megállapítottam, hogy annak egyharmad részét, nagyjából 2500 m<sup>2</sup>-t érintett a tűz. Az égett területen a cserjék és az aljnövényzet teljesen kiégett az alacsonyabb fák törzse és ágai, valamint a nagyobb fák törzse erősen megégett. A talajt 3–5 cm vastagságú hamu borította, a tűz által érintett terület szürke színű lett. Annak ellenére, hogy az égett terület viszonylag átlagos felületű volt, a gázcsere során kialakuló gázáram által szállított pernyedarabokat még 100 méteres távolságon kívül is megtaláltam. A talajminták vételével megvártam az őszi esőzések utáni időszakot, hogy a talajban bekövetkező pH-változást is nyomon tudjam követni. Továbbá a bejárás során megállapítottam, hogy a talaj felső 5 cm-es rétege teljesen elporladt.

### 7.5.1. Helyszíni mintavételezés

A területet többször is megtekintettem, hogy az ökoszisztémában bekövetkező változásokat követni tudjam. Megállapítottam, hogy az esőzések után a terület színe megváltozott, barnásfekete árnyalatú lett, mint az időközben felszántott szomszédos mezőgazdasági területek. A mintavételezést késő ősze halasztottam, több esőzést is megvártam, hogy a talajban bekövetkező változások jobban kimutathatók legyenek. Az eltelt időszakban az aljnövényzet nem hajtott ki, a cserjék és fák sem mutattak változást. Az égett részen a mintavételi helyet a terület középső részén jelöltem ki, a kontrollmintákat pedig a vegetációközösség tűz által nem érintett részén, szintén a vegetációs terület közepén, az égési határtól nagyjából 50 m távolságban vettem. A mintavételhez rendszeresített gyalogsági ásót, a mélység méréséhez pedig hitelesített mérőrudat használtam. A hiteles mélységmérés érdekében kevésbé egyenetlen felszínű, akadálymentes mintavételi helyeket kerestem. A kontrollterületen első lépésként a talaj felszínét borító növényeket eltávolítottam, így megteremtve az ideális mintavételi körülményeket. A mintavételt mindkét területen 5–10–15 cm mélységből végeztem, a mintákat előre felcímkézett mintavevő zsákokba helyeztem, azután a vizsgáló laboratóriumba szállítottam.

A vizsgált talaj típusa szigetközi csernozjom talaj. Az eredmények értékelése szempontjából fontosnak tartom a talaj jellemzését is bemutatni. A csernozjom talaj főtípusban azokat a talajokat egyesítjük, amelyekre a humuszanyagok felhalmozódása, a kedvező, morzsalékos szerkezet kialakulása, a kalciummal telített talajoldat kétirányú mozgása jellemző. Ezek a talajjellemzők az őszi füves növénytakaró alatt bekövetkezett talajképződés eredményei. Kialakulásukhoz elengedhetetlen a víz, és átlagosan évi 550–650 mm csapadék, valamint 12 °C átlaghőmérséklet szükséges. Jellemzőjük a viszonylag nagy biológiai aktivitás, ebben a talajtípusban sok különféle állatjárat található. A csernozjom főtípus jellemző folyamatai a humuszosodás, a kilúgozás, az agyagosodás, a sófelhalmozódás, valamint a vasmozgás. Humuszosodás során az aerob baktériumok által termelt és az elhalásuk után képződő huminsavak a talajoldat kalciumionjaival humátokat képeznek. Ez a folyamat a mélyebb szintekben csak fokozatosan csökkenő erősséggel található, aminek következményeként a csernozjom talajokban a humusztartalom mélységgel együtt fokozatos csökkenése tapasztalható. Kilúgozás során a csernozjom talajokban a szénsavas mész oldódik ki a felső talajszintekből, de sok esetben csak a karbonáttartalom csökkenése tapasztalható. Egyedül a kilúgzott csernozjom típusban, esetenként pedig az erdőmaradványos csernozjomokban lúgozódnak ki a karbonátok a humuszos szintnél mélyebbre. Agyagosodás a csernozjom

főtípus esetében kevésbé jellemző, hazai éghajlati viszonyaink mellett inkább az agyagásványok átépülése, átalakulása tapasztalható. A sófelhalmozódás kismértékű, csak a mélyebb talajszintekre korlátozódik. Előfeltétele a sok sót tartalmazó talajvíz, amely a kapillárison felhúzódva a talajszintekben betöményedik, és sókiválást eredményez. A vasmozgás szintén kismértékű, csak a mélyebb talajszintekre korlátozódik. Ennek a jelenségnek is előfeltétele a viszonylag magasabb talajvízszint. (STEFANOVITS et al. 1999)

## 7.5.2. Minta-előkészítés és laboratóriumi mérés

Az általam vett talajminták előkészítését és a részletes talajvizsgálatokat a Synlab Umweltinstitut Ungarn Kft. akkreditált vizsgáló laboratórium végezte a vonatkozó szabványi előírásoknak megfelelően. A higany (Hg) vizsgálatot a Győr-Moson-Sopron Megyei Kormányhivatal Népegészségügyi Főosztály Laboratóriumi és Sugáregészségügyi Decentrum Tefonaz Laboratóriuma, akkreditált vizsgáló laboratórium végezte. A Synlab laboratórium teljes körű, bővített talajvizsgálatot végzett, a vizsgálatok során alkalmazott mérési eljárásokat a következő táblázat tartalmazza.

7.1. táblázat

*Bővített talajvizsgálat mérési eljárásai*

| Paraméter                                                                      | Jelölés                                                      | Mérési eljárás     |
|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------|
| <i>pH (KCl)</i>                                                                | $\text{pH}_{\text{KCl}}$                                     | MSZ-08-0206-2:1978 |
| <i>Arany-féle kötöttség</i>                                                    | KA                                                           | MSZ-08-0205:1978   |
| <i>Vizoldható összes só</i>                                                    | Só%                                                          | MSZ-08-0206-2:1978 |
| <i>Humusztartalom</i>                                                          | Humusz%                                                      | MSZ-08-0210:1977   |
| <i>CaCO<sub>3</sub> tartalom</i>                                               | CaCO <sub>3%</sub>                                           | MSZ-08-0206-2:1978 |
| <i>AL-oldható Foszfor (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)</i>                         | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>                                | MSZ20135:1999      |
| <i>AL-oldható Kálium (K<sub>2</sub>O)</i>                                      | K <sub>2</sub> O                                             | MSZ20135:1999      |
| <i>AL-oldható Nátrium (Na)</i>                                                 | Na                                                           | MSZ20135:1999      |
| <i>KCl oldható Magnézium</i>                                                   | Mg                                                           | MSZ20135:1999      |
| <i>KCl oldható NO<sub>2</sub><sup>-</sup>+NO<sub>3</sub><sup>-</sup> N (N)</i> | NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> +NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> N | MSZ20135:1999      |
| <i>KCl oldható Szulfát (SO<sub>4</sub>)</i>                                    | SO <sub>4</sub>                                              | MSZ20135:1999      |
| <i>EDTA oldható Réz (Cu)</i>                                                   | Cu                                                           | MSZ20135:1999      |
| <i>EDTA oldható Mangán (Mn)</i>                                                | Mn                                                           | MSZ20135:1999      |
| <i>EDTA oldható Cink (Zn)</i>                                                  | Zn                                                           | MSZ20135:1999      |
| <i>Arzén, királyvíz oldható (As)</i>                                           | As-tot                                                       | MSZ21470-20:2006   |
| <i>Kadmium, királyvíz oldható (Cd)</i>                                         | Cd-tot                                                       | MSZ21470-20:2006   |
| <i>Króm, királyvíz oldható (Cr)</i>                                            | Cr-tot                                                       | MSZ21470-20:2006   |
| <i>Réz, királyvíz oldható (Cu)</i>                                             | Cu-tot                                                       | MSZ21470-20:2006   |
| <i>Higany, királyvíz oldható (Hg)</i>                                          | Hg-tot                                                       | MSZ21470-20:2006   |
| <i>Nikkel, királyvíz oldható (Ni)</i>                                          | Ni-tot                                                       | MSZ21470-20:2006   |
| <i>Ólom, királyvíz oldható (Pb)</i>                                            | Pb-tot                                                       | MSZ21470-20:2006   |
| <i>Cink, királyvíz oldható (Zn)</i>                                            | Zn-tot                                                       | MSZ21470-20:2006   |

*Forrás: a szerző összeállítása a Synlab adatai alapján*

A 7.1. számú táblázatban bemutatott vizsgálati szabványok szerint elvégzett talajvizsgálatok eredményeit égett talajminták esetén a 7.2. táblázat, a kontrollminták esetén a 7.3. táblázat tartalmazza.

7.2. táblázat  
Égett talajminták

| Minta                  | pH <sub>KCL</sub> | KA | Só%  | Humusz | CaCO <sub>3</sub> % | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | Na    | Mg    | NO <sub>2</sub> +NO <sub>3</sub> -N | SO <sub>4</sub> |
|------------------------|-------------------|----|------|--------|---------------------|-------------------------------|------------------|-------|-------|-------------------------------------|-----------------|
|                        |                   |    | m/m% | m/m%   | m/m%                | mg/kg                         | mg/kg            | mg/kg | mg/kg | mg/kg                               | mg/kg           |
| A <sub>1</sub> (5 cm)  | 8,43              | 51 | 0,09 | 3,35   | 24,6                | 264                           | 309              | 47,6  | 356   | 3,98                                | 112             |
| A <sub>2</sub> (10 cm) | 8,10              | 50 | 0,11 | 3,25   | 24,1                | 400                           | 847              | 53,9  | 294   | 5,14                                | 233             |
| A <sub>3</sub> (15 cm) | 8,10              | 50 | 0,08 | 3,22   | 24,6                | 271                           | 400              | 61,2  | 308   | 11,0                                | 69,8            |

| Minta                  | Cu    | Mn    | Zn    | As-tot | Cd-tot | Cr-tot | Cu-tot | Hg-tot <sup>a</sup> | Ni-tot | Pb-tot | Zn-tot |
|------------------------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|---------------------|--------|--------|--------|
|                        | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg  | mg/kg  | mg/kg  | mg/kg  | mg/kg               | mg/kg  | mg/kg  | mg/kg  |
| A <sub>1</sub> (5 cm)  | 7,24  | 90,7  | 3,21  | 11,2   | <0,50  | 28,2   | 19,4   | <0,07               | 21,6   | 15,4   | 42,2   |
| A <sub>2</sub> (10 cm) | 7,33  | 97,9  | 3,66  | 11,4   | 0,50   | 27,2   | 18,5   | <0,07               | 20,9   | 15,3   | 42,5   |
| A <sub>3</sub> (15 cm) | 6,24  | 61,3  | 2,87  | 11,1   | <0,50  | 28,0   | 18,4   | <0,07               | 20,7   | 15,3   | 42,9   |

Forrás: a szerző összeállítása a Synlab adatai alapján

7.3. táblázat  
Kontrolltalajminták

| Minta                  | pH <sub>KCL</sub> | KA | Só%   | Humusz | CaCO <sub>3</sub> % | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | Na    | Mg    | NO <sub>2</sub> +NO <sub>3</sub> -N | SO <sub>4</sub> |
|------------------------|-------------------|----|-------|--------|---------------------|-------------------------------|------------------|-------|-------|-------------------------------------|-----------------|
|                        |                   |    | m/m%  | m/m%   | m/m%                | mg/kg                         | mg/kg            | mg/kg | mg/kg | mg/kg                               | mg/kg           |
| A <sub>1</sub> (5 cm)  | 7,21              | 51 | 0,03  | 3,56   | 23,7                | 169                           | 189              | 65,7  | 292   | 4,40                                | 20,8            |
| A <sub>2</sub> (10 cm) | 7,41              | 51 | <0,02 | 3,45   | 25,2                | 201                           | 181              | 68,8  | 280   | 2,07                                | 14,5            |
| A <sub>3</sub> (15 cm) | 7,55              | 52 | <0,02 | 3,52   | 23,5                | 205                           | 223              | 73,2  | 278   | 2,93                                | 13,3            |

| Minta                  | Cu    | Mn    | Zn    | As-tot | Cd-tot | Cr-tot | Cu-tot | Hg-tot <sup>a</sup> | Ni-tot | Pb-tot | Zn-tot |
|------------------------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|---------------------|--------|--------|--------|
|                        | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg  | mg/kg  | mg/kg  | mg/kg  | mg/kg               | mg/kg  | mg/kg  | mg/kg  |
| A <sub>1</sub> (5 cm)  | 6,50  | 32,6  | 2,76  | 11,4   | <0,50  | 28,5   | 20,3   | 0,08                | 20,5   | 15,2   | 41,6   |
| A <sub>2</sub> (10 cm) | 6,30  | 30,5  | 2,81  | 11,5   | <0,50  | 28,3   | 19,4   | 0,07                | 20,9   | 15,5   | 42,9   |
| A <sub>3</sub> (15 cm) | 6,52  | 31,5  | 2,85  | 11,4   | 0,53   | 28,9   | 19,8   | 0,07                | 21,9   | 15,8   | 41,3   |

Forrás: a szerző összeállítása a Synlab adatai alapján

### 7.5.3. Talajvizsgálati eredmények elemzése, értékelése

A vizsgálati eredmények közül az alábbiakban azokat elemezzük részletesen, amelyek tekintetében a kontroll- és égett minták vizsgálata során szignifikáns eltérés mutatkozott. A táblázatokban külön tüntetjük fel az 5–10–15 cm-ről vett egyes minták eredményeit. Az adatok összehasonlítása során egyértelműen megállapítható, hogy a pH-érték növekedett, és ezt a növekedést a hamu további beoldódása a talajba még fokozza, ezáltal a gyengén lúgos talaj lúgossá válik, amely tényező kedvezőtlenül hat a növények mikroelem-felvételére. A sótartalom növekedése szintén a növények gyengébb termékenységéhez vezet. Az égés során csökkent a humusztartalom is, ami a talaj nitrogén-szolgáltató képességét befolyásolja. A talajból az ammónium-laktát (AL) oldattal kivonható foszfor és kálium tartalma ( $P_2O_5$ -ben és  $K_2O$ -ban megadva) jelentős növekedést mutatott. Egy nagy kiterjedésű vegetációtűz után ezt a vizsgálati értéket célszerű összevetni a területen őshonos növények fajlagos  $P_2O_5$  és  $K_2O$ -igényével. Esetünkben ezek a mennyiségek jelentősen a határértékek felett vannak, ezért véleményem szerint első lépésként nagy foszfor- és káliumigényű növények telepítését kellene szorgalmazni. Figyelemmel kell kísérni a talaj AL oldható foszfor- és káliumtartalmának változását is. Az AL oldható nátrium (Na) tartalom csökkenése a talaj amúgy is magas nátriumtartalma miatt pozitív hatással lehet a növények fejlődésére, a kálium-klorid (KCl) oldható magnézium (Mg) növekedése szintén kedvezhet a növények fejlődésének. A röviden csak nitrát, nitrát és szulfáttartalomnak nevezett KCl oldható ( $NO_2 + NO_3 - N$ ), továbbá az elégett növényi részek miatt a szulfát ( $SO_4^{2-}$ ) jelentős növekedést mutatott, ami kedvezőtlen lehet a növények fejlődésére, főleg a szulfátra érzékeny növények tekintetében. A talajból az EDTA (etilén-diamin-tetraecetsav) oldattal kivonható réz- (Cu-), mangán- (Mn-), cink- (Zn-) tartalom szintén növekedést mutatott. Ezek a mikroelemek a növényi szervezetekben csak kis mennyiségben fordulnak elő, ennek ellenére a növényi életfolyamatokban betöltött szerepük kiemelkedő jelentőségű, hiányuk a vegetációk növényeit visszafogja a fejlődésben. A királyvíz oldható nehézfém-tartalomban az égés során nem következett be jelentős változás. A laboratóriumi vizsgálat csak a talaj kémiai összetevőire terjedt ki, talajbiológiai vizsgálatok nem történtek.

A vegetációtüzek vizsgálati tapasztalatai alapján elmondható, hogy ritkán fordul elő a talaj életének teljes megsemmisülésével járó vegetációs tűz. Azonban a tűz során kialakuló rendkívül magas hőmérséklet a talajban élő mikroorganizmusok, magvak kipusztulását okozza, amely következtében a talaj terméketlenné válik. A talaj kiegészése következtében a szerves anyagokat felszabadító mikroorganizmusok hiánya miatt még nehezebb és lassabb a növényzet visszatelepülése. Tovább súlyosbíthatja a helyzetet, ha a talaj felszínén leülepedett hamuréteg a csapadék következtében belemosódik a talajba. A belemosódás eredményeként a termőtalaj tovább lúgosodik, ezért ezt a talajtípust nem kedvelő növények elpusztulnak. (NAGY 2015) Talán az egyik legnagyobb ártalom, amit a tűz a talajon okozhat, az a növényzet részleges, illetve teljes elpusztulásával kialakuló hiányos növénytakaró miatt felgyorsuló talajerózió, amely a termőréteg megszűnéséhez vezet. A növényborítás nélkül maradt sötét felszín napsütés hatására sokkal jobban felmelegszik, és hamarabb kiszárad. Szervezett telepítés nélkül jelentősen átalakulhat a vegetációk összetétele is, ami gyakran nem kívánt fajok megjelenésével jár. (NAGY 2008)

## 7.6. Tűzoltási szabályok

A vegetációtüzek okozta károkat nagymértékben csökkentheti a hatékony tűzoltás. A nagyobb kiterjedésű vegetációtüzek mind intenzitásukban, mind a tűzterjedés körülményeiben, valamint az ezeket befolyásoló tényezők tekintetében (növényzet, domborzat, időjárás) nagymértékben különbözhetnek egymástól, ezért minden vegetációtűzre általánosan alkalmazható oltási taktikát nehéz kialakítani, ugyanakkor vannak olyan előírások, amelyeket mindig alkalmazni kell. A tűzoltás során maradéktalanul be kell tartani az 5/2014. (II. 27.) BM OKF Főigazgatói Utasítással kiadott Tűzoltás-taktikai Szabályzat előírásait. A tűzoltás már a jelzés vételekor elkezdődik, különösen fontos a bejelentők irányított kérdezése, ugyanis hiányos adatok alapján a katasztrófavédelem megyei műveletirányítási ügyeletei nem a megfelelő erőket-eszközöket riasztják le a káresethez. A jelzések fogadása során az általános kérdéseken túl a következő információk gyűjtésére is ki kell térni:

- a terület pontos megnevezése, behatárolása,
- a tűz becsült nagysága,
- a tűz környezete, mit veszélyeztet,
- a tűz terjedési iránya, sebessége,
- a domborzati és terepviszonyok,
- lakott település közelsége, áttérjedés veszélye,
- megközelítési lehetőségek.

A tűz helyszínének megközelítésekor már elkezdődik az egyik legfontosabb feladat, a felderítés. A tűzoltásvezető (TV) már távolsági felderítés során is gyűjthet információkat a tűzről. Helyszíni felderítéshez igénybe veheti az érintett területet ismerő szakemberek (erdész, mezőőr) segítségét, továbbá a terepviszonyok függvényében légi felderítést is végezhet repülőgép vagy drón igénybevételével. (RESTÁS 2008) A felderítésnek az alábbiakra kell kiterjednie:

- a tűz nagyságára, terjedési irányára,
- a tűz által érintett és veszélyeztetett területek behatárolására,
- a tűz által veszélyeztetett lakott településre, szükség esetén a személyek kimentésének lehetőségeire,
- a tűz megközelítési útvonalaira,
- a lehetséges vízszervezési helyekre,
- a tűz körülhatárolási lehetőségeire,
- a területen áthaladó közművek veszélyeztetettségére,
- az uralkodó szélirányra és szélsébségre,
- a lehetséges menekülési útvonalakra.

A tűz oltása során az elsődleges beavatkozást úgy kell megtervezni, hogy az alkalmassá váljon a kétoldali támadásra, és amely intézkedéssel a tűz körülhatárolásának módját már a kezdeti stádiumban meg tudjuk határozni (5/2104). A felderítést folyamatosan kell végezni, amelynek hatékonysága nagyban befolyásolja a tűzoltás eredményességét. A tűzoltásvezető megfelelő döntéseihez információáramlásra van szükség. Az utóbbi évek tűzoltási tapasztalatai alapján elmondható, hogy az informatikai eszközök, a repülélelektronikai eszközök és a digitális képfeldolgozás rohamos fejlődésének köszönhetően a légi felderítés alkalmazása rendkívül hasznosnak bizonyul. Az így megszerezhető információk nagymértékben

segítik a tűzoltási folyamatot. (NAGY 2015) Magyarországon, főleg vidéki viszonylatban elég sűrűn lehet találkozni közvetlenül a lakott terület melletti vegetációkkal. Egy esetleges tüzeset veszélyeztetheti a települést, a tűz könnyen áterjedhet lakó- és gazdasági épületekre. Ezt a tényt fontos figyelembe venni a megfelelő erők, valamint eszközök helyszínre riasztása miatt. A nem megfelelő eszközök vagy a késve történő riasztás a teljes tűzoltási folyamatra hatással lehet. Vonulás során a tűz által érintett területek legrövidebb úton történő megközelítésére kell törekedni. A településektől távolabbi területeken kialakuló tüzek esetében az útviszonyok, a nehéz megközelítés, továbbá az oltóanyaghiány segíti a tűzterjedést, ezért az oltás megkezdésére már nagy kiterjedésű tűzzel állnak szemben a tűzoltásban részt vevő egységek. A gyors helyszínre érkezés érdekében célszerű igénybe venni a helyi erdész, mezőőr vagy falugazdász szakember segítségét, akik megfelelő helyismerettel is rendelkeznek. A helyi viszonyok ismeretében már vonulás során intézkedni kell erdészeti és mezőgazdasági erőgép helyszínre rendeléséről, ugyanis ezek komoly segítséget nyújthatnak a helyszín megközelítésében, a tűz továbbterjedésének megakadályozásában. A beavatkozás előkészítése során törekedni kell arra, hogy a nehéz terepre csak jó terepjáró képességű tűzoltó gépjárművek menjenek be, ugyanis a dűlőutak több esetben csak nehezen járhatók. A felállítási helyeket úgy kell meghatározni, hogy a folyamatos vízutánpótlás biztosítható legyen. Figyelni kell arra, hogy a visszavonulás lehetősége minden esetben biztosított legyen, továbbá a gyors helyváltoztatást is a lehető leggyorsabban végre lehessen hajtani. Hosszan elnyúló tűzoltás esetén intézkedni kell az orvosi biztosításról is. Ha a beavatkozás nagy területet érint, valamint a feladatok összetettsége is indokolja, a tűzoltás vezetésére magasabb szervezeti egységet kell létrehozni. Nagy kiterjedésű vegetációtüzek oltása során a legnagyobb problémát a vízhiány okozza, ezért a folyamatos vízutánpótlást helyszíni vízforrásokból vagy távolsági vízszállítással biztosítani kell. Az oltóanyaghiány leküzdésére szerencsés esetekben igénybe lehet venni a kiépített öntözőrendszerek hidránsait, továbbá a természetes vízforrásokat. A hidránsokból előre elkészített áttéti darab segítségével lehet vizet venni. (KUTI 2014) Ha mezőgazdasági munkák közben keletkezik tűz, további veszélyt jelenthet, hogy a tűz áterjedhet a környező vegetációs területekre is. Éppen ezért nyújthat nagy segítséget a helyszínen lévő nehéz tárcsával vagy ekével ellátott erőgép, amelynek segítségével a terület körbeszántható, tárcsázható, így a tűz terjedése is megakadályozható. Az utómunkálatoknak a tűz által érintett terület teljes átvizsgálására is ki kell terjedniük. A tűzoltást követően a tűzoltásvezető intézkedjen a tulajdonos irányába a tűz által érintett terület felügyeletére vonatkozóan.

## Felhasznált irodalom

- 5/2014. (II. 27.) BM OKF Főigazgatói Utasítással kiadott Tűzoltás-taktikai Szabályzat.
- BLESZITY J. – ZELENÁK M. (1989): *A tűzoltás taktikája*. Budapest, BM Könyvkiadó.
- BORHIDI A. (2003): *Magyarország növénytakarulásai*. Budapest, Akadémiai.
- EDWARDS, W. M. – OWENS, L. B. (1991): Large storm effects on total soil erosion. *Journal Soil Water Conservation*, Vol. 46. 75–78.
- FÖLDI L. – HALÁSZ L. (2009): *Környezetbiztonság*. Budapest, CompLex.
- FÖLDI, L. – KUTI, R. (2016): Characteristics of Forest Fires and their Impact on the Environment. *AARMS*, Vol. 15, No. 1. 5–17.

- KUTI R. (2014): *Öntözővíz tűzoltásra?* Védelem, Online Tűz- és Katasztrófavédelmi Szakkönyvtár, Tanulmány 515. Elérhető: [www.vedelem.hu/letoltes/anyagok/515-ontozoviz-tuzoltasra.pdf](http://www.vedelem.hu/letoltes/anyagok/515-ontozoviz-tuzoltasra.pdf) (A letöltés dátuma: 2018. 01. 18.)
- MESTER Zs. – TOLDI Z. (2012): *Növények és vegetáció.* (Képes segédanyag) Elérhető: [www.mzshome.net/magyarorszag\\_novenyei/fajok\\_es\\_vegetacio/vegetacio.htm](http://www.mzshome.net/magyarorszag_novenyei/fajok_es_vegetacio/vegetacio.htm) (A letöltés dátuma: 2018. 01. 18.)
- MILLER, M. E. – BOWKER, M. A. – REYNOLDS, L. R. – GOLDSTEIN, H. L. (2012): Post-Fire land treatments and wind erosion. Lessons from the Milford Flat Fire, UT, USA. *Aeolian Research*, Vol. 7. 29–44. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aeolia.2012.04.001>
- NAGY D. (2008): *Erdőtűzek megelőzése oltástechnológia lehetőségeinek vizsgálata.* (PhD-értekezés) Sopron, Nyugat-magyarországi Egyetem.
- NAGY Zs. (2015): Vegetációs tűzek környezeti hatásainak elemzése, környezetbiztonsági szempontok figyelembevételével. *Hadmérnök*, 10. évf. 1. sz. 127–138. Elérhető: [http://hadmernok.hu/151\\_12\\_nagyzs.pdf](http://hadmernok.hu/151_12_nagyzs.pdf) (A letöltés dátuma: 2018. 01. 20.)
- NAGY Zs. – KUTI R. (2015): Tűzoltóhabok környezeti hatásai. *Hadmérnök*, 10. évf. 3. sz. 156–164. Elérhető: [http://hadmernok.hu/153\\_12\\_nagyzs\\_kr.pdf](http://hadmernok.hu/153_12_nagyzs_kr.pdf) (A letöltés dátuma: 2018. 01. 20.)
- PADÁNYI, J. – FÖLDI, L. (2016): Security Research in the Field of Climate Change. In NÁDAI, L. – PADÁNYI, J. eds.: *Critical Infrastructure Protection Research: Results of the First Critical Infrastructure Protection Research Project in Hungary.* (Topics in Intelligent Engineering and Informatics, 12.) Zürich, Springer International Publishing. 79–90. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-28091-2\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-319-28091-2_7)
- PÁLFAI I. – KOZÁK P. (2010): *A legújabb hazai aszályvizsgálatok és európai kitekintés.* Budapest, OMSZ Magyar Meteorológiai Társaság Agro- és Biometeorológiai Szakosztálya. Elérhető: [www.mettars.hu/wp-content/uploads/2010/09/Palfai\\_Kozak.pdf](http://www.mettars.hu/wp-content/uploads/2010/09/Palfai_Kozak.pdf) (A letöltés dátuma: 2018. 01. 20.)
- RÁCZ L. – TÖLGYESSY Gy. – PAPP L. – LESNY Gy. (2002): *Környezeti kémia.* Eger, EKF Líceum Kiadó.
- RESTÁS Á. (2008): *Az erdőtűzek légi felderítésének és oltásának kutatás-fejlesztése.* (PhD-értekezés) Budapest, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem.
- STEFANOVITS P. – FILEP Gy. – FÜLEKY Gy. (1999): *Talajtan.* Budapest, Mezőgazda Kiadó.



## 8. fejezet

### A klímaváltozás mint CBRN-információgyűjtést és feldolgozást befolyásoló tényező

*Berek Tamás<sup>1</sup>*

#### 8.1. Bevezetés

Az éghajlatváltozás Kárpát-medencében tapasztalható hatásairól elmondható, hogy növekszik a térség mediterrán jellege, ami a fokozatos felmelegedésben, valamint a csökkenő mennyiségű átlagos csapadékban fog megmutatkozni. A változó környezet miatt növekednek a szélsőségek; ez az árvizek esetében korai árhullámokat, nagyobb csúcsokat jelent, és gyorsabb lefolyással fog párosulni. (GLATZ 2009)

Az áradások mellett más problémával is szembe kell néznünk a medencei elhelyezkedésünk miatt. Folyóvizeink többségének vízminőségét korlátozottan vagyunk képesek őrizni.

Hazánk földrajzi helyzete miatt ugyanis erősen sérülékeny, ha az édesvízről van szó. Meghatározó folyóink a határon kívül erednek, így a víz mennyiségét és minőségét elsősorban külföldi körülmények határozzák meg, krízishelyzetben függünk mások jóindulatától. (PADÁNYI 2015)

Az éghajlatváltozással bekövetkező hőmérséklet-emelkedés egyértelműen megmutatkozik a jövőben az élet minden területén, és erőteljes és közvetlen hatást fejt ki szervezetünkre is.

2014 óta évről évre emelkedik a felszíni hőmérséklet, noha volt olyan időszak (2004–2014), amikor a Föld átlaghőmérséklete mintegy tíz éven keresztül nem mutatott melegedést, és a korábban évtizedeken át tapasztalható emelkedés az alsó sztratoszféra hőmérsékletében, az atmoszféra nedvességekészletében és az óceánok felszínének hőmérsékletében is megtorpanni látszott a déli félteke óceánjainak hirtelen felerősödő hőelnyelő képessége miatt. Akkor, amikor az északi félgömb kontinensei fölött emelkedett a hőmérséklet, csökkent a szárazföldi hó- és a tengeri jégtakaró, az Antarktisz körül a tengeri jég kiterjedése fokozódott a fenti okból. A mélyebb vízrétegek megfigyelt melegedése évtizedenként csak pár század °C az óriási víztömeg nagy hőkapacitása okán, a felső rétegek és a légkör hőmérsékletének időszakos stagnálása ellenére a teljes éghajlati rendszer hőtartalma egyértelműen növekedett a jelzett időszakban is. (MIKA 2014)

A változékonyság ellenére az általános hőmérséklet-emelkedés az utóbbi 30 évben egyértelműen kimutatható. A 20. század kezdetétől 2010-ig a globális átlagos felszíni középhőmérséklet 0,74 °C-kal emelkedett. Az emelkedés intenzívebb a szárazföldeken, mint

<sup>1</sup> ORCID: 0000-0001-8358-6139, [berek.tamas@uni-nke.hu](mailto:berek.tamas@uni-nke.hu)

az óceánokon, ez igaz a szárazföldekkel sűrűbben borított északi féltekére is. 2001 és 2010 között a Föld átlagos felszíni középhőmérséklete 0,46 °C-kal meghaladta az 1961–1990 között mért középértéket. Ez az évtized a valaha mért legmelegebb volt.

Annak ellenére, hogy a bizonyos időszakonként stagnál a felszíni hőmérséklet, helyenként és rövidebb időszakonként számolni kell extrém magas hőmérsékletek kialakulásával.

Az éghajlatváltozás hatásai mellett számos más tényező is meghatározó a jövő biztonsági állapotát illetően. A tömegpusztító fegyverek léte és a különböző veszélyes anyagok környezetünkben növekvő volumene egy olyan, biztonságot meghatározó faktor, amelyet nem lehet figyelmen kívül hagyni a jövőben.

Az elkövetkező évtizedek biztonsági környezetének állapotát ugyanis több más meghatározó tényező mellett a kémiai, biológiai radiológiai és nukleáris (Chemical, Biological, Radiological, Nuclear – CBRN-) fegyvereken, eszközökön kívül békés célú ipari vagy kutatási kapacitások nem kellően „örzött” vegyi, biológiai vagy nukleáris összetevőinek bűnös szándékú felhasználása is ronthatja.

Akár véletlen, akár szándékos – ideértve a terrorista cselekményeket – CBRN-incidensekről beszélünk, ki lehet jelteni, hogy bár világszerte nem túl sok ilyen esemény fordul elő, a lehetséges következmények különösen súlyosak. Hatásainak enyhítéséhez a CBRN-események korai felismerése, valamint a gyors és hatékony válaszreakció elengedhetetlen, amelyeknek feltétele a veszélyeztető ágens kimutatása és azonosítása. Ennek érdekében az Európai Unióban is – a világ többi térségéhez hasonlóan – válaszlépéseket kellett tenni a kihívásokra reagálva.

Az EU átfogó CBRN politikájának célja a CBRN-események helyett az ilyen jellegű események veszélyének és kárának csökkentése az Európai Unió állampolgárai számára egy koherens, kiemelt fontosságú EU CBRN-cselekvési terv révén. Ezt a célt úgy lehet elérni, hogy erőforrásokat koncentrálnak a tagállamok, és erőfeszítéseket tesznek a CBRN-események valószínűségének minimalizálására és azok bekövetkezése esetén következményeiknek felszámolására. Kockázatalapú megközelítéssel meg kell valósítani a CBRN-védelem feltételeit az Európai Unióban.

A fenti célok elérése érdekében a tagállamoknak intézkedéseket kell hoznia többek között a következőkre: (COM 2009)

- CBRN-anyagok fizikai védelmének, valamint azokhoz való jogosulatlan hozzáférés megakadályozása feltételeinek biztosítása;
- a fenyegetettségnek megfelelő minél gyorsabb reagálás érdekében a CBRN-információk áramlásának biztosítása a tagállamok szervezetei között;
- a CBRN-észlelő rendszer használatának és fejlesztésének javítása az EU-ban;
- a reagáló szervezetek megfelelő eszközökkel való ellátottságának biztosítása feladataik ellátása érdekében.

Az EU cselekvési terve a CBRN-biztonság három fő területét emeli ki:

- megelőzés: annak biztosítása, hogy a CBRN-anyagokhoz való jogosulatlan hozzáférés lehetősége a lehető legkisebb legyen;
- detektálás: a CBRN-anyagok kimutatásának képessége a CBRN-események megelőzése és a megfelelő ellenintézkedések meghozatala érdekében;
- felkészültség és reagálás: képesség a hatékony reagálásra a CBRN-anyagokat érintő incidensek bekövetkezése esetén.

Az észlelési képesség a megelőzés elengedhetetlen kiegészítője. A CBRN-anyagok detektálása kulcsfontosságú a CBRN-eseményekre történő megfelelő intézkedések meghozatalának biztosításához, mivel kimutatás nélkül nem lehet megállapítani, mely anyagok érintettek az incidensben.

Az EU CBRN védelmi irányelve kitér arra is, hogy a belső határok nélküli Európai Unióban felderítő rendszereket kell felállítani egy detektorhálózat kiépítésével, és használni mind a külső határokon, mind az egyes tagállamokon belül. Továbbá központosítani kell a felderítési adatok elemzését.

Akár a CBRN-monitorhálózat technikai aspektusát tekintjük, akár a felderítést és adatfeldolgozást végző szervezetek eljárásrendjét vizsgáljuk, ki lehet jelteni, hogy mindkettőre befolyással van többek között az időjárás és a domborzat, így az ezek változásait generáló hatások, tehát a klímahatások és azok módosulásainak nyomon követése és elemzése fontos követelmény.

A klímaadaptáció hosszú távú lehetőségeinek megjelölése nehéz stratégiai léptékben gondolkodva, azonban szűkebb léptékben egy viszonylag jól körvonalazható tevékenység rezilienciájának növelésére a klímahatásokkal szemben kísérletet lehet tenni. (HALÁSZ et al. 2013)

A fenti közép- és hosszútávon bekövetkező hatások tükrében vizsgálni szükséges a biztonsági környezetünk jövőbeli alakulását és azokat a környezeti körülményeket, amelyek meghatározó befolyással bírnak a CBRN-fenyegetések elleni válaszlépéseket megvalósító szervezetek tevékenységére. (HALÁSZ et al. 2012)

## 8.2. Az EU válasza a jövő CBRN-fenyegetéseire

A 2008 februárjában megalakult egy EU CBRN-munkacsoport, amelynek feladata volt felmérni a CBRN-fenyegetéseket és javaslatokat adni adekvát válaszlépések meghozatala érdekében. A 2009-es zárójelentésében számos ajánlást fogalmazott meg a teendőket, illetve a meglévő problémák leghatékonyabb kezelési módját illetően.

A CBRN-munkacsoport a CBRN-fenyegetettség általános szintjét és a CBRN-anyagokat érintő terrorista akciók, illetve egyéb váratlan események bekövetkezését figyelembe véve a konkrét problémák értékelése alapján a megelőzéssel, felderítéssel és felkészültséggel kapcsolatosan megállapította, hogy számos CBRN-anyagot viszonylag könnyű megszerezni és fegyverré alakítani, amit egyébként az EU CBRN-kockázatok detektálásának és csökkentésének új megközelítéséről szóló 2014-ben kiadott dokumentuma újra megerősít. (COM 2014)

A munkabizottság a CBRN-anyagok kockázat alapján felállított sorrendjét tekintve elsősorban a vegyi anyagokat, kisebb mértékben a biológiai organizmusokat és radioaktív sugárforrásokat jelölte meg veszélyforrásként. Megállapították továbbá a CBRN-felderítés tekintetében, hogy eltérések vannak a nemzeti felderítő kapacitások és a felkészültség szintjében.

Az EU CBRN-cselekvési terve erre a zárójelentésre épül. A CBRN-cselekvési terv a védelmi munkák egyikeként irányozza elő a felkészülés, reagálás, valamint a hatékony válaszadás képességének kialakítását a CBRN-anyagokat is érintő váratlan eseményekre.

Az elkészült hatásvizsgálat nyomán az EU kapacitásainak fejlesztéséről döntött a CBRN-fenyegetésekkel szembeni küzdelem terén. A megelőzés területén továbbra is alapvető feladat marad annak megakadályozása, hogy illetéktelenek (akár terroristák vagy más bűnözők) jogszerűen előállított és felhasznált CBRN-anyagokhoz hozzáférjenek. A CBRN-felderítés terén a felderítési és azonosítási kapacitások és képességek javítása, a felkészültség és reagálás terén pedig a folytonos információáramlás biztosításának igénye fogalmazódik meg CBRN-vészhelyzetek bekövetkezése esetén. (BEREK–PELLÉRDI 2011)

A pontos és gyors információ biztosításának és a CBRN-anyagok felderítésének pedig alapvető követelménye megfelelő detektorok alkalmazása, amelyek kiválasztásának elsődleges kritériuma a felderítés céljainak, valamint feladatainak meghatározása.

Több más tényező mellett az időjárás az a faktor, amely döntő befolyással van a mérgező és veszélyes anyagok terjedésére, hatására, maradására és detektálásukra. Az éghajlatváltozás meteorológiai tényezőkben megmutatkozó hatása meghatározó mind a fent említett folyamatok, mind pedig a felderítést és értékelést végző szervezetek tevékenysége, eljárásrendje tekintetében.

### 8.3. A terep és az időjárás hatása

#### 8.3.1. Terep és időjárás hatása a mérgező harcanyagokra és terjedésükre

A mérgező harcanyagok terjedését jellemzően befolyásoló tényezők egyike a cseppméret. A mérgező harcanyagcseppek méret szerinti eloszlását illetően elmondható, hogy az erősen függ a diszperzió feltételeitől, amit pedig alapvetően a kijuttatás módja határoz meg. Itt a folyadékcseppek eloszlását lényegében az inerciális és a turbulens szóródás törvényszerűségei határozzák meg. Ekkor az időjárási tényezőkkel nem szükséges még foglalkoznunk.

Ezeknek a folyadékcseppeknek a légkörbe jutásakor a párolgási folyamatnak viszont nagy jelentősége van a mérgező harcanyagok alkalmazásakor, és itt már több más mellett az időjárás egyes elemeinek is meghatározó szerepe van. A cseppek diszperziójakor képződő párolgás az anyag fizikai-kémiai tulajdonságaitól, az alkalmazás módjától és olyan külső körülményektől függően, mint a hőmérséklet, rövidebb vagy hosszabb idejű. Az anyag gőztenziója és diffúziós együtthatója és a hőmérséklet mellett a levegőáramlás sebessége és struktúrája is meghatározó szerepet tölt be a párolgás folyamatában. A párolgás folyamatának különbségei megmutatkoznak azonban attól függően is, hogy a mérgező anyag harcanyagcseppek formájában van jelen a levegőben, vagy különböző pórusmentes felületek felszínén terül folyadékfilmként, illetve porózus felületek pórustérfogatában.

Mozdulatlan légköri állapotot feltételezve – amely szabad terekre nem jellemző – a párolgási sebességet meghatározó tényezők között kell említeni a molekulatömeg, a gőznyomás, a gázállandó és a diffúziós együttható mellett a hőmérsékletet is mint időjárási tényezőt. Terepi körülmények között viszont a párolgás nem mozdulatlan légkörben, hanem valamilyen légáramlatban zajlik, amely áramlás a párolgó felülettel párhuzamos, illetve valamilyen szöget zár be, továbbá annak sebessége, nyomása és hőmérséklete állandóan változik. A mérgező harcanyagfelhő terjedése minden irányban megfigyelhető, még a felső levegőrétegekben is, ahol általában a levegő áramlási sebessége nagyobb, mint

a felszínközeli rétegekben, ami azt eredményezi, hogy a mérgező harcanyagfelhő felső rétegei megelőzik az alsó rétegeket, és a turbulencia hatására minden oldalra szétszóródnak, miközben csökken a mérgező anyag koncentrációja. Ezek az alacsonyabb koncentrációjú gyorsabb rétegek akár 50–100 méterrel is megelőzhetik a mérgező harcanyagfelhőt. Pozitív hőmérsékleti gradiens értékek esetén előfordulhat, hogy az egész felhő a magasabb levegőrétegekbe emelkedik, aminek a valószínűsége növekszik a szélsébség csökkenésével, így akár teljesen el is szakadhat a talajfelszíntől. A szélsébség növekedésével csökken a pozitív hőmérsékleti gradiens hatása. A viszkózus tulajdonságú maradó mérgező harcanyagok esetében ráadásul, akkor, ha az ágens párolgási sebessége meghaladja a sűrítőanyagét, a folyadékcsapp felszínén kezdetben szigetjelleggel, majd a felszínt teljesen beborítva filmréteget képez a sűrítőanyag csökkentve ezzel a párolgási sebességet. A mérgező harcanyag hőmérséklete és illékonyasága meghatározóan hatással van e filmréteg kialakulására, a szélsébség növekedése pedig gyorsítva a párolgást meggyorsítja a filmréteg kialakulását a csapp felszínén. A hőmérséklet emelkedése egyértelműen hatással van a viszkozitásra, a filmréteg kialakulásának dinamikájára, így a párolgásra is. (MN VvSzf 1967)

A légkörbe kijuttatott mérgező harcanyag és a szennyezett felületről párolgó mérgező harcanyag felhőt alkot, amelynek adott területen való tartózkodási ideje és a koncentrációja határozza meg alapvetően a veszély mértékét az anyag toxicitása mellett.

Éppen e két faktor alakulására hatással lévő folyamatok monitorozása rendkívül lényeges a felhő terjedése szempontjából.

A mérgező harcanyagfelhőre közvetlenül hatást gyakorló légköri folyamatok közül főleg az alsó légrétegekben lezajló hatásoknak van kiemelt szerepe. A mérgező harcanyagfelhő légköri mozgásakor a térfogatának növekedése mellett a kezdeti koncentráció csökkenése figyelhető meg, amelyek kapcsolatban vannak a légtömegek mozgásával. A légkör alsó rétegeinek felépítését nagymértékben meghatározza az alatta elhelyezkedő talajfelszín jellege, annak tulajdonságai, hiszen a levegő hőmérsékleti rendszere függ a talaj hőmérsékletétől és hőegyensúlyától.

A termodinamikai hatások lényeges talajfizikai paraméterei a felszín közeli talajrétegek hőmérséklete, valamint a talaj nedvességtartalma. A talaj hőmérsékletének és nedvességtartalmának alakulásából megállapítható a hőkapacitásbeli rétegzettség. A hőkapacitás mellett fontos tényező a talaj nedvességtartalma. A talaj porózus terében a kapilláris erőter nagy mennyiségű vizet képes a nehézségi erővel visszatartani. A különböző talajtípusok az eltérő kapilláris szerkezet folytán változó vízmennyiség visszatartására képesek. A nagyobb nedvességtartalom növeli a párolgás energetikai feltételét. A nagyobb vízvezető képesség egy bizonyos határig növeli a talaj vízkészletének nagyságát, a kapillárisok szélsőséges növekedése azonban már rontja a vízvezető képességet, és csökkenti a talaj közeli réteg levegőjének energiatartalmát. A nedvességtartalom hőmérséklet-csökkentő hatását kiegészíti a hőmérséklet-csökkenésből adódó párányomás-csökkenés, amelyet ugyan ellensúlyoz bizonyos mértékig a párolgás, azonban alacsony hőmérsékleten egyre kisebb mértékben. (SZÁSZ–NAGY 2007)

Az időjárás tehát annál nagyobb mértékben függ a talaj tulajdonságaitól, minél nagyobb a hőmérsékleti és a nedvességi kontraszt a talaj és a talaj közeli levegő között. A talaj időjárás-alakító hatása megmutatkozik nyáron, amikor a talaj felszíne meleg, és fölötté viszonylag hideg levegő van (advekción). Vagy télen, amikor a talaj fagyos, és fölötté viszonylag meleg levegő van. Az előbbi esetben a levegő instabillá válik, azaz intenzív vertikális

feláramlások jönnek létre (konvekció), ami végül is zivatar kialakulását eredményezheti. A zivatárokat az esetek nagy-nagy többségében záporosó – esetenként jégverés –, valamint viharos széljárás kíséri. Az időjárás alakulása szempontjából a talaj és a levegő közötti hőmérsékleti kontraszt a meghatározó, ugyanis ez a hőmérsékleti különbség eredményezi a konvekciót, amely pedig a csapadékképződést. A talaj és a levegő közötti nedvességi kontraszt pedig közvetett hatással van a hőmérsékleti kontrasztra. Ez a hatás azonban a víz nagy hőkapacitása és párolgási hője miatt jelentős. A száraz talaj felmelegedése gyors és aránylag intenzív folyamat. Ezzel szemben a nedves talaj felmelegedése – a száraz talajéhoz képest – sokkal lassúbb és kisebb intenzitású elsősorban a nedves talaj nagy párolgása és hőkapacitása miatt. E különbség olyan jelentős lehet, hogy az időjárás tekintetében is meghatározó. (Ács et al. 2008)

A légköri hőmérsékleti különbségekből adódó légáramlások jelentős mértékben változnak meg a talajfelszín hatására is. Az egyenletlenségek körüláramlásakor képződő örvényáramlás következtében a levegő mozgása a talaj közeli rétegekben kisebb sebességű, mint a felsőbb levegőrétegekben. Ezen örvénylés a hőmérséklet és a páratartalom bizonyos mértékű kiegyenlítését eredményezi az alsó légrétegekben, továbbá az örvényszerű súrlódás az alsó légrétegekben keletkező szél hőmérsékletének és nedvességtartalmának profilját is meghatározza.

A turbulens diffúzióra közvetlenül hatása talajérdesség a talajfelszín egyenletlenségei, a növénytakaró jellegétől függően parametizálható. Az érdességi paraméter értéke jelentős mértékben függ az egyenletlenség (például növénytakaró) magassága mellett a havas felületek állapotától (alacsony porhanyós vagy közepes egyenetlen hótakaró) is.

A földfelszín növényzettel való borítottsága más tekintetben is meghatározó. A talaj-növény rendszer befolyásolja az időjárás alakulását. Az időjárást a növényrendszer hasonlóan alakítja, mint a talaj.

Nyáron, amikor a növényrendszer felszínén magasabb a hőmérséklet, mint a fölötte elhelyezkedő hideg levegő hőmérséklete, a szeles időjárás miatt a levegő instabillá válik, ez intenzív konvekciót és felhőképződést eredményezhet. Télen, amikor a fagyos növényrendszer fölé meleg levegő érkezik, és légkör a felszín közelében stabil rétegződésű, a terepet köd lepi el. A ködös időjárás mellett megjelenhet jeges zúzmara is. A talaj- és növényrendszer időjárás alakító szerepe a konvektív típusú időjárási helyzetekben mezoléptékben igen nagy, és a talaj hatása a zivatarfelhőkben uralkodó csapadékképződési folyamatokra semmivel sem kisebb a növényzet hatásánál. (Ács et al. 2009)

A talaj és a növényzet mellett a városi környezet mikroklimája is befolyásolja a mérgezőanyag-felhő mozgását.

A városok ugyanis jelentősen módosítják a levegőkörnyezet szinte minden jellemzőjét a környező területekhez viszonyítva; összességében egy helyi klímát alakítanak ki. E városi klíma kialakulásakor a hőmérséklet változik leginkább a környezetéhez képest. A jellegzetesen növekvő hőmérséklet úgynevezett városi hőszigetet hoz létre. Gyenge nagy léptékű légáramlások esetén a városi terület általában melegebb a környezeténél, amely egy konvektív feláramlást és a magasabb légrétegekben egy szétáramlást indít el. A felemelkedő levegő pótlására a külső területek felől egy befelé tartó áramlás alakul ki a felszín közelében. Ez a befelé tartó áramlás a városi szél, a teljes áramlási rendszer pedig a hősziget-cirkuláció. (KRISTÓF et al. 2007)



Az éjszakai órákban kialakuló hősziget leginkább tiszta égbolt, kis szél esetén stabil. Ilyenkor még 8 °C hőmérséklet-különbség értékek is adódhatnak a környezeti hőmérséklet értékei felett. Erős inverziós viszonyok között, különösen, ha széliránnyal szemben a város szélén dombos vidék található, a város feletti hősziget miatt kettős inverzió alakul ki, és a két inverziós határréteg közötti mező igen stabil képződmény. Ilyen esetben a város feletti hősziget a szélirányban nagy távolságra – mintegy füstszáslóként – elhúzódhat. A városi hősziget kialakulásában szerepet játszik a felszín hőtani tulajdonságaiban lévő különbség a környezethez képest, a párolgási sebesség különbsége a város és környezete között, a város mesterséges hőforrásai által termelt hő és a város feletti szennyezett légtérből származó, hosszúhullámú visszasugárzás a talaj felé. Mérsékeltén szeles éjszakákon a környezetben általában stabil légköri viszonyok alakulnak ki, ilyenkor a leghatározottabb a városi hősziget képződménye, szélmentes éjszakákon a városi hősziget egyetlen konvektív csatornává is átalakulhat. (HALÁSZ 2004)

A domborzati elemek, függőleges akadályok is befolyásolják a mérgező harcanyagfelhő terjedését. A terep domborzatának változásai, az erdők és nagy méretű objektumok akadályozzák a felhő mozgását. Egyes esetekben a domborzat és egyes terepelemek közelében helyi szelek alakulhatnak ki, amelyek eltérhetnek úgy áramlási irányukban, mint sebességükben az adott térségben uralkodó légáramlatoktól. Széles akadályok hatására az akadály előtt a felhő szétterül, főleg, ha kis terjedési sebességű. Az akadály mögötti aerodinamikai árnyék szakaszán, amely az akadály magasságának hat-tízszere, a mérgező harcanyag jóval kisebb koncentrációja és alacsony szélesebesség jellemzi az áramlást. A felhő terjedésének jellegére befolyást gyakorolhat a mozgási útvonalán levő vízműs, horhos vagy szakadék. Gyenge inverzió és alacsony szélesebesség mellett a mérgező harcanyagfelhő behatol a mélyedésekbe, és tartósan megmaradhat, ugyanakkor erős inverzió esetén a negatív gradiens hatására a hideg levegő beszorul a mélyedésekbe, és ha ez erős széllel párosul, akkor a mérgező harcanyagfelhő átgördül a mélyedések fölött. A völgyek, horhosok pusztán jelenlétükön kívül a felhő terjedési irányához viszonyított fekvésükkel is befolyásolják a mérgező harcanyagfelhő terjedését. Éles szögű találkozás esetén a felhő mozgási irányát eltéríti, merőleges fekvés esetében a felhő szétfolyik a völgyben. Párhuzamosság esetén a felhő behatol a völgybe, ahol kisebb a szélesebesség.

A terep fedettségének, beépítettségének, végső soron fizikai értelemben vett érdekességének, valamint a domborzat hatásait jól lehet elemezni, szimulálni *Numerikus áramlástani szimuláció* (Computed Fluid Dynamics – CFD-) szoftverekkel, (CSURGAI et al. 2005) digitális térképészeti adatbázis és digitális domborzati modell segítségével. (CSURGAI et al. 2006) A 2000-es évek közepén sokrétű és sikeres kutatásokat folytattak ez irányban.

### 8.3.2. A terep és időjárás hatása a CBRN-adatgyűjtő szervezetek tevékenységére

#### 8.3.2.1. Általános hatások

Az éghajlatváltozás hatása a Kárpát-medencében is megmutatkozik. A CBRN-adatgyűjtő szervezeteknek is fel kell készülniük a szélsőséges meteorológiai helyzetek számának és intenzitásának várható növekedésére.



Az olyan szélsőséges intenzív időjárási jelenségek, mint a tartós és intenzív esőzés, havazás, orkánjellegű szélvihar, gyorsan bekövetkező felmelegedés vagy lehűlés, illetve ezek egymásra torlódó váltakozása vagy tartós hőhullám váratlan kialakulása közepette is a korszerű CBRN-felderítő komplexumoknak működőképesnek kell maradniuk. Ehhez elengedhetetlen a belső terek klimatizálása és vegyi, biológiai és radiológia szennyezések elleni védelme. A teljes személyzetet kondicionálni képes eszközök hatékonyak egy jól szigetelt harci jármű esetén, amennyiben a személyzet normál ruházatot visel, de kevésbé hatékonyak akkor, ha a személyzet vegyivédelmi védőruhát visel. Ezért a jövőben kiegészítő lokális hűtőberendezést kell beépíteni az ABV-védelmi (atom, biológiai, vegyi) rendszerrel kombinálva. Az éghajlatváltozás befolyásolja a haditechnikai eszközök rendszerben tartását, javítását, és megváltoztathatja az életciklusukat. Az extrém időjárás hatásainak kitett haditechnikai eszközök meghibásodási valószínűsége nő éppen úgy, mint a karbantartási és javítási igényük és ezzel azok költsége. Ez a költségnövekedés meg kell hogy jelenjen az éves tervekben is, és a tervekben nagyobb kapacitást kell biztosítani a CBRN-adatgyűjtő szerveknek a haditechnikai eszközök és az technikai eszközrendszer üzemben tartásához, különben az alulfinanszírozottá válik. A hőmérséklet az egyik meghatározó klimatikus paraméter. Szélsőséges hatást jelent, ha nagy a hőmérséklet-különbség a nappali és éjszakai hőmérséklet között. A részben árnyékos helyen álló technikai eszközök felületén, illetve a felhevült technikai eszközökön hirtelen lezúduló csapadék esetén jelentős hőmérséklet-különbségek alakulhatnak ki, amelyek feszültséget és deformációt okoznak. (HALÁSZ 2013)

Ilyen veszélyes meteorológiai szélsőséges jelenségek gyorsan kialakulhatnak kifejezetten forró, nyári időszakban, amikor a felforrósodott talajfelszín erős konvektív feláramlást generálva hirtelen bekövetkező intenzív csapadékképződést eredményez.

A konvekció ugyanis természeténél fogva kis területeken gyorsan képes jelentős légköri energiákat felszabadítani, ami hirtelen felépülő zivatarok, zivatarrendszerek formájában veszélyes időjárási folyamatok gyakori előidézője. A konvektív viharok különböző struktúrájú felhő- és csapadékrendszereket hoznak létre. A zivatargócokban a cellák egymást erősítve veszélyes időjárási jelenségek tucatjait hozhatják létre az orkánerejű szélről a felhőszakadáson át a jégesőig. Extrém esetekben elfajult zivatarcellák, szupercellák is létrejöhetnek. A légköri folyamatok között tehát meghatározó szerepe van a koncentrált, erőteljes függőleges feláramlásokkal járó jelenségeknek. A konvektív jelenségek közé tartoznak a szabad szemmel láthatatlan termikek, a gomolyfelhők vagy a zivatarok. A konvekció gyakran veszedelmes jelenségeket is létrehoz: különösen heves zivatargócok, szupercellák vagy zivatarláncok jöhetnek létre. A konvekció egyik legfőbb sajátossága a körülményekre való rendkívüli érzékenység, labilis időjárási helyzetben ugyanis akár egy gyenge légmozgás elegendő ahhoz, hogy kialakuljon egy gomolyfelhő, amely gyorsan zivatارفelhővé terebélyesedik, majd a belőle kifújó szél újabb zivatarokat gerjeszt. (HORVÁTH 2007)

A talajfelszínen megjelenő csapadék mennyisége növeli a talaj pórusterének nedvességtartalmát, amely időjárást alakító hatása mellett befolyásolja a mérgezőanyag polgárságát, valamint hidrolízisére, továbbá a talaj kapillárisálózatának telítése esetén a mérgező vegyületek talajban és talajfelszínen bekövetkező mozgására.

A mérgező harcanyagok terepen való megmaradásának időtartalma alapvetően ugyanis az adott harcanyag fizikai és kémiai tulajdonságaitól, a diszperzió jellegétől és a talaj, valamint a levegő hőmérsékletétől, illetve a nedvességtartalmától függ, amelyek a talajról való párolgás intenzitását és a harcanyag hidrolízisének intenzitását határozzák meg. A mérgező

harcanyagok terepen való viselkedését tehát befolyásolja a felszínre kihullott cseppek abszorpciója mellett a mérgező harcanyag hidrolízise a talaj nedvességtartalmával és a mérgező harcanyag párolgása a talajról. A mérgező harcanyagcseppek nem pórusos felületre érkezve elvesztik gömb alakjukat, és szétfolynak a felületen, pórusos felületre érkezve viszont felszívódnak a felületen. Növényzettel borított területen a mérgező harcanyagtömeg nagy része a növényzet és a levelek felületén, valamint a szárazon figyelhető meg, száraz növényzet esetén azonban a főtömeg nagy része a talajra hullik, felszívódva abban. A talaj pórusos szerkezetébe való áramlását a kapilláris erők teszik lehetővé, amely beáramlást a talaj tömörsége, nedvességtartalma és hőmérséklete befolyásolja. A talaj pórusterének vízzel való telítettsége (hirtelen elöntések vagy tartós esőzések esetén) viszont megakadályozza a beszívódást. A mérgező harcanyag száraz talajba történő szivárgása a nagy méretű kapillárisoktól a kis méretűek felé addig tart, amíg egyensúlyi állapot alakul ki, amelyet követően a mérgező harcanyag terjedése már gőz halmazállapotban történik. Csapadék hatására, a talaj kapillárisaiban vízáramlások alakulnak ki, amelyek során a mérgező harcanyag behatolási mélysége növekszik, azonban fokozódik a hidrolízis folyamata is. A hidrolízis reakciója a mérgező harcanyag bomlásához vezet annak talajban való tartózkodási ideje alatt. A hidrolízis sebessége a hőmérséklet és az anyag savtartalmának növekedésével nő. A talajnedvesség fokozódásával a hidrolízis sebessége kezdetben nő, majd maximuma elérését követően csökken. (MN VvSzf 1967)

A hirtelen lezúduló nagy mennyiségű csapadék a talaj pórusterében lévő mérgező anyagokra kifejtett hatásán kívül meghatározóan befolyásolja a terep járhatóságát, így a CBRN-adatgyűjtő szervezetek mozgásképeségét, azaz a felderítési kapacitását. A felderítési útvonalakat, figyelőpontokat, valamint a megközelítési útvonalakat is nehezebb ilyen körülmények között előre meghatározni.

A fenti hatások befolyásolják a technikai kiszolgálás rendszerét is, azaz az eszközök tervszerű, rendszeres ellenőrzését, karbantartását és feltöltését.

#### 8.3.2.2. *A detektálási technika környezetfüggése*

Az EU CBRN-kockázatok detektálásának és csökkentésének új megközelítéséről szóló 2014-ben kiadott dokumentuma kinyilatkoztatja, hogy a tagállamoknak ki kell alakítani a CBRN-fenyegetésnek megfelelő felderítési rendszert, amelyet egységesített minimum-standardok alapján olyan detektorparkkal kell felszerelni, amely adekvát választ jelent a jövő CBRN fenyegetéseivel és más egyéb alkalmazási kihívásokkal szemben.

Ilyen alkalmazási kihívást jelentenek az időjárási tényezők extrém megnyilvánulásai hirtelen változásaikkal együtt. Az éghajlatváltozás egyik manapság is gyakorta tapasztalható és kézzelfogható hatása pedig éppen ez.

A felderítést végző szervezetek felszerelése ezért kritikus tényező, amely alapvetően meghatározza az alegységek képességét. A vegyi, biológiai és radioaktív anyagok kimutatását és azonosítását lehetővé tevő eszközök kapacitása meglehetősen érzékeny faktor ebből a szempontból, és ezt nem szabad figyelmen kívül hagyni. A CBRN-felderítőalegységek felszerelésének – de bármely más szervezet (például katasztrófavédelem) vegyi felderítést végző csoportjai felszerelésének – kialakításánál egyaránt nehéz feladat a szervezet alkalmazási céljainak megfelelő detektorpark kialakítása.

A minden szempontból ideális detektor egyaránt képes kimutatni a mérgező harcanyagokat és a toxikus ipari anyagokat rövid időn belül, szelektivitással rendelkezik, és érzékenysége lehetővé teszi azt, hogy azok egészségügyi kockázatokat jelentő koncentrációját is időben érzékeldje, ráadásul úgy, hogy közben alacsony érzékenységet mutat a környezeti zavaró hatásokkal szemben. Az ideális kimutató eszköz gyors válaszideje mellett könnyen szállítható, hordozhatósága nem gátolja a működőképességét, azaz mozgatva is üzemeltethető. Ilyen, minden szempontnak megfelelő detektort lehetetlen találni. (SFEROPOULOS 2009)

A vegyi detektorok várható alkalmazási környezetének jellemzői meghatározók azok kiválasztásának folyamatában éppúgy, mint a jellemző azonosítandó vegyületek köre.

Az CBRN-felderítés alapvető célja a vegyi, biológiai és radioaktív szennyezettség detektálása és azonosítása annak megállapítása érdekében, hogy milyen típusú fenyegetés ellen és mennyi ideig kell védekezni. A radiológiai szennyezettség kimutatását kevésbé, a biológiai, illetve a vegyi szennyezettség detektálását viszont erősen befolyásolják a környezeti, különösen az időjárási tényezők. A domborzat, a talajtípus, a növényzettel való borítottság foka mellett jelentős hatást gyakorolnak a meteorológiai viszonyok nemcsak a biológiai, illetve a mérgező harcanyag, veszélyes ipari anyag térbeli terjedésére, hanem a kimutatás hatásfokára is. A detektorok környezeti hatásoktól való függése is lényeges szempont tehát azok kiválasztásának folyamatában.

Az ABV felderítési tevékenység feladatrendszerében a mérgező harcanyagok és toxikus ipari anyagok kimutatása mellett lényeges szerepe van az ágensek azonosításának is.

A kereskedelmi forgalomban megtalálható vegyi detektorok nem mindegyike alkalmas a mérgező harcanyagok kimutatása mellett azok azonosítására is. A mérgező harcanyagok azonosításának módszerei igen változatosak, a terepen is alkalmazható, gyors működésű, azonosításra is alkalmas felderítő eszközök szintén eltérő specifikusságot mutatnak.

A kihívásoknak megfelelő beszerzésre tervezett vegyi detektorok kiválasztása előtt fontos megvizsgálni tehát az alkalmazás célját. Amennyiben a cél a személyi állomány, a lakosság riasztása az egyéni védőeszközök megfelelő időben történő felvétele vagy a megfelelő lakosságvédelmi intézkedések bevezetése érdekében, akkor fő szempont a megbízható működés a nagy valószínűséggel előforduló mérgező anyagok körében. Erre a célra rendszeresített eszközök minőségi meghatározásra nem alkalmasak. A szelektivitás csupán felesleges információkkal terhelné az alkalmazót. Az egyéni védőeszköz alkalmazása hatékony védelmet biztosít a beavatkozó és kárelhárító katasztrófavédelmi és honvédségi szervezetek számára, ugyanakkor viselésekor számolni kell annak teljesítménycsökkentő hatásával. Meg kell tudni határozni azt az állapotot, amelyben az egyéni védelem szintjét csökkenteni lehet. Meg kell tudni állapítani tehát a fizikai védelmi szint csökkentésének külső feltételeit, azaz a veszély elmúltát. A detektálható ágensek körének bővítése azonban nem csupán hasznos, hanem a fenyegetettséget figyelembe véve szükséges követelmény. Ezek a készülékek nem szolgáltatnak adatokat a vegyi veszélyt jelentő mérgező harcanyag vagy toxikus ipari anyag koncentrációjáról, sok esetben az ágens típusáról sem.

A fizikai védelem (egyéni és kollektív védelem egyaránt) időbeli korlátait tekintve ugyanakkor fontos ismerni a veszély jellege mellett az azt okozó komponens fajtáját, annak fizikai és kémiai tulajdonságait, hiszen ezek – és persze más külső tényezők – ismeretében tudjuk meghatározni annak toxicitását, a szennyeződés térbeli kiterjedését, a veszély időszakájának várható idejét stb. Erre a célra a szelektivitással rendelkező, tehát specifikus kimutatást biztosító detektorok alkalmasabbak.

Az azonosítás során a veszélyeztető mérgező (harc)anyag minőségének (típusának) és mennyiségének (koncentrációjának) pontos meghatározása bonyolult felépítésű, nehéz és drága eszközöket igényel. A mérgező harcanyagok és toxikus anyagok minőségi és mennyiségi meghatározásának kiváló eszközeit képviselik a tömegspektrometria (MS) elvén működő műszerek, amelyek hordozható, a harcjárműre telepíthető vagy laboratóriumban alkalmazható változatokban is elérhetőek a kereskedelmi forgalomban. Ezek azonban nagyon drágák!

A minta-előkészítés nélküli szerves és szervetlen komponensek azonosítására alkalmas FT-IR gázanalizátor: a GASMET (Gasmet Technology, Finnország) márkanévű készülék például egyszerre akár 25 vegyületet is képes elemezni. (VÁGFÖLDI-FÖLDI 2011)

A kimutatási képességet jellemzi továbbá a detektor válaszadási ideje és a téves eredmények aránya. Ezen belül meg kell különböztetni az álpozitív és az álnegatív eredmények arányát, amelyek közül az álnegatív eredmények problémásabbak.

A terepi kimutatásra alkalmazott detektorokkal szemben támasztott követelmények között kell említeni néhány további fontos olyan tulajdonságot, amelyek lehetővé teszik azok használatát extrém körülmények között is. Szükséges időjárási körülmények között is stabil üzemképesség és megbízható kimutatási képesség kell hogy jellemezze őket. A hordozhatóság mellett az ütésálló kivitel, a por- és cseppállóság, valamint az egyszerű kezelhetőség is lényeges. Alapvető elvárás a detektorokkal szemben a rövid készenléti és válaszadási idő, a folyamatos üzemeltethetőség, egyszerűen végrehajtható technikai kihasználás és alacsony fenntartási költség.

A vegyi felderítés objektív módszerei közül a kémiai elven működő eljárások megbízhatóak és pontosak, azt azonban tudni kell, hogy amennyiben olyan mérgező (harc-) anyag van a levegőben, amelyre nincs reagens a készletben, vagy a halmazállapota nem a reakciófelületnek kedvező, a kimutatás meghiúsul.

A mérgező anyagok fizikai elvű kimutatásának különböző módszerei azonban számos előnyt kínálnak, amelyek egyike a gyors kimutatás. Egyértelműen ez a jövő!

A mérgező harcanyagok megjelenése változást okoz a levegő fizikai tulajdonságaiban (például szín, szag, átlátszóság, elektromos vezetőképesség), ezeket a változásokat észlelve állapítják meg a mérgező harcanyag jelenlétét, fajtáját, töménységét.

A vegyi felderítő szervezetek eszközparkját úgy kell kialakítani, hogy annak elemeit a pontdetektorok hálózataként lehessen üzemeltetni, ez minimális követelmény a CBRN-fenyegetettség jelenkori kihívásainak történő megfelelés érdekében.

A jövőben olyan széles körben alkalmazható vegyi detektorok alkalmazásba vétele jelenthet fenyegetésarányos válaszlépést, amelyeket a jelenlegi eszközök működési korlátainak figyelembevételével fejlesztenek majd ki. A széles érzékelési tartományban működő, kis méretű, gyors reagálású és alacsony fogyasztású detektoroknak képesnek kell lenni a mérgező harcanyagok, valamint azok továbbfejlesztett vegyületeinek (nem hagyományos mérgező harcanyagok), továbbá a toxikus ipari anyagok és robbanóanyagok kimutatására és azonosítására azok bármely halmazállapotában. Az érzékenység növelése a szelektivitás javítása és az eszközök miniatürizálása lehetővé teszi azok folyamatos üzemelésben történő üzemeltetését úgy, hogy az nem korlátoz vagy akadályoz más tevékenységet, azaz észrevétlenül működést biztosít. Az új detektorfejlesztések, például a Field Asymmetric Ion Mobility Spectrometry (FAIMS; terepi [hordozható] aszimmetrikus ionmozgékonyossági spektrometria) vagy a Rapid Thermal Modulation Ion Spectrometry (RTMIS; gyors hő-

modulációs ion-spektrometria), a fenti kívánalmak elérésével kecsgetetnek alacsony mintatér-fogatáram mellett, ami kis energiafogyasztást tesz lehetővé hosszabb üzemidővel.

A hőmérsékleti szélsőségek alacsony tartományokban is megmutatkozhatnak. A vegyi anyagok alacsony hőmérsékleten gyakran csak a kimutatási határérték alatti koncentrációban vannak jelen, ezért szükségessé válik olyan eszközök alkalmazása (például termosztátok), amelyek használatával kimutathatóvá válnak.

#### *8.3.2.3. Az időjárás-figyelés korlátjai*

Az CBRN-adatgyűjtő szervezetek tevékenységük során a CBRN-események monitorozása mellett anemometriai méréseket is végrehajtanak, amelyek alapjául szolgálnak egyszerűsített értékelési eljárásoknak. Optimális esetben lehetőleg a mérőhely tágabb környezetéből származó hatásokat kellene felderíteni, ehhez ki kellene szűrni a mérőállomás közvetlen környezetének (talajfelszín) befolyását.

A szél a környezeti hatásokra egyik legérzékenyebb meteorológiai elem. Így az állomáson mért érték alapvetően két fő részből áll: egyrészt, az időjárási rendszerek által meghatározott szélsébségből és irányból, másrészt, a környezetnek erre az „időjárási” szélre gyakorolt hatásából. A környezet alatt értjük a domborzatot, ami a minőségétől függően akár több 10 km távolságból is hathat a mérésre, az állomás környezetének érdekességét, azaz a felszínborítást, illetve a szél útjában álló különböző akadályokat. (SZÁSZ–NAGY 2007)

A CBRN adatgyűjtő szervezetek meteorológiai felszerelése azonban nem minden tekintetben képes megfelelni a fenti kritériumnak. Az EU-irányelveknek megfelelően kialakított információáramláson alapuló CBRN-incidensértékelésnél és hatásértékelésnél kiemelt szerepet kell, hogy kapjanak az országos meteorológiai mérőállomást üzemeltető szervek meteorológiai előrejelzései.

#### *8.3.2.4. Az időjárási hatások mozgásbefolyásoló hatása*

Tekintettel arra, hogy a CBRN-adatok gyűjtésére a közúthálózat elhagyását követően terepen kizárólag a haderő terepjáró és úszóképes harcjárművekkel felszerelt nagy mozgékonyágú vegyi- és sugárfelderítő alegységek képesek, ezt a kérdéskört célszerűen azok alkalmazási oldaláról vizsgálom.

A légi, vegyi és a sugárfelderítés eszközeinek alkalmazását váratlan ködképződés, a szélirány és szélsébség változása, a nap folyamán a hőmérséklet jelentős ingadozása, intenzív vihartevékenység, valamint erős függőleges légáramlatok keletkezése egyértelműen befolyásolja repülőbiztonsági oldalról.

Az CBRN-felderítőalegységek mozgásának, szaktevékenységének, különböző feladatmegoldásainak tervezésekor, szervezésekor elsősorban meghatározó a víz megjelenési formáinak változásából fakadó hatások értékelése. Elengedhetetlen a terepjárhatóság, a vízfolyások vízszintingadozása és a kettőt befolyásoló csapadék (eső, hóviszonyok) ismerete. A hidrometeorológiai hatások mind az utakat, mind a terepet igénybevételnek, rongálódásnak teszik ki. Időjárási okok miatt a CBRN-felderítőalegységek mozgása sok esetben lelassul, esetenként (viharok, záporok, erős hóviharok, útjegesedések) rövidebb-hosszabb

ideig meg is bénulhat. Különösen hegyvidéken végzett szaktevékenység során válhat meghatározóvá a szél és légnyomás, a hőmérséklet, a csapadék, a látástávolság, a felső talajréteg, a felszíni – karsztvidéken a felszín alatti – vizek állapota.

A mészkő és dolomit alapkőzettel rendelkező hegyvidéki körzetekre jellemző jelenség a karsztvíz mozgása. Ezek a karsztvízmozgások jelentősen befolyásolhatják a szakfeladatok végrehajtását. A hegyrendszer belsejében levő karsztjáratok nagyobb esőzések, hóolvadások hatására vízzel megtelnek, és több tíz kilométer távolságra képesek nagy volumenű vízhozamot is szállítani és a rétegszerkezetileg megfelelő helyen időszakos zuhatag jelleggel a lejtőkre juttatni.

A viszonylag alacsony fekvésű, sík- és dombvidéki vízgyűjtők vízhálózatainak természetes vízkészletállapotaira jellemzők a szélsőségek, vagyis gyakran képes kialakulni igen tartós vízhiány, s előfordul hirtelen keletkező árvíz is. E két szélsőséges vízkészletállapot között pedig általában viszonylag kisebb lefolyással kell számolni. Ez a helyzet a becsült éghajlatváltozás várható eredményeként jelentősen megváltozhat mindkét szélsőség irányába.

A léghőmérséklet változása – ezért az éghajlatváltozás is – a hidrológiai folyamatokra jelentős hatást gyakorol. Ennek következtében szinte minden lényeges vízkészletelem gyakorisága valószínűsíthetően meg fog változni, így a folyók lefolyásának karakterisztikái, az árvizek és villámárvizek gyakorisága és intenzitása, a belvizek előfordulása, valamint az aszályos időszakok hossza és súlyossága is. (Kis et al. 2015) A közlekedési útvonalak kitettsége miatt ezek a jelenségek közvetlenül hatást gyakorolnak az ABV-felderítőszervezetek működésére.

A téli időjárási viszonyok jelentős befolyást gyakorolnak a CBRN-felderítő szaktevékenységre. A hótakaró, a fagy és az időjárás miatt jelentősen megváltozik a terep általános jellege. A bemélyedések, horhosok, a folyómedrek partjai, az utak és cserjések hóval telítődnek. A folyók, patakok, mocsarak és tavak befagynak. Megnehezül a CBRN-felderítőszervezetek telepítési helyének kiválasztása. Csak részben lehet a terep járhatóságát térképről megítélni. A magas hótakaró miatt az utakról a letérés majdnem lehetetlen. Téli időjárási viszonyok között az ABV-felderítés szakfeladatainak megszervezésekor figyelembe kell venni, hogy a fagyások megakadályozása, a gépjárművek, szaktechnikai eszközök karbantartása külön intézkedéseket igényel.

Az éghajlatváltozással bekövetkező hőmérséklet-emelkedés egyértelműen megmutatkozik a jövőben. A prognózisok szerint a hőségnapok száma növekedni fog. A nappali hőség miatt a CBRN-felderítőegységek szakfeladatainak egy részét éjszakai időszakra kell szervezni, az éjszakai körülmények azonban nem teremtenek kedvező feltételeket a feladat-végrehajtáshoz. Éjszaka a korlátozott látási viszonyok miatt a szakfeladatok végrehajtását gondosan elő kell készíteni, és az együttműködést a lehető legrészletesebben meg kell szervezni.

Az éjszaka sötétje kizárja a vizuális felderítést, megnehezíti a tájékozódást. Bonyolultabb a társszervekkel az együttműködés, nehezebb a vegyi- és sugárfelderítő műszerek és más szaktechnikai eszközök kezelőinek munkája, bonyolultabb a terepen való tájékozódás. A nehéz tájékozódás miatt az éjszakai szaktevékenységre az áttérés előkészítését még világosban be kell fejezni. A feladathoz szükséges világítóeszközöket időben elő kell készíteni, és gondoskodni kell az áramforrások megbízható üzemeltetéséről.



### 8.3.2.5. *Az időjárás hatása a személyi állományra*

A CBRN-adatgyűjtő szervezetek személyi állománya a tevékenységük végrehajtásakor a feladat természetéből adódóan védőruhát és légzésvédőt visel. A külső hőmérséklet és más időjárási körülmények döntő mértékben befolyásolják a személyi védőeszközök szervezetre gyakorolt hatását.

Ha a hőhatás kellőképp intenzív, az izzadságmirigyeket beidegző kolinerg szimpatikus idegrostok aktiválják az izzadság termelését. Az izzadás a leghatékonyabb akarattalan belső hőmérséklet-csökkentő mechanizmus az emberi testben. (KOHUT 2008) Az evaporatív hőleadás hatásfokát azonban a védőeszköz viselése jelentősen korlátozza, és ezt a körülményt mindenképpen elemezni kell a szakfeladatok tervezésekor.

### 8.3.2.6. *A CBRN-adatgyűjtő szervezetek által alkalmazott védőruhák jellemzői*

A vegyivédelmi védőruhák alapvetően két nagy típusba sorolhatók a külső környezet, valamint a védőruha alatti környezet közötti kapcsolat tekintetében. A szigetelő típusú védőruhák anyagszerkezeti kialakításuk révén teljes izolációt biztosítanak viselőjüknek a külső környezet lehatárolásával. A szűrő típusú védőruhák bizonyos mértékű kapcsolatot teremtenek a külső környezeti levegővel, levegőáramlást és páraelvezetést biztosítva alkalmazójuknak azzal, hogy a ruha anyagába integrált adszorberben a mérgező anyagok molekulái megkötődnek. Mindkét típusnak különböző mértékű, de azonos jellegű hatása van a komfortérzetre.

### 8.3.2.7. *Szigetelő típusú védőruhák*

A szigetelő típusú védőruhák szerkezeti felépítésében a védőréteg valamilyen jó védőképességű műanyagréteg (butilkaucsuk, polipropilén, poliészter, poliamid), amely biztosítja a ruha megfelelőségét a hosszú védelmi idő, valamint többszöri mentesíthetőség követelményének. Ezek a ruhák általában nagy szilárdságúak és nehezek (nehezebbek az úgynevezett összefegyvernemi védőruháknál), továbbá tekintettel szigetelő jellegükre, a hosszú viselhetőséget valamilyen mikroklímát szabályozó egységgel biztosítják. (HALÁSZ 1990)

A védőruha alatti mikroklíma ugyanis közvetlen hatással van a hőcserére. Ha a védőruha nem légáteresztő, a ruha alatti levegő telítetté válik, és a vízgőz kondenzációja során felszabadult hőmennyiség növelve a ruha alatti mikroklíma hőmérsékletét csökkenti a konduktív hőelvezetést fokozva a szervezet hőterhelését. Az olyan jelenségek, mint a nedvesség elnyelődése és kondenzációja a védőruha alatt, a közvetlen hő- vagy fénysugárzás és ezek interakciója más tényezőkkel (például levegőáramlás) hatással van a szervezet hőcseréjére. (HOLMER 2006)

A szigetelő típusú nehéz védőruhák általában tartalmaznak belső levegőkeringtető rendszert vagy akár hűtőmellényt. A szigetelő típusú ruházatban, ahol a mikroklíma közelíti a telített állapothoz, és a verejték csak kis hányada képes elpárologni, a legoptimálisabb az lenne, ha ez a mennyiség közvetlenül a bőrfelületről párologna el.



A szigetelő típusú védőruha alatt viselt alsóöltözet azonban befolyásolja ezt, anyagszerkezetének lényeges szerepe van ezért a komfortérzet alakításában.

Az evaporatív hőleadás hatékonysága jelentősen csökken, amikor a nedvesség a bőrfelületről felszívódik valamilyen anyagban, mielőtt az elpárologna. Azzal ugyanis, hogy a párolgás lokációja áthelyeződik a bőrfelületről az alsóruházatra (alapréteg), a hűtési hatásfok lényegesen csökken. A kísérletek során kimutatták, hogy ekkor a ruházat kívülről vízzel történő permetezésével (abban az esetben, ha a víz hőmérséklete kisebb, mint a személy ruházatának hőmérséklete) jelentősebb hőleadás érhető el, mint a párologtatással. (HAVENITH et al. 2009)

A többször használható, gáztömör védőruházat védelmet biztosít a veszélyes ipari anyagok és a mérgező harcanyagok, továbbá fertőző anyagok ellen. A teljesen zárt védőruhán belül helyezkedik el a légzőkészülék, amely a ruha átszellőztetését is biztosítja, és a védőruha a légzőkészüléket is védi a külső vegyi hatásoktól. A CBRN-mintavevő csoport jellemző védőöltözete ez a ruházat.

Ennél a védőöltözetnél számolni kell a légzőkészülék tömegével is, ami jelentős légzési perctérfogat-növekedést okoz. A légzőkészülék kapacitása limitálja a bevetési időt, ami a környezeti hőmérséklet emelkedésével is csökken.

#### 8.3.2.8. 93 m védőruha

Az ABV-védőruhakészlet alapvetően a viselőjének testfelületét védi a különböző halmazállapotú mérgező harcanyagokkal szemben, valamint megakadályozza a radioaktív anyagok bőrfelületre kerülését. A gyakran alkalmazott és a Magyar Honvédségben (MH) jelenleg rendszerben lévő szűrő típusú védőruha speciális többrétegű szövetből készül (Saratoga®). A külső szövet speciális impregnálása biztosítja, hogy a felületre cseppalakban kerülő mérgező harcanyag lepereregjen. A belső szövetréteg aktív szén- és szilícium-összetevőket tartalmaz. A belső szövet szerkezete lehetővé teszi, hogy a gőz halmazállapotban jelen lévő mérgező harcanyag az aktív szén rétegen megkötődjön, miközben a levegő a belső szövetrétegen áthalad. (MH VvTSzf 1997)

A védőruha a nehéz védőruhákkal szemben jelentősen nagyobb mozgásszabadságot biztosít viselőjének, és hosszabb viselési időt tesz lehetővé. A szigetelő típusú védőruhához képest jóval kényelmesebb szűrő típusú védőruha előnyös védelmi tulajdonságai mellett azonban nem szabad megfeledkezni arról, hogy alkalmazása során szintén számolni kell a teljesítőképesség csökkenésével.

Annak ellenére, hogy a bőrvédelem ezen típusú eszköze szerkezeti kialakításának köszönhetően pára- és levegőáteresztő, a külső meteorológiai tényezők, a viselési idő és a tevékenység függvényében számolni kell a hőstresszből és a vízvesztésből eredő fiziológiai hatásokkal.

A különböző típusú védőruhák összehasonlító vizsgálatával az is megállapítható, hogy bár a Saratoga-típusú védőruha viszonylag magas diffúziós áteresztőképességgel rendelkezik, a konvektív áteresztőképessége alacsony értékű. Ez utóbbi viszont nagyobb hatással van az evaporatív hőelvezetésre, mint a diffúz áteresztőképesség. (BERNARD et al. 2009)



8.1. ábra

*A 93M „szűrő típusú” védőruha**Forrás: a szerző felvétele*

Az éghajlat változásához – a társadalmi csoportokhoz hasonlóan – a különböző műszaki rendszerek tervezése és alkalmazása során az azokat üzemeltetőknek is alkalmazkodni kell. Mindennapjaink bármely szegmensében az állóképesség növelése minden területen fontos, ami hozzájárul a gazdaság és a társadalom alkalmazkodóképességének fokozásához. A klímakutatások eredményeinek műszaki területen történő sikeres adaptációja lehetőséget teremt az egyes műszaki rendszerek klímaváltozások okozta kihívásoknak való megfeleltetésére.

## Felhasznált irodalom

- ÁCS F. – BREUER H. – HORVÁTH Á. (2009): Esszé a talaj, a növényzet és a zivatarok közötti kapcsolatrendszeréről. *Léggör: Az Országos Meteorológiai Intézet szakmai tájékoztatója*, 53. évf. 4. sz. 20–23.
- ÁCS F. – HORVÁTH Á. – BREUER H. (2008): A talaj szerepe az időjárás alakulásában. *Agrokémia és Talajtán*, 57. évf. 2. sz. 225–238. DOI: <https://doi.org/10.1556/Agrokem.57.2008.2.1>
- BEREK T. – PELLÉRDI R. (2011): ABV (CBRN) kihívásokra adott válaszlépések az EU-ban. *Bolyai Szemle*, 20. évf. 2. sz. 55–72. Elérhető: [http://m.ludita.uni-nke.hu/repozitorium/bitstream/handle/11410/1922/Berek\\_Pellerdi.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://m.ludita.uni-nke.hu/repozitorium/bitstream/handle/11410/1922/Berek_Pellerdi.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- BERNARD, T. – ASHLEY, C. – TRENTACOSTA, J. – KAPUR, V. – TEW, S. (2009): Effects of porosity on critical WBGT and apparent evaporative resistance. *Proceedings of the 13<sup>th</sup> International Conference on Environmental Ergonomics*. Boston (USA), August 2–7, 2009. 30–34.
- Communication from the Commission to the European Parliament and the Council on strengthening Chemical, Biological, Radiological and Nuclear Security in the European Union – an EU CBRN Action Plan [COM]*. (2009) Brussels, 24.6. COM (2009) 273 final.
- Communication from the Commission to the European Parliament and the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the regions on a new EU approach to the detection and mitigation of CBRN-E risks [COM]*. (2014) Brussels, 5.5.2 COM (2014) 247 final.
- CSURGAI J. – GORICSÁN I. – ÁCS B. – CSÓK L. – HALÁSZ L. – LAJOS T. – PINTÉR I. – SOLYMOI J. – VINCZE Á. – ZELENÁK J. (2005): ABV-anyagok terjedésének numerikus, számítógépes szimulációja. *Haditechnika*, 39. évf. 1. sz. 13–19.
- CSURGAI, J. – ZELENÁK, J. – LAJOS, T. – GORICSÁN, I. – HALÁSZ, L. – VINCZE, Á. – SOLYMOI, J. (2006): Numerical simulation of transmission of NBC materials. *Academic and Applied Research in Military Science*, Vol. 5, No. 3. 417–434.
- GLATZ F. (2009): *Vízgazdálkodás a Kárpát-Medencében*. (Vezetői összefoglaló) Budapest, MTA Társadalomkutató Központ. Elérhető: [www.mta.hu/fileadmin/2009/11/07\\_Vizgazdalkodas.pdf](http://www.mta.hu/fileadmin/2009/11/07_Vizgazdalkodas.pdf) (A letöltés dátuma: 2017. 09. 25.)
- HALÁSZ L. (1990): *Haditechnikai ismeretek III*. Budapest, Honvédelmi Minisztérium Haditechnikai Intézet.
- HALÁSZ L. (2004): *ABV védelmi meteorológia*. (Egyetemi jegyzet) Budapest, ZMNE.
- HALÁSZ L. (2013): Éghajlatváltozás és haditechnika. *Hadtudomány*, 23. évf. Elektronikus különszám. 52–67.
- HALÁSZ, L. – FÖLDI, L. – PADÁNYI, J. (2012): Climate change and CBRN defense. *Hadmérnök*, 7. évf. 3. sz. 42–49.
- HALÁSZ, L. – PADÁNYI, J. – FÖLDI, L. (2013): Improving the CBRN defence of combat vehicles as a response to the challenges of climate change. *Economics and Management*, Vol. 7, No. 3. 31–38.
- HAVENITH, G. – BRÖDE, G. – CANDAS, V. – HARTOG, E. – HOLMÉR, I. – KUKLANE, K. – MEINANDER, H. – NOCKER, W. – RICHARDS, M. – WANG, X. (2009): *Evaporative cooling in protective clothing efficiency in relation to distance from skin*. Loughborough, Loughborough University, Department of Human Sciences, Environmental Ergonomics Research Group. Elérhető: [www.lboro.ac.uk/microsites/lds/EEC/ICEE/textsearch/09articles/George%20Havenith.pdf](http://www.lboro.ac.uk/microsites/lds/EEC/ICEE/textsearch/09articles/George%20Havenith.pdf) (A letöltés dátuma: 2017. 10. 19.)
- HOLMÉR, I. (2006): Protective Clothing in Hot Environments. *Industrial Health*, Vol. 44, No. 3. 404–413. DOI: <https://doi.org/10.2486/indhealth.44.404>

- HORVÁTH Á. (2007): A mezoskálájú folyamatok szerepe a konvektív felhőképződésben. In WEIDINGER T. – GERESDI I. szerk.: *Felhőfizika és mikrometeorológia*. Meteorológiai Tudományos Napok. Budapest, Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ). 83–94.
- KIS A. – SZABÓ J. A. – PONGRÁCZ R. – BARTHOLY J. (2015): A klímaváltozás extrém lefolyási karakterisztikákra gyakorolt hatásainak elemzése a Zagyva vízgyűjtőn. In PONGRÁCZ R. – MÉSZÁROS R. – KIS A. szerk.: *Aktuális Kutatások az ELTE Meteorológiai Tanszékén. Jubileumi kötet – 70 éves az ELTE Meteorológiai Tanszéke*. Budapest, ELTE Meteorológiai Tanszék. 41–48.
- KOHUT L. (2008): Katonák terheléstűrése meleg, száraz környezeti körülmények között – a fiziológia. *Hadtudományi Szemle*, 1. évf. 3. sz. 101–109.
- KRISTÓF G. – BÁNYAI T. – RÁCZ N. – GÁL T. – UNGER J. – WEIDINGER T. (2007): A városi hősziget által generált konvekció modellezése általános célú áramlástan szoftverrel – összehasonlítás kisminta kísérletekkel. In WEIDINGER T. – GERESDI I. szerk.: *Felhőfizika és mikrometeorológia*. Meteorológiai Tudományos Napok 2006. Budapest, Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ). 95–104.
- MN VvTSzf (1997): *A 93M egyéni védőeszközkészlet műszaki leírása*. Budapest, MH Vegyivédelmi Technikai Szolgálatfőnökség.
- MH VvSzf (1967): *A vegyifegyver*. Budapest, MN Vegyivédelmi Szolgálatfőnökség.
- MIKA J. (2014): Szünetelő melegedés – kihívások és következtetések az IPCC jelentéseiben (2013–2014). In KÓRÓDI T. – SANSUMNÉ MOLNÁR J. – SISKÁNÉ SZILASI B. – DOBOS E. szerk.: *VII. Magyar Földrajzi Konferencia kiadványa*. Miskolc, ME Földrajz-Geoinformatika Intézet. 421–428. Elérhető: [www.uni-miskolc.hu/~foldrajz/Foldrajzikonferencia/VII\\_Magyar\\_Foldrajzi\\_Konferencia\\_Kotet.pdf](http://www.uni-miskolc.hu/~foldrajz/Foldrajzikonferencia/VII_Magyar_Foldrajzi_Konferencia_Kotet.pdf) (A letöltés dátuma: 2018. 02. 05.)
- PADÁNYI J. (2015): Vízkonfliktusok. *Hadtudomány*, 25. évf. Elektronikus különszám. 272–284.
- SFEROPOULOS, R. (2009): *A Review of Chemical Warfare Agent (CWA) Detector Technologies and Commercial-Off-The-Shelf Items*. Victoria, DSTO Defence Science and Technology Organisation, Lorimer St Fishermans Bend.
- SZÁSZ G. – NAGY Z. (2007): A légköri és a felszíni hatások elkülönítésének lehetőségei a felszínközeli súrlódási rétegben. In WEIDINGER T. – GERESDI I. szerk.: *32. Meteorológiai Tudományos Napok*. Budapest, Országos Meteorológiai Szolgálat. 125–150.
- VÁGFÖLDI Z. – FÖLDI L. (2011): Korszerű ABV felderítő eszközök. *Sereg Szemle*, 9. évf. 2. sz. 50–57.

## 9. fejezet

### A vízhiányos helyzetek kialakulásának megelőzése és hatékony kezelésének elősegítése

*Tóth Tamás<sup>1</sup>*

#### 9.1. Bevezetés

Az éghajlatváltozás következtében fokozódó nyomás nehezedik Magyarország hozzáférhető édesvízkészleteire, és több régióban is a kereslet és a kínálat aszimmetriája figyelhető meg. Az éghajlatváltozás következtében egyre szélsőségesebb időjárási jelenségek negatív hatással vannak a vízellátásra. Az éghajlatváltozás közép- és hosszú távon negatív hatással van a környezetbiztonságra, és össztársadalmi szinten érezteti hatását. A szélsőségeknek való kitettség korlátozza Magyarország versenyképességét. A különböző gazdasági ágazatok vízigénye miatt egyre kiélezettebb verseny folyik a vízért mint erőforrásért, miközben vízkészleteinket óvnunk kell. A megújuló vízkészletek csökkennek, ezzel szemben az igények növekedése prognosztizálható. Az éghajlatváltozás következtében egyre nagyobb hangsúlyt kell fordítani a fenntartható vízgazdálkodás elősegítésére.

Az éghajlatváltozás következtében elengedhetetlenné vált, hogy a rendelkezésre álló erőforrásokat hatékonyan használjuk fel. A Magyarországra érkező vagy ott képződő vizek hasznosításában rejlő potenciál számos területen kiaknázatlan. Az alternatív vízkészletek kihasználatlanok. A vízkészletek hozzáférhetőségének csökkentése veszélyezteti a vízellátás biztonságát. Egyes régiókban tartósan vízhiányos helyzet alakulhat ki.

Az elmúlt évtizedek tapasztalatai alapján nyilvánvalóvá vált, hogy a társadalomnak a vízgazdálkodáshoz való eddigi hozzáállását felül kell vizsgálni, és bizonyos szempontból változások szükségesek. Fel kell ismerni, hogy a hagyományos infrastrukturális jellegű beavatkozásokról a hangsúly fokozatosan áttevődik az informatikára, az információáramlásra. Az adatok gyűjtése, tárolása, feldolgozása, illetve felhasználása kulcskérdéssé válik napjainkban. A hatékony, gyakorlatias oktatás szerepe megkérdőjelezhetetlenül előtérbe kerül.

Feltételezem, hogy a vízkészletekkel való gazdálkodás hatékonysága javítható. A vízhiányos helyzetek kialakulása a jövőben veszélyt jelenthet a környezeti, gazdasági, társadalmi rendszer érzékeny egyensúlyára. Felmerül a kérdés, hogyan lehetne az éghajlatváltozás következtében megnövekedett előfordulási valószínűséggel kialakuló vízhiányos állapotokat biztonságosan és költséghatékonyan kezelni.

A kutatás célja, hogy az éghajlatváltozás és a vízgazdálkodás közötti összefüggések hálózatainak rendszerezésével elősegítse a vízhiányos helyzetek kialakulásának megelőzését,

<sup>1</sup> ORCID:0000-0003-2810-0583, [tothtamas@live.com](mailto:tothtamas@live.com)

illetve hatékony kezelését és megszüntetését. A tanulmány keretében feltárjuk, hogy milyen előjelei lehetnek a vízellátás biztonságát fenyegető és a környezetbiztonságot veszélyeztető helyzetek kialakulásának. A 9. fejezet a vízhiány jelenségén keresztül felhívja a figyelmet a sűrűn lakott nagyvárosok vízellátásának sérülékenységre, a mezőgazdasági termelés kitettségére és ezáltal a fenntartható vízgazdálkodás kialakításának jelentőségére.

## 9.2. Az éghajlatváltozás hatása a vízgazdálkodásra

Az éghajlatváltozás jelenségének leírásával és megértésével számos kutatás részletesen foglalkozik. *Az éghajlatváltozás hatása a vízgazdálkodásra* című fejezetben elsősorban az éghajlatváltozásnak – az aszályos, vízhiányos helyzetek kialakulásának megelőzéséhez, illetve hatékony kezeléséhez feltétlenül szükséges – vízgazdálkodásra gyakorolt hatásával foglalkoztam.

Az üvegházhatású gázok koncentrációjának növekedése az atmoszférában hozzájárul a levegő és a vizek hőmérsékletének növekedéséhez. A hőmérséklet-emelkedés kétféle módon is fokozza a tengerszint emelkedését. Részben a jégolvadás (például Antarktisz, Grönland), részben a víz hő hatására való kitágulásának következtében. Az amerikai és az európai műholdak adatait felhasználva, a NASA bevonásával, egyes kutatók arra a megállapításra jutottak, hogy az elmúlt 25 év alapján a globális tengerszint nem egyenletes sebességgel, hanem gyorsulva emelkedik. (NEREM et al. 2018) A korábbi számítások alapján 2100-ig prognosztizált emelkedés mértéke a konzervatív becslések alapján is megduplázódhat, elérve a 65 cm-t. A tengerszint ilyen drasztikus mértékű megemelkedése beláthatatlan következményekkel járhat a tengerszinthez közeli, alacsonyan fekvő, tengerparti országok esetében.

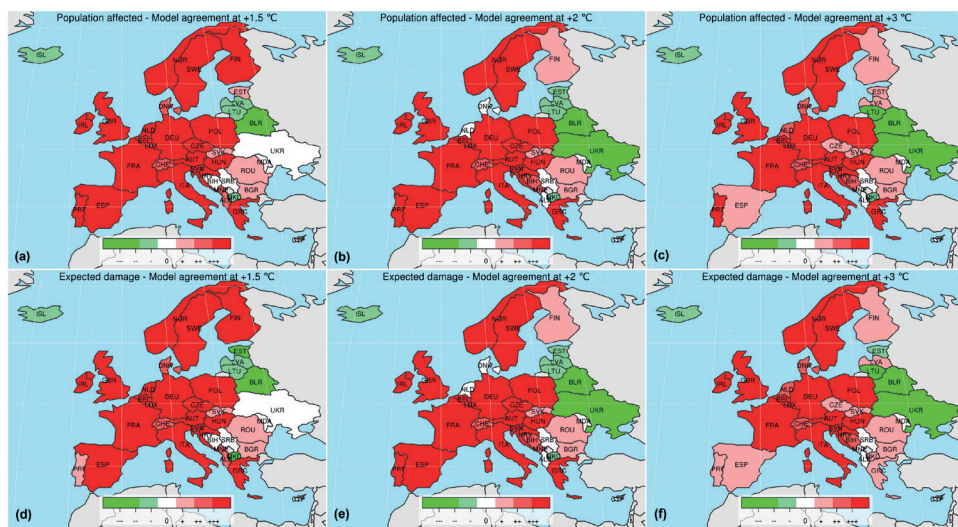
Az Afsluitdijk elnevezésű zárógát már több mint 80 éve védi Hollandia területét az Északi-tengertől. A holland vízgazdálkodási szakemberek viszont a várható éghajlati viszonyokat figyelembe véve arra a következtetésre jutottak, hogy a zárógátat egy 2018-tól 2022-ig terjedő projekt keretében modernizálni kell annak érdekében, hogy megfelelő védelmet biztosítson az éghajlatváltozás negatív hatásai ellen, és kielégítse a jelenlegi modern árvízvédelmi követelményeket. (Rijkswaterstaat 2016) A tengerszint-emelkedés és az egyre gyakoribb szélsőséges időjárási jelenségek kialakulásának megnövekedett valószínűsége indokoltá teszi a gát megerősítését. Az IJssel-tó vízszintjét a Watt-tenger vízszintjének függvényében zsilipeken keresztül tudják szabályozni.

Az utóbbi években egyre több nehézséget okozott a vízleeresztés a Watt-tenger magas vízállása miatt, ezért Den Oevernél nagy teljesítményű szivattyúrendszer beépítését tervezik. Az Afsluitdijknek olyan állapotban kell lennie, hogy ellenálljon egy 10 000 éves visszatérési gyakoriságú árvízi eseménynek is. Az Afsluitdijk által biztosított védelem szinte felbecsülhetetlen környezeti, gazdasági és társadalmi értéket képvisel. A Hollandia nagy részét védelmező Afsluitdijk példája jól szemlélteti, hogy az éghajlatváltozás következtében milyen volumenű munkák válhatnak szükségessé annak érdekében, hogy minimalizáljuk a katasztrófák bekövetkezési valószínűségét. A körülmények között és részletesen megtervezett preventív jellegű beavatkozás mindig költséghatékonyabb, mint az utólagos kárelhárítás.

A globális felmelegedés hatására Nyugat- és Közép-Európában az árvíz kockázat mértékének emelkedése extrapolálható. (ALFIERI et al. 2018) Franciaországban Párizsban 2018. január végén a Szajna levonuló árvíz szintje megközelítette a 2016-ban mért,



a korábbi évekkel összehasonlítva kimagasló értéket. Az árvíz miatt a híradások szerint mintegy 1 500 embert kellett kitelepíteni. Az Európai Bizottság Központi Kutatóintézete (Joint Research Centre –JRC) különböző klímaforgatókönyvek és hidrológiai modellek felhasználásával 2017 decemberében modellezte, hogy az éghajlatváltozás következtében 1,5 °C, 2 °C, illetve 3 °C középhőmérséklet-emelkedés hatására hogyan változnának a jövőben az árvízi kockázatok Európában.



9.1. ábra

*JRC-modellezések összeredménye Európában<sup>2</sup>*

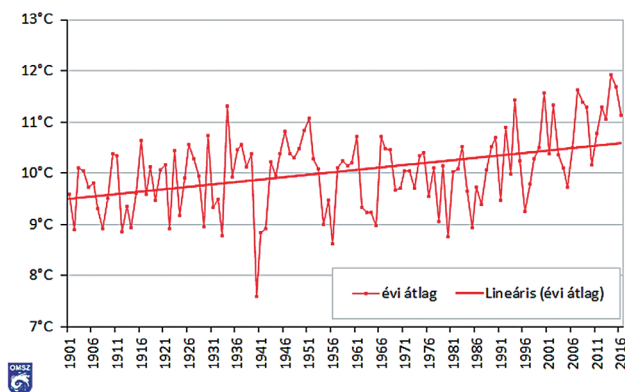
*Forrás: JRC 2017*

A 9.1. ábra alapján megállapítható, hogy az Európai Unió legtöbb országában, a különböző hőmérséklet-növekedésekre lefuttatott modellezések eredményét figyelembe véve, az érintett lakosság számában és az előre jelzett károk mértékében egyaránt negatív irányú változás látható, azaz a sérülékenység növekedése várható. (ALFIERI et al. 2018) Magyarország területén minden esetben az árvízi kockázatok növekedését prognosztizálják, ezért kiemelt fontosságú, hogy a jövőben hogyan valósítjuk meg és hangoljuk össze az árvízi védekezésünk alapját képező töltések megerősítését, karbantartását, a tározórendszerek használatát és a nagyvízi mederkezelést. Az elmúlt évek tapasztalata alapján megállapítható, hogy több jelentős árvíz is sújtotta az országot. A töltésekre, tározókra és a nagyvízi meder optimális kezelésére épülő árvízvédelmi rendszer fenntartható üzemeltetésének kialakítása kulcsfontosságú kérdéssé válik. Ezen túlmenően nélkülözhetetlen elvárás, hogy a hagyományos infrastruktúránkhoz jól strukturált, korszerű informatikai hálózat társuljon.

<sup>2</sup> Az (a)–(c) ábrarészlet mutatja az érintett lakosság számában előre jelzett változást; a (d)–(f) ábrarészlet mutatja a becsült kár mértékében bekövetkezett változást; (a),(d)=1,5 °C; (b),(e)=2 °C; (c),(f)=3 °C. Az osztályozás színek szerint: a pozitív irányú változás (zöld), negatív irányú változás (piros).



Az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) elemzései alapján Magyarországon az országos évi középhőmérséklet-adatokhoz illesztett lineáris trend egyértelmű emelkedést mutat (9.2. ábra). Az évi középhőmérséklet változása az elmúlt 116 évben  $+1,10^{\circ}\text{C}$ , az elmúlt 30 évre vonatkozóan pedig  $+1,38^{\circ}\text{C}$ . (OMSZ 2017)

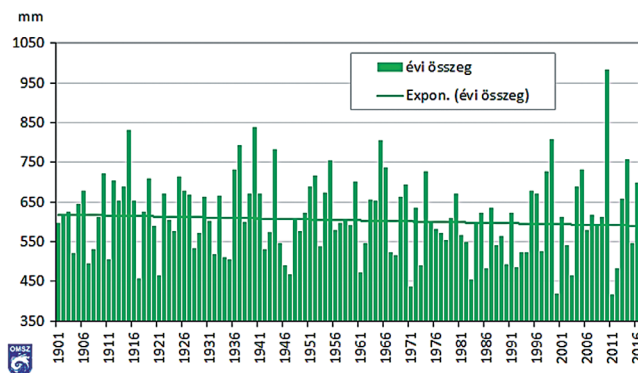


9.2. ábra

Magyarország – országos évi középhőmérsékletek 1901 és 2016 között

Forrás: OMSZ 2017

A csapadékmennyiség szempontjából az előrejelzések szerint Magyarország a kiegyenlített zónába esik, télen kismértékű növekedés, nyáron pedig valamivel nagyobb mértékű csökkenés várható. Várhatóan változik a téli csapadékon belül a hó és az eső aránya is, és a kevesebb hó általában csökkenti a beszivárgás mennyiségét. (PIECZKA et al. 2012) Az elmúlt 116 év adataihoz exponenciális trendet illesztve 3,6%-os mérsékelt csökkenés jelentkezik, míg az elmúlt 30 évet tekintve 14,6%-os növekedés figyelhető meg az éves csapadékösszegekben. (OMSZ 2017)

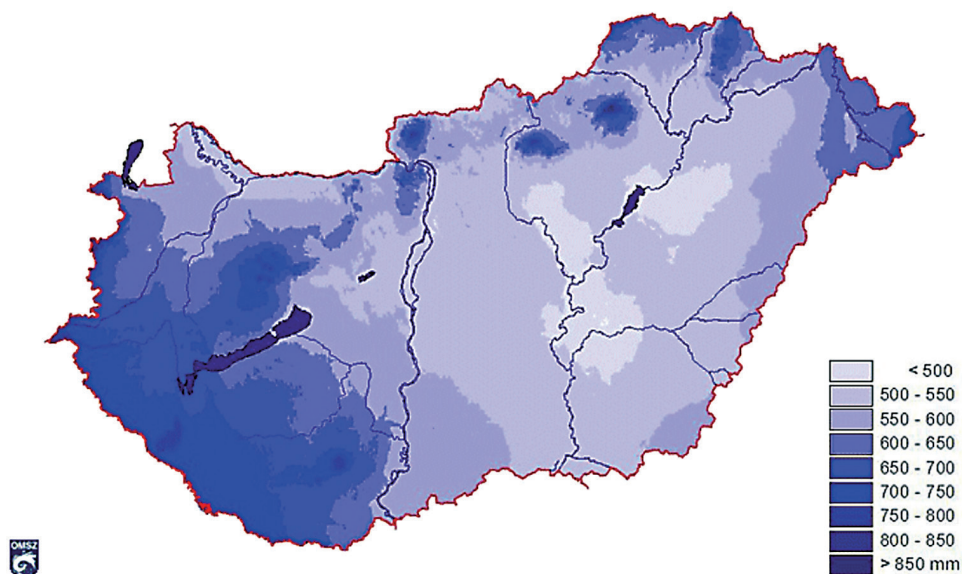


9.3. ábra

Magyarország – országos évi csapadékösszegek 1901 és 2016 között

Forrás: OMSZ 2017

A fenti adatok elemzése során ahhoz, hogy a megfelelő, valós következtetéseket tudjuk levonni, fontos tisztában lenni azzal, hogy az éves időtartamra vetített, országos léptékű statisztikai adatok árnyalt képet mutatnak. Már egy olyan viszonylag kis területű ország, mint Magyarország esetében is jelentős területi eltérés tapasztalható a hőmérséklet- és a csapadékeloszlásban. A mért értékek összevonása tompítja, eltakarja a szélsőségeket. Az aszály és a vízhiány szempontjából a hőmérséklet esetében az egymást követő hőségnapok száma a kritikus. A csapadékmennyiségek esetében pedig elsősorban a vegetációs időszakban lehulló csapadék mennyisége, eloszlása és intenzitása lesz meghatározó.



9.4. ábra

*Átlagos éves csapadékösszeg az 1971–2000 közötti időszak alapján*

Forrás: OMSZ é. n.

Elérhető: [www.met.hu/eghajlat/magyarorszag\\_eghajlata/altalanos\\_eghajlati\\_jellemzes/csapadek/](http://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/altalanos_eghajlati_jellemzes/csapadek/)  
(A letöltés dátuma: 2018. 03. 17.)

A 9.4. ábra alapján megállapítható, hogy éppen a mezőgazdasági termelés szempontjából meghatározó területeken, úgymint az Alföldön, Kisalföldön lehet számítani a legkevesebb csapadékra.

A felszíni vízkészletek szempontjából a nyári kisvízi hozamok csökkenése a meghatározó. A nyári kisvízi hozamok csökkenése kritikus, hiszen ez az időszak egybeesik a mezőgazdasági termelés szempontjából meghatározó vegetációs időszakkal. A melegedés miatt megnövekvő téli félévi potenciális párolgás pedig csökkentő hatással van a felszín alatti vizeket tápláló beszivárgásra, ezáltal csökkennek a hozzáférhető vízkészletek. (NOVÁKY 2002)

Az árvizek a különböző kárkategóriák szempontjából, leegyszerűsítve, vonalas jellegű természeti katasztrófák, ellentétben az aszályal, ahol elsősorban területi típusú környezeti,

gazdasági és társadalmi károk keletkezhetnek. Valószínűsíthető, hogy a területi kiterjedés és az általános időbeli lefolyás miatt az aszályok által okozott károk meghaladják az árvizek miatt keletkező károkat. Az árvizek és az aszály hasonlítanak abban, hogy mindkét jelenség esetében költséghatékonyabb, ha az utólagos kárenyhítés helyett preventív intézkedéseket fogantatosítunk. A természeti katasztrófák költségeinek ismerete létfontosságú a megfelelő beavatkozások megtervezéséhez.

A célom, hogy a vizek többletének és a vizek hiányának kezelésére egyaránt felhívjam a figyelmet. A vízhiány jelenségének megértése a területhasználat és a víztározók révén szorosan összefügg az árvizek témakörével. Az éghajlatváltozás következtében a vizek hiányából vagy többletéből származó kihívások kezeléséhez szükséges kockázatkezelési intézkedések alkalmazása során a különböző hatások megértése és számszerűsítése meghatározó jelentőségű lesz. A döntések minőségét részletesen ismert, megbízható, jól szelektált hidrometeorológiai adatokkal, káradatokkal és előrejelzések alkalmazásával lehet biztosítani. Minél részletesebb ismeretekkel rendelkezünk a következmények tekintetében, annál megalapozottabb döntések meghozására válunk képessé. Az éghajlatváltozással kapcsolatban különböző alternatívák között kell választani. A jelenséget ignorálhatjuk, megpróbálhatjuk megelőzni, enyhíteni vagy egyszerűen alkalmazkodni a helyzethez. A döntést a környezeti, gazdasági és társadalmi szempontok figyelembevételével a rendelkezésre álló adatokra alapozva kell meghozni.

### 9.3. Vízgazdálkodás az Európai Unióban

A vízgazdálkodással kapcsolatos kedvezőtlen tapasztalatok hatására az 1990-es évek végén az Európai Unióban megnövekedtek az aggodalmak. Az Európai Parlament és a Tanács 2000. október 23-án elfogadta *A vízipolitika terén a közösségi fellépés kereteinek meghatározásáról* elnevezésű 2000/60/EK irányelvet, közismert nevén a *Víz Keretirányelvet* (VKI). A világviszonylatban is egyedülálló VKI képezi az Európai Unió jelenleg is hatályos vízipolitikáját. A VKI a vízgazdálkodás alapja az Európai Unióban. Jelentősége abban rejlik, hogy összefogja és harmonizálja a felszíni, illetve felszín alatti vizek védelmét szolgáló joganyagokat és tevékenységeket.

A Víz Keretirányelv fő célkitűzése, hogy a felszíni és felszín alatti vizek egyaránt elérjék a „jó állapotot”. A VKI előírásainak teljesítése érdekében a tagállamoknak intézkedési programokat kell kidolgozni, a vízgyűjtő kerületekre vonatkozó, vízgyűjtő-gazdálkodási tervek (VGT) formájában. A környezeti célkitűzések elérését szolgáló vízgyűjtő-gazdálkodási tervet hat évenként felül kell vizsgálni. A magyar kormány 2016. március 9-én elfogadta Magyarország 2015. évi felülvizsgált vízgyűjtő-gazdálkodási tervét (VGT 2). A VGT 2 megvalósítása jelenleg is zajlik.

A VKI pontos megfogalmazása szerint legkésőbb az irányelv hatálybalépését követő 15 éven belül el kellett volna érni a jó állapotot, azaz 2015-ig, amit nem sikerült megvalósítani. A VKI lehetővé teszi a határidő meghosszabbítását a vízgyűjtő-gazdálkodási terv legfeljebb két korszerűsítéséig, azaz legkésőbb 2027-ig. A VGT 2 állapotértékelése alapján, illetve a VGT 1 és a VGT 2 eredményeinek összehasonlításából megállapítható javulás üteme alapján feltételezhető, hogy 2027-ig nem teljesül a célkitűzés. Felmerül a kérdés, hogy mi várható a 2027 utáni időszakban, mivel erről nem rendelkezik a VKI.

A vizek jó állapotának elérése rendkívül költségigényes, és a célkitűzés teljesítése érdekében hatalmas erőfeszítéseket tesznek a tagállamok, amit nem lenne szabad a 2027-es évvel lezárni. 2027-et követően nagyobb hangsúlyt kell fektetni a környezeti célkitűzések alól kivételként mentesített víztestek felülvizsgálatára és a kivételek számának csökkentésére annak érdekében, hogy minél több víztest kerülhessen jó állapotba. Nem ismert, hogy 2027-et követően elérhető lesz-e valamilyen típusú uniós támogatás, illetve milyen formában, milyen időközönként kellene jelentést tenni, felülvizsgálni az aktuális VGT-t. A VKI 19. cikkének (2) bekezdése értelmében az EB legkésőbb 19 évvel a hatálybalépést követően felülvizsgálja az irányelvet. Szükség lenne legalább további kettő hatéves ciklussal meghosszabbíthatóvá tenni a célkitűzések elérését. A határidők meghosszabbítását erősen indokoltá teszi, hogy az éghajlatváltozás következtében egyre szélsőségesebb időjárási körülmények nem várt módon, kedvezőtlenül befolyásolhatják a „jó állapot” elérését, illetve megőrzését.

A VKI egyik legfontosabb megállapítása, hogy a víz nem hagyományos kereskedelmi termék, hanem örökség, amit óvni és kezelni kell. A VKI a századforduló idején elsősorban az ökológiai szemlélet előtérbe helyezésével készült. Megállapítható, hogy a Víz Keretirányelv nem fedi le a vízgyűjtő-gazdálkodás teljes területét. Önmagukban a szűk értelemben vett vízgazdálkodással, különösen annak egy-egy szakágával kapcsolatos intézkedések nem elegendők. A vízkészletekkel való gazdálkodást integráltan, vízgyűjtő szinten kell megvalósítani. A különböző vízgazdálkodási szakterületek feladatait össze kell hangolni és nélkülözhetetlen a szociális, gazdasági és környezetvédelmi szempontok szerinti integráció. (IJJAS 2014)

### 9.3.1. Fenntartható beruházások a Víz Keretirányelv tükrében

A VKI egyes részeinek helyes értelmezése a mai napig vitatott. A VKI felülvizsgálatának optimalizálását kutatva arra a következtetésre jutottam, hogy az értelmezési nehézségek tekintetében két tématerületet kell kiemelni. A tagállamok számára a VKI egyik legnehezebben kezelhető részében, a 9. cikkben megfogalmazott, költségmegtérülés elvének alkalmazásával az ösztönző vízárpítási bevezetése. A meghatározott feltételeket részletesebben kellene tárgyalni, mivel jelen formájában jelentősen megnehezíti az öntözés fejlesztését. Egyes biológiai, kémiai mérések olyan költségesek, hogy nem várható el egy-egy termelőtől „a szennyező fizet”-elv alapján, hogy önköltségi alapon történjen a finanszírozás.

A VKI másik legnehezebben értelmezhető része az EU-fejlesztési források lehívásának feltételeként megjelenő VKI 4. cikkének (7) bekezdése, amely a környezeti célkitűzések fejezetéhez tartozik. A VKI 4. cikkének (7) bekezdése az „új fenntartható emberi fejlesztési tevékenységek” (new sustainable human development) engedélyezésére vonatkozik. Egyszerűsíthető lenne a VKI által alkalmazott megfogalmazás, mivel egyértelmű, hogy az emberin kívül más fenntartható fejlesztési tevékenységről nem lehet beszélni. Az Európai Bizottság, ad hoc munkacsoport felállításának segítségével 2017-ben elkészítettett egy útmutatót A 4. cikk (7) bekezdése szerinti *környezetvédelmi célok alóli mentességek* címen, amit 2017 decemberében jóváhagytak az EU-vízigazgatók. (EC 2017) Ez várhatóan nagyban meg fogja könnyíteni a vízhiányok enyhítését célzó fenntartható fejlesztési beruházások tervezését.

Az új infrastrukturális létesítmények tervezése során a VKI előírásainak való megfelelés igazolásának alapidokumentuma a VGT. Nem evidens, hogy mit tekintünk elsődrendű közérdeknek, illetve aránytalan költségnek. A tapasztalatok alapján ismert, hogy sok esetben megengedhetetlenül nagy pénzügyi ráfordításokkal sem lennének elérhetők a környezeti célkitűzések, ezért gazdasági elemzéseket kell végezni és megvizsgálni, hogy milyen enyhítési lehetőségek vannak. Az utóbbi években szembesültünk azzal, hogy mennyire komplikált feladat megállapítani egy projektről, hogy megvalósításához elsődrendű közérdek fűződik, vagy kimutatni, hogy a hasznos célkitűzések a korábban említett aránytalan költségek miatt nem érhetők el más módon.

A VKI 4. cikk 7. bekezdésében megfogalmazott feltételek igazolásához el kell végezni az úgynevezett VKI 4.7 tesztet. Problémát okoz, hogy az ökológiai állapot értékelési módszerei sem egységesek. Különösen megnehezíti a feladatot, ha az érintett víztest olyan más országhoz tartozó víztesttel határos, ahol eltérő értékelési módszereket alkalmaztak. A tagállamoknak a vizek állapotértékeléséhez 2006-ig kötelező lett volna egységes módszertant kialakítani. Ez szakmai-tudományos nehézségek miatt eddig nem valósult meg. A jövőben a VKI szerint kötelező lenne egy egységes minősítési rendszert kialakítani és használni. A teszt elvégzését gátolják a hiányos, illetve nem hozzáférhető vízállapot-értékelések. Az állapotértékelések megbízhatósága sok esetben közepes vagy alacsony. A magyar VGT, illetve a nyilvánosan elérhető háttéranyagai nem tartalmazzák, hogy milyen konkrét számérték jellemzi a vizsgált víztest állapotát. A 4.7 teszt elvégzése nagy kihívást jelent, mivel egy még tervezés alatt álló beavatkozásról kellene megbecsülni, hogy az milyen mértékben befolyásolná számszerűleg a minősítést. Az állapotértékeléshez tartozó eredmények mellett fel kell hívni a figyelmet arra, hogy a teszt elvégzéséhez nélkülözhetetlen az osztályhatárok számszerű ismerete. Egy tervezett beavatkozás várható hatásainak vizsgálatához elengedhetetlen, hogy ismerjük, hova esett az állapotértékeléshez tartozó eredmény a minősítési osztály megadott intervallumán belül. Az állapotértékelés eredményeit számszerűen kellene meghatározni. A víztest valós állapota a területi eloszlást tekintve nagyon tág határok között változhat. Különösen nehéz egy konkrét számértékkel jellemezni egy olyan kiterjedt víztestet, mint például a Balaton. A hosszú, vonalas jellegű víztestek esetén (például Duna-szakaszok) ugyanez a probléma jelentkezik. Egy kiterjedt területre átlagolt mérési eredmények kiegyenlítik és elrejtik a valós viszonyokat. Egy kisebb rész kiugróan gyenge/kiváló állapota erősen eltorzíthatja a víztest egészére vonatkozó átlagot. Meg kell vizsgálni, hogy egy már meglévő víztest osztható-e további részekre, ha igen, akkor ez hozzájárulna-e a tervezési folyamat optimalizálásához vagy a nagyobb volumenű projektek esetén még inkább ellehetetlenítené a tervezést, hiszen minden víztestre igazolni kell a VKI 4.7 előírásait.

### 9.3.2. A víztestek állapotértékelése

A vizek állapotának minősítése a víztestek állapotértékelésén alapszik. Az állapotértékelést a VKI előírásai szerint az „egy rossz – mind rossz”-elv (one-out all-out) alapján kell elvégezni. Az elv alkalmazása az integrált minősítés során ahhoz vezet, hogy az esetlegesen elért eredmények nem tükröződnek az összevont értékelés végén. A valós állapotjavulás mindössze az integrált értékelés elemi fázisaiban mutatkozik meg. A minősítési rendszer túlzott mértékben vízminőség-alapú. A felszíni vizeknél egyáltalán nem is veszi figyelembe

az értékelés során a mennyiségi szempontokat, pedig az éghajlatváltozás tükrében ez egyre nagyobb hangsúlyt fog kapni. Az elért eredményeket az „one-out all-out”-elv alkalmazása miatt az állapotértékelés nem szemlélteti megfelelően, ami téves következtetések levonásához vezethet. A rendszer metodikája miatt előfordulhat, hogy egy biológiai elemcsoport rossz értéke miatt nem mutatkozik meg egy egyébként jelentős mértékű állapotjavulás. Az ökológiai állapotértékeléshez tartozó rendszeres mérések jelentős kiadást jelentenek, és sok esetben nem is léteznek egyértelmű, hatékony módszerek. Az idő előrehaladtával elképzelhető, hogy új, eddig még nem ismert veszélyes anyagok is kimutathatóvá válnak, amelyek szintén erősen leronthatják az állapotértékelések eredményét.

9.1. táblázat

*Felszíni víztestek integrált állapotfelmérésének eredménye a VGT 1 és a VGT 2 szerint*

| Felszíni víztestek állapota – Magyarország |               |              |               |              |
|--------------------------------------------|---------------|--------------|---------------|--------------|
| Víztest minősítése                         | VGT 1         |              | VGT 2         |              |
|                                            | folyóvíz (db) | állóvíz (db) | folyóvíz (db) | állóvíz (db) |
| kiváló                                     | 0             | 0            | 3             | 3            |
| jó                                         | 5             | 3            | 62            | 17           |
| mérsékelt                                  | 39            | 0            | 397           | 44           |
| gyenge                                     | 10            | 1            | 274           | 20           |
| rossz                                      | 0             | 0            | 109           | 4            |
| adathiány                                  | 815           | 209          | 44            | 101          |

*Forrás: a szerző szerkesztése*

A 9.1. táblázatban összegeztem a már elkészült VGT 1 és VGT 2 állapotfelmérésének integrált eredményeit. A táblázatból megállapítható, hogy drasztikusan csökkent az adathiány, ugyanakkor a folyóvíz és az állóvíz víztesteknél, a VKI ambiciózus célkitűzéséhez képest, részben a minősítési rendszer eltűzött „one-out all-out”-elve miatt, még mindig kevés víztest esetében sikerült elérni a legalább jó állapotot. A folyóvizek esetében a víztestek mindössze 8%-a, az állóvizek esetében pedig 12%-a érte el a jó állapotot. Kiváló minősítést mindössze 3-3 darab víztest tudott elérni. A táblázat a VGT 2 részletes állapotértékelési mellékleteivel összehasonlítva jól tükrözi, hogy a meglévő integrált minősítési rendszer végső értékei nem tükrözik vissza kellő mértékben az elért eredményeket. A vízhiányok hatékony kezelése érdekében fontos lenne, hogy minél inkább módszerfüggetlen, valós képet kapjunk a víztestek állapotáról.

Összességében megállapítható, hogy célszerű lenne a VKI felülvizsgálata során a minősítési elv megváltoztatása annak érdekében, hogy láthatóvá váljanak a valós eredmények. A minősítési rendszer megváltoztatása nagy fokú körültekintést igényel. Célszerű lenne különböző víztesttípusokon előzetesen tesztelni egy-egy metodikát, és a jelentkező eredmények függvényében döntést hozni. Fontos tudatában lenni, hogy egy hibásan átalakított minősítési rendszer az értékek érzékeny reagálásán keresztül eltorzított képet alkotna, és összehasonlíthatatlanná tenné az idő függvényében az új eredményeket a korábban elért eredményekkel. Az intézkedési programok eredményeként elért állapotjavulás kommunikálását úgy kell megtervezni, hogy az a döntéshozók és a laikusok számára is átlátható, értelmezhető és látványos legyen.



A VGT az intézkedési tervek formájában hozzájárul a vízhiányos helyzetek hatékony megoldásának elősegítéséhez. A VGT tartalmazza a fenntartható vízhasználatok előmozdítását, a különböző típusú víztestekből történő vízkivételek szabályozását. Ahhoz, hogy a VGT-ben foglalt intézkedéseket hatékonyan végre tudják hajtani, megfelelő jogszabályokra van szükség, illetve ezek betartására ösztönző támogatásokat, szankciókat kell bevezetni.

Az EU-tagállamok által készített vízgyűjtő-gazdálkodási tervek alapján általános-ságban megállapítható, hogy a vizek állapota javul, de a víztestek jelentős hányadánál nem valósult meg a jó állapot elérése 2015-re, és feltételezhetően a következő felülvizsgálat ide-jére (2021) sem fog. A környezetvédelmi célkitűzések szerepelnek a szakpolitikai tervekben, de még nem integrálódtak kellőképpen a döntéshozatalba.

Az Európai Unió előírásainak megfelelően kötelező volt a Víz Keretirányelvet átültetni a hazai jogszabályrendszerbe, megteremtve a VKI-ban foglalt célkitűzések megvalósu-lásának jogi alapkörnyezetét. A VKI összefogó jellegéből adódóan a tagállamok közös érdekeit szolgáló célkitűzések, előírások beépítése és jogharmonizációja számos hazai jogszabályt érint. Terjedelmi korlátok miatt az érintett jogszabályok taxatív felsorolásának mellőzése mellett mégis ki kell emelni a vízgazdálkodásról szóló 1995. évi LVII. törvényt, amely Magyarországon a felszíni és felszín alatti vizekre egyaránt kiterjedő vízgazdálko-dással foglalkozik. E törvény célja a vizek hasznosításával, hasznosítási lehetőségeinek megőrzésével és kártételeinek elhárításával összefüggő alapvető jogok és kötelezettségek meghatározása. A törvény jelentőségét az adja, hogy megteremti a vízkészletekkel való gazdálkodás szabályozott jogi környezetét.

Magyarország a vízgazdálkodással kapcsolatos kihívások kezelése érdekében el-készítette a *Kvassay Jenő Tervet* (KJT). A KJT célja a társadalom és a víz viszonyának a feltárására támaszkodva intézkedések megfogalmazása. (OVF 2017) A túlzott mértékű vízfelhasználás hosszú távon nagy valószínűséggel nem fenntartható, ezért azt valamilyen módon befolyásolni kell. Elengedhetetlen, hogy a társadalom és a gazdaság szereplőiben egyaránt tudatosuljon a víztakarékos szemléletmód. A szélsőségesen száraz időjárási kö-rülmények negatív hatással vannak a készletekre, ezért az utóbbi időben egyre inkább elő-térbe kerül a vízkészletek és az igények érzékeny egyensúlyának megőrzése. A megújuló vízkészletek csökkennek, ezzel szemben az igények növekedése prognosztizálható. A KJT legfőbb megállapítása, hogy az igények hosszú távú biztonságos kielégítése érdekében víz-készleteinket tudatosan kell kezelni. A KJT-ben megfogalmazott stratégia abban az esetben valósítható meg hatékonyan, ha átlátható a felelősök köre, és a végrehajtáshoz szükséges források rendelkezésre állnak. Az elmúlt évtizedekben a vízgazdálkodással kapcsolatos beruházások döntő többségében nemzetközi forrásokból valósultak meg, ezért kiemelten fontos a támogatási lehetőségek széles körű, hatékony felhasználása. A meghatározott fel-adatokhoz tételesen mellé kell rendelni a szükséges forrásokat, és növelni kell a nemzeti rá-fordítás mértékét. A KJT részben kapcsolódik a körforgásos gazdaság megvalósításához is.

### 9.3.3. A körforgásos gazdaság kialakítása a víz újrahasznosításának elősegítésével

Az éghajlatváltozás következtében elengedhetlenné vált, hogy a rendelkezésre álló erő-forrásokat hatékonyan használjuk fel, ezért az Európai Bizottság (EB) 2016-ban elkészítette



a *Closing the loop – An EU action plan for the Circular Economy* című akciótervét, amely célul tűzte ki a körforgásos gazdaság megvalósítását. A körforgásos gazdaságban az újra feldolgozható anyagokat visszajuttatják a gazdaságba, ezáltal fokozva az ellátás biztonságát. A körforgásos gazdaság célja, hogy az erőforrások értékét a lehető legtovább megőrizve a gazdaságban elősegítse az erőforrás-hatékony és versenyképes gazdaság kialakulását. (EC 2016) A fejezet szempontjából a dokumentum legfontosabb üzenete, hogy az EB akciósorozatot kezdeményez a tisztított szennyvíz újrahasznosításának támogatása céljából. A vízkészletekkel való fenntartható gazdálkodás hiányában nem valósítható meg a körforgásos gazdaság.

Az EB körforgásos gazdaságra irányuló akciótervének megfelelően Európai Bizottság Központi Kutatóintézete (JRC) elkészítette az EU víz-újrahasznosítási útmutatóját. Az útmutató fő célkitűzése a víz-újrahasznosítási projektek megvalósításának megalapozása. Az útmutató egyik legfontosabb megállapítása, hogy nincs egzakt, minden esetben működőképes végrehajtási módja a megvalósításnak. A víz-újrahasznosítás számos szakterületet és államigazgatási szervet érint. A kutatásaim szerint egy víz-újrahasznosítási projekt megvalósításánál a legnagyobb kihívást a biztonság és költséghatékonyság integrált feltételeinek megteremtése jelenti. Magyarország nem rendelkezik megfelelő tapasztalatra épülő jó gyakorlattal a víz-újrahasznosítási projektek költséghatékony és biztonságos megvalósításához a jelenlegi bonyolult jogszabályi környezetben. Hiányzik az a feltételrendszer, amely ösztönözné a víz-újrahasznosítást az egészségügyi és környezetvédelmi szempontok maradéktalan érvényesítésének biztosítása mellett.

Szükség lenne egy mintaprojektre, amely keretében elemezni kell a tisztított szennyvíz különböző hasznosítási lehetőségeit. Fel kell tárnai a felhasználásra alkalmas területeket a jellemző természeti tényezők és a szennyvíztisztító telepek vizsgálatával. A helyi adottságok alapján részletesebben meg kell vizsgálni a releváns szennyvíztisztító telepeket. A tisztított szennyvíz újrahasznosítása környezeti, gazdasági és társadalmi előnyeinek, illetve kockázatainak és veszélyeinek teljes skáláját fel kell tárnai különböző mintaprojekt-alternatívákon keresztül. A különböző alternatívákhoz mindenképpen előzetes kockázatértékelést is kell készíteni, amely segítene a tervezésben, illetve a jövőben tervezett projektek megvalósításához tartozó döntéshozatalban. A mintaprojekt keretében meg kell vizsgálni a finanszírozhatóság témakörét, javaslatot téve a díjkalkulációra. Kiemelten fontos lenne azonosítani a rendelkezésre álló nemzetközi támogatási forrásokat. Az újrahasznosítást úgy kell megvalósítani, hogy konzisztens legyen az EU környezeti célkitűzéseivel, és a releváns érintetteket be tudják vonni. A projekt megvalósítása elősegítené a különböző szektorok közötti együttműködés megerősítését.

Az EB 2018-ban jogalkotási javaslatot nyújtott be az öntözés és a felszín alatti vizek visszatáplálása céljából újrafelhasznált víz vízminőségi minimumkövetelményeire vonatkozóan. A tagállamoknak az esetleges jóváhagyást követően a szabályozást be kell építeni a hazai jogszabályi környezetbe. Javaslom, hogy a releváns uniós jogi szabályozás általános vizsgálatát követően vizsgálják felül a vonatkozó hazai jogszabályokat. A jogharmonizáció biztosítása érdekében a közeljövőben javaslom előkészíteni az EU által várhatóan javasolt minőségi minimumkövetelmények átviteltetését. A jogharmonizációs munka előkészítése és alátámasztása érdekében szükség lenne a javasolt mintaprojektre. A projekt megvalósítása megalapozná a költséghatékony víz-újrahasznosítás gyakorlati megvalósításának lehetőségét, amely elősegíti a munkahelyteremtést, munkahelymegőrzést, támogatva

a vidéki közösségek fenntarthatóságát. A víz-újrahasznosítás a vízhiány és az aszály hatásainak csökkentésével hozzájárul a fenntartható vízgazdálkodás kialakításához.

#### 9.4. Az aszály és a vízhiány hatékony kezelése

Az elmúlt években egyre inkább megfigyelhető a megváltozó éghajlati viszonyokhoz még nem kellően hatékonyan illeszkedő aszály- és vízhiánykezelés. A világ számos régióját sújtja szokatlanul nagymértékű aszály vagy vízhiány. A közvetlenül érintett lakosság és a vízgazdálkodással foglalkozó szakemberek mellett a drasztikus változások és a jelentős kárköltések miatt a médiában is fokozatosan előtérbe kerültek az említett jelenségek. Jól szemlélteti a jelenséget a korábban Kaliforniában 2014-re kicsúcsosodott helyzet, amikor a világsajtó számos helyen beszámolt a kiszáradó tavakról, a leürült tározókról. A változásoknak már évekre visszamenőleg észlelhetők voltak az előjelei, de az elmúlt években súlyosbodott annyira a helyzet, hogy jelentős jogszabályváltozások történtek, víztakarékosságot ösztönző intézkedéscsomagokat és támogatásokat vezettek be.

2017-ben Rómára irányult a figyelem. A kedvezőtlen időjárási körülmények hatására Rómában rendkívüli vízhiányos helyzet alakult ki. Olaszország különböző típusú intézkedésekkel reagált a kialakult helyzetre. Olaszország a vízkészletek és igények egyensúlya tekintetében az egyik legérzékenyebb ország az EU-ban. Az első olasz vízgyűjtő-gazdálkodási terv szerint a felszín alatti víztestek mindössze 53%-a van jó mennyiségi állapotban. (EC 2012a) A felmérések eredményei, illetve az állapotok magas ismeretlensége magában hordozza a vízellátás biztonságát veszélyeztető helyzet kialakulását. A vízhiányos helyzet kialakulásának számos előjele volt. A műholdfelvételek kimutatták, hogy 2016 decembere óta a talajok nedvességtartalma elmaradt a sokévi átlagtól. Az alacsony csapadékmennyiségek és az egymást követő hőhullámok következtében jelentősen lecsökkent a Tevere folyó és a város egyik fő vízellátását biztosító Bracciano-tó vízszintje. A kevés csapadék és a magas hőmérséklet kombinációja együttesen a vízkészletek drasztikus csökkenéséhez vezettek, miközben a vegetációs időszakban jelentkezett a legmagasabb öntözővízigény, illetve a turizmussal és a rekreációval kapcsolatos vízigények szintén a nyári hónapokban a legszignifikánsabbak.

Jelenleg a Dél-afrikai Köztársaságban tapasztalt súlyos vízhiány jelensége hívja fel a társadalom figyelmét, hogy a biztonságot veszélyeztető vízhiányok megelőzésének és hatékony kezelésének kialakítása tovább már nem halogatható. A magyarországi konzuli tájékoztatás szerint: „A Dél-afrikai Köztársaság kormánya 2018. február 13-án nemzeti katasztrófának nyilvánította az aszályt, amely az ország kilenc tartománya közül legalább hármat jelentősen sújt. Bár a fokvárosi vízellátási krízishelyzetre kedvezően hatott az elmúlt napok esőzése, ugyanakkor ez nem jelenti azt, hogy a városban a napi 50 liter/fő mennyiségben meghatározott vízkorlátozás eltörlésre kerülne, bár a »zéro napot« (a csapok elzárásának tervezett időpontját) a korábbinál 53 nappal későbbre, 2018. június 4-re prognosztizálják.” A számok döbbenetesek. Az ország több millió fős lakosságú, második legnagyobb metropoliszában a helyzet már olyan stádiumba jutott, hogy a probléma már nem kezelhető vízkorlátozással sem, hanem már a tényleges vezetékies ivóvízellátás megszűnésére készülnek.

Az aszály és a vízhiány olyan globális problémák, amelyek enyhítéséhez közös nemzetközi összefogás szükséges. Az együttes nemzetközi érdekek érvényesítéséből kiindulva az Egyesült Nemzetek Szervezete 1994-ben elfogadta *Az elsivatagosodás elleni küzdelemről szóló egyezményt* (*United Nations Convention to Combat Desertification*). (UN 1994) Az egyezmény megvalósításának hatékonyságát az elmúlt évek eseményeinek tükrében növelni kell.

#### 9.4.1. Az aszály és a vízhiány közötti különbségek

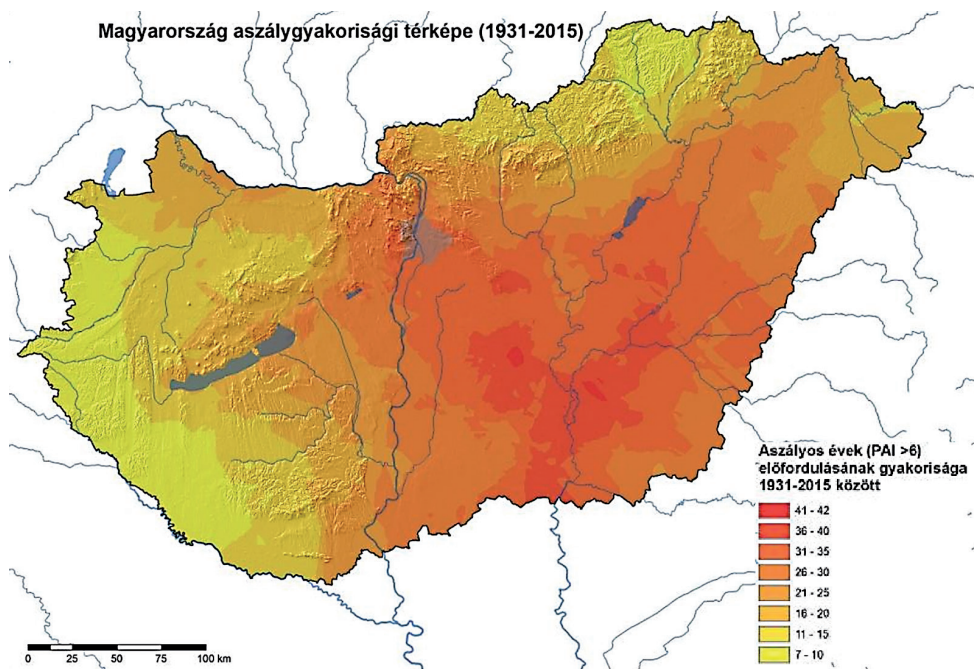
Mit értünk aszály és mit értünk vízhiány alatt? Milyen jelentős tartalmi különbség van a sokak által szinonimaként használt kifejezések között? Az aszály és a vízhiány nehezen definiálható jelenség, ezért az Európai Környezetvédelmi Ügynökség (European Environment Agency – EEA) a *Water resources in Europe in the context of vulnerability* című jelentésében célul tűzte ki, hogy definiálja az aszály különböző típusait, illetve a vízhiányt.

Az aszály egy természeti jelenség, amelynek különböző kategóriái vannak. Az aszályt mint szélsőséges eseményt mindig az „aktuális” viszonyokhoz képest kell értelmezni. A hatások szerint beszélhetünk meteorológiai aszályról, hidrológiai aszályról és mezőgazdasági aszályról. (EEA 2012) A meteorológiai aszályt elsősorban a hosszú idejű átlaghoz képest kisebb csapadék alapján azonosítják. Meg kell jegyezni, hogy az éghajlatváltozás hívta fel a figyelmet arra, hogy az aszály kialakulásához a csapadékhiány mellett hozzájárul az átlagosnál nagyobb hőmérséklet és ennek következményeként a kisebb páratartalom, a szárazabb levegő is. A hidrológiai aszály a vízfolyások vízhozamának, illetve a tavak, tározók vízszintjének, valamint a beszivárgás, a talajnedvesség, illetve a felszín alatti vízszintek csökkenésére utal. A mezőgazdasági aszályról akkor beszélünk, ha a termények és takarmányok egészséges növekedéséhez szükséges talajnedvesség, illetve légnedvesség elmarad az ideális szinttől. (EEA 2012) Ez pedig a terményhozam csökkenésében nyilvánul meg.

Vízhiányról akkor beszélünk, ha a vízigények meghaladják a hasznosítható vízkészleteket. (EEA 2012) A vízhiány tehát a természeti adottságok és az emberi tevékenységek együttes hatására kialakuló jelenség. Nem értelmezhető egyszerűen természeti jelenségként, hiszen az igényeket, illetve a tényleges vízfelhasználást a társadalmi-gazdasági tényezők is meghatározzák. A felszín alatti vizek esetében lényegében permanens és általában egy nagyobb területre kiterjedő jelenségről, míg a források és a vízfolyások esetében lokális és akár csak rövid ideig fennálló, bár sokszor ismétlődő eseményről van szó. Az utóbbi szempontjából a kis lefolyás és a nagy vízigény egybeesése a kritikus, ami általában nyáron fordul elő. A vízhiány környezetre gyakorolt hatását döntően befolyásolja a felhasznált vizek visszavezetésének, felszín alatti vizek esetében pedig elszivárogtatásának vagy visszasajtolásának mértéke, illetve az ökoszisztéma érzékenysége.

### 9.4.2. Hatékony intézkedések bevezetése

Az Európai Bizottság szerint 1976 és 2006 között az aszályal sújtott területek és emberek száma csaknem 20%-kal emelkedett, az aszály okozta károk összköltsége pedig 100 milliárd euróra rúgott. (EC 2007) A csapadék időben és térben egyenlőtlen eloszlása miatt Magyarországon 100 évből 28 év várhatóan aszályos. Az ország leginkább érintett területei a Duna–Tisza köze, a Nagykunság és a Jászság, de megállapítható, hogy szinte az egész Alföld veszélyeztetett.



9.5. ábra

*Magyarország aszálygyakorisági térképe 1931–2015*

Forrás: BM Vízügyi Főigazgatóság

Elérhető: <http://docplayer.hu/109333033-Aszalykezes-a-vizugyi-szolgalat-vedelmi-rendszerben-lang-istvan-muszaki-foigazgatohelyettes-orszagos-vizugyi-foigazgatosag.html> (A letöltés dátuma: 2018. 03. 12.)

2007-ben az EU lakosságának legalább 11%-át, illetve az EU területének 17%-át érintette a vízhiány, és ez a jelenség egyre súlyosbodik. (EC 2007) A vízgyűjtőterületek jelentős része vízhiányos, és a jelek szerint a jelenleg érvényes tendenciákban nincs változás. A felmérések egyértelmű előjelei annak, hogy egyre nagyobb valószínűséggel fordulhatnak elő a vízellátás biztonságát veszélyeztető helyzetek.

A *Vízgyűjtő-gazdálkodási Terv* szerint, Magyarországon 40 víztest esetében a jelenlegi vízkivételi igények meghaladják a hasznosítható készletet, hét víztestnél 90% feletti a kihasználás. A legnagyobb problémát azok a vízkivételek jelentik, amelyek a természetes

változások és/vagy az éghajlatváltozás és/vagy a regionális vízkészletben változást okozó emberi beavatkozások miatt egyébként is vízhiányos térségben tovább súlyosbítják a helyzetet. (OVF 2015)

Az Európai Bizottság 2007-ben *Az Európai Unióban a vízhiány és az aszály jelentette kihívás kezeléséről* című közleményében a vízhiánnyal kapcsolatos negatív tendenciák megváltoztatása érdekében az alábbi szakpolitikai lehetőségeket javasolta: (EC 2007)

- a víz megfelelő árának bevezetése;
- a víz és vízzel kapcsolatos pénzeszközök hatékonyabb elosztása;
- az aszálykockázat kezelésének javítása;
- kiegészítő vízellátási infrastruktúra létesítésének mérlegelése;
- víztakarékos technológiák és gyakorlatok támogatása;
- víztakarékos szokások európai elterjedésének támogatása;
- az ismeretek bővítése és az adatgyűjtés fejlesztése.

A kedvezőtlen tapasztalatok hatására az Európai Unióban is megnövekedtek az aggodalmak. Az EB 2012-ben kiadta a vízhiányra és az aszályra vonatkozó európai politika felülvizsgálatáról szóló jelentést, amely szerint az elmúlt években súlyos aszályok sújtották Európát. A rendelkezésre álló vízkészletek olyan mértékben lecsökkentek, hogy bizonyos helyeken nem tudták elkerülni a vízhasználat korlátozását sem. (EC 2012b) A *ClimWatAdapt* projekt modellezési eredményei szerint 2030-ra a vízgyűjtőterületek 50%-a vízhiányossá válhat Európában. (FLÖRKE et al. 2011) A felmérések és a projektek egyértelmű előjelei annak, hogy egyre nagyobb valószínűséggel fordulhatnak elő a biztonságot veszélyeztető helyzetek. A biztonságérzet fokozása és a káresemények megelőzése érdekében olyan gazdasági ösztönzőket kell bevezetni, amelyek elősegítik a hatékony vízfelhasználást. A gazdasági intézkedéseknek ki kell terjedni a helyes vízárpolitika meghatározására. A gazdaság túlzott mértékű vízfelhasználása hosszú távon nagy valószínűséggel nem fenntartható, ezért azt valamilyen módon befolyásolni kell, és törekedni kell a vízkészletekkel való átgondoltabb bánásmódra. A hagyományos kiszolgálási szemléletet ki kell egészíteni az igénymenedzsmenttel. Elengedhetetlen, hogy a társadalom és a gazdaság szereplőiben egyaránt tudatosuljon a víztakarékos szemléletmód. Azzal, hogy hatékonyan használjuk fel a vizet, rengeteg energiát takaríthatunk meg, ugyanis amíg a víz a vízkivétel helyétől fogyasztásra, felhasználásra alkalmas formában a fogyasztóig eljut, addig óriási mennyiségű energiaráfordítás szükséges a kitermelésre, a kitermelést követő tisztításra, illetve az elosztás biztosítására. A szélsőségesen száraz időjárási körülmények negatív hatással vannak a készletekre, ezért az utóbbi időben egyre inkább előtérbe kerül a vízkészletek és az igények érzékeny egyensúlyának megőrzése. Az igények hosszú távú biztonságos kielégítése érdekében vízkészleteinket tudatosan kell kezelni. A vízellátás biztonságát veszélyeztető vízhiányos helyzetek kialakulásának megelőzése, enyhítése érdekében javaslom olyan intézkedési programok kidolgozását, amelyekhez biztosított a végrehajtáshoz szükséges forrás. Azonosítani és ütemezni kell a vízhiányok hatékony kezeléséhez szükséges intézkedéseket.

A Róma vízellátását részben biztosító Bracciano-tó megfigyeléséből ismerhető volt, hogy a vízszint folyamatosan és drámai sebességgel apadt. Az aszályos és vízhiányos helyzetek megelőzésének egyik fontos eleme, hogy modern monitoringhálózattal rendelkezünk. A monitoringrendszer kiépítésénél nagy jelentősége van a mérőberendezések területi elosztásának és a hálózat sűrűségének. Mérlegelni kell a talajtípusokat. A hálózat felépítésénél



a környezeti, gazdasági és társadalmi szempontok meghatározók. Kiemelten fontos, hogy olyan rendszerek jöjjenek létre, amelyek biztonságosan és költséghatékonyan üzemeltethetők, és a rendszer üzemeltetéséhez elengedhetetlen szakemberek rendelkezésre álljanak, illetve biztosított legyen a képzésük. A vízhiány által veszélyeztetett területeken javasolt a mérőhálózat sűrítése új mérőállomások létesítésével. Javasolom olyan indikátorok kifejlesztését, amelyekkel a vízhiány kialakulása nagy valószínűséggel előre jelezhető. Az indikátorok segíthetik az érdekelteket, és hozzájárulhatnak a lakosság tájékozódásához is.

Az aszályra való hajlamosságot és a vízhiányos területek elterjedését nagymértékben befolyásolják az emberi tevékenységek következtében megváltozó felszíni viszonyok is, amelyek módosítják a felszíni vízmérleget. Az urbanizáció következtében a népesség nagyobbik része és ezzel együtt az igények a városokban koncentrálnak. A városokban a terület nagy része fedett vagy burkolt, ezért csökken a talajba történő beszivárgás. Az összegyülekező csapadékot a csatornahálózatok elvezetik. A természeti viszonyokba való beavatkozás (erdőirtás, beépítés) fokozza az aszályra és a vízhiányra való hajlamot. Az adott térség közvetlen környezetében lecsökken a hozzáférhető vízmennyiség, viszont az igények koncentráltan jelentkeznek. Az éghajlatváltozás következtében egyre szélsőségesebb időjárási körülmények fenyegetik a védelmi szempontból kiemelt kockázatú, sűrűn lakott nagyvárosokat. A hozzáférhető vízkészletek drasztikus csökkenése a vízellátás mellett a mezőgazdaságot is érinti, illetve megnő az erdőtüzek által jelentett fenyegetettség. Az aszály és a vízhiány hatásainak mérséklése szempontjából fontos a mezőgazdasági területek talajának megfelelő kezelése, az éghajlati viszonyoknak megfelelő növénykultúrák megválasztása, a víztakarékos öntözőrendszerek kiépítése. Korunk egyik nagy megoldandó vízgazdálkodási kérdése a vízvisszatartás és a vízelvezetés helyes egyensúlyának megtalálása. Egy adott időpillanatban, adott helyen feleslegesnek ítélt vízre előfordulhat, hogy a későbbiekben égető szükség lenne, ezért meg kell vizsgálni a csapadék helyben tartását biztosító termelési módok alkalmazását és a tározási lehetőségek kihasználását. A területi adottságokhoz illeszkedő természetes vízmegőrző megoldások alkalmazásával szintén hozzá lehet járulni az éghajlatváltozás negatív hatásaival szembeni ellenálló képességünk javításához.

Az éghajlatváltozás következtében egyre nagyobb hangsúlyt kell fordítani a körforgásos gazdaság kialakításának tervezésére, ezért előtérbe fog kerülni a fenntartható vízgazdálkodás elősegítése a hatékony csapadékgazdálkodás és a víz-újrahasznosítás módszerének felhasználásával. Az alternatív vízkészletekben rejlő lehetőségek kihasználásával preventív intézkedésekre van szükség. A fenntartható vízgazdálkodás megvalósítása érdekében javasolom a csapadékgazdálkodással és víz-újrahasznosítással kapcsolatos nemzetközi támogatási források (LIFE, Horizont 2020) által biztosított lehetőségek kiaknázását. A készletekkel való tudatosabb gazdálkodás és az újrahasznosítás hozzájárulnának a körforgásos gazdaság megvalósításához.

A vízhiányok megelőzéséhez, illetve mérsékléséhez elengedhetetlen, hogy korszerű, karbantartott vízellátó rendszerrel rendelkezünk. A vízellátó rendszerek fenntartásának jelentős költségigénye van. A hálózatok karbantartását, felújítását előre ütemezetten kellene végrehajtani. Rómában a felmérések szerint a betáplált víz körülbelül 44%-a elszivárog, ami kifejezetten nagy veszteséget jelent. (EC 2012) Az időjárási körülmények és a leromlott infrastruktúra együttes hatása a biztonságot veszélyeztető vízhiányhoz vezethet. A vízhiány

megelőzése érdekében javítani kell a vízellátó rendszerek hatékonyságát, és gyorsítani kell a rendszerek felújításának ütemét. (PALLECCHI 2017)

Az infrastruktúra jellegű beavatkozásokról a hangsúly fokozatosan áttevődik az információ és az oktatás szerepére. Az oktatásnak kiemelt szerepe van a biztonságot veszélyeztető helyzetekkel szembeni ellenálló képesség kialakításában, megerősítésében. Javaslom, hogy készüljenek a vízhiány hatékony kezelésével foglalkozó közérthető, egyszerű tájékoztató anyagok, amelyek hozzáférhetőségének biztosításával elérhető a tudatosságnövelés.

Megvizsgáltam, hogy 2017-ben, a római vízhiányos állapot idején milyen intézkedések történtek. Fogalomtechnikailag nem állt elő a vízhiány jelensége, mivel az igények nem haladták meg a készleteket, hanem egyfajta „vízkrízis” alakult ki, ami azt jelenti, hogy intézkedések nélkül nagy valószínűséggel vízhiány következett volna be. Az intézkedéseket egyrészt műszaki és jogi intézkedésekre bontottam, másrészt a beavatkozások időbeli jellege szerint preventív és utólagos intézkedésként osztályoztam. Az intézkedések elemzéséből kiderült, hogy túlnyomó többségében utólagos intézkedések történtek. 2017. június végén a rendkívüli csapadékhiány miatti Rómában elzárták a köztéri kutak egy részét. A Bracciano-tóból a vízkitermelés mennyiségét lecsökkentették 1100 l/s-ról 400 l/s-ra. Az éjszakai víznyomást is le kellett csökkenteni. Az Azienda Comunale Elettricità e Acque (ACEA) római vízszolgáltató társaság ellen eljárás indult az üzemeltetési problémák miatt, amely az eljárás hatására megkezdte a víziközmű-hálózat felülvizsgálatát és kijavítását. Az utólagos intézkedésekkel ideiglenesen sikerült kezelni az ügyet, de hosszú távon nem oldották meg a problémát. Az utólagos intézkedések nem költséghatékonyak. Nem történtek gazdasági jellegű intézkedések, pedig a helyzet hatékony megelőzéséhez, kezeléséhez a jogi és műszaki beavatkozások mellett elengedhetetlen a gazdasági ösztönzők bevezetése. A kialakult helyzet valószínűleg negatív hatással volt a lakosság biztonságérzetére és a turizmusra egyaránt. Az utólagos megszorító intézkedések politikai szempontból sem kívánatosak. A Rómában kialakult helyzet felhívta a figyelmet arra, hogy a jövőben megnövekedett előfordulási valószínűséggel kialakuló vízhiányjelenségek elkerülése, enyhítése érdekében hatékony intézkedések bevezetésére van szükség. A beavatkozás során szerzett tapasztalatokat össze kell gyűjteni és kialakítani a hatékonyságnövelés „jó gyakorlatát”, ami elterjeszhető.

## Felhasznált irodalom

1995. évi LVII. törvény a vízgazdálkodásról.

ALFIERI, L. – DOTTORI, F. – BEETS, R. – SALAMON, P. – FEYEN, L. (2018): Multi-Model Projections of River Flood Risk in Europe under Global Warming. *Climate 2018*, Vol. 6, No. 1. 1–19. DOI: <https://doi.org/10.3390/cli6010006>

EC (2007): *Addressing the challenge of water scarcity and droughts in the European Union*. Brussels, European Commission. Elérhető: [www.eea.europa.eu/policy-documents/addressing-the-challenge-of-water](http://www.eea.europa.eu/policy-documents/addressing-the-challenge-of-water) (A letöltés dátuma: 2013. 10. 21.)

EC (2012a): *EU River Basin Management Plans Reports*. COM(2012) 670 final. Brussels, European Commission. Elérhető: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2012:0670:FIN:EN:PDF> (A letöltés dátuma: 2013. 03. 28.)



- EC (2012b): *Report on the Review of the European Water Scarcity and Droughts Policy*. Brussels, European Commission. Elérhető: <https://climate-adapt.eea.europa.eu/metadata/publications/report-on-the-review-of-the-european-water-scarcity-and-drought-policy> (A letöltés dátuma: 2015. 01. 11.)
- EC (2015): *Closing the loop – An EU action plan for the Circular Economy*. Brussels, European Commission. Elérhető: [www.eea.europa.eu/policy-documents/com-2015-0614-final](http://www.eea.europa.eu/policy-documents/com-2015-0614-final) (A letöltés dátuma: 2016. 02. 17.)
- EC (2016): *Guidelines on Integrating Water Reuse into Water Planning and Management in the context of the WFD*. Brussels, European Commission. Elérhető: [www.eea.europa.eu/policy-documents/guidelines-on-integrating-water-reuse](http://www.eea.europa.eu/policy-documents/guidelines-on-integrating-water-reuse) (A letöltés dátuma: 2016. 12. 20.)
- EC (2017): *Guidance Document No. 36 – Exemptions to the Environmental Objectives according to Article 4 (7)*. Brussels, European Commission. Elérhető: [https://circabc.europa.eu/sd/a/e0352ec3-9f3b-4d91-bdbb-939185be3e89/CIS\\_Guidance\\_Article\\_4\\_7\\_FINAL.PDF](https://circabc.europa.eu/sd/a/e0352ec3-9f3b-4d91-bdbb-939185be3e89/CIS_Guidance_Article_4_7_FINAL.PDF) (A letöltés dátuma: 2018. 02. 19.)
- EEA (2012): *Water resources in Europe in the context of vulnerability*. Copenhagen, European Environmental Agency. Elérhető: <https://climate-adapt.eea.europa.eu/metadata/publications/eea-report-on-water-resources-in-europe-in-the-context-of-vulnerability> (A letöltés dátuma: 2015. 05. 10.)
- FLÖRKE, M. – WIMMER, F. – LAASER, C. – VIDAURRE, R. – TRÖLTZSCH, J. – DWORAK, T. – STEIN, U. – MARINOVA, N. – JASPERS, F. – LUDWIG, F. – SWART, R. – GIUPPONI, C. – BOSELLO, F. – MYSIAK, J. (2011): *Final Report for the Project Climate Adaptation – Modelling Water Scenarios and Sectoral Impacts*. Kassel, Center for Environmental Systems Research. Elérhető: [www.ecologic.eu/11669](http://www.ecologic.eu/11669) (A letöltés dátuma: 2017. 09. 01.)
- FÖLDI L. (2014): Climate change and disasters. In FÖLDI L. – PADÁNYI J. eds.: *Effects of climate change on security and application of military force*. Budapest, Nemzeti Közszerkesztési Intézet. 197–237.
- IJJAS I. (2014): *Integrált vízgazdálkodási tervezés*. Budapest, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem. Elérhető: [www.kotivizig.hu/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1888:ijjas-istvan-integralt-vizgazdalkodas&catid=20:hirdetmenyek&Itemid=52](http://www.kotivizig.hu/index.php?option=com_content&view=article&id=1888:ijjas-istvan-integralt-vizgazdalkodas&catid=20:hirdetmenyek&Itemid=52) (A letöltés dátuma: 2014. 11. 15.)
- NEREM, R. S. – BECKLEY, B. D. – FASULLO, J. T. – HAMLINGTON, B. D. – MASTERS, D. – MITCHUM, G. T. (2018): Climate-change-driven accelerated sea-level rise detected in the altimeter era. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Vol. 115, No. 9. 2022–2025. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1717312115>
- NOVÁKY B. (2002): *Az éghajlatváltozás vízgazdálkodási hatásai*. Budapest, MTA.
- OMSZ (2017): *Éghajlati visszatekintő – Elmúlt évek időjárása*. Budapest, Országos Meteorológiai Szolgálat. Elérhető: [www.met.hu/eghajlat/magyarorszag\\_eghajlata/eghajlati\\_visszatekinto/elmult\\_evek\\_idojarasa/](http://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/eghajlati_visszatekinto/elmult_evek_idojarasa/) (A letöltés dátuma: 2017. 11. 19.)
- OVF (2015): *Vízgyűjtő-gazdálkodási terv – 2015*. Budapest, Országos Vízügyi Főigazgatóság. Elérhető: [www.vizugy.hu/index.php?module=vizstrat&programelemid=144](http://www.vizugy.hu/index.php?module=vizstrat&programelemid=144) (A letöltés dátuma: 2016. 09. 09.)
- OVF (2017): *Kvassay Jenő Terv – Nemzeti Vízügyi Stratégia*. Budapest, Országos Vízügyi Főigazgatóság. Elérhető: [www.kormany.hu/download/6/55/01000/Nemzeti%20V%C3%ADzstrat%C3%A9gia.pdf](http://www.kormany.hu/download/6/55/01000/Nemzeti%20V%C3%ADzstrat%C3%A9gia.pdf) (A letöltés dátuma: 2017. 10. 11.)

- PADÁNYI, J. – FÖLDI, L. (2016): Security Research in the Field of Climate Change. In NÁDAI, L. – PADÁNYI, J. eds.: *Critical Infrastructure Protection Research: Results of the First Critical Infrastructure Protection Research Project in Hungary*. Zürich, Springer International Publishing. 79–90. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-28091-2\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-319-28091-2_7)
- PALLECCHI, A. (2017): *3 Ways to Keep Rome's Fountains Flowing After Drought*. Elérhető: [www.wri.org/blog/2017/08/3-ways-keep-rome-s-fountains-flowing-after-drought](http://www.wri.org/blog/2017/08/3-ways-keep-rome-s-fountains-flowing-after-drought) (A letöltés dátuma: 2017. 11. 05.)
- PIECZKA I. – BARTHOLY J. – PONGRÁCZ R. (2012): Éghajlatváltozási szcenáriók a Kárpát-medence térségére a PRECIS klímamodell eredményei alapján. In MIKA J. szerk.: *Korszerű földtudományi oktatás– Versenyképes gazdaság*. HUNGEO-2012 Konferenciakötet. Eger, Eszterházy Károly Főiskola. 249–254.
- Rijkswaterstaat (2016): *Protecting the Netherlands from flooding – The Afsluitdijk Project*. Rotterdam, Rijkswaterstaat. Elérhető: <https://deafsluitdijk.nl/wp-content/uploads/2014/05/brochure-Afsluitdijk-augustus-2016-Engels.pdf> (A letöltés dátuma: 2017. 08. 08.)
- The European Parliament and the Council of the European Union (2000): *Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy*. Elérhető: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2000/60/oj> (A letöltés dátuma: 2020. 01. 21.)
- UN (1994): *United Nations Convention to Combat Desertification*. Paris, United Nations. Elérhető: [www.unccd.int/](http://www.unccd.int/) (A letöltés dátuma: 2011. 01. 16.)

Vákát oldal

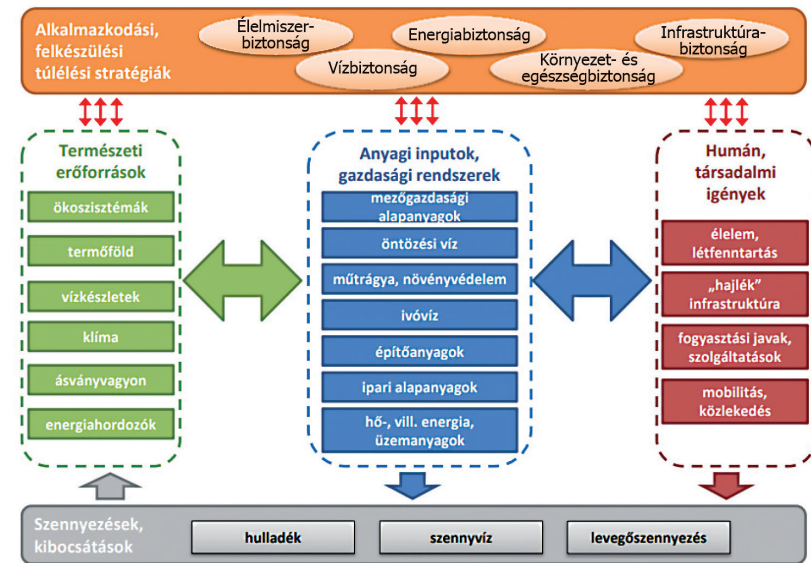
## 10. fejezet

### Az Európai Unió klímaadaptációs stratégiájának tervezett és megvalósult projektjei

Hegedűs Hajnalka<sup>1</sup>

#### 10.1. Bevezetés

Számos tudományos kutatás bebizonyította, hogy Földünk éghajlata folyamatosan változik, és ennek következményeit már nem lehet letagadni. Ez a változás az elmúlt évtizedekben még a laikusok számára is érezhetően felgyorsult. Az éghajlat ilyen léptékű, gyors ütemű változása azért is jelent komoly problémát, mert ehhez sem a természeti, sem a humán környezet nem képes alkalmazkodni. (PADÁNYI–FÖLDI 2016)



10.1. ábra

*A természeti erőforrások és az anyagáramlás komplexitása*

Forrás: PÁLVÖLGYI–CSETE 2012

<sup>1</sup> ORCID: 0000-0002-5207-0356, [hegedus.hajnalka@uni-nke.hu](mailto:hegedus.hajnalka@uni-nke.hu)

A természeti csapások és az extrém időjárási jelenségek száma az egész világon megnövekedett. A szárazföldi és a tengeri éghajlat változása befolyásolja a csapadék mennyiségét és a csapadékminták alakulását. Mindezt az átlagos tengerszint növekedése is követi, amely folyamat ráadásul várhatóan tovább gyorsul. Mind a tengerparti erózió, mind az időjárási szélsőségekre visszavezethető talajátformálódás, talajpusztulás felgyorsul. A vízszint változása, a hőmérsékleti ingadozások, a tengeráramlatok cserélődése hatással van a mezőgazdaságra, az élelmiszer-termelésre, az egészségügyre, az iparra és a közlekedésre, veszélyeztetve az ökoszisztéma integritását. Az éghajlatváltozás egyes szektorok számára egyre érzékelhetőbb gazdasági és társadalmi hatású, természetesen bizonyos régiókat és ágazatokat érzékenyebben érint, mint másokat. Egyes népességcsoportok (idősek, fogyatékosok, alacsony jövedelmű háztartások) ugyanígy erősebben érzik meg a hatásokat. A természeti erőforrásoknak, a gazdaság szektorainak és a társadalom rétegeinek ezt a fajta komplex egymásra hatását szemlélteti összefoglalóan az alábbi 10.1. ábra is.

## 10.2. Az alkalmazkodási stratégia megalkotásának előzményei

Az Európai Unió 2009-ben az úgynevezett *Fehér könyv* megalkotásával létrehozta az európai kontinens éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodási akciótervét. A Fehér könyv fontosságát adja az is, hogy ez volt az első próbálkozás, amely célzott alkalmazkodási eljárás-módokat tervezett el, illetve amelynek következtében az unió felvette politikai és gazdasági (finanszírozási programjai) kérdései közé is az alkalmazkodás témáját. Felismerték, hogy az éghajlatváltozással szemben többféle fellépésre van szükség. Természetesen elsődleges az éghajlatváltozás hatásainak mérséklése érdekében az üvegházhatást okozó gázok kibocsátásának csökkentése, ugyanakkor, mivel ezek több évtizedig eltartó folyamatok, szükségszerű az is, hogy ezek irányának megfordításáig az éghajlatváltozás elháríthatatlan hatásaihoz alkalmazkodjunk, azaz időben és mindenekelőtt aktívan reagáljunk a kikerülhetetlen következményekre. Mindezt úgy, hogy a mindennapi életünkben a mai napig vannak olyan részterületek, amelyek kapcsolata az éghajlatváltozással még nem tisztázott, vagy azok körülményeinek terjedelmét nem lehet teljes mértékben előre megjósolni. Ennek ellenére mind az éghajlatvédelemnek, mind az alkalmazkodásnak is gyorsan kell megvalósulni az éghajlatváltozás fokozódásának megakadályozása érdekében.

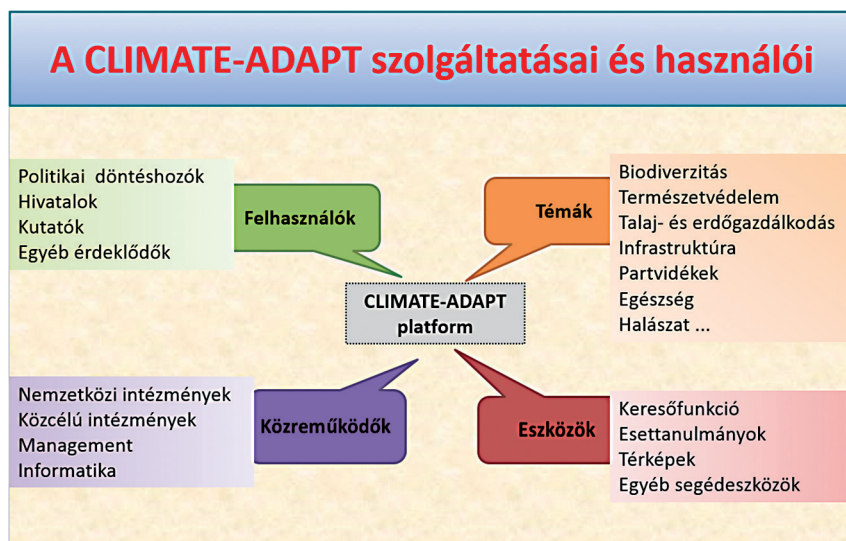
Uniói jogszabályi szinten rendezték azon intézkedéseket, amelyek révén 2020-ig 20%-kal csökkentik az üvegházhatású gázok kibocsátását. Ugyanakkor, hiába sikerül a kibocsátás csökkentése, valamint visszafordítása a tervezett 1990-es szint alá, a Földnek időre lesz szüksége a légkörben eddig felhalmozódott gázok semlegesítésére. Józan becslések szerint is legalább öt évet kell a hatások visszafordulására várni, ezért mindenképpen szükség van az alkalmazkodást szolgáló intézkedésekre. (147 EK bizottsági rendelet 2009)

Uniói szinten felismerték, hogy bár az alkalmazkodás különféle mértékben és formában már elkezdődött, korántsem összehangolt módon történik. A stratégiát és hatékonyságot tekintve kidolgozottabb megközelítésre van szükség.

Az Európai Tanács 2014. márciusi következtetéseiben megfogalmazta azon alapelveket, amelyek alapján 2030-ig tartó időszakra megállapították az éghajlat- és energiapolitikai

keretet. Ennek alapján az EU az ENSZ éghajlatváltozási keretegyezménye feleinek varsói konferenciáján megállapított menetrendet követve 2015 első negyedévében benyújtotta az észrevételeit tartalmazó jelentését. Kérte az országokat, hogy még a párizsi COP 21 előtt fogalmazzák meg célkitűzéseiket, és ismertessék az azokhoz fűződő szakpolitikai intézkedések sorát, amelyeket aztán a párizsi konferenciát követően, annak eredményeivel összhangban megtárgyalnak. (EUCO 169/14 2014)

Ezután az unió nekikezdett az alkalmazkodási intézkedések összehangolásának, kidolgozta annak rendszerét, hogy a tagállamokat milyen formában támogassa a megfelelő alkalmazkodási eszközök kidolgozásában és értékelésében, valamint napirendjére tűzte a határokon átnyúló éghajlati hatások problémamegoldásának és a szubregionális alkalmazkodási intézkedések kialakítását. Az Európai Bizottságon belül erre a célra a Climate Action főigazgatóságát (DG Clima) jelölték ki felelős koordinátornak. A Fehér könyv ehhez az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodásról szóló *Zöld könyv* nyomán indított széles körű konzultációs keretet vette alapul, és meghatározta a rövid távon meghozandó intézkedések körét. Mivel ez egy cselekvési keret, a célok és a módszerek a folyamatosan megszerzett információk, a tagállamok által tett lépések, de a fejlődő országok által végzett intézkedések tekintetében kiigazíthatók.



10.2. ábra

*A Climate-ADAPT platform felépítése*

*Forrás: a szerző szerkesztése a platform információi alapján*

A Fehér könyv egyik fontos eredménye az volt, hogy az Európai Bizottság és az Európai Környezetvédelmi Ügynökség (European Environment Agency – EEA) részvételével létrehoztak egy uniós szintű nemzetközi internetes portált az éghajlatváltozási alkalmazkodás tematikája köré. Ez a 2012 óta online felület, a Climate-ADAPT igyekszik az uniós országok közötti, az alkalmazkodási intézkedésekkel kapcsolatos információcserét megkönnyíteni

és javítani, szinergiákat létrehozni. Az egyes uniós tagországok politikájáról és kutatásairól széles körű és átfogó ismereteket tartalmaz, valamint adatbázisokkal, esettanulmányokkal, kiadványokkal, mutatók és adatok soraival igyekszik az egyes klímaadaptációs projekteket beazonosítani és testre szabni. A rendszer felépítését mutatja be az alábbi ábra. (*Climate-ADAPT* 2012)

Az európai tagállamok aktívan adaptálják és alkalmazzák az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodási stratégiát, ezen felül szubregionális vagy éppen transznacionális adaptációs projekteket hoznak létre (például a balti államok, az Alpok vagy éppen a Duna régió projektje). Feladatuk az uniós szintű stratégia alapján a saját nemzeti stratégiájuk megalkotása, amelyet kisebb helyi projektekre, illetve ágazatspecifikus tervekre építve hoztak létre a saját nemzeti sebezhetőségi értékelésük alapján, célzott politikai intézkedésekre alapozva, átfogó tervet alkotva. Magyarország esetében ez a *Nemzeti Alkalmazkodási Stratégia*, a NAS.

Az unió számára az éghajlatváltozás hatásaihoz való alkalmazkodás azért is fontos, mert azáltal, hogy egy alacsony szén-dioxid-kibocsátású gazdasági rendszert óhajt megteremteni, egyben az európai gazdaság helyreállítását is megcélozta, ami korszerűsíti az infrastruktúrát is, szerkezeti váltásokat vonzva magával, növelve a versenyképességet. Ez csak a termelési rendszerek és a fizikai infrastruktúra ellenálló képességének növelésével működhet. Ezen a területen azonban a tagállamok feladata megoldani a meglévő és az újonnan építendő infrastruktúrák védelmét az éghajlatváltozással szemben. Az EU koordinátorként játszik ebben szerepet a legjobb gyakorlat terjesztésével, az infrastruktúra-fejlesztés támogatásával, valamint a megfelelő építőipari szabványok kialakításával – lásd Eurocode.<sup>2</sup>

Közös koncepcióra a már meglévő, kritikus infrastruktúráként számon tartott közlekedési és energiahálózatok ellenálló képességének javításához van szükség, hiszen ezek esetében a szolgáltatási stabilitás érdekében stratégiai döntéshozatalra van szükség úgy, mint a fenntartható energiapolitika terén is. (147 EK bizottsági rendelet 2009)

### 10.3. Az éghajlatváltozási alkalmazkodási stratégiacsomag

Az EU Fehér könyvére alapozva a CLIMA-főigazgatóság 2013-ban előterjesztette az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodásra irányuló stratégiai csomagot. Ebben a csomagban egy olyan cselekvési keretet fogalmaztak meg, amely kiegészíti a nemzeti, regionális és helyi erőfeszítéseket, természetesen az uniós alkalmazkodási stratégia továbbfejlesztéseként. Ehhez kiindulópontként összegyűjtötték az éghajlatváltozás jelenlegi és jövőben várható hatásait, felülvizsgálták az eddig megjelent prognózisokat, összehasonlították azon költségeket, amelyek eddig kimutathatóan a „tétlenség” következményeként keletkeztek, valamint előzetes számításokat végeztek azzal kapcsolatosan, hogy az éghajlatváltozás aktuális, illetve elkerülhetetlen hatásaival szemben való időben történő fellépés milyen hozzáadott értéket hordoz.

A stratégia három célt nevesít:

<sup>2</sup> A Eurocode-ok egységesített nemzetközi épület- és építészerkezet-tervezési szabványok, amelyek idővel az országos szabványok helyébe lépnek. (EK 887 ajánlás 2003)



### *1. A tagállamok fellépésének előmozdítása*

Növelni kell az egyes EU-tagállamok érzékenységét a saját átfogó alkalmazkodási stratégiák megalkotásában és fejlesztésében. Természetesen az EU pénzügyi erőforrásai segítséget nyújtanak a tagállamok alkalmazkodási képességének erősítésében, amely források elsősorban a LIFE 2018 (the Financial Instrument for the Environment) környezeti finanszírozásából állnak rendelkezésre. A tagállamokon belül a városok alkalmazkodását egyrészt a Polgármesterek Klíma- és Energiaügyi Szövetségének (Covenant of Mayors for Climate and Energy – CoM) mintájára, valamint önkéntes kötelezettségvállalásokra, oktatási rendszerekre és intézkedésekre építve kell kialakítani. (*Covenant* s. a.)

Ahhoz, hogy az alkalmazkodási intézkedéseket sikeresen fel tudják mérni és ellenőrizni, egy indikátoralapú eredményjelzőt hozott létre az Európai Bizottság. Ezen eredménytáblán szereplő adatok, valamint a felügyeleti rendelet szerinti jelentések alapján vizsgálta meg a Bizottság 2017-ben a végrehajtási állapotot. Majd szükség esetén a kellő korrekciókat is ez alapján fogják bevezetni, és a megfelelő haladás hiányában a Bizottság jogilag kötelező erejű eszközöket vethet be.

### *2. Megalapozott döntéshozatal*

Annak érdekében, hogy az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodási stratégia szilárd tudásbázison alapulhasson, meg kell szüntetni azon hiátusokat, amelyek információhiányra vezethetők vissza. Ehhez többek között a Clima-ADAPT platform továbbfejlesztése nyújt segítséget, amivel igyekeznek egy európai, centrális tájékoztató és kapcsolattartó központot kialakítani.

### *3. Az EU éghajlatvédelmi intézkedéseit a kulcsfontosságú szektorokra terjesszék ki*

Az éghajlatvédelem keretein belül az alkalmazkodási igényeket és lehetőségeket olyan kulcsfontosságú uniós politikákhoz kell hozzárendelni, mint a közös agrárpolitika, a közös halászati politika vagy a kohéziós politika. Ez a típusú tematikus, célzott integráció biztosítja azt, hogy az unió által finanszírozott beruházások és intézkedések továbbra is erőteljesen hassanak az éghajlatváltozás esetleges előrehaladásával ezeken a területeken. Erősíteni kell továbbá az európai infrastruktúra éghajlat-ellenálló képességét, és elő kell segíteni biztosítási és egyéb pénzügyi termékek fejlesztését a természeti katasztrófák esetében.

A stratégiacsomag rendelkezik számos olyan kísérő dokumentummal, amelyek az egyes olyan tevékenységi területeken, mint a part- és tengervédelem, egészség, infrastruktúra, migráció, helyi, területi fejlesztések stb., felméri az éghajlatváltozás következményeit. A stratégia iránymutatásokat is tartalmaz arra vonatkozóan, hogy a tagállamok a közös beavatkozáson felül hogyan dolgozzák ki a saját nemzeti stratégiájukat. Az uniós szintű cselekvési terv igyekszik összehangolni az éghajlatváltozás hatásaira való felkészülést a reagálást célzó alkalmazkodási intézkedésekkel azzal az átfogó céllal, hogy minimalizálják az emberi, gazdasági és környezeti veszteségeket, növeljék a gazdaságot, és ösztönözzék az éghajlat-ellenálló befektetéseket, különösen az építési, vízügyi, biztosítási, mezőgazdasági és ökoszisztéma-gazdálkodási szektorokban.

Az uniós stratégia harmadik cselekvési irányvonalával összhangban az Európai Bizottság közzétette a természeti katasztrófák és ember okozta katasztrófák elleni biztosításról szóló *Zöld könyv a természeti és ember okozta katasztrófák biztosításáról* című kiadványát. Mivel az éghajlatváltozás következtében egyre gyakoribbá váló katasztrófák milliárdos nagyságrendű károkat okoznak, gazdasági stabilitást veszélyeztető tényezőként is figyelembe kell venni azokat. Ezen stabilitást veszélyeztető faktorok egyik szegmensét az egyéni biztosítások adják. Hiszen nem egyszer azért sincs megfelelő biztosítási fedezet katasztrófák ellen, mert a lakosság maga nem elég érzékeny a megelőző intézkedések meghozatalára. A Zöld könyv széles körű nyilvános konzultációs folyamat bevezetésére szólít fel annak megvitatására, hogy az EU-ban jelenleg rendelkezésre álló biztosítási modellek megfelelően hosszú távú védelmet biztosítanak-e az unió polgárai számára.

(Természetesen az EU alkalmazkodási stratégiájának is át kellett jutnia a konzultációs szakaszon. Az uniós Környezetvédelmi Tanács pozitívan ítélte meg a stratégiai csomagot, hangsúlyozva a klímaadaptáció kérdésének jelentőségét mint az éghajlatvédelem kiegészítő elemét, nem beszélve arról, mekkora jelentőségű a kül- és fejlesztési politikára, így elfogadták és bevezették.)

#### 10.4. Klímadiplomácia az alkalmazkodási stratégia megvalósítására

Mivel az éghajlatváltozás és annak hatásai globális szinten generálják a problémát, az Európai Unió figyelmet fordít a közvetlen szomszédaira, de egyéb fejlődő országokra is, hogy együttműködéssel tudják erősíteni azok alkalmazkodási és tűrőképességét. Ezért a páneurópai külpolitikába is beépült az alkalmazkodási (stratégia) kérdésköre, amely konkrét külkereskedelmi lépéseket is integrál magába, kezdve a környezetvédelmi szolgáltatások és áruk kereskedelmének liberalizálásával egészen a szabadkereskedelmi megállapodások kialakításáig. Az unió felmérte, hogy melyek azon releváns ágazatok, amelyekben pénzügyi támogatási programok által javítani lehet az alkalmazkodást. Az éghajlatváltozás elleni globális szövetség (Global Climate Change Alliance – GCCA) 2008-as létrehozásával igyekezett a fejlődő országokat és azok alkalmazkodási politikáinak kialakítását elősegíteni.

Az unió külpolitikája számos területen igyekszik előmozdítani az alkalmazkodási kérdéseket. Ezek közé tartozik például a vízgazdálkodás témaköre (az EU vízellátási kezdeményezése vagy az AKCS-EU Vízalap, amely az afrikai, karib-tengeri és csendes-óceáni államok támogatására irányul), a mezőgazdaság és erdőgazdálkodás, az elsivatagosodás kérdése, a biodiverzitás, az energiapolitika, a szociális és egészségügy stb.

Az Európai Külügyek Tanácsa 2016. februárban elfogadta az adott évre vonatkozó klímadiplomáciai cselekvési tervet. Ennek a tervnek a lényege abban rejlik, hogy elősegítette a 2015. decemberi, párizsi globális szintű egyezmény pontjainak végrehajtását. A Tanács számára a konkrét tervek és lépések mellett a multilateralizmus eszméje számított kifejezetten üdvöztendőnek. Összesen 187 aláíró fél jelentette ki, hogy nemzeti szinten hozzájárulását tervezi a cselekvési tervhez, ami így komoly előrelépést jelenthez egy átfogó, közös, globális szintű fellépés irányába. Amennyiben pedig a megállapodás végrehajtása ténylegesen megvalósul, az felgyorsíthatja az egyes országok az éghajlatváltozás hatásaival szemben ellenállóképes, de legalábbis semleges globális gazdaságra való áttérését.

A COP 21-en<sup>3</sup> részt vevő országok csatlakoztak az úgynevezett „ambiciózus koalíció”-hoz, amely a fejlett és a fejlődő országok különböző regionális csoportosulásait tömöríti, és amely koalíció elősegítette, hogy a párizsi megállapodást valamennyi fél mihamarabb aláírassa, valamint hogy az olyan partnerországokkal, mint a G7-ek és a G20-ak, de az ENSZ-szel és további nemzetközi fórumokkal is magas szintű kétoldalú párbeszédet folytassanak.

Ezen klímadiplomáciai cselekvési tervhez három fő területet jelöltek ki:

- az egyes országok közti diplomáciai párbeszéd során az éghajlatváltozás kérdésköre prioritást élvez;
- az alacsony kibocsátású, valamint az éghajlatváltozás hatásainak ellenálló fejlesztések végrehajtása;
- az éghajlatváltozás, a természeti erőforrások, a jólét, a stabilitás és a migráció közötti kapcsolatok és összefüggések kezelése.

Az éghajlatváltozással kapcsolatos célok mellett a fenntarthatóság kérdése is szerepet kapott, hiszen a 2030-ig tartó időszakra fenntartható fejlesztési menetrend szerint igyekeztek meghatározni a fejlesztési célokat. A klímadiplomácia szerepét pedig kiterjesztették arra is, hogy a részt vevő és hozzájáruló felek köre bővülhessen, és előtérbe kerülhessenek az olyan állami és magánforrásokat érintő pénzügyi mozgások, amelyek összhangban vannak az éghajlatvédelmi irányvonallal, azaz elősegítik az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentését és egy ellenállóképes gazdaságot célzó fejlődést. (ET 6061/16 sajtóközlemény 2016)

A klímaproblémák megoldásának finanszírozásához a felek abban állapodtak meg, hogy évente 100 milliárd dollárnyi összeget adnak össze 2020 és 2025 között. Az EU döntése alapján a rá eső hozzájárulási összeget növelni fogja. Ez már az elmúlt évek hozzájárulásain is megmutatkozott. 2015-ben az uniós és tagállami hozzájárulás összesen 17,6 milliárd eurót tett ki. Ezen összeget azon kezdeményezésekre fordították, amelyek a fejlődő országokban folyó, az éghajlatváltozás mérséklését és az ahhoz való alkalmazkodást célozták meg. (ET 611/16 sajtóközlemény 2016)

## 10.5. Műszaki projektek, gyakorlati alkalmazások

Ahhoz, hogy a tervezett klímaadaptációs stratégia érdemben megvalósulhasson, számos olyan fejlesztésre volt szükség, amely megfelelő módon – azaz tényleges adatokra támaszkodva – támogatja, alakítja a stratégia céljait, és amelyhez a környezetből származó információk kulcsfontosságúak. A jövő nemzedékek biztonsága minden eddiginél jobban függ azon döntésektől, amelyek a környezetvédelmi politikákról szólnak, és amelyek csak konkrétumokon alapulhatnak. A megfelelő döntések meghozatalához nemcsak a döntéshozókat, de a vállalkozásokat és a polgárokat is megbízható és naprakész információkkal kell ellátni.

Az aktuális stratégia négy évre lett létrehozva. Az egyes országok nemzeti stratégiájáról, annak megvalósításáról mutatóalapú monitoringjelentést kell küldeni. Az ezekből származó adatok alapján is frissítik négyévente a meglévő adatbázisokat, ami által a fej-

<sup>3</sup> Az ENSZ Klímaváltozási Konferenciájának 21. éves ülése, amelyet CMP11-ként is emlegetnek, mivel az UNFCCC (az ENSZ 1992-ben aláírt éghajlatváltozási keretegyezménynek) és a kiotói jegyzőkönyvet aláíró országoknak a 11. találkozója volt.

lesztések nyomon követhetők. Az ellenőrzési jelentés alapját egy mutatórendszer és maga a jelentés képezi, amelynek megalkotásában az érintett állami hatóságok, valamint tudományos intézmények és magánintézmények vesznek részt. Ezáltal áttekintést is kaphatunk a közreműködők köréről, ami nemzetközi szinten is hozzájárulhat például egyes kutatók, intézmények renoméjának növeléséhez.

Uniói szinten a stratégia monitoringalapú támogatására hozták létre a Copernicus Éghajlatváltozási Szolgálatot.

### 10.5.1. Copernicus Éghajlatváltozási Szolgálat – Copernicus Climate Change Service (C3S)

A Copernicus Éghajlatváltozási Szolgálat (Copernicus Climate Change Service – C3S) az Európai Unió földi megfigyelési programja. Segít megérteni, hogyan változik a bolygónk és az éghajlat, valamint igyekszik rávilágítani az emberi tevékenységek szerepére ezen változásokban, illetve hogy ezek hogyan és milyen módon befolyásolják mindennapi életünket. A szolgálat nem múlt nélküli, korábban „globális környezetvédelmi és biztonsági megfigyelés”-ként (Global Monitoring for Environment and Security – GMES) ismerték. A Copernicus egy olyan komplex rendszer, amely több forrásból gyűjt adatokat. Ilyenek a földi megfigyelő műholdak, az *in situ* szenzorok, egyéb földi állomások, légi és tengerfelszíni érzékelők. Ezeket az adatokat összegyűjti és feldolgozza, ami után megbízható és naprakész információkat biztosít a felhasználóknak a környezeti és biztonsági kérdésekkel kapcsolatban. (C3S s. a.)

A C3S szolgáltatás a nemzeti szinten létező és az éghajlatváltozással kapcsolatos kutatási eredményekre és kezdeményezésekre építve, azokat továbbfejlesztve és kiegészítve alakította ki profilját és tevékenységét. Az így nyert adathalmazok jelentősen hozzájárulnak a Meteorológiai Világszervezet (World Meteorological Organisation – WMO) globális éghajlatváltozási keretrendszeréhez, illetve annak ellenőrzési struktúrájához. A szolgáltatás olyan átfogó éghajlattal kapcsolatos információkat nyújt, amelyek kiterjednek a Föld számos összetevőjére, olyan folyamatokra, amelyek akár évtizedekig, sőt évszázadokig tartanak. Felhasználja a múltbeli, jelenlegi *in situ* és műholdas megfigyelő rendszerek megfigyeléseit, mérési adatait, valamint a jövőbeli prognózisokat annak érdekében, hogy modellezéssel, szuperszámítógépekkel és egyéb hálózati képességekkel átfogó és hiteles leírást adjon a jövőbeli éghajlati prognózisokkal kapcsolatban.

A C3S folyamatos fejlesztési fázisban van. Ebben a szoftverben ötvözik az éghajlati rendszer megfigyeléseit, számadatait a legfrissebb tudományos eredményekkel, és ezáltal igyekeznek hiteles, minőségi információkat biztosítani az éghajlat múltbeli, jelenlegi és jövőbeli állapotáról nemcsak Európában, de világszerte is. A szolgálatot a Középtávú Időjárás-előrejelzések Európai Központja (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts – ECMWF) működteti az Európai Unió nevében és megbízásából, Európa-szerte integrálva magába a meteorológiai szolgálatokat, gyűjtve azok adatait, szolgáltatásokat nyújtva igény szerint.

Az egyes szolgáltatási területek különböző érettségi szinten vannak. Vannak, amelyek már a kezdeti stádiumtól működnek, a veszélyhelyzeti felügyelet például már 2012 óta, és van olyan, amelyen még mindig dolgoznak, mint az éghajlatváltozási felügyeleti

szolgáltatás. A Copernicus szolgáltatásai hat tematikus monitoringterületre terjednek ki: (COP Services s. a.)

- földfelügyelet;
- tengeri-környezeti felügyelet;
- légköri felügyelet;
- éghajlatváltozási felügyelet;
- vészhelyzeti beavatkozás;
- biztonsági felügyelet.

A C3S kulcsfontosságú mutatókat tartalmaz minden olyan tényezővel kapcsolatosan, amelyek hatással vannak az éghajlatunkra, és amelyekre az éghajlatváltozás is hatással van/lehet, mint például a szén-dioxid mennyisége, a gleccserek csökkenése stb. Ezen mutatók célja, hogy támogassák az Európai Unió alkalmazkodási stratégiáját, amely az éghajlatváltozás hatásai által az egyes ágazatokban és gazdasági szektorokban generált problémák enyhítését szolgálja vagy támogatja. Tájékoztató, javító és támogató funkciói révén Európa számára jelentős gazdasági értékkel rendelkezik.

Az éghajlattal kapcsolatos információk hatalmas mennyisége szolgál alapul a jövőbeni éghajlatváltozási mutatók széles skálájának kialakításához, amelyek célja az európai alkalmazkodási és az enyhítési politikák támogatása számos ágazatban. Ezen ágazatok a 10.3. ábrán láthatók.



10.3. ábra

*Az éghajlatváltozás által érintett szektorok*

Forrás: <https://climate.copernicus.eu/about-c3s> (A letöltés dátuma: 2018. 02. 27.)

### 10.5.2. European Climatic Energy Mixes (ECEM)

Az ECEM a C3S egyik projektje, amely 2015 novemberében kezdődött a University of East Anglia (UEA, Egyesült Királyság) vezetése alatt, olyan kooperációs partnerek részvételével, mint többek között az Electricité De France (EDF, Franciaország), egyetemek és meteorológiai szolgálatok, vagy például az új technológiákért, energiaügyért és fenntartható fejlődésért

felelős ügynökség (ENEA, Olaszország), és folyamatos fejlesztés alatt áll. A program célja, hogy egy éghajlatváltozási koncepciót, valamint demonstrátorprogramot alakítson ki a leendő felhasználókkal szorosan együttműködve, amely aztán lehetővé teszi mind a politikai döntéshozók, mind az energiaszektor résztvevői számára, hogy felmérhessék azt, hogy az eltérő energiaellátási módszerek önmagukban, illetve egymással részarányosan keverve milyen mértékben felelnek meg a keresletnek bizonyos időkeretekig – szezonálisan és/vagy hosszú távra –, különös tekintettel az egyes módszerek szerepére a vegyes használati mód során. A demonstrátor hasznos bárki számára, aki az energiagazdálkodás területén dolgozik, esetleg ágazatalakítási felelőssége, döntéshozatali lehetősége van, vagy bármely területen foglalkozik az energiaszektorral érintő kérdésekkel. (ECES s. a.)

C3S ECES Demonstrator nevet viselő programja egy sor olyan eszközt tartalmaz, kezdve az online webes felülettel, amelyet úgy alakítottak ki, hogy az egyes alternatívák Európa-szerte történő felmérése érdekében a felhasználók közvetlenül vihessék be tapasztalataikat. Ezen felhasználók köre a szakmai műhelyektől a végső felhasználókig elég széles spektrumon mozog. Az összegyűjtött adatok által az energiaipar és a politikai plénum felmérheti, hogy mennyire felel meg az energiaellátás az unióban bizonyos időintervallumokban a kereslet tekintetében.

A demonstrátor kezelése könnyű, hatalmas mennyiségű adattal rendelkezik éghajlati és energiaadat-készletek szempontjából. Lehetőséget nyújt:

- térképek, klaszterek elkészítésére az éghajlati és energiaváltozókból;
- adatokat és már elkészült térképeket, ábrákat tölthetnek le róla;
- a meglévő és letöltött térképek és ábrák módosítására is lehetőség van a saját adathalmazunk megjelenítése céljából;
- variálható adathalmazok, esettanulmányok, problémamegoldó üzenetek lehívására;
- a hőmérséklet szerepének vizsgálatára egyes termikus üzemek hatékonyságában;
- a megújuló energiatípusok vagy az energiakereslet éghajlattal összefüggő változékonyságának számítására stb. (ECES Demonstrator s. a.)

### 10.5.3. Az energiaszektor szolgáltatója – CLIM4ENERGY

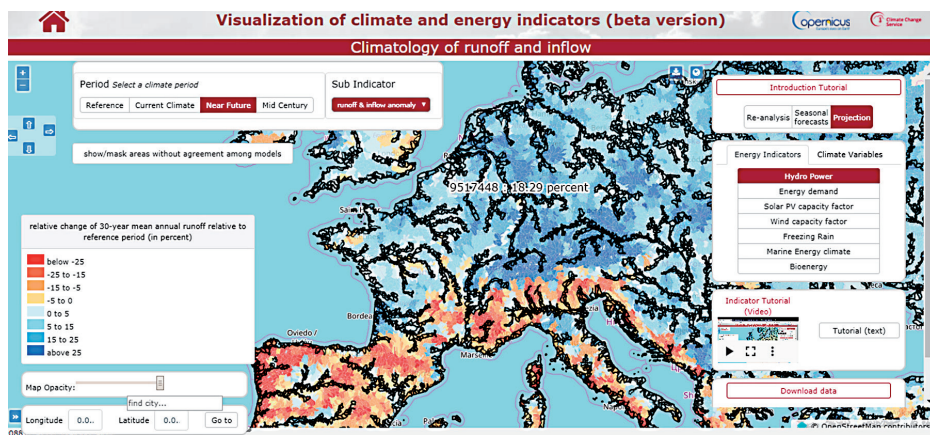
Az éghajlatváltozási folyamatok következményeként fellépő szélsőségek miatt az energiaszektorban is számos kérdéssel kell megbirkóznia. Az egyre fogyó fosszilis és nem megújuló energiahordozók mennyiségi kérdései miatt, de környezetvédelmi szempontokból is, valamint a párizsi egyezmény eredményei miatt is teret kell nyerniük az alacsony szén-dioxid-kibocsátású energiáknak (hogy elkerüljék a 2 °C-os küszöbértéket, illetve hogy 1,5 °C alatt maradjon a felmelegedés). Egyre több megújuló energiaforrást sikerül bevonni az energiatermelésbe, ugyanakkor ezek érzékenyebbek az időjárási viszonyokra és az éghajlatváltozásra mind a termelésük, mind átvitelük, valamint forgalmazásuk során.

Már a párizsi egyezményt megelőzően a 2014-es, ötödik IPCC-felmérés is leszögezte, hogy az alacsony szén-dioxid-kibocsátású energiatermelés – azaz a megújuló energiaforrások használatának – részesedése az elkövetkező évtizedekben jelentősen meg fog növekedni. Akkori prognózisuk szerint a megújuló energiaforrások részesedésének 2050-re meg kell haladnia az 50%-ot a teljes energiaellátás, és a 80%-ot a villamosenergia-ellátás terén ahhoz, hogy az energiatermelés, -átvitel és a terjesztés kevésbé legyen érzékeny az időjárás és az éghajlat változékonyságára.



A szél, a felhők, az eső, a tengeri áramlatok mind megújuló energiát termelnek. Ahhoz, hogy ezen erőforrásokat minél jobban kihasználhassák, az energiatermelőknek ismerniük kell a variációs lehetőségeket. Ezt azonban a gyakori időjárási ingadozások kiszámíthatatlan mivolta akadályozza. Ennek fényében azonban az energiaszektorban, főleg a termelőknek előre kell számolniuk az erőforrások rendelkezésre állásával, amihez ismerniük kell a szezonális változási tényezőket, illetve az elmúlt időszakok (évtizedek) tendenciáit, az azok közötti változékonyságot. Így az elkövetkező szezonra vonatkozó előrejelzések megmutathatják legalább az erőforrások magasabb vagy alacsonyabb valószínűségét, de az éghajlati előrejelzések, beleértve az üvegházhatást okozó gázok növekvő hatásait is, hosszabb távon is jelzik a források alakulását. Ezek értékes információk az energiaipari szakemberek számára.

A termelők mellett a hálózatzüzemeltetőknek előre fel kell tudni mérni a kiesési kockázatokat. Az éghajlatváltozás kihatással van az árképzésre is, hiszen a villamosenergia-kereskedőknek az egyes energiaforrások rendelkezésre állásától függően előre kell számolniuk az energiaárakat. Az éghajlatváltozás hatással van a megújuló energiaforrásokra is. A csapadékminták változékonysága befolyásolja a vízhozamokat, ami ezáltal hatással van a vízenergia erőforrásaira, azok kezelésére. Ugyanez elmondható a szélenergiával kapcsolatban is, de ugyanilyen hatással van a napsugárzás változása és a hőmérséklet is a változó megújuló erőforrásokra. A megújuló energiaforrásokra építendő infrastruktúrák és hálózatok esetében elkerülhetetlen, hogy még a beruházások megkezdése előtt figyelembe vegyék az éghajlatváltozás várható hatásait, legyen az időjárási extremitás vagy a jövőbeni tengerszint emelkedése. Az extrém eseményeknek változó az előfordulási gyakorisága, ami a kapcsolódó kockázatok esetében is a szélsőségek felé való eltolódást okoz.



10.4. ábra

A CLIM4ENERGY vizualizációs programjának indítófelülete

Forrás: Copernicus Climate Change Service

Elérhető: <http://c4e-visu.ipsl.upmc.fr/> (A letöltés dátuma: 2018. 02. 24.)

A CLIM4ENERGY néven futó program egy, az energiaszektorra szabott éghajlatváltozási mutatókat tartalmazó szolgáltatás, amely hét éghajlatkutató és szolgáltató központ, valamint tizenegy energia-szakértő intézmény tapasztalatait ötvözve látja el információkkal



az energiaszektor tagjait esettanulmányokból és alapvető éghajlati változók értékláncából származtatott adatok alapján. A program célja kilenc olyan energiakoncepció kidolgozása, amely páneurópai szinten mutatja be az éghajlatváltozási tendenciákat az ágazatközi összefüggéseikkel egyetemben, és javaslatot nyújt a bizonytalansági tényezők becsléséhez.

A CLIM4ENERGY vizualizációs rendszere lehetővé teszi az érdeklődők számára a klímaváltozók és az energiatípusok egyszerű statisztikáinak gyors áttekintését, de akár az egyes klímaváltozók és energiamutatók adatkészleteinek letöltését is. Hozzáférést biztosít az esettanulmányok dokumentációihoz, az adatlapokhoz és a „termék”-értékelési nyilatkozatokhoz. (CLIM4ENERGY s. a.)

#### 10.5.4. End-to-end Demonstrator for improved decision-making in the water sector in Europe<sup>4</sup> (EDgE)

Az EDgE-demonstrátor program az európai vízágazatot szolgáló jobb döntéshozatal támogatását célozza. Ez egy olyan koncepcionális kutatási projekt, amely ötvözi az eddig begyűjtött éghajlati adatokat, illetve a legmodernebb, többmodelles hidrológiai modellezési sémákat, és ezáltal nyújt vízorientált tematikájú információs szolgáltatást. Az EDgE háttér-csapata a magán- és az állami szektor képviselőivel, illetve kulcsfontosságú európai szintű érdekeltekkel közösen dolgozza ki azon megközelítéseket és technikákat, amelyek elősegítik az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodást és az éghajlatváltozás hatásainak csökkentését célzó politikák kidolgozását. Mivel a kutatás középpontjában az érintettek és érdekeltek állnak, áthidalhatónak tűnik az a szakadék, amely nem egyszer tátong az éghajlati és hidrológiai modellek által generált adatok, valamint a döntéshozók által szükséges információk között. (EDgE s. a.)

Az EDgE-demonstrátor feladatai között szerepel:

- az érdekeltek igényeinek felmérése a szezonális és vízgazdálkodási előrejelzések tekintetében;
- felmérni, hogy a begyűjtött információk felhasználásának milyen korlátai lehetnek a döntéshozatali folyamatban;
- a legmodernebb tudományos és technikai tudásbázis felhalmozása, stb.

Az EDgE egy ágazati információs rendszer (Sectoral Information System – SIS) kifejlesztésével támogatja a C3S-t. Ez a SIS demonstrátor a hidrológiai és éghajlati adatokat és a modell teljesítményét az európai vízágazat szempontjából releváns ágazati éghajlati/éghajlatváltozási hatásmutatókra összpontosítja és kombinálja, természetesen a múltbeli és a jelenlegi események, valamint a jövőbeli prognózisok tükrében. Az információs rendszert EU-szerte fókuszcsoporthoz tökéletesítik, hogy a begyűjtött adatokat releváns ismeretké lehessen alakítani.

Az EDgE hét szervezetet foglal magában, de nemcsak EU-s szinten, hanem az USA-ból is. A koordináció a brit Természetvédelmi Kutatási Tanács Ökológiai és Hidrológiai

<sup>4</sup> Hivatalos magyar elnevezés hiányában, szabad fordításban: Teljes körű bemutató az európai vízágazat jobb döntéshozatalához.

Központjánál fut össze (NERC-CEH), és az USA-beli, princeton-i Climate Partnership LLC (CPL), valamint a német Helmholtz Környezetkutatói Központ (UFZ) mellett olyan kormányzati hatóságok is részt vesznek benne, mint a Norvég Vízügyi és Energiaügyi Igazgatóság (NVE) vagy egyéb állami felhasználók, mint például a spanyol Centro Tecnológico del Agua (Cetaqua), illetve a mediterrán medencei szervezetek hálózata (MENBO).

#### **10.5.5. Éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodásról szóló vízinformációs szolgálat – Service for Water Indicators in Climate Change Adaptation (SWICCA)**

Az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodásról szóló vízinformációs szolgálat (Service for Water Indicators in Climate Change Adaptation – SWICCA) szintén a vízgazdálkodási döntésekhez hasznos éghajlati adatokat gyűjti. Konceptiójának célja hasonló az EDgE-jéhez (átidalni az adatokat biztosító intézetek, valamint a vízügyi döntéseket hozó politikai vezetők közötti szakadékot). Ehhez az információs szolgálat mellett egy a vízgazdálkodók közötti, interfészként működő tanácsadói szolgálatot működtet. A SWICCA egy olyan interaktív weboldal, amely páneurópai adatokat biztosít vizualizáláshoz, ellenőrzésre vagy akár csak gyűjtésalapú letöltéshez. Az egyes tagországok tanácsadói, szakmai plénumai segítenek a legfontosabb éghajlathatásra vonatkozó mutatókat közérthetővé tenni. A SWICCA-projekt esettanulmányok feldolgozása során az alábbi lehetőségeket nyújtja:

- új éghajlat-hatásmutatók, amelyek a múltbeli éghajlati eseményeket az idényjellegű előrejelzésekkel különböző időszetekre tükrözve vetítik ki a jövőre;
- prognosztizált változások leképzése európai térbeli mintákra;
- választott területek mutatói, statisztikái;
- korrekciós eszközök az egyes mutatók helyi körülményekhez való igazításához;
- útmutatók, oktató videók és esettanulmány-példák, amelyek segítségével az éghajlati hatások indikátorait a helyi vízgazdálkodási munkafolyamatokra lehet felhasználni stb.

A SWICCA-projekt a svéd Meteorológiai és Hidrológiai Intézet (Swedish Meteorological and Hydrological Institute – SMHI) vezetése alatt 2015 novemberétől 2018 februárjáig valósult meg tíz európai ország alvállalkozóival és három egyéb partnerrel. (SWICCA s. a.)

#### **10.5.6. Szél erőforrás Információs Szolgálat – Windstorm Information Service (WISC)**

Az elmúlt időszak adatai alapján Európában a biztosítási ágazatnak az egyik legtöbb veszteséget a szélviharok okozták. Annak érdekében, hogy ágazati szinten is érthetővé váljon a szél okozta kockázat, több nemzeti meteorológiai ügynökség, egyetem és az úrkutatás, illetve a biztosítási szektorban dolgozó partnerek együttműködése nyújt tájékoztatást az európai szélviharokkal kapcsolatosan. A Szél erőforrás Információs Szolgálat (Windstorm Information Service – WISC) a Copernicus Klímaváltozási Szolgálat részét képezi, és elsődlegesen a biztosítási ágazattal működik együtt annak biztosítása érdekében, hogy a leghasznosabb információkat szolgáltatthassa.

Hasonlóan a C3S egyéb projektjeihez, a WISC kiterjedt adatbázisokat bocsátott rendelkezésre a múltbéli, történelmi viharpályákról, szellábnymokról, valamint szélvihar-előfordulási és súlyossági mutatókról. A mindenki számára szabadon és nyíltan elérhető WISC-adatbázis részletes expozíciós és sebezhetőségi adatokkal mutat be történelmi viharveszteségeket. Támogatást nyújt a szélvihar kockázatának modellezéséhez olyan eseménykészletekkel, amelyek több mint 7500, 1985–2011 között megtörtént valós szélviharesemény feldolgozásából származó adatokon alapulnak. (*WISC* s. a.)

### 10.5.7. A városi ágazati információs rendszer – UrbanSIS

Az éghajlatváltozás által kiváltott veszélyek a városi infrastruktúrára (épületek, közlekedési rendszerek, szennyvíz- és vízelvezető rendszerek) is fenyegető hatással vannak. A városok ki vannak téve az intenzív csapadéknak, az árvizeknek, hőhullámoknak és jó néhány, a polgárok egészségét érintő egyéb veszélynek, mint például zaj- és légszennyezés stb.

A városi ágazati információs rendszert (UrbanSIS) azért hozták létre, hogy tipikusan az épített (városi) környezetre vonatkozó specifikus éghajlati adatokat és hatásmutatókat szolgáltatson az adott környezetben működő infrastruktúrák és egészségügyi ágazatok támogatására. A rendszer célja egy olyan módszer kifejlesztése volt, amely az éghajlati hatásmutatókat az egyes városokra nézve, helyi modellekre levetítve kb.  $\sim 1 \times 1 \text{ km}^2$ -re vonatkoztatva méretarányosan prezentálja, ezáltal igyekszik hasznos információkat közvetíteni a mérnököknek, kutatóknak. Ezeket a helyi modelleket és a térbeli számításokat elsődlegesen a három legfontosabb urbanizációs veszély, az intenzív csapadék, a hőhullámok és a légszennyezettség tekintetében mutatják be. (*UrbanSIS* s. a.)

### 10.5.8. Agrárágazati Információs Rendszer – AgriCLASS

A 2015–2017 között működött úgynevezett Agricultural Climate Advisory Services (AgriCLASS) azaz az Agrárágazati Információs Rendszer – olyan a mezőgazdaságot érintő adatokat, modelleket osztott meg, és igyekezett azokat olyan termékekké alakítani, amelyek hasznosak az agrárium számára. Az alapkoncepció egy olyan rendszer kiépítését célozta meg, amely lehetővé teszi az éghajlati változók mezőgazdasági információkkal való összekapcsolását annak érdekében, hogy jobban megértsük az éghajlatváltozás hatásait a növényekre. Igyekszik a mezőgazdasági ágazati felhasználók számára adatokat és útmutatást nyújtani egy olyan skálázható rendszer létrehozásával, ahol a terményképző modellek hozzáférhetnek az éghajlati előrejelzésekből származó bioklimatikus mutatókhoz. Az éghajlatváltozási és mezőgazdasági adatok összekapcsolásával olyan információk átadása a cél, amelyek közvetlenül hasznosíthatók a termelők és a gazdálkodók, az élelmiszergyártók, a kiskereskedők és a döntéshozók számára.

A koncepció megalkotásakor például olyan fás szárú, élő növények hatásmutatóinak előállítására törekedtek, amelyek többéves termés hozammal rendelkeznek már, és reagálnak az éghajlatváltozásra is, hiszen az ilyen növények termelékenységét számos változó befolyásolja – idesorolandó a víz rendelkezésre állása, a fényviszonyok változása,

a hőmérsékletet, a napos órák száma, a fenológia,<sup>5</sup> a helyi viszonyok, a múlt- és jövőbeli események stb.

A kezdeti koncepció kidolgozásához három különféle fás szárú növénytypust választottak ki. Ezek:

- Vegyes erdők: főleg a kontinens déli részén az aszály miatt az erdők nagysága csökkent. Ez mind a termelékenység, mind a biodiverzitás csökkenésével is járt. Az olaszországi Molise régió bükköseire összpontosítva az éghajlatváltozási és a mezőgazdasági adatokból származó szárazságstressz-mutatót alkalmazva igyekeztek az erdők növekedésének vagy csökkenésének előrejelzésére a jövőben várható éghajlati változások függvényében.
- Olajbogyóligetek: az olajbogyó sérülékeny növény, érzékeny a kártevők által okozott fertőzésekre (például olajbogyó-fűrőlégy – *Bactrocera Oleae*), ami akár 40%-os terményvesztést is okozhat. A toszkán régióra összpontosítva az olasz bükkösökhöz hasonló adatok alapján igyekeznek modellezni a növénytermesztési növekedési ciklusok és a változó éghajlati viszonyok iránti érzékenység közötti kapcsolatot, hogy egy esetleges jövőbeni kártevőfertőzés kitörését prognosztizálhassák.
- Szőlőművelés: a szőlőültetvények fenológiája érzékeny a változó éghajlati viszonyokra. A megváltozott éghajlati körülmények miatt akár 3–4 héttel is eltolódhat a betakarítás, ami a bor jellegzetességeire is hatást gyakorol, például megváltoztatja annak cukortartalmát. A délnyugat-franciaországi bortermelő régióra összpontosítva egy fenológiai mutatót fogalmaztak meg a klímaváltozás és a mezőgazdasági adatok alapján, amely előre jelzi a helyi szőlőfajták fenológiai fázisainak jövőbeni időtartamát. (*AgriCLASS* s. a.)

## 10.6. Jövőbeni cselekvési tervek

### 10.6.1. Klíma- és energiacsomag 2020

Az alkalmazkodási stratégiák mellett az EU három különböző hosszú távú cselekvési csomagot állapított meg. A 2020-ig tartó csomagot 2007-ben állították össze és 2009-ben jogszabályilag is elfogadták. Olyan jogi kötelezettségeket tartalmaz, amelyek célja az uniós éghajlati és energiaügyi célkitűzések 2020-ra történő biztosítása.

Ez a csomag három fő célt határoz meg:

- az üvegházhatású gázok kibocsátásának 20%-os csökkentése (az 1990-es szinthez képest);
- az EU-ban a megtermelt energiamennyiség legalább 20%-a megújuló energiaforrásokból előállított energia legyen;
- az energiahatékonyság érje el a 20%-ot.

Ezen célok elérése érdekében számos területen tevékenykednek. Ezek:

<sup>5</sup> Fenológia: a növények és állatok fejlődési szakaszait, azok periodikus változásait, valamint az időjárás által kiváltott életmegnyilvánulásait vizsgáló tudományág.

- A kibocsátáskereskedelmi rendszer (ETS): a kibocsátáskereskedelmi rendszer az EU kulcsfontosságú eszköze az ipar és egyéb ágazatok nagy teljesítményű rendszereinek, de ugyanígy a légi közlekedésnek az üvegházhatást okozó gázok kibocsátásának csökkentésében. Az ETS az üvegházhatást okozó gázok kibocsátásának mintegy 45%-át fedezi, de 2020-ra a cél az, hogy az érintett ágazatok kibocsátása 21%-kal alacsonyabb legyen, mint 2005-ben volt.
- Nemzeti kibocsátáscsökkentési célok: ez magában foglalja azokat az ágazatokat, amelyek nem szerepelnek az ETS-ben, tehát az EU teljes kibocsátásának mintegy 55%-át teszik ki. Ilyenek például az építőipar, a mezőgazdaság, a hulladékgazdálkodás és a közlekedés (a légi közlekedés kivételével). A számszerűsített célok természetesen a nemzeti vagyontól függően változók az egyes országok tekintetében. Természetesen a kibocsátások mértékét az egyes országok monitorozzák és évenként jelentik az EU felé.
- Megújuló energia – nemzeti célok: az EU tagországai a megújuló energiaforrásokról szóló irányelv értelmében kötelező érvényű nemzeti célkitűzéseket is tettek a megújuló energiaforrások részarányának növeléséről az energiafogyasztásban való részesedésére. Ezek a célok is változók az egyes országok esetében, tükrözik azok különböző kiindulópontjait és lehetőségeit (Málta 10%, Svédország 49%).

Az alacsony szén-dioxid-kibocsátású technológiák fejlesztését az alábbi innovációk segítik elő:

- NER-300 – a megújuló energiaforrásokkal kapcsolatos technológiák előmozdítását célzó program.
- Horizont 2020 – a kutatás és innováció finanszírozására létrejött program.
- Ezeken felül cél az EU energiabiztonságának növelése annak érdekében, hogy csökkenjen az energiaimporttól való függőség, illetve hogy létrejöhessen az európai energiaunió. További célok között szerepel a munkahelyteremtés, a zöld növekedés előmozdítása és az EU versenyképességének növelése. (2020 *Climate & Energy package* s. a.)

### 10.6.2. 2030-as klíma- és energiapolitikai keretstratégia

Az unió a 2030-ig tartó éghajlatváltozási és energiapolitikájának részeként három fő célkitűzésről rendelkezik:

- az üvegházhatású gázok kibocsátásának 40%-os csökkentése (az 1990-es szinthez képest);<sup>6</sup>
- a megújuló energiaforrások részarányának növelése legalább 27%-ra;
- az energiahatékonyság növelése legalább 27%-kal.

Ezt a keretprogramot az EU vezetői 2014 októberében elfogadták, alapját a 2020-as éghajlatváltozási és energiacsomag adja. A keretstratégia részletes tartalma természetesen összhangban van a 2050-ig meghatározott energiaügyi ütemtervvel, valamint azon hosszú

<sup>6</sup> Tehát ha a 2020-as tervek megvalósulnak, akkor ez ebben a 10 éves periódusban összesen 20%-os csökkentést jelent.

távú stratégiai lépésekkel, amelyekkel a század közepére a versenyképes, de alacsony szén-dioxid-kibocsátású gazdaságot akarják elérni.

Mivel a 40%-os csökkentési célt kötelező jelleggel elfogadták, az Európai Unió ily módon költséghatékony intézkedéseket hoz az iparilag fejlett országokkal együtt a kibocsátások 80%-kal, de akár 95%-kal történő csökkentésére 2050-ig, valamint a párizsi egyezményhez egyenlő és ambiciózus hozzájárulást biztosít.

Ezen minimum 40%-os csökkentési cél elérésének érdekében az EU kibocsátáskereskedelmi rendszere (Emissions Trading System – ETS) által lefedett ágazatoknak a 2005-ös szinthez képest 43%-kal kellene csökkenteniük kibocsátásukat. Ehhez viszont az ETS korszerűsítése és fejlesztése szükséges. A nem az ETS alá tartozó ágazatoknak is minimum 30%-kal kell csökkenteni kibocsátásaikat a 2005-ös szinthez képest. Ennek érdekében az egyes tagállamok számára egyéni, de kötelező jellegű célokat kell megállapítani.

Az energiahatékonysági irányelv alapján az Európai Tanács 2030-ra 27%-os energia-megtakarítási referenciaértéket hagyott jóvá. Mivel ennek az elfogadása 2014-ben megtörtént, az unió 2020-ban ezt a célt az első stratégiacsomag sikerei alapján felülvizsgálja annak érdekében, hogy megállapíthassák, fel lehet-e „tornázni” az adott értéket 30%-ig.

Az energiaunió hatékony és koherens elérése érdekében tovább erősíti az EU az átlátható és dinamikus irányítási folyamatokat, a befektetők számára nagyobb jogbiztonságot céloz meg az uniós országok politikáinak összehangolásával.

A szén-dioxid-szegény gazdaság bevezetésének keretein belül azt kívánja a tagállamoktól, hogy:

- a fogyasztók számára megfizethető energiát biztosítsanak;
- növeljék az unió energiabiztonságát;
- csökkentsék az energiaiimporttól való függést;
- teremtsenek további új lehetőségeket a növekedéshez és a foglalkoztatáshoz.

Természetesen a stratégiai keret a levegőszennyezés csökkentésével a környezet és az egészség megóvásában is szerepet játszik.

A megvalósításhoz a 2011–2030 közötti időszakban az EU-nak évente átlagosan majd 40 milliárd eurós kiegészítő beruházásra lesz szüksége. Az előzetes tervek szerint a felmerült költségek nagy részét az üzemanyag-megtakarítás fedezi. A beruházások több mint felét a lakás- és szolgáltatói szektor teszi majd ki. Az alacsony jövedelmű országoknak a GDP-jükhöz képest viszonylag nagy erőfeszítéseket kell hozniuk, cserébe viszont nagyobb szolidaritási intézkedéseket tesznek irányukba.

Az energiarendszer költségei többé-kevésbé megegyeznek az öregedő energetikai rendszerek megújítási költségeivel, amelyek amúgy is elkerülhetetlenek lennének. Amennyiben sikerül költséghatékony módszerekkel elérni a célokat, az elsődleges számítások alapján az energiaszektorban 2030-ban mindösszesen 0,15%-kal kell többet költenie (EU GDP%-ban kifejezve). Összességében a működési költségek (üzemanyag) és a tőke-költségek (beruházások) között változnak. (2030 *Climate & Energy framework* s. a.)

### 10.6.3. Szén-dioxid-szegény gazdaság 2050

A környezetbarátabb és energiatakarékosabb gazdaság eléréséhez az Európai Bizottság ütemterve szerint az alábbi teendők lesznek 2050-ig.

- az 1990-es szinthez képest 80%-kal kell csökkentenie az üvegházhatást okozó gázok kibocsátását, minden gazdasági ágazat hozzájárulásával;
- a 80%-os csökkentés csak a tényleges kibocsátások visszavételével valósulhat meg, nem pedig nemzetközi kvótajóváírások által, amelyet csakis a tiszta technológiák bevezetésével érhetünk el. (2050 Low-carbon economy s. a.)

### Felhasznált irodalom

- 2020 Climate & Energy package. (s. a.) European Commission, Policies, Informations and services, Climate strategies and targets. Elérhető: [https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020_en) (A letöltés dátuma: 2018. 03. 23.)
- 2030 Climate & Energy framework. (s. a.) European Commission, Policies, Informations and services, Climate strategies and targets. Elérhető: [https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030_en) (A letöltés dátuma: 2018. 03. 20.)
- 2050 Low-carbon economy. (s. a.) European Commission, Policies, Informations and services, Climate strategies and targets. Elérhető: [https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2050\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2050_en) (A letöltés dátuma: 2018. 03. 20.)
- AgriCLASS. (s. a.) Elérhető: <https://climate.copernicus.eu/agriclass-agricultural-climate-advisory-services> (A letöltés dátuma: 2018. 03. 19.)
- Az Európai Közösség 2003/887/EC ajánlása. (2003) *On the implementation and use of Eurocodes for construction works and structural construction products*. Elérhető: <http://eurocodes.jrc.ec.europa.eu/doc/commissionrecommendation.pdf> (A letöltés dátuma: 2018. 03. 20.)
- Az Európai Közösség COM (2009) 147 bizottsági rendelete. Fehér könyv. *Az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodás: egy európai fellépési keret felé*. (2009) Elérhető: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/ALL/?uri=CELEX%3A52009DC0147> (A letöltés dátuma: 2020. 01. 22.)
- Az Európai Tanács 6061/16-os sajtóközleménye: *A 21. éghajlat-változási konferencia utáni európai klímadiplomácia – A Tanács következtetései*. (2016) Elérhető: <http://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-6061-2016-INIT/hu/pdf> (A letöltés dátuma: 2018. 03. 13.)
- Az Európai Tanács 611/16-os sajtóközleménye: *Az éghajlatváltozás elleni küzdelem finanszírozása: az uniós és tagállami hozzájárulások összege 2015-ben elérte a 17,6 milliárd EUR-t*. (2016) Elérhető: [www.consilium.europa.eu/hu/press/press-releases/2016/10/25/climate-change-finance/pdf](http://www.consilium.europa.eu/hu/press/press-releases/2016/10/25/climate-change-finance/pdf) (A letöltés dátuma: 2018. 03. 13.)
- CLIM4ENERGY. (s. a.) Elérhető: <http://clim4energy.climate.copernicus.eu/> (A letöltés dátuma: 2018. 03. 19.)
- Clim4Energy vizualizációs programjának indítófelülete. (é. n.) Elérhető: <http://c4e-visu.ipsl.upmc.fr/> (A letöltés dátuma: 2018. 02. 23.)
- Climate-ADAPT. European Climate Adaptation Platform. (2012) Elérhető: <http://climate-adapt.eea.europa.eu/> (A letöltés dátuma: 2018. 02. 23.)
- Conclusion of the European Council (2014) – EUCO 169/14. Elérhető: [www.consilium.europa.eu/uedocs/cms\\_data/docs/pressdata/en/ec/145397.pdf](http://www.consilium.europa.eu/uedocs/cms_data/docs/pressdata/en/ec/145397.pdf) (A letöltés dátuma: 2018. 03. 13.)



- Copernicus Climate Change Service.* (s. a.) Elérhető: <http://climate.copernicus.eu/> (A letöltés dátuma: 2018. 02. 23.)
- Copernicus Services.* (s. a.) Elérhető: <http://copernicus.eu/main/services> (A letöltés dátuma: 2018. 02. 28.)
- Covenant of Mayors.* (s. a.) Elérhető: [www.eumayors.eu/](http://www.eumayors.eu/) (A letöltés dátuma: 2018. 02. 28.)
- ECCE Demonstrator.* (s. a.) Elérhető: <http://ecce.climate.copernicus.eu/demonstrator/> (A letöltés dátuma: 2018. 03. 19.)
- EDG Demonstrator.* (s. a.) Elérhető: <http://edge.climate.copernicus.eu/> (A letöltés dátuma: 2018. 03. 19.)
- European Climatic Energy Mixes.* (s. a.) Elérhető: <http://ecce.climate.copernicus.eu/> (A letöltés dátuma: 2018. 02. 23.)
- Fifth Assessment Report – AR5.* (2014) Elérhető: [www.ipcc.ch/report/ar5/](http://www.ipcc.ch/report/ar5/) (A letöltés dátuma: 2018. 02. 23.)
- PADÁNYI, J. – FÖLDI, L. (2016): Security Research in the Field of Climate Change. In NÁDAI, L. – PADÁNYI, J. eds.: *Critical Infrastructure Protection Research: Results of the First Critical Infrastructure Protection Research Project in Hungary*. Zürich, Springer International Publishing. 79–90. (Topics in Intelligent Engineering and Informatics, 12.) DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-28091-2\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-319-28091-2_7)
- PÁLVÖLGYI T. – CSETE M. (2012): A magyarországi természeti erőforrások állapota és fenntartható hasznosításukat befolyásoló tényezők. *Gazdálkodás*, 56. évf. 1. sz. 26–43.
- SWICCA* (s. a.) Elérhető: <http://swicca.climate.copernicus.eu/> (A letöltés dátuma: 2018. 03. 19.)
- The LIFE. (The Financial Instrument for the Environment). Regulation.* (2018) Elérhető: <http://ec.europa.eu/environment/life/funding/lifeplus.htm> (A letöltés dátuma: 2018. 02. 23.)
- Towards green growth.* (2011) Elérhető: [www.oecd.org/greengrowth/48012345.pdf](http://www.oecd.org/greengrowth/48012345.pdf) (A letöltés dátuma: 2018. 02. 23.)
- UrbanSIS.* (s. a.) Elérhető: <https://climate.copernicus.eu/urbansis-climate-information-european-cities> (A letöltés dátuma: 2018. 03. 19.)
- WISC.* (s. a.) Elérhető: <https://wisc.climate.copernicus.eu/wisc/#/> (A letöltés dátuma: 2018. 03. 19.)
- Zöld könyv a természeti és ember okozta katasztrófák biztosításáról.* (2013) Elérhető: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/ALL/?uri=CELEX:52013DC0213> (A letöltés dátuma: 2018. 03. 22.)

Vákát oldal

## 11. fejezet

### Miért szolgálja Paks II. a fenntarthatóságot és az éghajlatváltozás mérséklését?

*Csurgai József<sup>1</sup>*

#### 11.1. Bevezetés

Magukat „környezetvédő”-nek mondó és „zöld”, netán „szuperzöld” újságírók lelkesen támogatják a megújuló energiás befektetéseket, és örülnek az elért eredményeknek. Büszkén mondják, hogy hány új szél- és napenergia-egység épült ennyi és ennyi megawatt- (MW-) kapacitással, és természetesen egyből nekitámadnak az atomenergiának, rögtön összevetik a kiépült kapacitások árát a nukleáris kapacitások költségeivel. Csak halkán és suttogva kérdezem meg: nekünk, fogyasztóknak tényleg a kapacitás a fontos? A válasz nem, nekünk villamos energiára, köznyelven áramra, effektív villamos teljesítményre (érdekes, szintén megawattban mérik), villamos energiára, vagyis megawattóra (MWh-ra) van szükségünk, mert az működteti a háztartási gépeinket, és azzal világítunk a lakásban, a hivatalban, de az Audi- vagy Suzuki-gyár is villamos energia segítségével termel nem kevés magyar GDP-t.

Lefordítom: az energiatermelő kapacitás hangoztatása az a mézesmadzag, ami nagyon jól hangzik, mivel a laikus közvélemény előtt elfedi annak valódi fizikai tartalmát, valamint nem világít rá a fenntartási, leszerelési és hulladékkezelési problémákra és költségekre.

Azért abban megegyezhetünk, hogy az atomenergia és a megújuló energiaforrások feltétlenül szükségesek a globális klímavédelmi célkitűzések elérése érdekében. Így a szakemberek is egyetértenek abban a nagyon fontos technikai és gazdasági kérdésben, hogy e két energiatermelési mód továbbra is fontos szerepet fog játszani a villamosenergia-termelésben, és jelentősen hozzá fog járulni az európai gazdaság egészségesebbé tételéhez. De ezzel szemben a megújuló energiaforrások támogatóinak döntő része csak egy atommentes világot tud elképzelni a jövőben. Ennek néhány okát könnyen fel tudjuk sorolni:

- A közvélemény könnyű befolyásolhatósága. Az atomenergia békés alkalmazásának szinte összes aspektusa, kezdve a technológia alapjaitól, a nukleáris fűtőanyagciklus zártságától a nukleáris biztonságra vonatkozó rendkívül szigorú követelményekig olyan rálátást igényel, amelyet nagyon nehéz egyszerűen, olvasmányos és egyúttal korrekt módon megfogalmazni. A szél- és napenergia hasznosítása ellenben látványos, az emberek gondolkodásában a környezet védelmével összefüggő képet alkot, és mivel elhallgatják ezek csekély termelékenységét, a létesítés és fenntartás nagy

<sup>1</sup> ORCID: 0000-0003-4770-7997, [jcsurgai@gmail.com](mailto:jcsurgai@gmail.com)

- fajlagos bekerülési költségeit, valamint napszak és időjárásfüggését, az atomenergia ebben a „kommunikációs” versenyben jelentős hátránnyal indul.
- Politikai érdekelttség. Némely politikai vezetők úgy tíz évvel ezelőtt támogatták hazánk energiapolitikájának lényeges elemeit, közöttük a paksi bővítést, azóta viszont a politikai célkitűzéseik között minden az atomenergiára vonatkozó kezdeményezés tagadása szerepel. Szembetűnő, hogy a nyilatkozataikban mekkora súlyt helyeznek az érzelmi aspektusra, érveléseikben gondosan kerülnek a számszerűsített adatok és egyértelműen bizonyítható, netán cáfolható tények közlését, céljuk láthatóan a tömegek befolyásolása és saját politikai tőke kovácsolása.
  - Esetlegesen idegen érdekek képviselője? A paksi tenderben való részvétel, főleg a szekunder körű beszállítás úgy hatvan évre egy eléggé stabil üzlet, mivel például a turbinalapátokat rendszeresen cserélni kell, és még egyéb javítási és karbantartási munkákban a gyártók részére mindig van tervezhető munka és profitlehetőség. Ha valaki ebből kimarad, esetleg sérelmezheti ezt, és korrupcióval gyanúsíthatja a körben maradtakat.
  - A megújuló energiaforrások fejlesztői, gyártói, beszállítói és egyéb üzleti köreinek egyéni érdekei. Ők nagyon is tisztában vannak „gyermekük” betegségeivel és gyenge oldalaival, tisztában vannak az atomenergia fontosságával, de üzleti vagy más egyéni érdekeik miatt ellenzik. Nagyon jól tudják, hogy a villamosenergia-termelés alapját az olcsó atomenergia képezi, és nagyon megsértődnének, sőt kétségbeesnének, ha a saját energiaforrásukkal kellene kiváltani az atomenergiát.

A továbbiakban tekintsük át a megújuló forrásokat, vizsgáljuk meg a paksi bővítésre vonatkozó fontosabb ismereteket!

## 11.2. Néhány szó a „megújuló” energiaforrások hasznosításáról

Amíg Magyarország fenntarthatósági indikátorrendszere a környezeti elemeket tekintve többek között a vizeket illetően a vízhasználat intenzitását és a nagyobb folyók biológiai vízigényét, valamint a szennyvízkezelést értékelő indikátorokat tartalmazza, az energia-termelés és felhasználás területén lényeges fenntarthatósági indikátor az energiainport-függőség. (BEREK 2016)

2015-ben a Magyar Villamosenergia-ipari Átviteli Rendszerirányító Zártkörűen Működő Részvénytársaság (MAVIR) adatai alapján történelmi rekordot döntött a hazai fogyasztásban a villamosenergia-import, valamint a Paksi Atomerőmű termelésének a részaránya is. Éves szinten a villamosenergia-fogyasztás 43,75 TWh értékéből a hazai termelés 30,06 TWh-t (ebből a paksi termelés 15,83 TWh-t, ami a hazai termelés 52,7%-a), az import-villamosenergia pedig 13,69 TWh-t képviselt. Mindez pedig azt jelenti, hogy a bruttó villamosenergia-fogyasztás 31,29%-a importból, 36,2%-a pedig nukleáris energiából származott. Fontos azt is kiemelni, hogy a bruttó villamosenergia-fogyasztás közel 2,7%-kal növekedett az előző, 2014. évi értékhez képest. (MAVIR 2015)

A hazai megújuló energiaforrások pedig összességében 2,44 TWh villamos energiát termeltek, amely a bruttó villamosenergia-fogyasztás 43,75 TWh értékéhez viszonyítva 5,58%-os részarányt képvisel. Az egyes megújulókat termelését megvizsgálva megállapítható,

hogy 54%-os aránnyal a legtöbbet még mindig a biomassza biztosította. A szélenergia 27%-ot, a napenergia pedig csak 0,4%-ot biztosított a megújulók által megtermelt 2,44 TWh villamos energiából.

2016-ban a hazai áramtermelők összesen 71,1%-át termelték meg az ország villamosenergia-felhasználásának, ami 31,309 TWh értéket jelent az éves fogyasztás 44,035 TWh mennyiségéből. Ebből Paks 15,967 TWh-t, vagyis a termelés 51%-át biztosította, a teljes fogyasztás 36,3%-át.

A MAVIR adatai szerint a 2016-os évben a teljes bruttó villamosenergia-felhasználás 7,1%-a származott hazai megújuló forrásból, ami jelentős növekedést jelentett a 2015-ös évhez viszonyítva. Megoszlása a következőképp alakult: biogáz: 0,47% (6,6%), biomassza: 3,51% (49,6%), hulladék: 0,89% (12,6%), nap: 0,13% (1,8%), víz: 0,57% (8,1%), szél: 1,51% (21,3%). A zárójelbe tett értékek az adott forrásnak az összes megújulóhoz viszonyított részarányát jelölik. A szélerőművek éves átlagos kihasználtsága 23,1%, míg a fotoelektromosoké 13,9% volt.

Mivel az atomenergiát ellenzők általában Németországgal példálózhatnak (mellesleg a német egy főre eső GDP négyszerese a magyarnak) – ahol évi 23 milliárd euróval támogatják a zöldáramtermelést –, tekintsük meg, hogyan alakul a különféle áramtermelési technológiákkal megtermelt villamos energia költsége a híres német kutatóintézet, a Fraunhofer Institut 2013. évi adatai alapján, középértéken. (FRAUNHOFER 2015)

A fosszilis energiák közül legolcsóbb a barnaszénbázisú áramtermelés (46 euró/MWh), ezt követi a kőszén (71 euró/MWh) és a földgáz (86 euró/MWh). A megújulók közül a szárazföldi szél 76 euró/MWh, a tengeri szél 157 euró/MWh, a biomassza 175 euró/MWh, a kis szoláris fotovoltaiikus 120 euró/MWh, a nagy fotovoltaiikus 98 euró/MWh. A Paksi Atomerőmű 42 euró/MWh költséggel termel, míg a tervezett Paks II. a számítások szerint 53 euró/MWh-val fog termelni. Láthatjuk a német adatok között, hogy a legolcsóbb a szén- és az atombázison termelt áram, míg a szél és a nap termelte áram kétszer-háromszor magasabb költségű, és a biomassza akár négyszer drágább is lehet. Tapasztalat, hogy a már amortizálódott atomerőművek rendkívül olcsón termelnek. Ennek a magyarázata az, hogy a létesítéssel járó költségeket már visszafizették, és csak a fenntartás, az üzemeltetés, valamint a nukleáris alapba történő befizetés jelenti a kiadásokat. Ez az atomerőművek „aranykora”.

Még szélsőséesebb lesz a helyzet, ha az áramtermelő technológiák életciklusra vetített költségeit vetjük össze. Az OECD Nemzetközi Energiaügynökség (International Energy Agency – IEA) *WEO–2014* című tanulmánya szerint életciklusra vetítve, az összes költséget figyelembe véve, a nukleáris eredetű áram a legolcsóbb, a nem vízerőművi megújulók (szél, nap, geotermikus, biomassza) a legdrágábbak. További negatív tényező a nem víz megújulók versenyképességében ezeknek a technológiáknak relatíve rövid, 20 év körüli élettartama. Ezzel szemben áll az új atomerőművek 60 éves élettartama. Az atomerőmű működési ideje alatt tehát háromszor meg kell ismételni a megújulás beruházást, ami jelentős költségnövekedést okoz. (IEA 2014)

A WEO–2014 tanulmány szerint a nem vízerőművi megújulók életciklusra vetítve 200, az atomerőmű 50 USD/MWh költséggel termel, azaz az atom négyszer olcsóbb, míg a gáz-, szén- és vízenergia-bázisú termelés költsége 150 és 80 USD/MWh között van. Jelenleg 58 blokk van létesítés alatt, ebből 47 az építés különböző fázisában, míg a fennmaradó 11 blokk az engedélyezés és a létesítményi, valamint a felvonulási terület előkészítése alatt.

Vagyis hiába fúj ingyen a szél, süt ingyen a nap, a szél- és a napenergia nem olcsó technológia. Különösen most, a nagyon olcsó fosszilis energiák idején nagyon távol áll attól, hogy versenyképes legyen. A Mátrai Erőmű is csak azért termel napenergiás áramot, mert azt messze a piaci szint feletti, államilag támogatott áron veszik át. Ezért írja a WEO-tanulmány, hogy még 2040-ben is horribilis, 200 milliárd euró fölötti támogatást fog igényelni a megújuló bázisú áramtermelés. Még nagyon hosszú ideig együtt kell élnie a fosszilis és az atomenergiának a megújuló energiákkal. A megújulóakra fordított támogatások nagyobb részét célszerű lenne energiahatékonyságra fordítani, mert annak sokkal nagyobb lenne az éghajlatváltozást csökkentő hatása. Igaz, az éghajlatváltozás mostanra már bizonyított tény, (PADÁNYI–FÖLDI 2016) de még így sem lesz annyi napsütéses óránk, mint Tunéziának, és – magunk között szólva – szerencsére úgy sem fog fújni a szél, mint Dániában, az Északi-tenger partján. Tehát valószínűleg a zöldenergia Magyarország számára nem lesz kiút az energiaéhségből.

Persze szót kell ejteni a vízennergiáról is, ha már a „megújuló” forrásokról beszélünk. Magyarország sajátságos helyzetben van ezzel kapcsolatban is. A Duna esése Városszabadi (vízszint: 112 m) és Hóduna (vízszint: 82 m) között 30 m, a Tisza esése Tiszabezdéd (vízszint: 100 m) és Szeged (vízszint: 76 m) között 24 m. Vagyis egy egész országon keresztül folyás csak olyan relatív szintkülönbséget eredményez, amire az osztrákok nem is építenek völgyzáró gátat, vízerőművel, az Alpokban. Valójában ez meg is látszik a vízerőműveink nagyon kis energiatermelő részarányában. Talán inkább az országos ivóvízkészleteinkre kellene vigyáznunk, mert bár jelenleg látszólag bőséges a vízkészletünk, valójában azért van miért aggódnunk. (PADÁNYI 2015) A fenti tények ismeretében az ipari volumenű villamosenergia-termelés szempontjából a vízenenergia mint alternatíva számunkra teljes mértékben hiányzik. Ezt tényként kell elfogadnunk akkor is, ha a meglévő csekély vízenenergia-kapacitásunkat lokális jelentősége miatt továbbra is fenn kell tartanunk, sőt műszaki hátterét folyamatosan fejlesztenünk kell.

### 11.3. Az atomerőművek és generációik

A láncreakció során felszabadult energiát az atomerőművekben hasznosítják, amelyek villamosenergia-termelés céljából épült hőerőműként funkcionálnak. Az első teljesítményreaktor indítása óta hatalmas változáson ment keresztül a nukleáris ipar, és ez csak folytatódik. A legfrissebb információk szerint a világban 448 energetikai atomerőmű működik 31 ország területén, és további 58 blokk épül. (IAEA 2013, 2014)

Az atomerőmű-típusok modernizációját négy szakaszra, azaz generációra bontva lehet ismertetni. A generációk átmeneteket képeznek a biztonságvédelemi intézkedések és a gazdaságossági tényezők szempontjából.

Az első generációs erőművek kis teljesítményű prototípus-reaktorok segítségével kezdtek el működni az 1950-es és 60-as években, és békés céllal épültek. Ezek jó része már leszerelt vagy üzemeltetésének utolsó éveiben jár.

A második generáció alkotja a ma üzemelő erőművek uralkodó hányadát, köztük szerepelnek a jelenlegi paksi reaktorblokkok is. Magasabb szintű biztonságtechnikai eszközök beépítésével, mint a reaktortartály köré emelt védőépület (konténment), sikerült biztosítani, hogy ne, vagy legalábbis minimális mennyiségű radioaktív anyag kerülhessen

a levegőbe egy súlyos reaktorbaleset esetén. (KIRÁLY–RADNÓTI 2016a) Az üzemidejük 30 év, ami a Paksi Atomerőmű esetében már lejárt, de az üzemidő-hosszabbítási projekt (ÜHP) sikerének hála, még 20 évig biztosítja az ország villamosenergia-termelésének döntő hányadát. (*Üzemidő Hosszabbítási Projekt...* 2013)

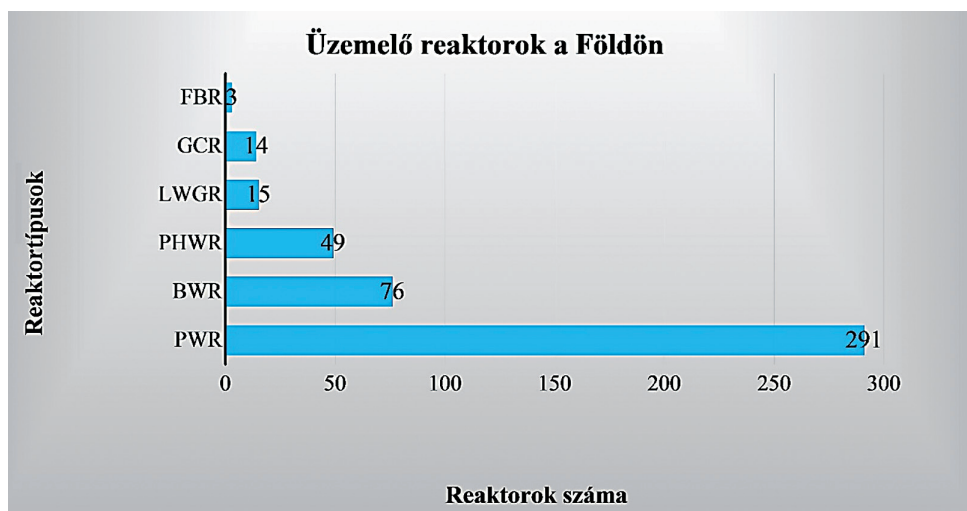
A csernobili, illetve a Three Mile Island-i reaktorbaleseteket követően további biztonságnövelő átalakításokat végeztek a kutatók. Ennek következtében alakították ki a fejlett atomerőműveket, amelyek már a harmadik generációba tartoznak. Alapvető tulajdonságaikban hasonlítanak az előző generációkhoz, azonban az üzemidejük duplájára nőtt az előző generációéhoz képest, az azonos teljesítményű blokkok létesítményi területe viszont felére-harmadára csökkent. További jelentős változás a széles körű automatizálás, passzív védelmi rendszerek alkalmazása az inherens biztonság növelése érdekében. Ilyen típusok építési munkálatai folynak Finnországban, Iránban, Oroszországban, Törökországban, Franciaországban, Indiában és Kínában, továbbá a tervezett paksi blokkok is idetartoznak. (KIRÁLY–RADNÓTI 2016a)

A ma is fejlesztés alatt álló reaktortípusok a negyedik generáció tagjai. Az újonnan tervezett, illetve megépített létesítmények tapasztalataiból jutnak friss információkhoz a fejlesztők, s ezek felhasználásával igyekeznek a jövő nukleáris energiatermelését továbbfejleszteni. Ilyenek például a termikus reaktorok csoportjából a forralóvízes (Boiling Water Reactor – BWR) és a nyomottvízes (Pressurized Water Reactor – PWR) reaktorok. De ezeken kívül még új típusú üzemanyagciklussal rendelkező reaktorok kifejlesztését is kezdeményezte a Generation-IV International Forum (GIF). Annak érdekében, hogy ezt megvalósítsák, a szakértők a szuperkritikus víz reaktor (Supercritical Water Reactor – SCWR) kutatásai során a következőkre lettek figyelmesek: jobb átalakítási hatások érhető el vele és a radioaktív hulladékok újrahasznosítását, tenyésztését teszi lehetővé. A villamos energia előállítása mellett még további cél a melléktermékként keletkező hidrogén hasznosítása is, ami az igen magas hőmérsékletű reaktorban (Very High Temperature reactor – VHTR) 1000 °C-on valósulna meg. (KIRÁLY–RADNÓTI 2016a)

Léteznek olyan fejlesztés alatt álló reaktorok, amelyek aktív zónájában nem alkalmaznak moderátort, azaz a láncreakciót éltető neutront lassító közeget, ezek a gyorsreaktorok. Ezekben több gyorsneutron keletkezik, mint a termikus reaktortípusokban. E nagy sebességű részecskék feladata nemcsak a 235-ös uránmag hasítása, hanem a 238U atomban történő abszorpció általi plutónium képződése. A funkciók ellátására a nátrium, ólom és hélium hűtőközeget találták megfelelőnek, amelyek nem lassítják a gyors neutronrészecskéket, mégis magas hőátvitelt biztosítanak. Így ezek alapján a gyorsreaktorok közül a nátriumhűtésű (Sodium-cooled fast reactor – SFR), az ólomhűtésű (Lead-cooled Fast Reactor – LFR), valamint a gázhűtésű reaktorok (Gas-cooled Fast Reactor – GFR) szerepelnek ebben a generációban. Eme típusok biztonságára vonatkozó elemzések akkor végezhetők el, ha a konstrukciójuk véglegesen elkészült. (KIRÁLY–RADNÓTI 2016b)

A Nemzetközi Atomenergia Ügynökség (NAÜ; International Atomic Energy Agency – IAEA) adatai szerint a legelterjedtebb reaktortípus a Földön a nyomottvízes reaktor. (IAEA 2014) Ezek közé tartozik a jelenleg működő négy paksi reaktorblokk is. A reaktorok számát és az üzemelő reaktorok típusát egy alábbi összesítő diagramon láthatjuk:





11.1. ábra

*Az üzemelő reaktortípusok száma*

*Forrás: a szerző szerkesztése az IAEA 2014 alapján*

A PWR-reaktor orosz megfelelője „vodo-vodjanoj energeticeszkij reaktor” (VVER), ezt lefordítva víz-vizes (víz hűtőközegű + víz moderátorú) energetikai reaktort jelent, s innen ered a VVER-rövidítés. A 80-as évek közepén működésbe helyezett Paksi Atomerőmű technológiai hasonlósága miatt nem kellett sokat gondolkozni a tervezett blokkok típusának kiválasztásán.

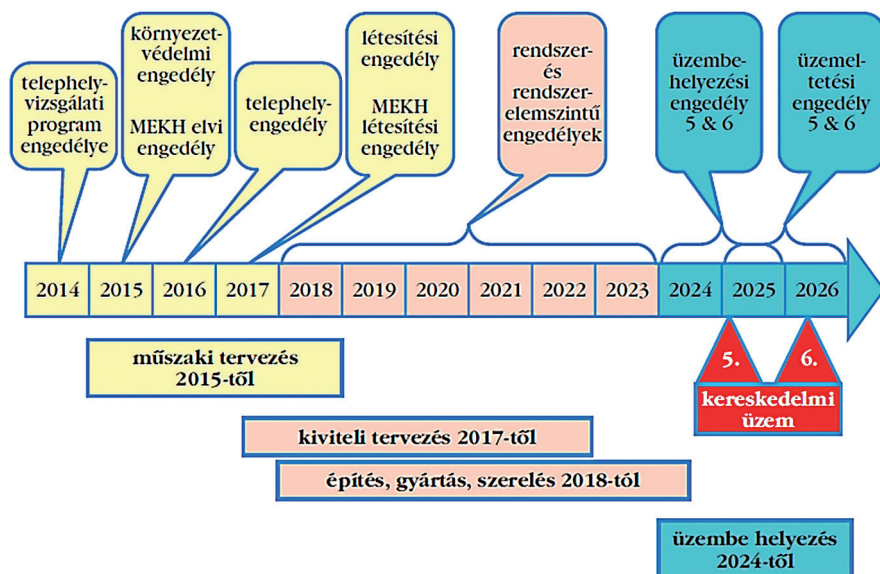
## 11.4. Röviden a tervezett reaktortípusról

### 11.4.1. A reaktorok általános leírása

Hazánk legnagyobb kapacitású villamosenergia-termelő erőművét a jelenlegi tervek szerint a 2030-as évek végéig leállítják. A hiányzó energia előállítását a 2011-ben elfogadott, majd 2015-ben frissített *Nemzeti Energiastratégia* ütemterve szerint valósul meg. (ASZÓDI 2015)

Az új blokkoknak kijelölt terület közvetlenül az üzemelő paksi erőmű mellett foglal majd helyet. A 106 hektáros területbe beletartozik a jelenlegi üzem területe, illetve a felvonulási zóna. (ROMENDA et al. 2012)

A két, összesen bruttó 2400 MW villamos teljesítményű, orosz tervezésű VVER-1200/V491 reaktor üzemideje minimum 60 évre garantált. Az előkészítés szakasza 5–6 évet vett igénybe, a kivitelezési munkálatok 2019-ben kezdődtek el, amiknek a befejezéséhez 60 hónapra lesz szükség. A környezetvédelmi, a telephely, illetve a létesítési engedélyek megszerzése 2015 óta folyamatban van. Az ütemterv pontos menete a következő ábrán látható. (ROMENDA et al. 2012)



11.2. ábra

*Az új blokkok létesítésének ütemterve*

*Forrás: ASZÓDI-BOROS 2015*

#### 11.4.2. A VVER-1200/V491 reaktortípus rövid bemutatása

A VVER-440-es teljesítményreaktor továbbfejlesztett változata a VVER-1000-es, majd a szigorodó nemzetközi elvárásoknak való megfelelés miatt alakították ki a VVER-1200-es reaktortípust. A PWR-technológia alapfelépítése már ismert, itt csak azok a paraméterek és tulajdonságok vannak felsorolva, amiben különbséget mutat a Pakson üzemelőkéttől. A négyhurkos felépítésű primer körben 162 bar nyomáson kering a hűtővíz, ami 298,2 °C-ról 328,9 °C-ra melegszik fel. A szekunder körben a nyomás 68 bar. (ASZÓDI-BOROS 2015) A nagyobb nyomás biztosítása magasabb hőmérsékletű folyadék megtartását eredményezi a reaktorban, ezzel a jobb hatásfok elérését lehetővé téve.

Az új típus aktív zónája 163 üzemanyag-kazettát, egy kazetta pedig 312 darab fűtőelemet tartalmaz. Ezek mellett még helyet kap 18 db szabályozórúd. Az  $\text{UO}_2$  üzemanyag maximális dúsítása 4,79%, ami azért fontos, mert így további teljesítmény- és kampányhossz-növelés hozható létre. Már a 18 hónapos üzemanyagciklus is megvalósítható, de ezek a fűtőelemek még tesztelési fázisban vannak.

Itt is, mint a jelenlegi blokkoknál, gadolíniumtartalmú üzemanyag-tablettát alkalmaznak. A gadolínium izotóp formájában fordul elő a tablettában, ami lényegében képes a reaktorindításkor keletkező reaktivitástartalék lekötésére. A további újítás a fűtőelemek burkolatát érinti. A rendkívüli korrózióállóság érdekében 1% nióbiumot tartalmazó cir-

kóniumötvözetet alkalmaznak. Ezenkívül a kazetták szétszerelhetőségét biztosító berendezések beépítésére is sor kerül, ami azért fontos, mert így azok a fűtőelemek, amelyek kiégnek, könnyen eltávolíthatók lesznek. Természetesen az atomreaktorok fejlődésével lépést tartanak más kulcsfontosságú komponensek is, mint a fűtőelemek fejlesztése. Az új erőmű üzembe helyezésekor ezeknek a fűtőelemeknek a 18 hónapos kampányt kibíró változata fogja a villamos energiát termelni.

## **11.5. A két reaktortípus biztonságtechnikai rendszerének összehasonlítása**

### **11.5.1. Mélységi védelem**

A jelenleg működő atomerőművek többszörös védelmi rendszerrel rendelkeznek azért, hogy a felhalmozódott hibák ne okozzanak súlyos baleseteket. A többszörös beavatkozási lehetőségeket az alábbiakban felsorolt alapvető nukleáris biztonságvédelmi feltételek betartása érdekében hozták létre:

- a nukleáris láncreakció megfelelő szabályozása, veszély esetén gyors leállítása;
- a reaktortartály folyamatos hűtésének biztosítása, a maradványhő elvezetése;
- súlyos baleset esetén a radioaktívanyag-kibocsátás határérték alatt tartása.

Ezen pontok megfelelésére az atomerőművek nukleáris biztonságát képező mélységében tagolt védelem öt mérnöki gátjának kialakításával valósították meg a biztonságos működést, amelyek a reaktorból kifelé haladva a következők:

- az üzemanyag-tabletta;
- az üzemanyag burkolata (fűtőelem);
- fűtőelemköteg (kazetta);
- a primer kör;
- a konténment belső és küldő fala.

Az első védelmi gát megfékezi a gáz halmazállapotú hasadási termékek nagy részének a kijutását az üzemanyagmátrixból. Erre csak a masszív kerámiából készült tabletták képesek. De még így is a hasadási gázok (I, Xe, Kr) 1-2%-a kidiffundálhat a tablettákból, ennek megfelelően kellett egy újabb mérnöki gátat kialakítani. Az üzemanyagpálcák védőtokba helyezésével, majd hermetikus lezárásával sikerült a fennmaradó diffundáló termékek fel fogása. Üzemzavarok esetén ezen kétszintű védelem fenntartása a legfontosabb.

A következő gát magát a reaktortartályt és a hozzá kapcsolódó hűtőkört, összefoglalva a primer kört jelenti. Az ide beszerelt rozsdamentes acélból készült berendezések, csővezetékek túlnyomás és magas hőmérséklet elviselésére vannak tervezve. Ha innen csőtörés útján radioaktív anyag szivárgása történik, nem kap a személyzet és a lakosság többlet-sugárterhelést, mivel a teljes hűtőkörhálózatot egy vasbeton szerkezettel fedik le. Ez a magas hőmérsékletre és nyomásra méretezett betonfal a konténment, amely már a 4. és az 5. gátat foglalja magába. A radioaktív anyag kibocsátásának megakadályozását a belső szénacél burkolatú fal biztosítja, amely a negyedik gátat jelenti, az ötödiket pedig a konténment

külső vasbetonból készült szerkezete, amely a környezeti katasztrófák ellen is védelmi feladatot lát el.

Ezek a gátak a lehetőségekhez mérten nincsenek összefüggésben, ezáltal nem adódik az egyik meghibásodása az előtte vagy utána következő gátéból. Minél több az akadály és a védelmi mechanizmus, annál kisebb a valószínűsége a baleseteknek vagy a meghibásodásoknak. Az újabb, már a tervezésbe beágyazott biztonságvédelmi rendszerekkel még az apróbb szerencsétlenségek is elkerülhetők.

### **11.5.2. A Paksi Atomerőmű célzott biztonsági felülvizsgálata**

Az 2011. március 11-én történt földrengés, majd az azt követő szökőár következtében a Fukushima I. atomerőmű 1–4. reaktorai zónaolvadást szenvedtek, véglegesen leállították őket, és számottevő radioaktív sugárzás került a légkörbe. Ez a baleset az egész világot le-sújtotta, sőt az atomerőművek biztonságába vetett hitet is megtörte. Így az európai intézkedéseknek megfelelően az Országos Atomenergia Hivatal (OAH) előírta a Paksi Atomerőmű Zrt. részére a célzott biztonsági felülvizsgálat (CBF) végrehajtását. A felülvizsgálat alapján megállapítható, hogy a Paksi Atomerőműben működő baleset-elhárítási szervezet alkalmas a tervezési alapon szereplő balesetek kezelésére. Azonban azt is igazolta, hogy a tervezési alapon túli veszélyhelyzetek elhárítására kiegészítő intézkedésekre van szükség, amelyek a következő év folyamán fogantatásra kerültek. (EILER et al. 2011)

### **11.5.3. A működő blokkok nukleáris biztonsági rendszere**

Az aktuális rendszer tartalmazza a normálállapot stabilitásáért és az üzemzavar esetére használt biztonságért felelős berendezéseket, az alábbiakban ezen berendezések, valamint a működési elvük látható.

A szigorú biztonsági követelményeknek való megfelelés végett két különböző típusú biztonsági rendszert építettek be a technológiába:

- aktív rendszert;
- passzív rendszert.

Normálüzem működése mellett nem szükségesek, csak készenlétben állnak, hogy az adott helyzet esetén beavatkozzanak. Az aktív elvű biztonsági rendszerek elektromos árammal működő rendszerek, míg a passzív rendszerek funkciójának betöltését fizikai folyamatok teljesítik.

Az aktív rendszerek zöme közegek áramoltatását végzi, ezért csőhálózatból, hőcserélőkből, tartályokból, szivattyúkból és kompresszorokból épülnek fel. A nagy megbízhatóság érdekében az aktív rendszer háromszoros redundanciával épült ki a jelenlegi blokkokban. Így karbantartás közben is üzemelhet az erőmű teljes kapacitáson.

Az erőmű alapvető biztonsági rendszerei a zónaüzemzavari hűtőrendszerek (ZÜHR). Ezek a rendszerek biztosítják, hogy az aktív zóna ne sérüljön meg egy esetleges hűtőközeg-vesztéssel járó üzemzavar esetén.

A fővízkör csövének törésekor először a nagy nyomású aktív rendszerek lépnek működésbe, amelyek a  $40 \text{ g/dm}^3$  koncentrációjú bóros víz beadagolását végzik a reaktorba. A kis nyomású aktív elven működő rendszerek csak akkor lépnek életbe, ha a hűtőközegvesztés hatására a nyomás lecsökken. Ilyen esetben a szivattyúk  $7,2 \text{ bar}$  nyomással juttatják a reaktortartályba a szükséges mennyiségű  $13,5 \text{ g/dm}^3$  koncentrációjú bórsavoldatot. Arra az esetre, ha az összes ZÜHR-tartály kiürülne, a nagy és kis nyomású rendszer automatikusan átvált recirkulációs üzemmódba, ami azt jelenti, hogy a kiszivárgott közeget a konténment padlójába épített zsompokon keresztül visszakeringetik a hűtőrendszerekbe.

Itt a passzív rendszer négy különálló csővezetékre csatlakoztatott, bórsavoldatot tartalmazó hidroakkumulátorból épül fel. Feladatuk, hogy az aktív zóna hűtővízellátását biztosítsák addig, amíg a ZÜHR aktív rendszerek működésbe lépnek.

A reaktorból történő hőelvonást, illetve a pihentető medencék hűtését szolgáltató rendszerek legfőképpen a maradványhő eltávolítását szolgálják:

- a biztonsági hűtővízrendszer;
- a sótalanvíz-rendszer;
- az üzemzavari tápvízrendszer;
- a kiegészítő üzemzavari tápvízrendszer;
- és a pihentető medence hűtővízrendszer.

A biztonsági hűtővízrendszer látja el a dízelgenerátorok, kondenzátorok és szivattyúk lehűtő rendszerét elegendő hűtővízzel, amit a Duna vizének mechanikus tisztításával együtt biztosít. Az aktív zóna üzemzavari hűtőrendszerben is számos berendezéshez eljuttatja a hűtővizet, mint a zsomphűtőkhöz, szivattyúmotorokhoz, közbenső hűtőkörhöz. Annak érdekében, hogy minden esetben eljusson a megfelelő helyre a hűtővíz, háromszoros redundanciát építettek ki a rendszerben.

A sótalanvíz-rendszer ikerblokkként három földrengést kibíró tartályt foglal magába, amelyekben minimum  $500 \text{ m}^3$  sótalanvíz-mennyiséget kell biztosítani. Ha egy földrengés során megszűnik az üzemi hálózat villamosenergia-ellátása, akkor ez a rendszer tudja a szekunder oldali hűtést végrehajtani. A rendszer egyszeres meghibásodás ellen védett, ami azt jelenti, hogy képes ellátni feladatát, ha egyik ága megrongálódik.

Az üzemzavari tápvízrendszer biztosítja a gőzfejlesztők vízellátását arra az esetre, ha a blokk leáll vagy újraindul. A maradványhő eltávolítására blokkként két táptartályt építettek, s innen két szivattyú szállítja a szükséges mennyiségű vizet a gőzfejlesztőbe. Ez a rendszer is földrengésálló.

A kiegészítő üzemzavari tápvízrendszer az üzemi, valamint az üzemzavari tápvízrendszer meghibásodásakor látja el a gőzfejlesztőket hűtővízzel a sótalanvíz-tartályokból. A normálüzemi tápvízrendszerétől független betápláló útvonalon segít a maradványhő eltávolításában. Földrengésálló a sótalanvíz-tartályok és a rendszert összekötő vezetékek is.

A kiégett fűtőelem-kazettákból áradó hő elvezetését a pihentető medence hűtését biztosító hűtőrendszer szolgáltatja. A feladatot kétszeres redundanciával tervezett hűtőkör végzi, amelyben egy-egy hőcserélő és szivattyú segíti a folyamatos hűtést. A hőcserélők szekunder oldala a biztonsági hűtővíz segítségével hűti a medencéből kivett vizet. Csak üzemzavar esetén működtetik a rendszer mindkét ágát, amíg a normálüzem biztosított, addig az egyik ág tartalék. Az üzem leállásakor a pihentető medence hűtése akár a primer vagy szekunder körön keresztül is megvalósítható.

A célzott biztonsági felülvizsgálat alapján kiderült, hogy a hűtőrendszerek a hazai nukleáris biztonsági szabályzatok követelményeinek megfelelnek, a célnak megfelelő védeettséggel rendelkeznek.

A primer kör védetségét a konténment biztosítja. A maximális tervezési üzemzavar esetén fellépő nyomás szerint tervezték, s megépítése óta rendszeresen ellenőrzik nyomástartását. Szívó, illetve nyomó szellőzőrendszerek az elvárt nyomásviszonyokat, a normál-üzem során a hermetikus tér hűtését pedig recirkulációs hűtőrendszerek szabályozzák.

Ha csőtörés történik a primer körben, akkor a keletkező radioaktív gőzök a konténment légmentesen zárt terébe kerülve megnövelik a benne lévő nyomást. A nyomás csökkentésére alakították ki a lokalizációs rendszert, amely a hermetikus térben elhelyezett nyomás- vagy hőmérsékletviszonyokat befolyásoló rendszerekből és berendezésekből épül fel. Ilyen:

- a lokalizációs torony;
- a sprinkler rendszer;
- a buborékoltató kondenzátorok;
- a hermetikus tér elkülönítő rendszere;
- az autokatalitikus rekombinátorok.

A lokalizációs torony a konténment passzív nyomáscsökkentő rendszerét foglalja magába. Az alábbi ábrán látható a hermetikus térben kiépített átömlő folyosó, amelyen keresztül a radioaktív közeget vezetik a lokalizációs torony felé. A toronyban légcspadák és buborékoltató kondenzátorok találhatók, amelyek feladata a gőz kondenzálása.

A buborékoltató kondenzátor függőlegesen elhelyezett 12 darab tálcáján átvezetik a radioaktív gőzöket, amelyek a bórsavoldattal töltött tálcákban lecsapódnak. A gőzkondenzáció után a felszabaduló levegőt visszacsapó szelepeken keresztül továbbítják a légcspadák felé, ahonnan a visszaáramlás nem lehetséges. Ezek segítségével valósítható meg a nyomás kiegyenlítése a konténmentben.

A sprinkler rendszer is az előző célt szolgálja, csak ezt úgy valósítja meg, hogy a hermetikus térbe hideg vizet permetez. A ZÜHR bórsavoldatot tartalmazó táptartályából nyerik ki a szükséges vizet, amelyet a sprinkler szivattyúkon keresztül juttatnak a permetező fejekbe. Ezzel a módszerrel a gáz halmazállapotú jód megkötése is elvégezhető úgy, hogy a hűtőközeghez lúgot kevernek. A bepermetezéssel és buborékoltatással járó megoldás is depressziót alakít ki a konténmentben, ezzel megakadályozva a szivárgást a környezetbe.

A hermetikusság biztosításának érdekében a falon áthaladó csővezetékeket lezáró armatúrákat építettek be a külső és belső falra egyaránt. Ezek képesek szivárgással járó üzemzavarok esetén a radioaktív anyagok elszigetelésére a környezettől. Ennek a biztonságvédelmi lehetőségnek a neve a hermetikus tér elkülönítő rendszere.

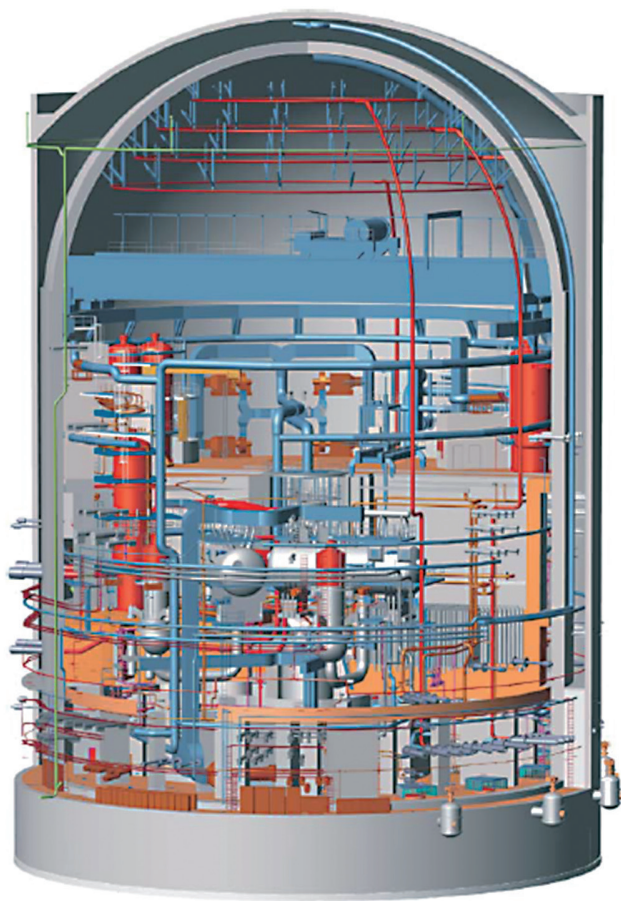
Üzemzavarok során fejlődhet hidrogén, amelynek eltávolítására fejlesztették ki az autokatalitikus rekombinátorokat. Ezek segédenergia nélkül működnek, így ha a térben a hidrogén mennyisége a megengedett koncentráció fölé emelkedik, automatikusan elindulnak. A készülékben a radioaktív gázok a levegő oxigénjével találkoznak, majd vízzé egyesülnek. Ha a hidrogénkoncentráció a kívánt értéket elérte, a hidrogénkezelő rendszer leáll.

Az itt felsorolt, illetve ismertetett biztonsági rendszerek a VVER-1200-as technológiában már alappillérként szerepelnek. Az alábbiakban csak a biztonságvédelmi rendszer olyan elemei szerepelnek, amelyeket az említetteken kívül fognak beszerezni.



#### 11.5.4. A VVER-1200/V491 reaktortípus biztonsági rendszere

A biztonsági követelmények szigorítása miatt a *Nukleáris Biztonsági Szabályzat* (NBSZ) nagyobb határértékek betartását követeli az új építésű atomerőművektől. Így a legsúlyosabb zónasérüléshez vezető események (a 850 mm átmérőjű csővezeték törésével és teljes feszültségkieséssel járó zónaolvadási balesetek) most már egy nagyságrenddel kisebb gyakorisággal fordulhatnak elő, ami  $10^{-5}$ /évet jelent. Egy további követelmény szerint a radioaktív kibocsátás várható gyakorisága  $10^{-6}$ /év lehet. Ezek figyelembevételével fejlesztették ki a V491-es altípus biztonsági rendszereit, amit a konténment megerősítésével, az aktív és passzív rendszerek technikai finomításával hajtottak végre. Ennél fogva az új reaktorblokkok terveit alaposan kidolgozva lehetővé válik a tervezési alapon, valamint az alapon túli várható balesetek elleni védekezés.



11.3. ábra

*A konténment metszete*

*Forrás: ASZÓDI–BOROS 2015*

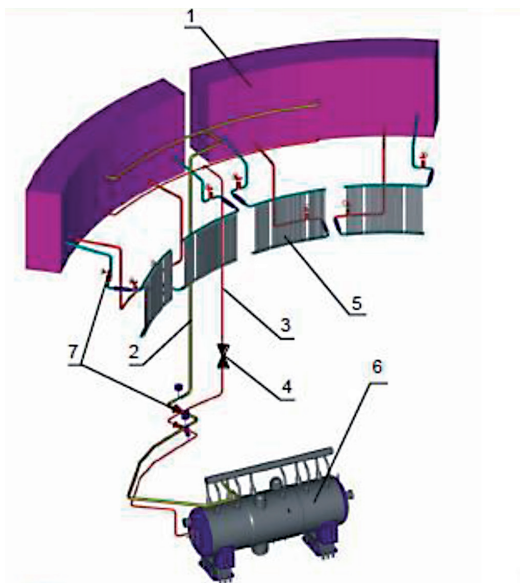


A tervezett konténment a teljes primer kört és a vészhűtőrendszert lefedő, kettős falú, hengeres alapterületű védőépület, amelynek falvastagsága 2,4 m, külső átmérője 50 m. A beton-szerkezetet előfeszítésnek teszik ki, majd belülről 6 mm vastag hegesztett acélburkolattal fedik be, amelynek az a feladata, hogy megakadályozza a radioaktív anyagok kiszivárgását. (HÓZER–PÁZMÁNDI 2014) A belső fal vastagsága 1,2 m.

A 11.3. ábra a konténmentet ábrázolja. A környezeti hatásoktól vagy az emberi tevékenységekből fakadó külső veszélyektől védelmez a konténment külső része. A két fal közötti légterben folyamatos elszívást végeznek speciális szűrők segítségével. A falakon keresztülmenő vezetékeket beágyazzák a védőépület falába, a belső fal belső oldalán pedig odahegesztik a fal acélburkolatához. Továbbá a falon átmenő összes csővezetékre szelep van felszerelve.

Az aktív rendszereket az üzemzavarok elhárítása érdekében négyszeres redundanciával építették ki. Ebben a technológiában megjelenik a vészbőrizó rendszer, amely üzemelése során 40 g/kg bórsav-koncentrációjú hűtővizet adagol a fő keringető csővezetékbe és a térfogat-kiegyenlítőbe azért, hogy a primer körí nyomás lecsökkenjen a megfelelő értékre. Emellett arra az esetre, ha a reaktor leállítását általános irányítórendszerek által nem sikerülne végrehajtani, biztosítja a láncreakció gyors leállítását. Az aktív biztonsági rendszereket négy egymástól független dízelgenerátor látja el elektromos árammal blokkonként.

A passzív biztonsági rendszerek jelenléte sokat javított az atomerőművek megbízhatóságán. Ezek segítségével üzemzavar esetén 72 órán át elvégezhető a primerkör és a reaktor hűtése anélkül, hogy operátori beavatkozás történne, továbbá ez idő alatt elvégezhetők a karbantartási feladatok.



11.4. ábra

*A maradványhő-elvezető rendszerek sematikus ábrája*

*Forrás: ASZÓDI–BOROS 2015*

A maradványhő passzív módon történő elvezetésére alakították ki a 11.4. ábrán látható rendszert, amelynek részei a számoknak megfelelően vannak feltüntetve: 1 – passzív üzembiztosító hűtőrendszer-tartályok; 2 – csővezeték; 3 – kondenzátum-csővezeték; 4 – a gőzfejlesztő passzív maradványhő-eltávolító rendszerének szelepei; 5 – a konténment passzív maradványhő-eltávolító rendszerének hőcserélője; 6 – gőzfejlesztő; 7 – izoláló szelepek.

Ez a kettős funkciót ellátó rendszer csak súlyos balesetek bekövetkezése esetén kapcsol be. Feladata a gőzfejlesztőből és a konténmentből való hőelvétel, amit mindkettőnél négy párhuzamos ágon futó természetes cirkulációval valósít meg. (HÓZER–PÁZMÁNDI 2014) A gőzfejlesztők víztere csővezetéken csatlakozik a védőépületen kívül, a gőzfejlesztőknél magasabban elhelyezett hűtőrendszeri tartályokhoz. A konténmentben elhelyezett hőcserélők ugyancsak ezekhez a tartályokhoz csatlakoznak. Ezáltal nem a konténmenten belül történik meg a hőelvezetés, ami akkor veszélyes, ha a külső tartályok megrongálódnak.

Ez a reaktortípus már rendelkezik olyan védelmi mechanizmusokkal, amelyek az eddig bemutatott üzembiztosító rendszerek nem megfelelő működését követően lépnek életbe. Ha nem sikerülne lehűteni a reaktort, bekövetkezik a zónasérülés, és megállíthatatlan annak megolvadása. Erre az eshetőségre is kifejlesztettek egy megoldást, amelyet zónaolvadék-csapdának neveztek el. Ez egy tartály közvetlenül a reaktor alá építve, amelynek  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{--Fe}_2\text{O}_3$ -t tartalmazó kerámia borítja a belsejét. A keverék mellé gadolíniumot is adnak a neutronelnyelés elősegítésére. Ez a töltet képes elkeverni és felhígítani a megolvadt reaktortartály anyagát. A reaktort és a csapdát összekötő csatornán keresztül lefolyik a közel 2600 °C-os kórium, majd a zónaolvadék-csapda felfogja, lehűti, illetve megszilárdítja azt. A csapda hűtését passzív módon biztosítják. Ennek a biztonságtechnikai rendszernek a megtervezését a környezet védelme is indokolta. A cél az volt, hogy az olvadék ne lépjen kölcsönhatásba az alap vasbeton szerkezettel, mert azon keresztül rövidesen a talajrétegbe kerülnének a radioaktív anyagok.

Mindezek mellett a külső természeti hatások elleni védekezésre is nagy hangsúlyt fektettek a V491-es altípusú reaktor tervezésénél. A legfontosabbak a következők: földrengés, szélvihar, árvíz, szökőár, robbanás lökéshullámai, repülőgép rázuhanása.

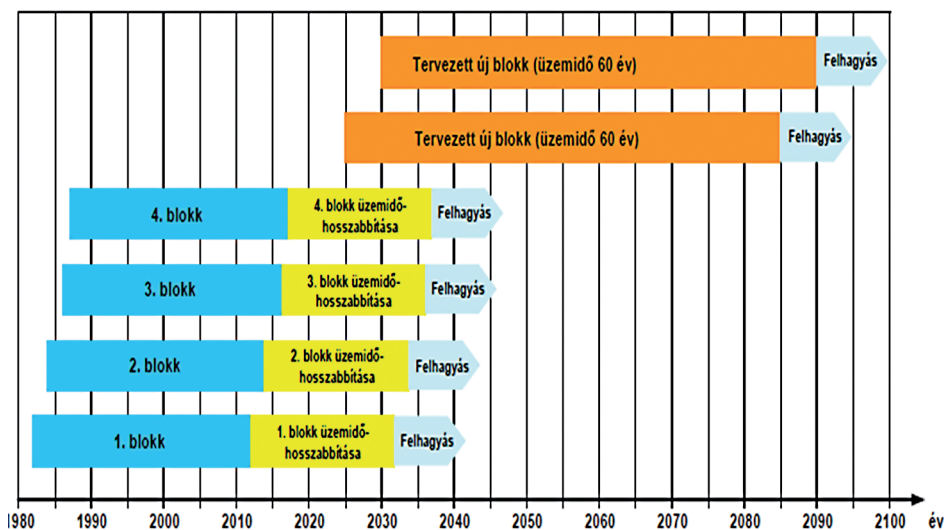
Az épületcsarnokot érő lökéshullámok erejét mérsékelni tudják lengéscsillapítók alkalmazásával. A 180 km/h sebességű széllelőkéseknek is ellenállnak a biztonsági berendezések. A szökőár miatt nem kell hazánkban aggódni, viszont árvíz elleni védőgátak építése már az első blokk építésekor megtörtént, és azóta is figyelemmel kísérik annak állapotát. A robbanások és repülőgépek okozta károk ellen a konténment védi a reaktort és a hozzá kapcsolódó berendezéseket. (HÓZER–PÁZMÁNDI 2014)

## 11.6. Egyéb biztonsági és technológiai megfontolások

### 11.6.1. Hűtővíztornyok építése

Az új blokkok üzembe állítása után a 11.5. ábrán jól látható, hogy hét évig a meghosszabbított üzemidővel működő négy VVER-440-es blokk, illetve a két új atomerőművi egység együtt fog villamos energiát szolgáltatni az országnak. A technológiai vízigényeket dunai vízkivételből, valamint a kilenc darab mélyfúrású kútból biztosítják. A telephely működtetéséhez szükséges ipari és tűzvíz forrása is a Duna. A kutak közül négy darab

áll rendelkezésre, a többi vagy eltömítették, vagy készenléten tartják. Az összesen 4400 MW névleges teljesítményű termelés hatására a Dunából kivett friss hűtővíz az eddigi 100–110 m<sup>3</sup>/s mennyiség duplájára fog növekedni. Ennek az a következménye, hogy duplaannyi átlagosan 8 °C-kal felmelegedett víz fog a folyóba kerülni.



11.5. ábra

A blokkok üzemideje

Forrás: ROMENDA et al. 2012

A biztonságtechnikai rendszerek ellátásához, valamint a normálüzemi állapot fenntartásához szükséges vízmennyiséget más forrásokból is finanszírozni lehet. Megoldás lehet hűtővíztornyok építése. Ezzel a Dunából kivett víz cirkulátatását lehetne elvégezni a tercier körben, ami kevesebb vízmennyiség felhasználását tenné lehetővé. A nyári vízállás csökkenésekor is biztonságos hűtővízellátást biztosítana a blokkok számára. Továbbá ha az elfáradt hűtőfolyadék cserére szorul, akkor a tornyok a folyó hőmérsékletéhez igazodva engednék vissza a vizet folyómederbe, ezzel is védve a környezetet.

### 11.6.2. Az erőművek elleni lehetséges informatikai támadások kivédése

Az automatizálással az emberi hibák kiküszöbölését könnyen lehet elérni, de ennek kockázatai is lehetnek, mint például a kibertámadások. A mai számítástechnikai rendszerek folyamatos fejlődésének köszönhetően mindennapossá váltak az ilyen jellegű támadások a világban. A nukleáris ipari kibertámadások az erőmű informatikai rendszerét támadják meg, és képesek akár a paramétereket szolgáltató műszerek megbénítására anélkül, hogy

az operátorok erről tudomást szereznének. Ezáltal olyan balesetek okozására adnak lehetőséget, amelyek elhárítására csak az időben fellépő intézkedések tudnak válaszolni.

A történelemben már volt ehhez hasonló példa, mint az Iránban történt Stuxnetnek elnevezett vírus, amely a natanzi urándúsító üzemet támadta meg. Ezt a vírust nem robbanásszerűre, hanem lassú, fokozatos kivitelezésre tervezték, aminek célja az uránt dúsító gázcentrifugák megrongálása és a dúsító produktivitásának csökkentése volt. A felfedezése gyorsan megtörtént, így nem okozott maradandó károkat. A Stuxnet egy úgynevezett számítógépes féreg, amely az ipari folyamatszabályozó rendszereken keresztül fejt ki hatását úgy, hogy kémkedik az adott rendszer után, és bizonyos esetekben felül is írja annak a működését. 2010-ig nem vittek be álcázott számítástechnikai vírust ehhez hasonló PLC-rétegbe. (CSERHÁTI 2011)

Fontos kiemelten kezelni a folyamatirányító, illetve biztonsági rendszereket megtámadó vírusokkal járó következményeket. Az említett esetből tanulva az új blokkok felszerelésének beszerzésekor e támadások elleni védekezésre is nagy hangsúlyt fognak fektetni, ugyanis ezek az atomerőmű biztonságos működését fenyegethetik.

### 11.6.3. Az építkezés közelségéből adódó veszélyek

A 2019-ben kezdődött építkezés helye közvetlen a két ikerblokk mellett kap helyet. Nagyobb forgalomra kell számítani az építőanyagokat szállító teherautók miatt Pakson és az erőmű területén is. Ez a környék zaj- és vibrációs szintjének, valamint a levegő portartalmának növekedésével jár. Az aktív földmunkák, fúrások és közlekedési eszközök használata jelentős rezonanciát és porszenyezést okozhat, amit a létesítmény üzemszerű működése szempontjából kezelni kell.

Éppen ezért az új blokkok építésekor kiemelt figyelmet fognak fordítani az építkezés közben használt berendezések és a dolgozók által okozható károk megelőzésére. A nehézgépek mozgásának korlátozása, engedélyezése és ellenőrzése nagy jelentőségű a nukleáris biztonság és védetség magas szinten tartása érdekében.

### 11.6.4. A földrengések elleni védekezés

A természeti katasztrófák közül az atomerőműre leginkább a földrengés gyakorolhat a biztonságos működtetést befolyásoló hatást. A működő blokkok mellé épített tartályok, egészségügyi, illetve laboratóriumi épületek nem 100%-osan védettek ilyen esetekben. Sőt a telephely tervezése során a földrengések hatásait nem minősítették, így a tervezési alapon lévő baleseti forrásként sem szerepelnek. Viszont ennek korrigálására az 1990-es években új tervek és épületmegerősítések történtek.

A telephelyen folyó vizsgálatok során mért maximális szabadfelszíni vízszintes gyorsulás 0,25 g, a függőleges pedig 0,2 g. Ezek gyakoriságát  $10^{-4}$ /év, vagyis 10 ezer év alatt kell tartani. Mivel a földrengések okozta talaj- és épületsüllyedések nem kizárhatók, így a föld alatti csővezetékek eltörésével, valamint kábelek elszakadásával, de legjobb esetben is elmozdulásukkal számolni kell. (EILER et al. 2011)

## 11.7. Néhány fontos tény a Paks II. projekt gazdasági és nemzetközi vonatkozású aspektusaival kapcsolatban

A paksi beruházás ellenzői a projekt megtérülésével kapcsolatban folyamatosan aggályokat és kételyeket fogalmaznak meg. Emellett pedig továbbra is arra számítanak, hogy az Európai Unió majd „tiltott állami támogatást” talál a projektben. Sokszor elhangzik az a kijelentés is, hogy „a paksi bővítés megtérüléséhez úgymond a jelenlegit két-háromszorosan meghaladó áramarra van szükség”. A valóság azonban teljesen más. Kormányzati nyilatkozatok szerint a Paks II. termelési egységkölsége a teljes, 60 éves üzemidőre számolva 15–17 Ft/kWh (50–55 euró/MWh) körül lesz. A 2014 februárjában – az orosz–magyar egyezmény megkötését követően – elvégzett független gazdasági számítások (FRAUNHOFER 2015) is azt mutatják, hogy a teljes üzemidőre vonatkozó termelési egységkölség (2014. februári adatokkal számolva) közel 17 Ft/kWh-ra adódik. Ez a költség már tartalmaz egy 60 fillér/kWh költségelemet is, amely Paks II. jövőbeli hulladékkezelési/kiégettűtőelem-kezelési költségeinek a finanszírozását hivatott biztosítani. A számítás bemutatja azt is, hogy a 21 éves hiteltörlesztési időszakot követően eljön majd a beruházás „aranyvége”, hiszen az utolsó 39 évben – mai árakon számolva – már csak közel 9 Ft/kWh maradhat a két új paksi blokk termelésével kapcsolatos összes költség.

A hazai számítások mellett nemzetközileg is igazolható Paks II. létjogosultsága. Példa erre a 2015. augusztus 31-én a Nemzetközi Energia Ügynökség és a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség által publikált *Projected Costs of Generating Electricity – 2015* című kiadvány is. A két nemzetközi szervezet egyértelműen bemutatja azt, hogy az alaperőművi termelést biztosító gáz-, szén- és atomerőművek közül, de akár még a megújulókkal is összehasonlítva a teljes üzemidőre vonatkozó kalkuláció esetén az atomerőművek által termelt villamos energia a legversenyképesebb.

2015. december 22-én pedig a hazai kormányzat nyilvánosságra hozta a Rothschild bankház által készített elemzést, amely szintén azt igazolja, hogy: „A Paks II bevételei elegendők lesznek minden költség fedezésére, beleértve a tőke, a tőke kamatai, az üzemanyag, az üzemeltetés, a karbantartás, a hulladékkezelés és a majdani leszerelés költségeit is.” Végül, de nem utolsósorban érdemes elgondolkozni egy kicsit, hogy ha az atomenergia ennyire „brutálisan drága”, akkor miért kötelezi el magát egyre több ország olyan új blokkok építése mellett, amelyek garantált üzemideje 60, azaz hatvan év.

Paks II. gazdasági megítélése szempontjából pedig igencsak fontos a 40%-os hazai beszállítói lehetőség, a költségvetési pluszbevételek, valamint az átlag 4,5%-os hitelkamat, amely szintén rendkívül előnyös Magyarország számára. Hozzáteve azt is, hogy az orosz hitel eredményeképpen egy olyan beruházási lehetőséget kapunk, amelynek GDP-növelő, munkahelyteremtő és versenyképességet növelő hatása lesz.

Nagyon sokszor felmerül az orosz–magyar egyezménnyel kapcsolatban az, hogy hazánkban nem volt „joga” azt megkötni, hiszen kizárólag csak egy nemzetközi tender keretében lehetett volna kiválasztani a szállítót. A világon eddig mindenhol csak kiválasztás alapján szerződtek. Példa erre Finnország, hiszen egyedi megállapodással az új Hanhikivi-1 atomerőmű megépítésére szintén az orosz felet választották. Néhány héttel ezelőtt pedig már az első „kapavágás” is megtörtént a telephelyen.

## 11.8. Végszó

Vajon miért is kardoskodunk az atomenergia mellett ahelyett, hogy a divatos zöld szölamokat ismételve bizonygatnánk az úgynevezett megújuló energiaforrások előnyeit, és mindenféle eszközzel „leírnánk” az atomenergiát?

A válasz egyszerű. Mivel Magyarország természeti kincsekben viszonylag szegény (ez az energiahordozókat is érinti), fekvése miatt éghajlata kontinentális, a Kárpátok és az Alpok árnyékoló hatása erőteljesen érvényesül, domborzata miatt vizeinek esése csekély, így gyakorlatilag ki van zárva, hogy a szél, nap, víz energiája stratégiai jelentőségű legyen az energiafüggőségünk kompenzálására.

Továbbá az emberiség célja az kell, hogy legyen, hogy az előtte álló problémákat ne a környezetre hárítva, annak terhére oldja meg. Ez hatványozottan igaz az energiapolitikára is. Az atomenergián kívül egyetlen „környezetkímélő” technológiára sem kötelező érvényű a létesítésnek az az alapvető feltétele, hogy mind az üzemanyagnak, mint a létesítésre felhasznált anyagoknak zárt életciklust kell alkotnia. Vagyis az emberiség egyedül az atomenergia békés felhasználásánál valósította meg azt az elvet, hogy tevékenységével minimalizálja a környezetre kifejtett hatását.

Egyelőre csak az atomenergia képes gyakorlatilag tetszőleges volumenben és elhanyagolhatóan kis térben előállítani a szükséges energiát, ráadásul a legkisebb költségekkel. Ki kell használnunk ezt az ajándékát a tudománynak és technikának, hogy egy jobb, tisztább világot építhessünk nemcsak magunknak, hanem az összes fajnak, amellyel megosztjuk ezt a bolygót.

## Felhasznált irodalom

- ASZÓDI A. – BOROS I. (2015): Új blokkok a paksi telephelyen – 2. rész. *Fizikai Szemle*, 65. évf. 11. sz. 377–382.
- ASZÓDI A. (2015): Új blokkok a paksi telephelyen – 1. rész. *Fizikai Szemle*, 65. évf. 10. sz. 334–338.
- Üzemidő Hosszabbítási Projekt összefoglalása. (2013) A Paksi Atomerőmű honlapja. Elérhető: [www.atomeromu.hu/hu/Documents/Az\\_Uzemido-hosszabbitasi\\_Projekt\\_osszefoglalasa.pdf](http://www.atomeromu.hu/hu/Documents/Az_Uzemido-hosszabbitasi_Projekt_osszefoglalasa.pdf) (A letöltés dátuma: 2017. 11. 15.)
- BEREK T. (2016): A vízbiztonsági tervezés szerepe a fenntartható vízgazdálkodásban. *Műszaki Katonai Közlöny*, 26. évf. 2. sz. 32–48.
- CSEHRÁTI A. (2011): A Stuxnet vírus és az iráni atomprogram. *Fizikai Szemle*, 61. évf. 5. sz. 150–155.
- CSURGAI, J. – ZELENÁK, J. – LAJOS, T. – GORICSÁN, I. – HALÁSZ, L. – VINCZE, Á. – SOLYOSI, J. (2006): Numerical simulation of transmission of NBC materials. *Academic and Applied Research in Military Science*, Vol. 5, No. 3. 417–434.
- CSURGAI J. – GORICSÁN I. – ÁCS B. – CSÓK L. – HALÁSZ L. – LAJOS T. – PINTÉR I. – SOLYOSI J. – VINCZE Á. – ZELENÁK J. (2005): ABV-anyagok terjedésének numerikus, számítógépes szimulációja. *Haditechnika*, 39. évf. 1. sz. 13–19.
- EILER J. – ELTER J. – HAMVAS I. (2011): *Célzott biztonsági felülvizsgálati jelentés*. A Paksi Atomerőmű honlapja. Elérhető: [www.atomeromu.hu/hu/Documents/CBFJ.pdf](http://www.atomeromu.hu/hu/Documents/CBFJ.pdf) (A letöltés dátuma: 2017. 11. 15.)

- ELTER J. – GADÓ J. – HOLLÓ E. – LUX I. (2013): *Atomreaktorok biztonsága I.* Budapest, ELTE Eötvös Kiadó.
- FRAUNHOFER (2015): *Energy and Resources*. München, Fraunhofer Institut. Elérhető: [www.fraunhofer.de/en/research/fields-of-research/energy-resources.html](http://www.fraunhofer.de/en/research/fields-of-research/energy-resources.html) (A letöltés dátuma: 2018. 02. 11.)
- HÓZER Z. – PÁZMÁNDI T. (2014): Új blokkok a paksi atomerőműben. *Nukleon*, 7. évf. 1. sz. 152.
- HÓZER Z. (2015): Az új paksi reaktorok üzemanyaga. *Fizikai Szemle*, 65. évf. 12. sz. 417–419.
- IAEA (2013): *Under construction reactors*. Vienna, International Atomic Energy Agency. Elérhető: [www.iaea.org/PRIS/WorldStatistics/UnderConstructionReactorsByCountry.aspx](http://www.iaea.org/PRIS/WorldStatistics/UnderConstructionReactorsByCountry.aspx) (A letöltés dátuma: 2017. 11. 15.)
- IAEA (2014): *Operational and long-term shutdown reactors*. Vienna, International Atomic Energy Agency. Elérhető: [www.iaea.org/PRIS/WorldStatistics/OperationalReactorsByType.aspx](http://www.iaea.org/PRIS/WorldStatistics/OperationalReactorsByType.aspx) (A letöltés dátuma: 2017. 11. 15.)
- IEA (2014): *World Energy Outlook – 2014*. Paris, International Energy Agency. Elérhető: [www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2014.pdf](http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2014.pdf) (A letöltés dátuma: 2018. 02. 14.)
- KIRÁLY M. – RADNÓTI K. (2016a): Az atomerőművek működéséről egyszerűen, típusaik és jövőjük – 2. rész. *Fizikai Szemle*, 66. évf. 11. sz. 372–377.
- KIRÁLY M. – RADNÓTI K. (2016b): Az atomerőművek működéséről egyszerűen, típusaik és jövőjük – 3. rész. *Fizikai Szemle*, 66. évf. 12. sz. 403–407.
- MAVIR (2015): *Éves jelentések 2003–2015*. Budapest, Magyar Villamosenergia-ipari Átviteli Rendszerirányító Zártkörűen Működő Részvénytársaság. Elérhető: [www.mavir.hu/web/mavir/eves-jeleentesek-2003-2012/Eves\\_jelentes\\_jav\\_10\\_18.pdf](http://www.mavir.hu/web/mavir/eves-jeleentesek-2003-2012/Eves_jelentes_jav_10_18.pdf) (A letöltés dátuma: 2018. 02. 23.)
- PADÁNYI J. (2015): Vízkonfliktusok. *Hadtudomány*, 25. évf. Elektronikus különszám. 272–284.
- PADÁNYI, J. – FÖLDI, L. (2016): Security Research in the Field of Climate Change. In NÁDAI, L. – PADÁNYI, J. eds.: *Critical Infrastructure Protection Research: Results of the First Critical Infrastructure Protection Research Project in Hungary*. Zürich, Springer International Publishing. 79–90. (Topics in Intelligent Engineering and Informatics, 12.) DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-28091-2\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-319-28091-2_7)
- ROMENDA T. – GÁTINÉ MAGYAR R. – GYÖNGYÖSI P. – RESZLER H. – ROSENFELD S. (2012): *Új atomerőművi blokkok létesítése – Előzetes konzultációs dokumentáció* (2012. 10. 26.) A Paksi Atomerőmű honlapja. Elérhető: [www.mvmpaks2.hu/hu/Dokumentumtarolo/EKD-HUN.pdf](http://www.mvmpaks2.hu/hu/Dokumentumtarolo/EKD-HUN.pdf) (A letöltés dátuma: 2017. 09. 30.)
- RÓNAKY J. – MACSUGA G. – VOLENT G. – CSURGAI J. – CZIVA O. – HORVÁTH K. – PETŐFI G. – VINCZE Á. – ZELENÁK J. – SOLYOSI J. (2007): A nukleáris létesítmények katonai terror-fenyegetettségének értékelése I.: A nemzetközi és hazai szabályozás, valamint a gyakorlat áttekintése. *Hadmérnök*, 2. évf. 1. sz. 77–85.
- RÓNAKY J. – PETŐFI G. – VOLENT G. – MACSUGA G. – HORVÁTH K. – CSURGAI J. – CZIVA O. – MOLNÁR L. – TÓTH J. – VINCZE Á. – ZELENÁK J. – SOLYOSI J. (2007): A nukleáris létesítmények katonai terror-fenyegetettségének értékelése II.: A Paksi Atomerőmű katonai terror-fenyegetettségének értékelési eljárása. *Hadmérnök*, 2. évf. 2. sz. 32–49.



Vákát oldal

## 12. fejezet

### Élettani paraméterek változása különböző hőmérsékleten végzett terhelés során

*Kohut László<sup>1</sup>*

#### 12.1. Bevezető

A globális éghajlatváltozás növekvő mértéke és annak egészségkárosító hatása az 1990-es évek óta a figyelem előterébe került. Ez azzal magyarázható, hogy a lakosság körében emelkedett a hőártalom okozta morbiditás és mortalitás. Az emberi szervezetnek az időjárási hatásokkal szemben kialakult adaptív képessége nem tud olyan gyors mértékben alkalmazkodni, mint ahogy az éghajlatváltozások végbemennek. (LUNDGREN 2014) Az ismétlődő és intenzívebb hőhullámok, illetve a fokozódó általános felmelegedés hatására egyre több hősérülés alakul ki: hőségcsapás, hősokk, napszúrás, a magas hőmérséklettel összefüggő idő előtti halálozás.

Az az ENSZ Éghajlatváltozási Kormányközi Testülete (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC) 2014-es ötödik értékelő jelentésének összefoglalója tényként állapítja meg, hogy a globális felmelegedés elsődlegesen az emberi tevékenységhez köthető: az üvegházhatású gázok fokozódó kibocsátásával megnő a visszafordíthatatlan változások valószínűsége. Az éghajlatváltozás az egyre szélsőséesebb időjárási események intenzitásában és gyakoriságában figyelhető meg. (PACHAURI–MEYER 2014)

Az emberi szervezet optimális működéséhez nélkülözhetetlen a maghőmérséklet állandó szinten tartása, amely csak abban az esetben lehetséges, ha a hőtermelés és a hőfelvétel egyensúlyban van a hőleadással. Ezt a mechanizmust hőszabályozásnak nevezzük. A hipotalamuszban található termoreceptorok követik a maghőmérséklet változását, és ellenregulációs folyamatokat indítanak be. A szervezet hőszűrással, kondukciónal, konvekcióval, illetve párologtatással biztosítja a maghőmérséklet szinten tartását. Bármilyen tevékenység esetén a hőtermelés a nyugalmihoz képest emelkedik. Ha ehhez társul a környezet magasabb hőmérséklete (30 °C feletti), akkor a hőleadás párologtatás révén valósulhat meg. A párologtatással, a verejtékmirigyek aktiválásával, nemcsak víz, de az elektrolitok is a bőrfelszínre kerülnek. A hőség okozta nagy fokú verejtékezés, megfelelő folyadék- és ionpótlás hiányában súlyos víz-elektrolit háztartási zavart okoz, ami kezdetben hőstresszhez, alacsony vérnyomáshoz, szinkopéhoz, fájdalmas izomgörcsökhöz, hőkimerüléshez, illetve a legsúlyosabb esetben hőségcsapás (heat stroke) kialakulásához vezet. Ezen állapotok kialakulása az egyén korától, nemétől, fizikai állóképességétől és edzettségi szintjétől, a fennálló társbetegségektől, illetve bizonyos gyógyszerek szedésétől függ.

<sup>1</sup> ORCID:0000-0001-7475-9528, [laszlo.kohut@gmail.com](mailto:laszlo.kohut@gmail.com)



## 12.2. Az emberi szervezet hőszabályozása

Az emberi szervezet képes az állandó testhőmérséklet fenntartására, homeotherm, azaz az emberi szervezetet az jellemzi, hogy változó környezeti hőmérséklet mellett vagy nagyobb hőtermelés esetén is állandó, 36,4–37,4°C közötti maghőmérsékletet biztosít.

A végtagok és a bőr hőmérséklete (a testköpeny) változó. A maghőmérséklet szűk tartományon belüli fenntartása csak a hőszabályozás bonyolult mechanizmusa révén biztosított, amennyiben a hőtermelés és a hőfelvétel egyensúlyban van a hőleadással. (LENZTE 1995)

A szervezet hőmérsékletének fenntartása két párhuzamos folyamattal történik: a tudatos és az autonóm szabályozás révén. A tudatos szabályozás az árnyékos hely felkutatása, a pihenés beiktatása, a ruházat levétele. Az autonóm (fiziológiás) hőszabályozás a hőtermelés és hőfelvétel egyensúlyát jelenti hőleadással. Bizonyos környezeti körülmények között (magasabb külső hőmérséklet) vagy metabolikus hőtermelés hatására (tartós fizikai aktivitás) mind a bőr-, mind a maghőmérséklet emelkedni kezd. Ennek hatására a szervezet aktivizálja a hőleadásért felelős mechanizmusait. A hőszabályozásban megkülönböztetjük az aktív és a passzív hőszabályozást. A passzív hőleadás a bőr csaknem két négyzetméteres felszínéről kisugárzás és elvezetés révén történik. Az aktív hőszabályozást három szervrendszer biztosítja: a bőrben lévő idegvégződések, az irha erecskéi és a kis verejtékmirigyek milliói. (HOUGHTON et al. 2001)

### 12.2.1. A hőleadás mechanizmusai

A szervezet által termelt hőnek a leadása csak a közvetlen környezettel érintkező szöveteken keresztül történik, mint a bőr és a légzőrendszer. Az emberi szervezet hőátadásában több fizikai folyamat játszik szerepet. Ilyenek a kondukción (hővezetés), amikor a hőleadás a szomszédos alacsonyabb hőmérsékletű szövetek felé, közvetlen kontaktussal (test-levegő, test-szilárd felület) történik. A konvekcióval (hőáramlás) a levegő folyamatos áramlása következtében a test felszínén lehűl a felmelegedett bőr, és a vér az anyagcsere által termelt hőt a külső, hidegebb bőrréteg felé szállítja. Az infravörös sugárzással a bőr, a *subcutis* (bőralja) és a zsírszövet fokozott vérátáramlása során bekövetkező testköpeny-felmelegedés sugározza a hőt, amennyiben a környezet alacsonyabb hőmérsékletű. A párolgással történő hőleadás lehet *sensibilis* – izzadással a bőrön keresztül, és *insensibilis* – hőpárolgás a légutakon keresztül. (GUYTON 1996)

### 12.2.2. A bőr hőleadása

A bőr képezi a szervezet legnagyobb hőcserélő felületét. Nagysága 1,5–2 m<sup>2</sup>, súlya 4–10 kg, ezzel az emberi test legnagyobb szervének minősül. A bőrnek három rétegét különböztetjük meg: a felhámot, az irhát és a bőr alatti kötőszövetet (*subcutis*). A *subcutis*-ban futnak a kiserek. Az artériák a *subcutis*-ban fonatot képeznek, a felszálló artériás ágakból kapillárishurkok erednek, amelyek sűrűsége 20–60/mm<sup>2</sup>. A vénák a *subcutis*-ban és az irhában hálózatot képeznek, és az artériákkal *arteriovenosus anastomosis* (artéria és véna közötti összeköttetést) alkotnak. A belső szervektől és az izomzatból áramló meleg vér

a bőr *arterioláiban* (kis artériák) és arteriovenosus anastomosisaiban szabályozódik, ahol hőmérséklet-csökkenés következik be, ami életfontosságú hőmérséklet-szabályozást jelent. Járulékos képletei közül kiemelendők a verejtékmirigyek. A bőrben található a mechanikus, a termikus (meleg, hideg) és a nociceptív (fájdalom, viszketés) érzékelést biztosító idegvégződés. Fizikai terhelésnél emelkedik a maghőmérséklet, aminek hatására fokozódik a bőr alatti erek dilatációja, ezzel a vér átáramlása, és a hő kondukción keresztül kerül leadásra a környező levegőbe, amennyiben a levegő hőmérséklete a bőr hőmérsékleténél alacsonyabb. A verejtékezés során a hőleadás a víz elpárolgztatásával történik, amit a verejtékmirigyek termelnek. A víz elpárolgztatása során lehűl a bőr, mivel a bőr alatti erekből hő vonódik el. (JOHNSON 1996)

Ha a hőhatás kellőképp intenzív, az izzadságmirigyeket beidegző kolinerg szimpatikus idegrostok aktiválják az izzadás termelését. Az izzadás a leghatékonyabb akaratlan belső hőmérséklet-csökkentő mechanizmus az emberi szervezetben. (GUY et al. 2014)

A külső hőmérséklet emelkedésével fokozódik a víz elpárolgztatása, ez tartja szinten a maghőmérsékletet tartós fizikai terhelésnél. Az izzadás mint hőszabályozó mechanizmus a terhelés kezdete után néhány másodpercen belül beindul. Ez a mechanizmus több tényezőtől függ: a bőr hőmérsékletétől, az előző izzadás mértékétől, illetve a szervezet hidratáltsági fokától. Az izzadás mennyisége párhuzamosan emelkedik a szervezet maghőmérsékletével, és ezt izzadási rátában fejezzük ki. Az alábbi táblázatban összefoglaltunk néhány környezeti körülményt az izzadás fokának függvényében (12.1. táblázat):

12.1. táblázat

*Típusos izzadási ráták és szívfrekvenciák 30 perces terhelésnél, a  $VO_2$  max 60%-án különböző környezeti körülmények során. WBGT:<sup>2</sup>*

| Relatív páratartalom (%) | Hőmérséklet |          |          |           | Izzadási ráta (l/óra) | Szívfrekvencia (ütés/perc) |
|--------------------------|-------------|----------|----------|-----------|-----------------------|----------------------------|
|                          | Tdb (°C)    | Twb (°C) | Tbg (°C) | WBGT (°C) |                       |                            |
| 45                       | 22,0        | 14,7     | 30,0     | 18,5      | 0,4                   | 150                        |
| 50                       | 35,0        | 26,0     | 45,0     | 30,7      | 1,0                   | 155                        |
| 60                       | 35,0        | 33,4     | 42,0     | 35,3      | 1,6                   | 165                        |

*Forrás: GREENLEAF 1994*

Az izzadás mértéke többek között olyan külső tényezőktől függ, mint a légmozgás, illetve a levegő páratartalma. Magasabb páratartalom esetén a víz nem képes elpárologni a bőr felszínéről. Ebben az esetben elégtelen a hőleadás, amely így nem biztosítja a szervezet hőszabályozását, és emiatt a maghőmérséklet nagyobb mértékben emelkedik. (MCLELLAN–CHEUNG 2000) Az ember, ha magasabb külső hőmérsékleten dolgozik, csak száraz ruhában végezzen munkát! (SATO–DOBSON 1970)

A tartós munkavégzés magasabb hőmérsékleten szignifikáns változásokat idéz elő a kardiovaszkuláris rendszerben. A bőr alatti érhalózat dilatációja fokozódik a terhelés során, és ezzel a magasabb hőmérsékletű magból a hőt a bőrbe és a subcutisba szállítja. Ennek következtében megemelkedik a bőr hőmérséklete. Amennyiben a külső hőmérséklet is magas, a bőr hőmérséklete nagyobb mértékben emelkedik. Emiatt csökken a hőleadás, ami a maghőmérséklet szabályozását megnehezíti. (CANDAS et al. 1983)

<sup>2</sup> WBGT: Wet Bulb Globe Temperature

A külső hőmérséklet növekedésével az úgynevezett mag-bőr hőkülönbözet beszűkül, és a bőr alatti keringés csak egy bizonyos szintig képes ellensúlyozni a hőtermelést. Magasabb hőmérsékleten végzett tevékenység során az anyagcseréből adódó hőtermelés akár kétszeresen is meghaladhatja a nyugalmi hőtermelést. Amikor a maghőmérséklet fokozatosan emelkedik a terhelés során, és a mag-bőr hőkülönbözet folyamatosan követi ezt a változást, akkor még a hőháztartás kompenzált. Az ezt biztosító mechanizmusok egy idő után elégtelenné válnak a hőegyensúly fenntartásához – ez vezet a hőszabályozó rendszer dekompenzálódásához. Izzadás során a bőr lehül, és helyreáll a mag-bőr termikus gradiense, amely biztosítja a megfelelő hőleadást. (ESSÉN et al. 1977)

### 12.2.3. A maghőmérséklet és a bőrhőmérséklet alakulása

Az optimális maghőmérséklet az a hőmérséklet, amely biztosítja a szervezet anyagcseréjét. Értéke különböző testrészekben más, de az 1,5 °C-os különbséget nem haladja meg. Legegyszerűbb a fülben, a végbélben (*rectumban*), illetve a szájüregben mérni. Fiziológiásan napi ritmusú (diurnális) ingadozások figyelhetők meg az ember maghőmérsékletének alakulásában. Ezek a változások a hipotalamusz spontán diurnaritásából fakadnak. A hasüregi szervekben, a nagyerek mentén, a gerincvelőben és az agyban található centrális hőreceptorok folyamatosan küldik az információt a maghőmérséklet pillanatnyi állásáról a hőszabályozó központba. A hőszabályozó központ arra használja fel a kapott információkat, hogy a maghőmérsékletet szűk határon belül fenntartsa. (EPSTEIN–MORAN 2006)

A bőr hőmérséklete fontos mind a hőleadás, mind a hőszabályozás szempontjából. A hőleadás – a környezet felé – vezetés és áramlás útján történik. A bőr hőmérséklete ingadozást mutat, mivel több tényezőtől függ, olyanoktól, mint:

- a bőr vérátáramlása;
- a verejtékezés mértéke;
- a bőr alatti szövetek hőmérséklete;
- a környezeti tényezőktől: a külső hőmérséklet, a páratartalom, a légmozgás mértéke, a hő- vagy napsugárzás nagysága.

A bőrben található idegvégződések (receptorok) nagyon érzékenyek a külső hőmérséklet változására. A hőmérséklet érzékelésében a kiinduló hőmérséklet, a hőmérséklet-változás sebessége és az ingerelt receptorok száma is szerepet játszik. Így ha a bőrhőmérséklet alacsony, akkor a melegérzékeléshez szükséges érzékenység is kicsi, azonban nagy a hidegérzékeléshez szükséges érzékenység. (DICKHUTH 2005)

### 12.3. A hőmérséklet-emelkedés hatása a tartós terhelésre

Amikor az ember fizikai tevékenységet végez, a maghőmérséklete fokozatosan emelkedik. Az izomzat hőmérsékletének a 38–39 °C-ra történő emelkedése teljesítményfokozó, mivel a hőmérséklet-emelkedés és reakciósebesség törvénye szerint gyorsulnak az anyagcsere-folyamatok, javul a neuromuszkuláris funkció. A növekedés mértéke a külső hőmérsékletnek, a fizikai aktivitás intenzitásának, illetve az ember fizikális állapotának

a függvénye. (ZOELLNER et al. 2017) A külső hőmérséklet emelkedésekor több energiát kell előteremteni a szervezetnek ahhoz, hogy a nagyobb verejtékezés és bővebb ventiláció (levegővétel) révén erősödjön a hőleadás. Azonban a maghőmérséklet további emelkedése már teljesítménycsökkenéshez vezet. Ezért a szervezet arra törekszik, hogy nagyobb hőleadás révén optimális üzemelési hőmérsékletet tartson fenn. (ADOLPH 1947)

A fizikai aktivitás végzéséhez és a magas külső hőmérséklet elviseléséhez együttesen olyan fiziológiai tényezők szükségesek, amelyek biztosítják az izommunkából és a fokozott anyagcseréből adódó hőtermelés leadását.

A magasabb hőmérséklethez való terhelés közbeni adaptációnak három fő komponense van:

1. a bőr értágulása (vazodilatációja), amely arányos a külső hőmérséklettel és a belső hőtermeléssel;
2. a terhelés által kiváltott vazodilatáció az izmokban, amely a terhelés intenzitásától és a külső hőmérséklettől függ;
3. a splanchnikus vaszkulátúra konstriktója, azaz a zsigeri érhalózat összehúzódása (amely a veséket, a gyomrot és egyéb hasi szerveket lát el).

Ezek együttesen növelik a perctérfogatot (a szívfrekvencia szorzata a szív verőtérfogatóval), és több vért juttatnak az aktív szövetekhez. (SAWKA–GONZALEZ 1988)

A fizikai terhelés elkezdését követően a maghőmérséklet kezdetben gyorsan emelkedik, majd idővel a növekedés mértéke csökken, amíg a maghőmérséklet nem éri el az új egyensúlyi szintet. A maghőmérséklet növekedése tükrözi a metabolikus hőtermelés mértékét, amely zömmel a vázizomzat kontrakciójából adódik. A terhelés kezdetén az anyagcsere mértéke azonnal emelkedik, a hőszabályozás azonban csak lassabban indul be. A hőleadás intenzitása addig emelkedik, míg a szervezet nem éri el az új egyensúlyi állapotot. Amennyiben a hőszabályozás kompenzált, a hőleadás mértéke egyenes arányban van a metabolikus aktivitás növekedésével. (LIND 1963)

Az ember teljesítményét három szintre osztják: könnyű (250 W), közepes (425 W) és nehéz (600 W) terhelési szint. (PANDOLF et al. 1986)

A terhelés intenzitásának a függvényében más-más egyensúlyi állapot jön létre a szervezetben. Mivel a maghőmérséklet és a bőrhőmérséklet eltérő, magas hőmérsékletnél az egyensúlyi állapot elérésekor nagyobb a bőrerek dilatációja, és ezzel fokozódik a bőr vérátáramlása, ami biztosítja a megfelelő hőleadást. Ez a mechanizmus csak alacsonyabb külső hőmérsékleten és alacsony páratartalomnál érvényesül. Minél magasabb a terhelés intenzitása, annál alacsonyabb környezeti hőmérséklet mellett működik megfelelően ez a fajta hőszabályozás. A külső hőmérséklet emelkedésével növekszik a bőrhőmérséklet, és egy bizonyos kritikus pont felett már önmagában a bőrerek dilatációja nem képes fenntartani az egyensúlyi állapotot. Ezt további maghőmérséklet-emelkedés követi, amely a hőegyensúlyban bekövetkező zavar miatt a hősérülés kialakulásához vezet. A tudatos viselkedésbeli válaszok csökkentik a hőtermelést, és növelik a hőleadást. A laza, világos öltözet, legyezés és hideg italok fogyasztása ugyancsak növelik a hőleadást. (GUYTON 1996)

Az ember magasabb külső hőmérsékleten végzett tevékenység során, amely fokozott fizikai igénybevétellel jár, gyakran kiteszi magát a kiszáradás veszélyének (dehidratációnak). A vízvesztesség akár a testsúlyának a 8–10%-át is elérheti. (DRAPER–LOMBARDI 1986)

Ez az izzadásból, az elégtelen folyadékbevitelből, illetve a csökkent szomjúságérzésből adódik. (GREENLEAF 1992) A dehidratáció következtében növekszik a szervezet megterhelése, ami teljesítménycsökkenéshez vezet, és a későbbiekben hősérülés kialakulását okozhatja. Már 1%-os dehidratáció esetében is, tartós munkavégzés során, megfigyelhető a maghőmérséklet nagyobb mértékű emelkedése. A maghőmérséklet minden egyes százalék vízvesztés következtében 0,1–0,23 °C-t emelkedik. (SAWKA et al. 1985)

A fentebbi okfejtésből láthatjuk, hogy a folyadék- és hőháztartás szabályozása szorosan összefügg a hőmérsékleti stresszre adott fiziológias válasszal.

*A nem megfelelő mennyiségű folyadék- és elektrolitbevitel* a legfőbb, az emberek által is könnyedén befolyásolható tényező. Több tanulmány szerint (TAYLOR–COTTER 2006) a szomjúságérzet nem biztos jelzője a folyadékstátusnak vagy kiszáradásnak. Szomjúságérzet csak a teljes test vízmennyisége 5%-ának elvesztése után lép fel. A relatívan kis mennyiség is kedvezőtlenül befolyásolhatja, csökkentheti a perctérfogatot, és ennél fogva csökkentheti az egyén teljesítményét egy fontos feladat teljesítése közben. A kezelés egyszerű: meg kell tanítani az embereket, hogy rendszeres időközönként vegyenek magukhoz folyadékot, és ne hagyatkozzanak kizárólag a szomjúságérzetükre. (CASA 1999)

*Az akaratlan veszteségek két csoportra oszthatók: légzés és izzadás.* Az ember maximális izzadási rátáját 50 ml/percnek (azaz 2 l/óra) becsüljük. Természetesen nem lehet hosszú ideig ilyen nagy mennyiségű folyadékvesztést elviselni. A teljes testfolyadék 25%-ának elvesztése már akár halálos következményekkel is járhat. Az izzadás kis mennyiségben oldott anyagokat is tartalmaz (0,2–1%). Ezek az adatok azt is mutatják, hogy ehhez a teljesítményhez sokkal több folyadékpótlásra van szüksége. (LAC–CHAMOUX 2003)

Három hőmérsékleti zónát különítünk el annak alapján, hogy mekkora a hőmérsékleti stressz, és mekkora az ennek megfelelő mértékű viselkedésváltozás.

Az 1. zónában (29 °C-ig) csak rutin elővigyázatosság szükséges. A 2. zóna (29,1–32 °C között) már a közepes szintű környezeti ártalom sávja, ahol már a viselkedésbeli változások közül a több folyadék bevitel, rövidebb és kisebb igénybevételt jelentő feladatok végzése, valamint hosszabb szünetek, pihenések beiktatása a kiemelő. A 3. zóna (32 °C felett) a magas környezeti kockázat sávja, amelyben, ha lehetséges, tevékenységet csak a nap hűvösebb szakában végezzenek az emberek, és ezek intenzitását a lehetőséghez mérten csökkenteni is kell. Ilyenkor az embereknek sok folyadékot kell fogyasztani, valamint a hősérülés első tüneteire fokozottan kell figyelni. (GREENLEAF 1992)

Amennyiben a hőtermelés nagyobb a hőleadásnál, a maghőmérséklet fokozatosan emelkedik a hőkimerülés tüneteinek megjelenése után is. A kardiovaszkuláris (szív- és ér-) rendszer fontos szerepet játszik a hőleadásban és a homeosztázis fenntartásában. (CHALMERS et al. 2014)

### 12.3.1. A vázizomzat anyagcsere-változása terhelés során

Számos kutató vizsgálta a vázizomzatban végbemenő anyagcsere-változást magas környezeti hőmérséklet esetén. Magas külső hőmérsékleten végzett terhelésnél a vérplazma laktátszintje emelkedik, mivel a vázizomsejtek glikogénfelhasználása fokozódik. Fontos kiemelni az anaerob (oxigén kizárásával végbemenő kémiai folyamatok) anyagcsere arányának az emelkedését a magasabb külső hőmérsékleten végzett munka során. (SAWKA et al. 1985)



Ezen mechanizmusok következtében emelkedik a vázizomsejtek anaerob anyagcseréje, növekszik a laktátkoncentráció, fokozódik a glikogénfelhasználás – ami idővel a glikogénraktárak kiürülésével jár –, és végeredményként csökken a fizikai teljesítmény. (SAWKA et al. 1985)

### 12.3.2. A testedzés és állóképesség alapfogalmai

A terhelés élettani hatásának megismerésére, a szervezet működésében magasabb átlaghőmérséklet során bekövetkező metabolikus változások elemzésére irányuló kutatások nagy segítséget nyújtanak a megfelelő edzésprogramok kialakításához. A rendszeres, optimális aerob testedzést végzők körében kisebb mértékben jelentkeznek a kóros folyamatok. A testedzés során beinduló biokémiai szabályozási mechanizmusok biztosítják azokat a metabolikus folyamatokat, amelyek eredményeként fokozódik a szervezet teherbíró képessége. Az emberi szervezet izmait három fő csoportba soroljuk: a vázizmok vagy harántcsíkolt izmok, amelyek az agy irányítása alatt állnak, és a hozzájuk tartozó csontokkal és inakkal együtt felelősek valamennyi akaratlagos mozgásért; a simaizmok, amelyek feladata a belső szervek akaratlagosan nem befolyásolható mozgásainak végrehajtása; végül a szívizom. Az akaratlagosan működtethető harántcsíkolt izmok össztömegének részaránya elérheti a 30%-ot. Fizikai tréning hatására a szervezet vázizomzata jelentős változásokon megy keresztül.

Az izom összehúzódását a vékony filamentumok: az aktin, és a vastag filamentumok: a miozin, azaz a kontraktilis fehérjék biztosítják. A kontrakcióhoz és a relaxációhoz szükséges energiát négy fő energiaforrás biztosítja. Idegi aktivitás által indukált véglemezáram vált ki az izmokban akciós potenciált és izom-összehúzódást. A vázizom rostkötegekből áll, az izomrost néhány száz miofibrillumot tartalmaz, amelyek mindegyike úgynevezett Z-lemezek révén mintegy 2  $\mu$ m hosszú szakaszokra, szarkomerekre oszlik. (BIGLAND-RITCHIE-WOODS 1994)

Egy miofibrillum szarkomerjeiben váltakozó sötét és világos csíkok és vonalak különíthetők el, amit a miozin- és az aktinfilamentum elrendeződése okoz. A miozinmolekulának van egy kettéágazó fejrésze, amely ízületi szerűen egy nyaki szakaszhoz kapcsolódik. A fejnyak szakasz ízületi szerű mozgékonyága teszi lehetővé a miozin reverzibilis kötődését az aktinhoz, valamint az aktin- és miozinfilamentumok egymásba csúszását. Az izomkontrakcióhoz az aktinon és a miozinon kívül szükség van kalciumra, magnéziumra, adenosin-trifoszfátra (ATP-re) és ATP-ázra is. A miozinmolekula mindkét feje megköt egy-egy ATP-t. Nagy intracelluláris kalciumkoncentráció esetén a miozinfejek hozzákötődnek az aktinhoz. Az aktin aktiválja a miozinfej ATP-ázát és elhasítja a hozzákötődött ATP-t. Ehhez magnézium is szükséges. Végül az ADP leadása végső állásukba juttatja a miozinfejeket, és azzal a csúszás be is fejeződik. (BIGLAND-RITCHIE-WOODS 1994)

Az izomkontrakció mechanikus energiája közvetlenül kémiai energiából származik. Az izomkontrakció közvetlen energiaforrása az energiában gazdag adenosin-trifoszfát, amely a filamentumok csúszása közben energiában szegényebb adenosin-difoszfáttá (ADP) és anorganikus foszfáttá (P) hasad. Ehhez az ATP-hasításhoz nem kell oxigén, a folyamat anaerob feltételek között is végbemehet. A felhasznált ATP azonnal regenerálódik kreatinfoszfát-hasítással, anaerob glikolízissal és aerob glükóz-, illetve lipidégetéssel. (CASABURI et al. 1991)

### 12.3.3. Az energiaszolgáltatás formái

Az anaerob alaktacid folyamatok gyorsan hozzáférhető energiatartaléka a kreatinfoszfát. Ennek energiában gazdag foszfátkötése átvihető az ADP-re, ezáltal az ATP anaerob úton regenerálódik. A CrP-rendszer rendkívül gyors indítású, bemelegítés nélkül működik, de mindössze 10–20 másodpercre elegendő csúcsteljesítményt biztosít. (BRADE et al. 2013)

Az anaerob laktacid folyamatok, vagyis a tejsavképződéssel járó energianyerés, az anaerob glikolízis, a CrP-hasításhoz képest némi késéssel indul. A folyamat során az izomban tárolt glikogén glükóz-6-foszfáton keresztül tejsavvá bomlik le, miközben 1 mol glükóz-maradékból 2 mol ATP nyerhető. A vér tejsavszintje folyamatosan emelkedik, és kb. két perc alatt a tejsavszint olyan magassá válhat, hogy a folytatás ellehetetlenül, amennyiben ezt nem váltja fel az aerob glükózlebontás. (DANFORTH 1965)

Az aerob glikogén vagy szénhidrátégető rendszer a hosszabb energianyerés fő eszköze. Az izmokban és a májban tárolt glikogén edzettségtől is függően 90 perc körüli maximális intenzitású munka alatt merül ki. (RANDLE et al. 1963)

Az aerob zsírégető rendszer szervezetünk alapvető energiaforrása, állandóan üzemel, és az alapanyagcseréhez is szolgáltat energiát. Az izomzat tartós teljesítménye csak glükózból ( $2 + 36$  mol ATP/mol glükóz) és lipidekből történő aerob energianyeréssel lehetséges. Mind a szénhidrátok, mind a zsírok oxidációja egy közös útvonalban találkozik, mindkét folyamat acetil-CoA keletkezésével jár. Az acetil-CoA a citromsavciklusba csatlakozik. A citromsavciklus elején az acetil-CoA átadja a két szénatomos acetilsoportját a négy szénatomból álló oxálacetát molekulának, és így citromsav keletkezik (hat szénatomos). A citromsav ezután több átalakuláson megy keresztül: először az egyik, majd a másik karboxilsoportját elveszti  $\text{CO}_2$  formájában. A folyamat oxidatív lépései során felszabaduló energia nagy energiájú elektronok formájában a  $\text{NAD}^+$ -hoz jut, és nikotinamid-adenin-dinukleotid (NADH) képződik belőlük. (RANDLE et al. 1963) Minden citromsavciklusba került acetilsoportból három molekula NADH képződik. Az elektronfelvételre képes FAD-ra kerülő elektronok  $\text{FADH}_2$ -t alkotnak. A 4C atomos oxálcetsav-molekula minden ciklus végén újraképződik, és a ciklus folytatódik. Az egy ciklus alatt egy guanozintrifoszfát (GTP), három NADH, egy  $\text{FADH}_2$  és két  $\text{CO}_2$  keletkezik. Mivel minden glükózmolekulából két acetil-CoA keletkezik, glükózmolekulánként két ciklusra van szükség. Ebből kifolyólag mindenből a duplája képződik: kettő GTP, hat NADH, kettő  $\text{FADH}_2$  és négy  $\text{CO}_2$ . A Szent-Györgyi–Krebs-ciklus az a körfolyamat, ahol minden tápanyag lebontási útvonala összefut, belőlük szén-dioxid, az oxidáció során protonok és elektronok, hidrogénmolekulák képződnek. Ezek a hidrogénmolekulák a mitokondrium belső membránjában elhelyezkedő elektrontranszportláncba kerülnek, és a hidrogén oxidációja eredményeként víz képződik. A vízképződés során felszabaduló energiát fordítjuk ATP-szintézisre. A kémiai kötés létrehozása céljából nem hasznosítható energia hő formájában szabadul fel. (GAO et al. 1994)

### 12.3.4. Az izomrostok típusai

A vázizmok metabolikus szempontból eltérő izomrostokból épülnek fel. Ezen izomrost-típusok egyazon izomban változó arányban fordulnak elő, és életünk során az izomrostok

aránya változik. Az 1-es típusú, lassan összehúzódó rostokra aerob anyagcsere jellemző, magas oxidatív és alacsony glikolitikus képességgel és magas zsírtartalommal rendelkeznek. Ezen izomrostok tulajdonsága zsírsavoxidáló képességükkel függ össze. A 2-es típusú, gyorsabb működésű rostokra pedig az intenzív glikolízis jellemző. Az utóbbiak aerob kapacitásuk függvényében 2A (mérsékelt aerob kapacitással, mérsékelt glikolitikus kapacitással, mérsékelt trigliceridraktárokkal rendelkeznek) és 2B (csekély aerob kapacitással, magas glikolitikus kapacitással, alacsony oxidatív kapacitással, alacsony triglicerid-tartalékkal rendelkeznek) altípusokra oszthatók. Ezek mellett több altípus is ismert, mint az 1C, 2C, 2AC, 2AB, 2X, amelyek besorolása a miozin-ATP-áz, illetve miozin-nehézlánc identifikáció alapján történik. Az aerob izomműködésben elsősorban az 1-es típusú izomrostok vesznek részt (12.2. táblázat). Az egyes egyének izomzata különböző arányban tartalmaz gyors, illetve lassú típusú rostokat. Ennek sportélettani jelentősége van, hiszen a több gyors rosttal rendelkezők alkalmasabbak a hirtelen, nagy erő kifejtést igénylő sportágra. (SCOTT et al. 2001)

12.2. táblázat

*Az izomrosttípusok jellemzői*

|                                         | <b>ST-izomrostok<br/>1-es oxidatív típus</b> | <b>FT-izomrostok<br/>2A glikolitikus típus</b> | <b>FT-izomrostok<br/>2B glikolitikus típus</b> |
|-----------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| <i>Összehúzódási sebesség</i>           | lassú                                        | gyors                                          | nagyon gyors                                   |
| <i>Összehúzódási idő</i>                | 75 ms                                        | 30 ms                                          | 20 ms                                          |
| <i>Erő/összehúzódás</i>                 | kevés                                        | nagy                                           | nagyon nagy                                    |
| <i>Fáradtsággal szembeni ellenállás</i> | nagy                                         | közepes                                        | alacsony                                       |
| <i>Motoneuronok</i>                     | kicsik                                       | nagyok                                         | nagyon nagyok                                  |
| <i>Ingerküszöb</i>                      | alacsony                                     | magasabb                                       | magas                                          |
| <i>Mitochondriumok száma</i>            | nagyon sok                                   | sok                                            | kevés                                          |
| <i>Mioglobin száma</i>                  | nagyon sok                                   | sok                                            | kevés                                          |
| <i>Kapillárisdenzitás</i>               | nagyon magas                                 | közepes                                        | alacsony                                       |
| <i>Foszfagén rendszer</i>               | kevés                                        | sok                                            | nagyon sok                                     |
| <i>Miozin-ATP-áz aktivitás</i>          | csekély                                      | magas                                          | nagyon magas                                   |
| <i>Tárolt szénhidrát</i>                | alacsony                                     | közepes                                        | magas                                          |
| <i>Tárolt zsír</i>                      | magas                                        | közepes                                        | alacsony                                       |
| <i>Oxidatív kapacitás</i>               | magas                                        | magas                                          | alacsony                                       |
| <i>Az izomrost színe</i>                | vörös                                        | vörös                                          | fehér                                          |
| <i>Anyagcsere</i>                       | aerob                                        | anaerob                                        | anaerob                                        |

*Forrás: SCOTT et al. 2001*

Az aerob anyagcsere mellett végzett testedzés jelentős alkalmazkodást indít el a vázizomzatban. Az 1-es típusú rostok az edzés előtti értéknél akár 25%-kal nagyobb hányadot foglalnak el az izom keresztmetszeti képén, míg a 2A és 2B rostok által vegyesen elfoglalt terület nem változik. A 2B rostok átalakulhatnak 2A típusúvá, sőt akár 1-es típusú rostok is létrejöhetnek. Mindezek hatására az izomrostok között megfigyazkoznak a 2B típusúak, míg a 2A típusú rostok száma alig, vagy egyáltalán nem változik, és mérsékeltten emelkedik az 1-es típusúak aránya: 2B → 2A → 1. (GARRETT–KIRKENDALL 2000)

A gyakran használt izmokban megnő a kapillárisok száma és a kapilláris/izomrost hányados. Subcelluláris szinten az izomrostok emelkedett mioglobintartalma, a mitokondriumok növekvő száma és működése, illetve a biológiai oxidációban részt vevő enzimek aktivitásának kifejezett fokozódása jellemző. A változások mértékét genetikai tényezők is meghatározzák. (SCOTT et al. 2001)

### 12.3.5. A terhelés során bekövetkező élettani változások

Dinamikus terhelés során, amelyet a vázizomzat nagy izomcsoportjainak tevékenysége jellemez (gyaloglás, futás stb.) nő a szimpatikus idegrendszer aktivitása, amelyet a posztzinaptikus neuronok fokozott epinefrin-termelése jellemez, emelkedik a plazma-renin-aktivitás, ugyanakkor csökken a paraszimpatikus idegrendszer aktivitása. Ezen változásokkal párhuzamosan nő a szívfrekvencia, a kontraktilitás, a vénás visszaáramlás és a szisztolés vérnyomás. A diasztolés vérnyomás alig változik, illetve a perifériás rezisztencia csökkenése okán a kiindulási érték alá csökken. A szívfrekvencia növekedése függ az edzettségi állapottól, nemtől, életkortól, illetve egyéb tényezőktől. Adott terhelési szint esetén 2 perc alatt a keringési paraméterek (szívfrekvencia, vérnyomás, verőtérfogat) állandó értéket vesznek fel (steady state). A szívfrekvencia és a verővolumen változása a perctérfogat növekedését eredményezi, amely a terhelés csúcán a kiindulási érték négy-ötszörösét is elérheti. A megnövekedett perctérfogat, illetve a keringő vérmennyiség redistribúciója biztosítja a vázizmok és a szív fokozott perfúzióját a cerebrális keringés viszonylagos állandósága mellett. A pulmonális keringés jelentős mértékben tud alkalmazkodni a perctérfogat növekedéséhez anélkül, hogy a kisvérköri nyomás viszonyai érdemben megváltoznának. A keringési rendszer fokozott teljesítménye az oxigénfogyasztás és a kilélegzett levegő szén-dioxid-koncentrációjának növekedése mellett valósul meg, amelynek mérése speciális körülmények között indokolt lehet (spiroergometria). A terhelés bizonyos szintjénél az oxigénfogyasztás eléri a maximális értéket, az arteriovenosus oxigénkülönbség tovább már nem növelhető, ekkor az izomműködés az aerob anyagcseréformáról az anaerob anyagcsereformára vált át, amelynek jele a tejsav felszaporodása az izmokban. A spiroergometria esetén mérjük az oxigénfogyasztást ( $\text{VO}_2$ ), a kilélegzett levegőben a szén-dioxid mennyiségét ( $\text{VCO}_2$ ), illetve a kettő hányadosát, amelyet légzési gázcserehányadosnak nevezünk (respiratory exchange ratio), ennek normálértéke egy alatt van, amennyiben az érték meghaladja az egyet, akkor az a fizikai teljesítőképesség határát elérő/meghaladó terhelésre utal. A spiroergometria során rögzítjük a kilélegzett levegő oxigén- és szén-dioxid-nyomását ( $\text{PO}_2$ ,  $\text{PCO}_2$ ) is, valamint a légzésszámot és a percventilációt. Az artériás vér oxigénszaturációját terhelés során legegyyszerűbben pulzoximéterrel mérhetjük. Az oxigénszaturáció egészséges egyénnél még különösen magas terhelési szint esetén sem csökken 5%-nál nagyobb mértékben.

A dinamikus terhelés nagyságának megítélése a metabolikus egység (*metabolic equivalent* – MET) segítségével történik, ezt a mutatót használjuk a különböző terhelési formák összehasonlítására is. 1 MET a nyugalomban, egy perc alatt mért oxigénfogyasztás testtömeg kilogrammra számolva ( $1 \text{ MET} = 3,5 \text{ ml O}_2 \text{ ml/kg/perc}$ ). A spiroergometria végzősekor mérjük az adott terhelési szinthez tartozó oxigénfogyasztást, más esetben számított oxigénfogyasztást adunk meg, amelyet a terhelés nagysága és a vizsgált egyén testsúlya

alapján határozzuk meg. A mért, illetve a számított oxigénfogyasztás alapján adjuk meg a teljesítményt MET-ben. (LORENZO et al. 2010)

## 12.4. A terheléses vizsgálat módszertana

### 12.4.1. A terheléses vizsgálat kivitelezése

A terheléses vizsgálat kivitelezése orvosi feladat. A vizsgálat elvégzését, felügyeletét és az értékelését végző orvosnak tisztában kell lennie a vizsgálat indikációjának, kontraindikációjának kérdéseivel, ismernie kell a kivitelezés és a szövődmények elhárításának módját.

A vizsgálatra érkező személy ne fogyasszon alkoholt, feketekávét, és ne dohányozzon a vizsgálatot megelőzően, amelyre optimálisan 2–3 órával az utolsó étkezést követően kerül sor. A terheléses EKG megkezdése előtt az anamnézis felvétele és a fizikális vizsgálat elvégzése kötelező. Rögzíteni kell, hogy a vizsgálat idején a személy milyen gyógyszeres kezelésben részesül.

A vizsgálatot levegős, lehetőleg légkondicionált helyiségben végezzük, ahol az esetleges szövődmények elhárításának feltételei adottak.

A járószőnyeg mellett lefekvésre szolgáló hely kialakítása célszerű, amit esetleges rosszullét esetén a beteg igénybe vehet. Szükséges, hogy a vizsgálóhelyiségbe ülőkocsi vagy hordágy betolható legyen. A resuscitációhoz használt eszközöknek (defibrillátor, Ambu ballon, tubus stb.), illetve az újraélesztésnél szükséges gyógyszereknek a terheléses laboratóriumban rendelkezésre kell állniuk. A defibrillátor működőképességét legalább havonta ellenőrizni kell.

Számos esetben a terheléses vizsgálat elvégzése ellenjavallt. Az abszolút és relatív ellenjavallatokat lentebb részletesen ismertetjük. Amikor a beteg teljesítőképessége erősen beszűkült, a terheléses EKG-vizsgálat helyett a funkcionális kapacitás lemerésére a hatperces sétatesztet (6-minute walk test) alkalmazzuk. A vizsgálat szívelégtelenség és/vagy súlyos perifériás érszűkület esetén jön szóba. A vizsgálat során a beteg saját maga határozza meg a járás sebességét, mérjük a 6 perc alatt teljesített távolságot, valamint regisztráljuk a tevékenység kapcsán észlelt tüneteket.

### 12.4.2. A terheléses EKG-vizsgálat ellenjavallatai

A terheléses EKG-vizsgálat elvégzésének abszolút és relatív ellenjavallatai vannak, amelyek megléte esetén a vizsgálat elvégzése fokozott kockázattal jár.

Abszolút ellenjavallatok:

- akut miokardiális infarktus (a betegség első két napján);
- magas rizikójú instabil angina pectoris esetén (progrediáló vagy EKG-eltéréssel kísért mellkasi fájdalom, emelkedett biomarkerszint esetén az instabil angina pectorist magas rizikójúnak tekintjük. Ugyancsak magas rizikójú a beteg, ha 75 évnél idősebb, és a mellkasi fájdalmat hipotónia, újonnan megjelenő szívzöreje vagy galoppitmus kíséri.);

- nem kontrollált ingerképzési zavarok esetén, amelyek tüneteket okoznak, és hemodinamikai következménnyel járnak;
- tüneteket okozó súlyos aorta stenosis (az aortabillentyű szűkülete);
- nem kezelt, panaszokat okozó szívelégtelenség;
- heveny pulmonális embólia, tüdőinfarktus;
- heveny aorta dissectio (aortarepedés);
- heveny szívizom- vagy szívburokgyulladás.

Relatív ellenjavallatok:

- ismert főtörzsszűkület;
- közepes súlyosságú billentyűszűkület;
- lényeges elektroliteltérések;
- súlyos hipertónia (a szisztolés vérnyomás  $> 200$  Hgmm, a diasztolés vérnyomás  $> 110$  Hgmm);
- tachy-, illetve bradyarrhythmia (túl gyors, illetve lassú rendszertelen szívverés);
- magas fokú AV-blokk;
- mentális vagy fizikai deficit, amely a terheléses vizsgálat végrehajtását nem teszi lehetővé.

### 12.4.3. A terheléses vizsgálat szakaszai

A terhelést megelőző vizsgálat részeként vérnyomást mérünk és tizenkét elvezetéses EKG-t készítünk. A terheléses vizsgálat alatti jó minőségű EKG-készítés előfeltétele a bőr megfelelő előkészítése (zsirtalanítás, esetleg a szőrzet borotválása). A végtagi elvezetéseket is a törzsön helyezzük el a mozgás okozta műtermékek zavaró hatásának kiküszöbölése érdekében (úgynevezett Mason–Likar-féle módosított tizenkét elvezetéses EKG).

A terheléses EKG-vizsgálat során ma már szinte kizárólag izotóniás, dinamikus terhelést alkalmazunk. A terhelést vagy elektromos fékezésű kerékpárral, vagy elektromos meghajtású járószőnyegen végezzük. Mindkét terhelési formát bemelegítéssel kezdjük, illetve levezetéssel fejezzük be. A bemelegítés során 1–2 perces időtartamig alacsony terhelést alkalmazunk, amelyet a terhelési protokolloknak megfelelő mértékben, meghatározott idő elteltével folyamatosan emelünk. A kerékpárterhelés során a terhelés nagyságát wattban, illetve kpm-ben (kilopond-méter) adjuk meg ( $1 \text{ watt} = 6 \text{ kpm}$ ). A terhelési szinteket az egyensúlyi állapot (*steady state*) elérését követően 2–3 perc elteltével emeljük. A járószőnyeg-terhelés esetén módunk van növelni az eszköz sebességét és merekségét úgy, ahogy azt az adott terhelési protokoll előírja. A *treadmill* protokollok közül a leggyakrabban a Bruce által javasolt terhelési forma használt. (BILLINGER et al. 2017)

### 12.4.4. A terheléses vizsgálat megszakítási indikációi

A terheléses vizsgálatot igyekszünk a vizsgált személy által elviselt legnagyobb terhelési szintig folytatni, kivéve, ha a vizsgálatnak valamilyen megszakítási indikációja jelentkezik, vagy ha a vizsgált személy a teszt befejezését kéri. Amennyiben megszakítási indikációt

nem észlelünk, a vizsgálatot az életkornak megfelelő maximális szívfrekvenciáig folytatjuk, amelyet úgy határozunk meg, hogy 220-ból kivonjuk a beteg életkorát. A vizsgálatot akkor tekintjük értékelhetőnek, ha a beteg az életkorának megfelelő szívfrekvencia 80–85%-át elérte (szubmaximális terhelés). A terhelés nagyságának megítélésére a Borg által javasolt beosztást is alkalmazhatjuk, amelynek során a beteg szubjektív megítélése alapján adja meg a terhelés nagyságának mértékét egy 20 fokozatú skála felhasználásával.

A terheléssel vizsgálatot abszolút és relatív indikációk alapján szakítjuk meg.

Abszolút megszakítási indikációk:

- a terhelési szint növekedése mellett a szisztolés vérnyomás 10 Hgmm-t meghaladó csökkenése, ha ehhez a myocardialis ischaemia (a szívizomzat oxigénhiányos állapota) egyéb tünete is társul;
- közepes vagy súlyos angina pectoris;
- centrális idegrendszeri tünetek (ataxia, szédülés, syncopéhoz hasonló rosszzullét);
- perfúziós zavarra utaló jelek (cianózis, elsápadás, sustained kamrai tachycardia);
- 1 mm-t elérő vagy meghaladó ST-eleváció olyan EKG-elvezetésben, ahol nincs patológiás Q-hullám;
- a vizsgált személy nem kívánja a teszt folytatását.

Relatív megszakítási indikációk:

- a terhelési szint növekedése mellett a szisztolés vérnyomás 10 Hgmm-t meghaladó csökkenése;
- 2 mm-t meghaladó ST-depresszió jelentkezése, a QRS-tengelyállás jelentős megváltozása;
- supraventricularis tachycardia, multifokális kamrai extrasystolia, vezetési zavar, bradyarrhythmia;
- szárblokk vagy intraventricularis vezetési zavar kialakulása;
- kifáradás, fulladás, lábfájdalom, bronchus obstrukciójára utaló tünetek;
- fokozódó mellkasi fájdalom;
- kóros tenzióválasz (szisztolés vérnyomás  $> 250$  Hgmm, diasztolés vérnyomás  $> 115$  Hgmm).

Az indikációk és kontraindikációk pontos figyelembevételével, a terhelés során a vizsgált személy gondos észlelésével a vizsgálat kockázata alacsony: egy széles körű felmérés során minden 2500 vizsgálatra esett egy komolyabb szövődmény (szívinfarktus, malignus kamrai ritmuszavar, halál). (STUART–ELLESTAD 1980)

#### 12.4.5. A terheléssel vizsgálat során monitorozott paraméterek

A terheléssel EKG-vizsgálat során számos keringési és egyéb paraméter követése szükséges. A monitorozott paraméterek három fő csoportba tartoznak: az EKG, a hemodinamikai adatok és a klinikai tünetek.



**EKG:**

- az ST-depresszió nagysága (mm);
- az ST-eleváció nagysága (mm);
- az ST-depresszió jellege (horizontális vagy lefelé irányuló);
- mely elvezetésekben jelentkezett ST-eltérés;
- az ST-eltérés fellépésének ideje;
- az ST-eltérés regressziójának ideje a terhelés befejezése után;
- ST/szívfrekvencia-index;
- a terhelés során jelentkező ingerképzési és/vagy -vezetési zavar.

**Hemodinamikai adatok:**

- a terhelés során elért szívfrekvencia;
- a terhelés során mért legmagasabb vérnyomás;
- a terhelés során bekövetkező tenzióesés;
- a terhelés ideje;
- a terhelés során észlelhető frekvenciaváltozás.

**Klinikai tünetek:**

- terhelés provokálta angina pectoris;
- a terhelés megszakítását igénylő mellkasi fájdalom;
- a mellkasi fájdalom fellépésének ideje.

Az ST-szakasz-eltérést a QRS befejeződése után (J pont) 60–80 ms-mal mérjük, és akkor tekintjük az ST-eltérést (depressziót) szignifikánsnak, ha eléri vagy meghaladja az 1 mm-t, valamint az ST-szakasz lefutása horizontális vagy lefelé irányuló.

A terheléses EKG-felvétel értékelése szempontjából a legfontosabb a V5 elvezetés. Az inferior elvezetésekben (II, III, aVF) jelentkező ST-eltérés sok esetben álpozitív, kevésbé megbízhatóan jelzi a koszorúér-betegséget. Gyakran előfordul tévedés, hogy az ST-eltérést mutató EKG-elvezetés alapján „lokalizálják” a szívizom-ischaemiát, és döntenek – többér-betegség esetén – a panaszokat okozó érelváltozásról (culprit laesio). A mindennapi tapasztalat ezt a feltételezést cáfolja csakúgy, mint az állatkísérletes adatok, amelyek alapján bizonyítható, hogy a testfelszínen észlelt ST-depresszió nem alkalmas az ischaemiás szívizomterület meghatározására. (LI et al. 1998)

A terhelés során jelentkező ST-eleváció ritka EKG-elváltozás, különösen, ha az eltérés olyan elvezetésben jelentkezik, ahol nincs patológiás Q-hullám. Súlyos – legtöbbször transmuralis – ischaemiát jelez, és a vizsgálat megszakítását teszi szükségessé. A patológiás Q-hullám mellett észlelt ST-eleváció gyakran dyskinetikus falmozgásra utal.

Egyes irodalmi adatok arra utaltak, hogy az alacsony szívfrekvencia mellett jelentkező ST-eltérés súlyosabb koszorúér-eltérést jelez. Az ST/HR-index számításával a vizsgálat érzékenységét próbálták javítani, de a nagyobb esetszámú vizsgálatokkal ezen módszer hasznosságát nem sikerült megerősíteni. (FROELICHER et al. 1998)

A terheléses EKG-vizsgálat eredményének összefoglalásakor a leletnek tartalmaznia kell azokat a legfontosabb adatokat, amelyeket a vizsgálat folyamán rögzítettek. Megadjuk a terhelés nagyságát (MET-ben), a terhelés előtt mért pulzusszámot és vérnyomást, valamint ezek maximális értékét, amit a terhelés során észleltünk. A leletnek tartalmaznia

kell a terhelés provokálta panaszokat, illetve tüneteket, a megfigyelt ST-eltérést vagy annak hiányát. Amennyiben ST-eltérést észleltünk, fel kell sorolni az ST-depresszió fel-lépésének idejét, azokat az elvezetéseket, ahol az eltérés kialakult, valamint a tünetek és az EKG-eltérés megszűnésének idejét.

#### 12.4.6. A kardiopulmonális (spiroergometriás) terheléses vizsgálat

A kardiopulmonális (spiroergometriás) terheléses tesztet (CPET) az utóbbi időben széles körben alkalmazzák a klinikusok az eddig nem diagnosztizált csökkent terheléstűrő képesség, terhelésre jelentkező tünetek, az élettani kapacitás, illetve ennek csökkenése diagnosztizálására. A spiroergometriás terheléses teszt mérésébe tartozik a légzési gázok cseréjének mérése, az oxigénfelvétel ( $\text{VO}_2$ ), a szén-dioxid-kilégzés ( $\text{VCO}_2$ ), a perc-térfogat (VE), ezen kívül az EKG monitorozása, a vérnyomásmérés, a pulzoximetria, főleg a tünetek által korlátozott maximális terhelés során; néhány esetben használ-ható egy standard munkavégzéses protokoll is. Amennyiben szükséges, akkor artériás vérgáz is meghatározható, amely részletesebb információt nyújt a tüdőbeli gázcseréről. (WASSERMAN–WHIPP 1975)

A spiroergometriás terheléses teszt egy globális képet nyújt a terhelés bírásáról a lég-zőszervben, kardiovaszkulárisan, a haematopoietikus rendszerben, neurofiziológiailag és az izomrendszerben is, ami nem feltétlenül tükröződik akkor, ha ezeket a rendszereket külön vizsgáljuk. Ezzel a nem invazív dinamikus és fiziológiás vizsgálattal lehetséges végigkövetni a szubmaximális és maximális terhelésre adott választ, és fontos informá-ciót nyújt a klinikai értékeléshez. (SUE–WASSERMAN 1991)

A spiroergometriás terheléses teszt fokozódó használatát elősegítette a technológiai fejlődés, az automata terheléses vizsgálórendszerek, a fejlettebb adatgyűjtési és szervezeti egységek, valamint a kutatás-fejlesztés a terhelés élettanában. (KILLIAN et al. 1992)

A spiroergometriás terheléses teszt célja, hogy a szervezetet és a szervrendszereket értékelje egyre növekedő fizikai terhelés hatására, ezért a mérés a nagy izomcsoportokra korlátozódik, általában az alsóvégtagi izmokra, például futáskor a futószőnyegen vagy kerékpározás közben. Általában az a leghatásosabb, ha fokozatosan növekvő izommunka-protokollt alkalmazunk, hogy a terhelésintenzitások összehasonlíthatók legyenek rövid idő alatt. A technológiai haladás elősegítette, hogy elégséges adatsűrűség jöhessen létre egy megfelelően tervezett tesztnél kevesebb, mint 20 perc alatt, amibe beletartozik a pihenés, a terhelés nélküli és a fokozatosan növekvő terheléses gyakorlat is. (HAMILTON et al. 1995)

##### 12.4.6.1. A spiroergometriás vizsgálat kivitelezése

A spiroergometriás terheléses vizsgálatot a számított maximális szívfrekvencia 75–100%-áig vagy tünetlimitáltan végzik. A terhelést három percig 2,7 km/h sebességgel és 10% me-redekséggel kezdjük, majd három percenként mind a sebességet (4,0–5,4–6,7–8,0 km/h), mind a meredekséget (12–14–16–18%) növeljük a szubmaximális, maximális frekvencia eléréséig, illetve a toleranciaszintig.

A spiroergometriás terheléses vizsgálatot SCHILLER CS 200 Ergo-Spirometry (Ganshorn Medizin Electronic, Baar, Switzerland) metabolikus mérőegységgel végezzük, és légvételtől légvételre mérjük az oxigénfogyasztást, a szén-dioxid-termelést, a ventilációt és a szívfrekvenciát. A gázcsere-paraméterek alapján határozzuk meg az anaerob küszöböt, amihez három különböző módszert használunk.

A terhelés alatt folyamatosan készítünk EKG-t, regisztráljuk a légzés és a gázcsere paramétereit, illetve a vérgázok alakulását. A terhelést megelőzi egy hagyományos spirometriás vizsgálat, a maximális akaratlagos percventiláció (MVV) meghatározására. A terhelés során a kilégtett levegőben az  $O_2$  és a  $CO_2$  koncentrációjának meghatározása légvételtől légvételre a gázminta analízise útján történik. Az online feldolgozott adatok a vizsgálat közben digitális és grafikus formában folyamatosan megjeleníthetők.

A terhelések során a következő paramétereket értékelik ki, illetve hasonlítják össze:

- percventiláció (VE): az egy perc alatt belégtett levegő térfogata;
- oxigénfogyasztás ( $VO_2$ ) és szén-dioxid-termelés ( $CO_2$ ): a belégtett és kilégtett levegőben mért gázkoncentrációk különbségéből és a légzési volumenből számíthatók;
- metabolikus ekvivalens (MET): a terhelés intenzitásának az egysége (3,5 ml/tskg/min oxigénfogyasztás);
- maximális oxigénfogyasztás ( $VO_{2max}$ ): az a legnagyobb oxigénfogyasztás, amely a terhelés további fokozásával nem növelhető;
- respiratorikus kvóciens (RQ vagy RER): a szén-dioxid-termelés és az oxigénfogyasztás hányadosa;
- anaerob vagy légzési küszöb (AT): az a terhelési szint, amikor a metabolizmus anaerob arányba terelődik el, amikor a  $VCO_2$  értéke a  $VO_2$ -értékhez képest jelentősen megnövekszik;
- EKG: nyugalmi állapotban és a terhelés folyamán;
- szívfrekvencia: ütés/perc monitorozása a vizsgálat folyamán;
- RR: folyamatos vérnyomás-monitorozás;
- légzésfrekvencia: légzés/perc folyamatosan a vizsgálat alatt.

## 12.5. Az edzettség hatása a hőtűró képességre

A mindennapi tevékenységre jellemző a terhelés szakaszos teljesítése. A kondíció fenntartásában és az edzettség növelésében nélkülözhetetlen a szakaszos, azaz az intermittáló tréning elvégzése. A szakaszos terhelés során a szervezet egyaránt hasznosítja mind az aerob, mind az anaerob energiaforrásait. (WILLMOTT et al. 2016)

A terhelés megkezdésével közvetlenül fokozódik az izomsejtek oxigénfelvétele. Az összoxigén-kapacitás 2 mmol  $O_2$ /kg, hozzávetőlegesen 900 ml-t jelent egy jól edzett személy számára, akinek az izomtömege kb. 20 kg. Az aerob energiatermelés mellett az izomsejtek anaerob energiatermelést is végeznek, ami a viszonylagos oxigénéltelenséggel magyarázható. (BAHR 1992) Ez a viszonylagos oxigénhiány a terhelés utáni állapotban fokozott oxigénfelvételt eredményez (oxigénadósság), ami a terhelés intenzitásának, illetve időtartamának függvényében akár óráig is eltarthat. Ez azt jelenti, hogy amennyiben a szakaszos terhelés közötti pihenési idő nem megfelelő hosszúságú, a fokozott oxigénfelvétel belenyúlik a következő terhelési szakaszba. (GARRETT et al. 2014) Amennyiben

a terhelés szakaszok azonos intenzitásúak, és rendszeresen követik egymást, az izomsejtek oxigénfelvétele gyorsabban és erőteljesebb ütemben növekszik. Az oxigénfelvétel ismételt terhelés szakaszok esetében szignifikánsan alacsonyabb, mint az oxigénigény. Ez oxigénhiányhoz vezet, amelynek eredményeként a terhelés utáni időszakban az oxigénfelhasználás a pihenési szakaszban magasabb, mint nyugalmi állapotban. Ezt a jelenséget „oxigéntörlesztésnek” hívják. Terhelés után a szervezet fokozott mértékben próbálja re-szintetizálni a felhasznált adenosin-trifoszfátot (ATP) és a kreatin-foszfátot (CrP), illetve fokozza a felhalmozódott tejsav metabolizmusát az izomsejtekben. Néhány másodpercig tartó intermittáló terheléseknek is van oxigénfelvételt fokozó hatása. Az aerob rendszer aktivitásának egyik jele a szívfrekvencia gyors emelkedése. Emellett ezen egyéneknél magasabb hemoglobin- és eritropoetinkoncentráció, illetve alacsonyabb laktátszint és hipoxantin-akkumuláció volt látható. (EPSTEIN–MORAN 2006)

Az intermittáló terhelés során a szérumban a laktát szintje magasabbnak bizonyult, mint a folyamatos terhelés során. (ESSÉN et al. 1977) Az ATP- és CrP-szintek ingadozása nagyobb mértékű volt szakaszos terhelésnél, míg folyamatos terhelés esetében egyenletesebb értéket mutattak. Intermittáló terhelés során csökken a glikolízis aránya, ami a foszforiláz és a foszfofruktokináz enzim aktivitásának csökkenésével magyarázható. A glikolízis gyengülésében a citosolikus citrát akkumulálása is szerepet játszik, amely penetrál a mitokondriumokba, és ezzel jelentős metabolikus változásokat okoz. (BANGSBO et al. 1992)

A folyamatos terhelés rövid időn belül fáradtsághoz vezet, szemben az intermittáló terheléssel, amely akár órákig is kivitelezhető. A glikogénfelhasználás és a tejsavképződés magasabb folyamatos terhelés esetében, mint intermittáló terhelésnél. A vázizom glikogénmennyisége mind a folyamatos, mind az intermittáló terhelésben egyaránt csökkent. A zsíroxidáció aránya intermittáló terhelés esetében magasabb, mint a folyamatos terhelésnél. A folyamatos terhelés során a lassan összehúzódó vázizomrostok aktiválódnak, míg az intermittáló terhelésnél mind a gyors, mind a lassú összehúzódású izomrostok részt vesznek. (DANFORTH 1965) Ennek fontos szerepe van az edzés meghatározásában, mivel intermittáló terheléssel aktiválni lehet a gyors összehúzódású izomrostokat, amelyekre az intenzív glikolízis a jellemző. Extrém fizikai terhelés esetében az elsődleges energiaforrások a kreatin-foszfát (CrP), az ATP és az anaerob glikolízis. A CrP és az ATP néhány perc pihenés alatt újraképződik, de a vázizomzat glikogénraktárai folyamatosan csökkennek, mivel a glikogénképződés jelentősen elmarad a pihenés alatt. (GUY et al. 2015) A szakaszos terhelés aktív fázisában a főbb energiaforrások a CrP és a glikogén. Nyugalmi fázisban az izomsejtek vérből történő zsír- és glükózfelvétele fokozódik. A zsíroxidáció fontosságát, intermittáló terhelés során, jelzi a  $\beta$ -oxidatív enzim  $\beta$ -hiroxiacil-CoA-dehidrogenáz aktivitásának emelkedése az anaerob szakasz után. (BOSCE et al. 1995)

A szakaszos terhelés során kialakuló fáradtság patogenezisében több tényező játszik szerepet. Szerepet játszik a fáradtság kialakulásában a vázizomsejtek glikogénraktárainak kimerülése, ami hosszabb ideig tartó intermittáló terhelés következtében alakul ki. Ezt alátámasztani látszik az a tény, hogy a terhelést megelőzően szénhidrátokban gazdag étrend növeli a terhelhetőséget, és csökkenti a fáradtságérzés kialakulását, illetve az intermittáló terhelés időtartama szénhidrátbevitellel növelhető. (CHASE–KUSHMERICK 1988)

Az utóbbi évtizedekben tapasztalható globális felmelegedés miatt az emberek mindennapi tevékenységük során fokozott hőterhelésnek vannak kitéve. Ennek hatására a szervezetükben felborulnak a metabolikus folyamatok, a víz-, elektrolit- és sav-bázis háztartás,

csökken a koncentrációs képességük, és megnő a kardiovaszkuláris események kockázata. Ezen kórélettani változások összessége veszélyezteti egészségi állapotukat, sőt súlyos esetekben akár az egyének életét is. Megfelelő edzettséggel ezen kóros állapotok kialakulása nagymértékben csökkenthető, javul az egyén hőtoleranciája, valamint a mindennapi tevékenységüket könnyebben tudják elvégezni.

## Felhasznált irodalom

- ADOLPH, E. F. (1947): *Physiology of Man in the Desert*. New York, Intersciences.
- BAHR, R. (1992): Excess postexercise oxygen consumption – magnitude, mechanisms and practical implications. *Acta Physiologica Scandinavica Suppl.*, Vol. 605. 1–70.
- BANGSBO, J. – GRAHAM, T. – JOHANSEN, L. – STRANGE, S. – CHRISTENSEN, C. – SALTIN, B. (1992): Elevated muscle acidity and energy production during exhaustive exercise in humans. *American Journal of Physiology*, Vol. 263, No. 4. R891–R899. DOI: <https://doi.org/10.1152/ajpregu.1992.263.4.R891>
- BIGLAND-RITCHIE, B. – WOODS, J. J. (1994): Changes in muscle contractile properties and neural control during human muscular fatigue. *Muscle Nerve*, Vol. 7, No. 9. 691–699. DOI: <https://doi.org/10.1002/mus.880070902>
- BILLINGER, S. – VIDONI, E. – MORRIS, J. – THYFAULT, J. – BURNS, J. (2017): Exercise Test Performance Reveals Evidence of the Cardiorespiratory Fitness Hypothesis. *Journal of Aging and Physical Activity*, Vol. 25, No. 2. 240–246. DOI: <https://doi.org/10.1123/japa.2015-0321>
- BOSCE, L. – ARAGON, J. J. – SOLS, A. (1995): Modulation of muscle phosphofructokinase at physiological concentration of enzyme. *Journal of Biological Chemistry*, Vol. 260, No. 4. 2100–2107.
- BRADE, C. – DAWSON, B. – WALLMAN, K. (2013): Effect of precooling on repeat sprint performance in the heat. *Journal of Sports Sciences*, Vol. 31, No. 7. 779–786. DOI: <https://doi.org/10.1080/02640414.2012.750006>
- CANDAS, V. – LIBER, P. – VOGT, J. J. (1983): Sweating and sweat decline of resting men in hot humid environments. *European Journal of Applied Physiology*, Vol. 50, No. 2. 223–234. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00422161>
- CASA, D. J. (1999): Exercise in the heat. I. Fundamentals of thermal physiology, performance implications, and dehydration. *Journal of Athletic Training*, Vol. 34, No. 3. 246–252.
- CASABURI, R. – PATESSIO, A. – IOLI, F. – ZANABONI, S. – DONNER, C. F. – WASSERMAN, K. (1991): Reductions in exercise lactic acidosis and ventilation as a result of exercise training in patients with obstructive lung disease. *The American Review of Respiratory Disease*, Vol. 143, No. 1. 9–18. DOI: <https://doi.org/10.1164/ajrccm/143.1.9>
- CHALMERS, S. – ESTERMAN, A. – ESTON, R. et al. (2014): Short-term heat acclimation training improves physical performance: a systematic review, and exploration of physiological adaptations and application for team sports. *Sports Medicine*, Vol. 44, No. 7. 971–988. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0178-6>
- CHASE, P. B. – KUSHMERICK, M. J. (1988): Effects of pH on contraction of rabbit fast and slow skeletal muscle fibers. *Biophysical Journal*, Vol. 53, No. 6. 935–946. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0006-3495\(88\)83174-6](https://doi.org/10.1016/S0006-3495(88)83174-6)

- DANFORTH, W. H. (1965): Activation of glycolytic pathway in muscle. In CHANCE, B. – ESTRABROOK, B. W. – WILLIAMSON, J. R. eds.: *Control of energy metabolism*. New York, Academic Press. 287–297. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-1-4832-3161-7.50039-2>
- DICKHUTH, H. H. (2005): *Sportélettan, sportorvostan*. Budapest, Dialóg Campus.
- DRAPER, E. S. – LOMBARDI, J. J. (1986): *Combined Arms in a Nuclear/Chemical Environment: Force Development, Testing and Experimentation, Summary Evaluation Report, Phase I*. Fort McClellan, US Army Chemical School.
- EPSTEIN, Y. – MORAN, D. S. (2006): Thermal comfort and the heat stress indices. *Industrial Health*, Vol. 44, No 3. 388–398. DOI: <https://doi.org/10.2486/indhealth.44.388>
- ESSÉN, B. – HAGENFELDT, L. – KAUJER, L. (1977): Utilisation of blood-borne and intramuscular substrates during continuous and intermittent exercise in man. *Journal of Physiology*, Vol. 265, No. 2. 489–506. DOI: <https://doi.org/10.1113/jphysiol.1977.sp011726>
- FROELICHER, V. F. – LEHMANN, K. G. – THOMAS, R. – GOLDMAN, S. – MORRISON, D. – EDSON, R. – LAVORI, P. – MYER, J. – DENNIS, C. – SHABETAI, R. – DAT DO – FRONING, J. (1998): The electrocardiographic exercise test in a population with reduced workup bias: diagnostic performance, computerized interpretation, and multivariable prediction. Veterans Affairs Cooperative Study in Health Services #016 (QUEXTA) Study Group. Quantitative Exercise Testing and Angiography. *Annals of Internal Medicine*, Vol. 128. 965–974. DOI: [https://doi.org/10.7326/0003-4819-128-12\\_Part\\_1-199806150-00001](https://doi.org/10.7326/0003-4819-128-12_Part_1-199806150-00001)
- GAO, J. – REN, J. – GULVE, E. – HOLLOSZY, J. O. (1994): Additive effect of contractions and insulin on GLUT-4 translocation into the sarcolemma. *Journal of Applied Physiology*, Vol. 77. 1597–1601. DOI: <https://doi.org/10.1152/jappl.1994.77.4.1597>
- GARRETT, W. E. – KIRKENDALL, D. T. (2000): *Exercise and Sport Science*. London, Lippincott Williams and Wilkins.
- GARRETT, A. T. – GOOSENS, N. G. – REHRER, N. J. – PATTERSON, M. J. – HARRISON, J. – SAMMUT, I. – COTTER, J. D. (2014): Short-term heat acclimation is effective and may be enhanced rather than impaired by dehydration. *American Journal of Human Biology*, Vol. 26, No. 3. 311–320. DOI: <https://doi.org/10.1002/ajhb.22509>
- GREENLEAF, J. E. (1992): Problem: Thirst, drinking behavior, and involuntary dehydration. *Medicine and Science in Sports and Exercises*, Vol. 24, No. 6. 645–656. DOI: <https://doi.org/10.1249/00005768-199206000-00007>
- GREENLEAF, J. E. (1994): Environmental issues that influence intake of replacement beverages. In MARRIOTT, B. M. ed.: *Fluid Replacement and Heat Stress*. Washington, D. C., National Academy Press. 195–214.
- GUY, J. – DEAKIN, G. – EDWARDS, A. – MILLER, C. – PYNE, D. (2014): *Adaptation to Hot Environmental Conditions: An Exploration of the Performance Basis, Procedures and Future Directions to Optimise Opportunities for Elite Athlete*. Cham, Springer International Publishing Switzerland. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0277-4>
- GUY, J. H. – DEAKIN, G. B. – EDWARDS, A. M. – MILLER, C. M. – PYNE, D. B. (2015): Adaptation to hot environmental conditions: an exploration of the performance basis, procedures and future directions to optimise opportunities for elite athletes. *Sports Medicine*, Vol. 45, No. 3. 303–311. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0277-4>
- GUYTON, A. C. (1996): Body temperature, temperature regulation and fever. In *Textbook of medical physiology*. Philadelphia, WB Saunders Co. 911–922.



- HAMILTON, A. L. – KILLIAN, K. J. – SUMMERS, E. – JONES, N. L. (1995): Muscle strength, symptom intensity, and exercise capacity in patients with cardiorespiratory disorders. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, Vol. 152, No. 6. 2021–2031. DOI: <https://doi.org/10.1164/ajrccm.152.6.8520771>
- HOUGHTON, J. T. – DING, Y. – GRIGGS, D. J. – NOGUER, M. – LINDEN, P.J. VAN DER – DAI, X. – MASKELL, K. – JOHNSON, C. A. eds. (2001): *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*. Cambridge, Cambridge University Press.
- JOHNSON, J. M. – PROPPE, D. W. (1996): Cardiovascular adjustments to heat stress. In FREGLEY, M. J. – BLATTEIS, C. M. eds.: *Handbook of Physiology, Section 4: Environmental Physiology*. New York, Oxford University Press. 215–243.
- KILLIAN, K. J. – LEBLANC, P. – MARTIN, D. H. – SUMMERS, E. – JONES, N. L. – CAMPBELL, E. J. (1992): Exercise capacity and ventilatory, circulatory, and symptom limitation in patients with chronic airflow limitation. *American Review of Respiratory Disease*, Vol. 146, No. 4. 935–940. DOI: <https://doi.org/10.1164/ajrccm/146.4.935>
- LAC, G. – CHAMOUX, A. (2003): Elevated salivary cortisol levels as a result of sleep deprivation in a shift worker. *Occupational Medicine*, Vol. 53, No 2. 143–145. DOI: <https://doi.org/10.1093/occmed/kqg028>
- LENZTE, M. J. (1995): Molecular and cellular aspects of hydrolysis and absorption. *The American Journal of Clinical Nutrition*, Vol. 61, No. 4. 946S–951S. DOI: <https://doi.org/10.1093/ajcn/61.4.946S>
- LI, D. – LI, C. Y. – YONG, A. C. – KILPATRICK, D. (1998): Source of electrocardiographic ST changes in subendocardial ischemia. *Circulation Research*, Vol. 82, No. 9. 957–70. DOI: <https://doi.org/10.1161/01.RES.82.9.957>
- LIND, A. R. (1963): A physiological criterion for setting thermal environmental limits for everyday work. *Journal of Applied Physiology*, Vol. 18. 51–56. DOI: <https://doi.org/10.1152/jappl.1963.18.1.51>
- LORENZO, S. – HALLIWILL, J. R. – SAWKA, M. N. et al. (2010): Heat acclimation improves exercise performance. *Journal of Applied Physiology*, Vol. 109, No. 4. 1140–1147. DOI: <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00495.2010>
- LUNDGREN, K. (2014): *How will Climate Change Working Life?* Lund, Lund University.
- MCLELLAN, T. M. – CHEUNG, S. S. (2000): Impact of fluid replacement on heat storage while wearing protective clothing. *Ergonomics*, Vol. 43, No. 12. 2020–2030. DOI: <https://doi.org/10.1080/00140130050201454>
- PACHAURI, R. – MEYER, L. (2014): *Climate Change 2014*. Elérhető: [www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/AR5\\_SYR\\_FINAL\\_Front\\_matters.pdf](http://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/AR5_SYR_FINAL_Front_matters.pdf) (A letöltés dátuma: 2020. 01. 23.)
- PANDOLF, K. B. – STROSCHER, L. A. – DROLET, L. L. – GONZALEZ, R. R. – SAWKA, M. N. (1986): Prediction modeling of physiological responses and human performance in the heat. *Computers in Biology and Medicine*, Vol. 16, No. 5. 319–329. DOI: [https://doi.org/10.1016/0010-4825\(86\)90001-6](https://doi.org/10.1016/0010-4825(86)90001-6)
- RANDLE, P. J. – GARLAND, R. B. – HALES, C. N. – NEWSHOLME, E. A. (1963): The glucosefatty acid cycle: its role in insulin sensitivity and the metabolic disturbances of diabetes mellitus. *The Lancet*, No. 1. 785–789. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(63\)91500-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(63)91500-9)



- SATO, K. – DOBSON, R. L. (1970): Regional and individual variations in the function of the human eccrine sweat gland. *The Journal of Investigative Dermatology*, Vol. 54, No. 6. 443–449. DOI: <https://doi.org/10.1111/1523-1747.ep12259272>
- SAWKA, M. N. – YOUNG, A. J. – FRANCESCONI, R. P. – MUZA, S. R. – PANDOLF, K. B. (1985): Thermoregulatory and blood responses during exercise at graded hypohydration levels. *Journal of Applied Physiology*, Vol. 59, No. 5. 1394–1401. DOI: <https://doi.org/10.1152/jappl.1985.59.5.1394>
- SAWKA, M. N. – GONZALEZ, R. R. eds. (1988): *Human performance physiology and environmental medicine at terrestrial extremes*. Dubuque, IA, Brown and Benchmark.
- SCOTT, W. – STEVENS, J. – BINDER-MACLEOD, S. A. (2001): Human skeletal muscle fiber type classifications. *Physical Therapy*, Vol. 81, No. 11. 1810–1816. DOI: <https://doi.org/10.1093/ptj/81.11.1810>
- SUE, D. Y. – WASSERMAN, K. (1991): Impact of integrative cardiopulmonary exercise testing on clinical decision making. *Chest*, Vol. 99, No. 4. 981–992. DOI: <https://doi.org/10.1378/chest.99.4.981>
- TAYLOR, N. A. S. – COTTER, J. D. (2006): Heat adaptation: guidelines for the optimization of heat performance. *International SportMed Journal*, Vol. 7, No. 1. 33–57.
- WASSERMAN, K. – WHIPP, B. J. (1975): Exercise physiology in health and disease. *The American Review of Respiratory Disease*, Vol. 112, No. 2. 219–249.
- WILLMOTT, A. G. – GIBSON, O. R. – HAYES, M. – MAXWELL, N. S. (2016): The effects of single versus twice daily short term heat acclimation on heat strain and 3000 m running performance in hot, humid conditions. *Journal of Thermal Biology*, Vol. 56. 59–67. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2016.01.001>
- ZOELLNER, D. – BREARLEY, M. – OPPERMAN, E. (2017): Regional disparities in apprentice attrition rates: heat and quarter four's significance in northern Australia. *International Journal of Training Research*, Vol. 15, No. 2. 179–195. DOI: <https://doi.org/10.1080/14480220.2017.1312694>

Vákát oldal

## 13. fejezet

### A klímaváltozás hatásai a Barents Euro-sarkvidéki régióban

*Márton Andrea*<sup>1</sup>

#### 13.1. Bevezetés

Az Északi-sark régió a hidegháború időszakának lezárulta után geopolitikai és geostratégiai értelemben feledésbe merült. A térség iránti megújuló érdeklődés elsősorban a 21. század első évtizedeiben bekövetkező globális felmelegedés okozta éghajlatváltozás hatásainak következtében megnyíló új gazdasági lehetőségeknek köszönhető.

Az éghajlatváltozás hatásai miatt a sarkvidék természetes környezete megváltozik, és ennek következtében a stratégiai környezet jelentős változáson megy keresztül, ugyanakkor nem világos, hogy az egyes korábban kidolgozott különböző lehetséges forgatókönyvek közül melyik fog megvalósulni. Ez azt is jelenti, hogy a korábban elhangzott jóslatokról, amelyek számos gazdasági előnnyel kecsegtettek, kiderült, hogy túlzottan optimisták. A már eddig lezajlott változások és az ezután bekövetkezők a következő években és évtizedekben jelentős hatást gyakorolnak majd Európa biztonságára. Mivel az elmúlt időszakban számos tanulmány, cikk, tudósítás látott napvilágot az Északi-sark természetes élővilágának változásairól, illetve az éghajlatváltozás hatásairól, úgy gondoltam, hogy kiemelem a Barents Euro-sarkvidéki régiót, és bemutatom az itt végbement változásokat. Ez a térség számunkra azért is fontos, mert négy ország területén található, és egyben az európai kontinens legészakibb területe is. Továbbá azért is, mert számos őshonos népcsoport él a területen, akiknek életmódja, kultúrája szorosan kötődik az Északi-sarkhoz. A vizsgált területen bekövetkező változásokat pedig gazdasági, politikai, jogi és biztonsági aspektusokból is szükséges elemezni.

Úgy gondolom, hogy a Barents Euro-sarkvidéki régió létrejött és a következő években létrejövő változásai meghatározzák Norvégia, Svédország, Finnország és Oroszország északi területeinek és ezzel együtt Európa biztonságát is. Ez teljes összhangban van azokkal a célkitűzésekkel, amelyeket a Hadtudományi Kollégium fogalmazott meg a következő évek kutatási irányaira. (BODA et al. 2016)

---

<sup>1</sup> ORCID: 0000-0002-4216-4797, [andrimarton@gmail.com](mailto:andrimarton@gmail.com)

### 13.2. A Barents Euro-sarkvidéki régió

A Barents Euro-sarkvidéki régió Norvégia, Svédország, Finnország és Északnyugat-Oroszország legészakibb részén 1 755 800 km<sup>2</sup>-en terül el. A terület a 2015-ben készült adatok szerint 5,3 milliós lakossággal rendelkezik. (*Barentsobserver* s. a.)



13.1. ábra

*Barents Euro-sarkvidéki régió*

*Forrás: szerkesztette a szerző a BarentsObserver (s. a.) alapján*

A terület éghajlati adottságait részben meghatározza a Golf-áramlat, amely miatt a terület melegebb, mint a hasonló szélességi fokon elhelyezkedő térségek. Ugyanakkor meg kell említeni, hogy a régió részei a gleccserek, a permafroszt területek és a tipikus északi-sarki környezet. Ökológiailag azonban egy változatos területről beszélünk, amelynek 54%-át északi erdők, 20%-át a tundra, a többi részét pedig gleccserek, széles édesvízi ökoszisztémák és nyitott lápos területek teszik ki. (*AMAP* 2012) A Barents-tenger mintegy 200 halfajtának, illetve számos tengeri emlősnek és a partjain sokféle madárfajnak ad otthont. A tengerpartokon található a világ legnagyobb tengerimadár-költőhelyei, amelyek védettek. A terület gazdag különböző megújuló és nem megújuló energiaforrásokban, gazdasága alapjait az erdőgazdálkodás, a halászat, a bányászat, a mezőgazdaság és az olaj- és földgázipar adja. Nem elhanyagolható az utóbbi években a turizmus fejlődése sem, amely részben a helyi, részben pedig az őshonos népek tevékenységeire épül. A Barents Euro-sarkvidéki régióban élő őshonos népek életmódja, kultúrája és hiedelemvilága is szorosan kapcsolódik a természeti környezethez. Az éghajlatváltozás hatásainak következményeként számos szociális, gazdasági, politikai és környezeti hatással kell számolnunk. Az egyes hatások akár rövid, mások viszont csak hosszú távon jelezhetők előre. Általánosságban elmondható, hogy az egyes szociális és környezeti hatások egy időben, komplexen jelentkeznek, és így elmond-

ható, hogy az általuk keltett szinergiák nehezen kezelhetőek, és számos együttműködésre van szükség a megoldásukhoz. Mindazonáltal elmondható, hogy az éghajlatváltozás által létrehozott szociális és gazdasági hatások példa nélküliek a régió történetében. Az egyes részt vevő államok által elfogadott adaptációs stratégiák és a hozzájuk kapcsolódó fejlesztési elképzelések mindegyike regionális, nemzeti és nemzetközi kontextusban határozza meg a célokat és a lehetőségeket. Az adaptációs stratégiák rövid távú, fő prioritásként határozzák meg a Barents Euro-sarkvidéki régióban az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentését mint az éghajlatváltozás fő kiváltó okát. A dokumentumok hosszú távú fejlesztési célként fogalmazzák meg a fenntartható fejlődést, az emberi jogok és ezzel együtt az őshonos népek jogainak érvényesítését. Ugyanakkor a dokumentumok mindegyike jelzi, hogy a párizsi klímaegyezményben megfogalmazott célkitűzések megerősítik az éghajlatváltozás hatásainak csökkentése érdekében tett kötelezettségvállalásokat és a fenntartható fejlődésre vonatkozó politikai, gazdasági és környezetvédelmi szakpolitikákat.

Ahogy elmondható általánosságban az Északi-sark régióról, hogy az éghajlatváltozás számos környezeti változást hoz létre, éppen úgy elmondható és leírható ez a Barents Euro-sarkvidéki régióról is. A tanulmányomban ezért a főbb környezeti változásokat csak utalás szintjén mutatom be, míg az általuk létrehozott vagy kiváltott gazdasági és szociális változásokat és lehetőségeket részletesen be fogom mutatni.

### **13.2.1. Környezeti és szociális és gazdasági változások és hatások**

A régióban az éghajlatváltozás hatására lezajló környezeti változások mindegyike jól ismert már: az extrém magas hőmérséklet, a tengerszint emelkedése, a hóval borított napok számának csökkenése a sarki jégtakaró elvékonyodása és csökkenése, a permafroszt olvadása. Ugyanakkor a környezeti változások hatására létrejövő változások, amelyek egy része a szociális tényezőkkel van összefüggésben, más része pedig gazdasági vonatkozású, mint például a beruházások létrejötte, a technológiai fejlődés, a természeti erőforrások iránt megnövekedett kereslet és az energiafelhasználás emelkedése, valamint a kormányközi együttműködések, még nem minden esetben előre látható folyamatok. A Barents Euro-sarkvidéki régiót kívülről érő hatások (migráció, a szén-hidrogén-kitermelés növekedése) is egyre fontosabbakká válnak a jövőben. Mindenesetre elmondható, hogy a régiót érő hatások összeadódnak, és súlyosbíthatják a régióban élő közösségeket érő kihívásokat. Ezek a hatások a jövőben még erőteljesebben meg fogják határozni a környezet, az emberi jogok, a fejlődés és az adaptációs stratégiák sikerességét. A térségben a gazdasági fejlődést jelentősen meghatározta a tengeri jég vastagsága, illetve a jéggel borított napok száma. Ennek alapvető oka az volt, hogy a használt technológiák kialakítása számolt a jeges napok számával, ugyanakkor a jelenlegi jégmentes időszakokban felerősödő tengeri viharok kihívásként jelentkeznek számos gazdasági ágazatban. Számos iparág érintett lesz, mint például a bányászat. A régióban a bányászat már régóta a legfontosabb iparág sokféle szereplővel, és számos olyan hatást gyakorol a társadalomra és a gazdaságra, amelynek nem csak regionális kihatásai vannak. A Barents Euro-sarkvidéki régióban található bányászati terület stratégiai szerepet tölt be az ásványi anyagokat előállító európai iparban. A bányászati tevékenységeket nemcsak az éghajlatváltozás hatásai befolyásolják, hanem olyan tényezők is, mint az ásványi anyagok és a fémek iránti kereslet. Mindezek együttesen meg-

határozzák a fejlesztési lehetőségeket. Bár Svédországban és Finnországban a szabályozás hasonló, az egyes környezetvédelmi hatásvizsgálatok követelményei rendkívül szigorúak, mégis a bányászat környezetre gyakorolt hatásait csak hosszú távon lehet meghatározni.

A fejlődő turizmusnak és a hozzá kapcsolódó iparágaknak is reagálnia kell a környezeti változásokra. A változás legszembetűnőbb része a hagyományos téli sportágak és turisztikai tevékenységek háttérbe szorulása. A megváltozott környezetben a hosszabodó hó és jégmentes időszakokban egyre fontosabbá válnak a nyári idegenforgalmi tevékenységek, köztük is a kirándulási céllal igénybe vett hajózás. A turistalátványosságok közé tartozó nemzeti parkok és erdők, valamint a házasított rénszarvasok tenyésztéséhez kapcsolódó szolgáltatásoknak szintén alkalmazkodni kell az éghajlatváltozás hatásaihoz, hiszen a növekvő hőmérséklet a gyorsan olvadó hó nemcsak turisztikai látványosság, hanem veszélyeket is rejt magában. Az erdők termelékenysége nő, ez fontos az ipari nyersanyagok előállítására szolgáló erdőkben, azonban növeli azokban az erdőkben a beavatkozások szükségességét, ahol a turisták járhatnak. Az erdőgazdálkodás szempontjából azonban a régióban a melegedő időjárásnak az is a következménye, hogy olyan helyeken is megjelennek az erdős területek, ahol korábban nem voltak. Ennek a ténynek az erdészetek csak részben örülnek, mert számos a régióban nem őshonos fafajta is megjelenik, amelyek kiszorítják az őshonos növényfajtaikat. Ugyanakkor a melegedő időjárás számos kártevő túlélését is biztosítja, valamint növeli a betegségek és a tűzvészek kockázatát. Emellett az eddigi rénszarvaslegelők is károsodnak, hiszen számos fűfajta nem tud alkalmazkodni a változó éghajlati viszonyokhoz, így ezek eltűnnek a legelőkről. A fagyott legelők gyors felolvadása azt is jelenti, hogy olyan növénytakaságok tűnnek el az adott területről, amelyek feltétlenül szükségesek a legeltető állattenyésztés fenntartásához. Azonban a hagyományos rénszarvastenyésztést nemcsak a melegedő éghajlat, hanem a városiasodás, az iparosodás és az infrastrukturális fejlesztések is komoly nyomás alá helyezik. Ezzel együtt a turisztikai célú fejlesztéseket és a hozzájuk kapcsolódó kézművesipart is kihívások elé állítja a hőmérséklet-emelkedés.

Az éghajlatváltozás hatással van a helyi önkormányzatok által nyújtott szolgáltatásokra is. Az épített infrastruktúra, mint például az utak, kikötők, csővezetékek, villamosenergia- és vasúthálózatok is veszélybe kerülnek a permafroszt felolvadása, a rendkívül sok csapadék és a gyakoribb és hevesebb viharok miatt (13.2. ábra). A tengerparti infrastruktúrákat leginkább az egyre magasabb hullámok és az egyre vadabb tengeri viharok veszélyeztetik.

Mindezek a jelenségek út-, vasút-, kikötőlezárásokhoz vezethetnek, megzavarhatják az áruszállítást, veszélyeztetik a szolgáltatások igénybevételét. Az éghajlatváltozáshoz kapcsolódó többszörösen összekapcsolódott tényezők hatással vannak a helyi közösségekre, az ökoszisztémákra, a vízre, a régió számos területére. Mint látható, a társadalmi és a környezeti rendszerek összekapcsolódnak egymással. Az éghajlatváltozás hatásai különböző intenzitással kölcsönhatásba lépnek az emberi tevékenységgel. A hatások a part menti és a tengeri fajok, az ökoszisztéma, illetve a gazdasági lehetőségek és a megélhetést szolgáló iparágak változásaiban nyilvánulnak meg. Mindezekre a változásokra kell a helyi társadalomnak válaszolniuk. A társadalmi rugalmasság csökkenése azt jelenti, hogy a kölcsönhatásban levő változások alááshatják az állam képességét arra, hogy a kritikus infrastruktúrák védelmét és a helyi társadalom számára a jóléti szolgáltatásokat biztosítani tudja.





13.2. kép

*A vasúti infrastruktúra az olvadó permafroszt talajon*

*Forrás: <https://avilagititkai.com/articles/view/2050-re-tobb-nagy-orosz-varos-is-osszeomolhat>  
(A letöltés dátuma: 2018. 03. 19.)*

### 13.2.2. A természetes környezet változása

A Barents Euro-sarkvidéki régió jelenlegi természetes környezetét és az ott élő fajokat napjaink éghajlati viszonyai és néhány múltbeli esemény alakította ki. Az utolsó jégkorszak jelentős szerepet játszott a ma ismert természeti környezet kialakításában. Bár az elmúlt években a meglevő jégsapka vastagsága és minősége tudományos viták tárgyát képezi, a jégkorszak hatása jól kimutatható a régióban. (KULLMAN 2002) A régió szárazföldi területének meghatározó eleme a tó. A posztglaciális terepen a tavak száma meghaladja az olyan területekét, ahol korábban nem voltak gleccserek. (SMITH et al. 2007)

A régióban található szárazföldi terület éghajlatát erőteljesen meghatározza a tenger közelsége és az északi sarkkör. A Golf-áramlat ugyan melegebbé teszi Norvégia szárazföldi területét, mint más hasonló sarkvidéki területeket, azonban Svédország és Finnország északi területeit alsó sarkvidékként definiálják a szakértők. Az elmúlt évtizedekben a régió norvég területein az átlagos hőmérséklet 1–2 °C-kal emelkedett, ugyanakkor a finn térségben elérte a 3–4 °C-ot is.





13.3. ábra

*Januári hőmérsékletek a régióban*

*Forrás: UN Environment Programme, GRID (s. a.a)*



13.4. ábra

*Júliusi középhőmérsékletek a régióban*

*Forrás: UN Environment Programme, GRID (s. a.b)*

A régió legelterjedtebb szárazföldi növénytársulása az erdő. A régió 54%-át borítja, a nyugati part menti térségben túlevelű, míg a keleti skandináv és az orosz területeken nyírfa-, valamint a régió déli területein vegyes erdők találhatók. A túlevelű erdők szárazabb helyein megjelenik a boróka, a lucfenyő két alfaja, illetve a keleti területeken a szibériai vörösfenyő. (CAFF 2013) A kisebb, kevésbé zárt lomboszatú erdei területeken megjelennek a lágyszárú növények, mint például a páfrányok és a boglyos gyümölcsfajok. A nap által besugárzott területeken pedig megjelennek a füvek, zuzmók és a mohák. Az erdős területek keverednek a mocsarakkal, sekély tavakkal, folyókkal és nyitott vizes élőhelyekkel. Az Északi-sarkkörön belüli és a magasan fekvő területeken az erdőket a tundra növény-társulásai váltják fel.

A területen viszonylag kevés faj él, azonban számos nagy testű növényevő emlős, mint például a rénszarvas, a jávorszarvas és az őz. A tajga számos kisebb emlősnek, például a hegyi nyúl, a mókusnak és a hódnak, ugyanakkor számos rovarfajnak is otthon ad. A folyók és az édesvízi tavak számos halfajtának biztosítanak élőhelyet. A tajga kevés madárfajnak ad otthont, azonban számos olyan fajta van, amely kihasználja a hosszú nyári napokat és a rengeteg rovar, míg sok faj ilyenkor elhagyja a régiót.

A tajgán az átlagos nyár általában egy-három hónapig tart, és ahogy a 13.3. ábrán látható, az átlagos hőmérséklet 10 °C körül alakul. A régióknak azonban van néhány területe (ez főként a nyugati rész), ahol a téli hőmérséklet enyhébb, és a nyarak is hosszabbak.

A régióban a tundra területek közel 20%-ot tesznek ki. Főként a norvég és az orosz területeken találhatók a tajga területektől északra egészen a tengerpartokig. Általában a régióban nedves mocsaras területek. Vegetációját az élő törpecserjék, fűfélék és a zuzmók teszik ki.

A Barents Euro-sarkvidéki régióban számos édesvízi élőhely található, beleértve a tavakat, patakokat, folyókat és a folyódelták területeit is. Ezek olyan élőhelyek, amelyek támogatják a sérülékeny természeti környezetben élő és a nyári időszakra érkező fajok túlélését egy rendkívül szélsőséges időjárási körülményekkel rendelkező régióban. (VINCENT-LAYBOURN-PARRY 2008) Az édesvízi ökoszisztémák mind környezeti, mind pedig környezetvédelmi szempontból rendkívül fontosak. Ezek a területek megtalálhatók az egész régióban. A belvizek összetétele azonban rendkívül változatos a régióban. Az édesvizek részben a gleccsereket tápláló folyók vizeiből, hóolvadékból keletkeznek, amelyek a glaciális területen állandó és ideiglenes kis tavakat alkotnak. Ezek az élőhelyek általában télen lefagynak, azonban nyáron számos a területen előforduló emlősnek és madárfajnak jelentenek itatót. A régió legnagyobb folyója a Pecsora, amely keresztül folyik Komiföldön és Nyenyecföldön is.

A régióban az édesvízi élőhelyeken kívül meghatározzák a táj képét a vizes élőhelyek. Ezek a nyílt vizes élőhelyek számos helyen megtalálhatók. Ezek a területek főként a part mentén alakultak ki, ahol átmeneti térséget képeznek a vízpartok és a szárazföld között. A területen számos domináns fajta található, azonban számos olyan nyílt vizes terület is van, ahol az aljzatban legalább 30 cm mélyen tőzeg található. Ezeken a területeken a tőzegmohák az uralkodó növényfaj, és mivel a terület tápanyagszintje folyamatosan nő, így a tőzegmohafajták folyamatosan cserélődnek. Ezeken az élőhelyeken megjelennek a vadon termő gyógynövények, illetve a fák és cserjék is.

A régió tengeri környezete számos madárfajnak, tengeri emlősnek és halfajtának ad otthont. A régióban találhatók a legnagyobb tengerimadár-kolóniák. Az ezzel kapcsolatos

kutatások szerint mintegy 33 madárfajta szaporodik a régióban, ezek között megtalálhatók különböző búvármadarak, pelikánfélék, kormoránok, valamint számos parton élő madárfaj is. (STØRM 2009) Az itt található és szaporodó madárfajok egy része az élelem megszerzése miatt vándorló, azonban jellemzően dél felé vándorol. A tengervíz melegedésének hatására a megváltozó élelem minősége következtében a tengeri madárfajok közösségei is változnak. Egyes madárfajok esetén a toll mintázatában is változások következtek be. A jelenlegi ismeretek azonban még nem elegendők ahhoz, hogy egyértelműen kijelenthető legyen, hogy kizárólag az éghajlatváltozás következményeiről van szó, vagy a halászati ágazat és a tengeri szennyezések is közrejátszottak/játszanak a változásokban.

A Barents-tenger déli régiója számos nagy testű tengeri emlős otthona is. Ezek az emlősök életritmusuk megköveteli, hogy megfelelő tápanyagmennyiség álljon rendelkezésükre, mert enélkül nem élnek túl a zord évszakot. A megfigyelések szerint 21 tengeri emlősfaj tartózkodik rendszeresen a régióban, továbbá három cetfélét is azonosítottak. Az itt található tengeri emlősfajok jelentős része megtalálható a kihalás szélén álló fajok listáján, és védett állatok. Az éghajlatváltozás hatása azonban ezeket a fajokat sem kíméli. A jegesmedve-állományt is megtizedeli. Az elmúlt időszakban már találtak éhen halt, illetve a kimerüléstől elpusztult példányokat is. A jegesmedvék ugyan jó úszók, azonban az egyre vékonyabb jég és az egyre nagyobb úszva megtett távolságok már felőrlik erejüket, és így elpusztulnak.

A 13.1. táblázaton bemutatom, hogy néhány a régióban élő tengeri emlősfajra milyen hatást gyakorol az éghajlatváltozás. A legtöbb tengeri emlősfaj számára az éghajlatváltozások következményei negatívak, azonban a megtett környezetvédelmi lépéseknek köszönhetően néhány fajt eddig sikerült megmenteni a kihalástól.

13.1. táblázat

*Az éghajlatváltozás hatásai a tengeri emlősökre*

| Tengeri emlős neve   | Populáció státusza  | Éghajlatváltozás rá gyakorolt hatása | Vadászati státusz |
|----------------------|---------------------|--------------------------------------|-------------------|
| <i>Jegesmedve</i>    | Stabilizálódott*    | Negatív                              | Védett            |
| <i>Rozmár</i>        | Növekvő             | Negatív                              | Védett            |
| <i>Beluga</i>        | Vörös listán van    | Negatív                              | Védett            |
| <i>Narvál</i>        | Vörös listán van    | Negatív                              | Védett            |
| <i>Gyilkos bálna</i> | Nincs adat          | Pozitív                              | Védett            |
| <i>Szürke fóká</i>   | A vadászattól függő | Negatív                              | Védett            |

Megjegyzés: \*egyres kutatások szerint 2017 utolsó félévében nem változott.

*Forrás: AMAP 2015*

A Barents-tengerben több mint kétszáz halfaj található, amelynek kevesebb mint a felét rendszeresen halásszák. (DOLGOV et al. 2011) Az ismert fajok közül néhány teljes életciklusa a Barents-tengerhez kötődik, azonban számos halfaj van, amely itt él, de máshol ívik. A kutatások szerint az éghajlatváltozás hatása a tőkehalfajok megjelenése és elterjedése a Barents-tengerben. A megfigyelt fajok számára kulcsfontosságú jelentőségű a tengervíz hőfoka és az itt található planktonok minősége. (DOLGOV et al. 2011)

Az éghajlatváltozás hatásainak egyik legfontosabb következménye az invazív fajok megjelenése mind a szárazföldi, mind pedig a tengeri környezetben. A globalizáció,

a kereskedelem és a turizmus néhány fajnak túlélési vagy elterjedési lehetőségeket adott. Mindez azt jelenti, hogy számos növényfaj, állatfaj vagy mikroorganizmus az emberi tevékenység következtében a korábbi elterjedési területén kívül eső területeken mint betelepülő „idegen faj” veszélyezteteti az ott levő ökoszisztémákat vagy élőhelyeket. Ezek a fajok az őshonos fajok által alkotott biológiai sokszínűség egyik fenyegető tényezőjének számítanak. A Barents Euro-sarkvidéki régió átvette azt a norvég feketelistát, amelyet Gederaas és munkatársai (2007) készítettek 217 fajról. Ezeket a fajokat Norvégiában figyelték meg, azonban regionális szinten is gondot okoznak, mert képesek megváltoztatni a sérülékeny regionális flórát és faunát. Gederaas és munkatársai (2012) 1 180 Norvégiában ismert fajt katalogizáltak. A három északi norvég megyében Finnmarkban, Tromsban és Nordlanban 25, 65, 75 fajta esett a súlyos és a nagy hatású kategóriákba. Az elvégzett értékelés ökológiai jellegű volt, így nem kellett figyelembe venni gazdasági hatásokat sem. A listán számos faj szerepel, amelynek viselkedését meg kell figyelni.

Az invazív fajok megjelenése a régióban azért is problémás, mert számos betelepülő faj jobb túlélési képességgel rendelkezik, mint az őshonos fajok, így sikeresen megváltoztatják a sérülékeny élővilágot. A régió másik példája a közönséges vörös róka megjelenése a sarki róka elterjedési területén. A vörös róka jobb túlélőképessége és az éghajlatváltozás együttes hatása csökkenti a sarki róka életterét, és ez hosszú távon a sarki rókák eltűnéséhez vezet.

### 13.2.3. A népesség és a munkavállalás

Generációkon keresztül alakult ki a Barents Euro-sarkvidéki régiót jellemző emberi környezet és infrastruktúra. Bár a régió népsűrűsége alacsony (2,9 fő/km<sup>2</sup>), számos nagyváros alakult ki. A magas lakosságszámmal rendelkező városok főként Oroszországban alakultak ki (Murmanszk 300 000 fő, Arhangelszk 357 000 fő), azonban Finnországban (Oulu 196 000 fő) és Svédország (Umea 120 000 fő) is találunk nagyvárosokat. A régióhoz tartozó Jamali Nyenyecföld 100 000 fős városai a szovjet korszakban alakultak ki. Ez a nagyvárosi rétegződés teljesen ellentétes a régió északi részén megfigyelhető, általában nagyon alacsony népsűrűséggel. A régió három országa, Norvégia, Svédország és Finnország jól integrálódott országok, amelyek alkalmazzák az Európai Unió direktíváit az emberek és a kereskedelmi áruk szabad mozgásáról. Ennek a következménye, hogy a régiót nem lehet összehasonlítani az Északi-sark régió többi területével. Az eltérés okai között meg kell említeni, hogy az EU-irányelvek alkalmazása lehetővé tette az egyes népcsoportok keveredését akár vegyes identitással, és megfigyelhető a nagyvárosokra jellemző társadalmi rétegződés is. Ez egyben azt is jelenti, hogy jelentős számú idősebb népesség él ezen a területen megfelelő infrastruktúra mellett. Továbbá azt is jelenti, hogy a Barents Euro-sarkvidéki régióra nem alkalmazható az Északi-sark régióban alkalmazott egységes leírás. (ACIA 2004; AMAP 2012)

A Barents Euro-sarkvidéki régióban a népcsoportok keveredése nemcsak természetes folyamat volt, hanem sok esetben politikai döntések hatására zajlott le. (BEAC 2016) Amennyiben a régiót összehasonlítjuk ebből a szempontból az Északi-sark régió többi területével, láthatjuk, hogy az itt élő őshonos népcsoportok alacsony lélekszámú, integrált kisebbségek. A kisebbségi identitás az 1970-es években kezdett megerősödni. A hidegháború befejeződése után számos őshonos népcsoport politikai értelemben is megerősödött, és jo-

gaikat elismerték őket. Norvégia, Svédország és Finnország ezt az utat járta be a régióban élő számi népcsoporttal. Norvégia ratifikálta a Nemzetközi Munkaügyi Szervezet (ILO) egyezményét, és ezzel elismerte a bennszülött és törzsi népek jogait, amelyek magukban foglalják a földhasználatról és az erőforrások birtoklásával kapcsolatos jogokat is. Ezenkívül Norvégia az alkotmányában is rögzítette a számi népcsoport jogait. Oroszországban az integráció sikerességében hisznek, és a kevert gazdaságú Nyenyecföldön az alacsony lélekszámú őshonos csoportok növekedésnek indultak. Ugyanakkor például a kis lélekszámú őshonos népcsoportoknak (nyenyec, vepsze, számi) földhasználatot is biztosítanak, akik szövetségi, valamint regionális kormányzati szinteken jogszabályban rögzített gazdasági jogokat is kaptak. Ugyanakkor az orosz törvényhozás még adós az őshonos népcsoportoknak néhány jogszabályváltozással, és néhány végrehajtási szabályzó is hiányos. Oroszországban azonban van néhány népcsoport, akiket a hatalom nem tekint „kis lélekszámú, őshonos népcsoportnak”, így nem kaptak a nyenyecékéhez hasonló jogokat.

A régióban az etnikai sokszínűség az elmúlt időszakban tovább nőtt részben a létrejött munkahelyeknek és a régióban végrehajtott beruházásoknak köszönhetően, részben pedig a bevándorlás és vendégmunkások számának emelkedése miatt.<sup>2</sup> A régióban a népességkeveredés továbbra is fennáll, azonban a régió három skandináv országára igaz az általános tendencia, hogy a lakosság előregszik. Ennek oka, hogy az idősebb emberek vidéken maradnak, míg a fiatalabbak a városokba költöznek. (NCoM 2011) A regionális együttműködés keretein belül a távoli és elnéptelenedő területeknek is támogatásokat nyújtanak, és igyekeznek azokat a közszolgáltatásokat fejleszteni, amelyek hosszabb távon is segítenek az elvándorlás megállításában. A régióban a munkavállalási hajlandóság minden korosztályban magas. Míg a régió oroszországi részén a legnagyobb a bruttó regionális termék (GRP) előállítása, addig a skandináv területeken az egy főre jutó bruttó regionális termék a magasabb. A régió vezető iparágai az orosz, a svéd és a finn területeken a bányászat, a fémipar és az erdészeti termékek feldolgozása. A régió gazdaságának elsődleges és másodlagos iparágai, azaz a természetierőforrás-alapú iparágak jelentős bruttó regionális termék előállítók, mégis az elsődleges iparágak foglalkoztatáshoz hozzájárulása alacsony. A régió növekvő városi népessége egyre inkább a természeti erőforrásokra épülő iparágakból és használatukból él, a kutatások azt mutatják, hogy a vidéki-városi kapcsolatok erősek maradnak. Ennek az oka, hogy a régió skandináv részein a nyaralók vagy csak a család tulajdonában levő házak vidéken vannak, így fenntartják a kapcsolatot és az életmódot a vidék és a város között. (MÜLLER 2013) A vidéki megélhetés összetevői a vadászat, a horgászat és a bogyógyűjtögetés időnként fontos jövedelempótló tevékenység, azonban a magasabb jövedelemmel rendelkező népesség körében rekreációs tevékenység és hagyományőrzés is. (VEPSÄLÄINEN–PIKÄNEN 2010)

Ahogy a fentiekből is kitűnik, az éghajlatváltozás következményei a népcsoportok keveredése és az őshonos népek életmódjának lassú változása. Ugyanakkor a munkavállalás tekintetében a régió lényesen jobb mutatókkal rendelkezik, mint az Északi-sark régió más területei. Az is megállapítható, hogy a térség skandináv és orosz területei között jelentős fejlődési és fejlesztési eltérések vannak, amelyeket részben jó minőségű oktatással, az egészségügyi rendszerek fejlesztésével lehet mérsékelni. A régió belüli eltérések kezelésének

<sup>2</sup> Ez főként Észak-Norvégiára jellemző, bár az idény- és vendégmunkások jelentős számban megjelentek Svédországban és Finnországban is.



egyik módja, hogy az adott területre regionális együttműködés keretei között telepítenek és tartanak fenn jóléti szolgáltatásokat.

### 13.3. A regionális alkalmazkodási stratégiák

Az alkalmazkodási stratégiák kidolgozásának alapvető feltétele az átfogó, releváns és használható tudás. A Barents Euro-sarkvidéki régióban nem a megszerzett tudás minősége és mennyisége vet fel kérdéseket, hanem a változásokra való felkészülés és az alkalmazkodásra vonatkozó ismeretek mennyisége. A régióban azok a változások, amelyekhez hosszú távon alkalmazkodni kell, csak most kezdődnek el. A sikeres alkalmazkodási stratégiák kidolgozása azonban feltételezi, hogy a tudással rendelkező csoportok és a politikai döntéshozók folyamatosan kommunikálnak egymással. Ebben a részben azt szeretném bemutatni, hogy regionális szinten hogyan kezelik ezt a kérdést.

A térségben a legfőbb kihívás az éghajlatváltozás hatására bekövetkező változások és azok a hosszú távú lehetséges következményei. A jelenlegi helyzetben – amely a mai ismert forgatókönyveket jelenti – még csak most kezdik a kutatások megfogalmazni azokat az emberi és környezeti interakciókat, amelyeknek sérülékenysége az éghajlatváltozás hatással van. A sikeres alkalmazkodási stratégiák végrehajtása feltételezi, hogy a döntéshozói szintek mindegyike rendelkezik megfelelő tudással és irányítási képességgel, valamint megvannak köztük a vertikális és horizontális kapcsolatok és kölcsönhatások. A gyakorlat azt mutatja, hogy a nem állami szereplők, akik értékes információkkal és ismeretekkel rendelkeznek a helyi vagy az ágazati kérdésekről, kulcsszerepet játszhatnak az alkalmazkodási politikák és intézkedések végrehajtásában.

Az alkalmazkodási stratégiák, tervek és programok mellett, amelyek a nemzeti szintet jelentik, a határokon átnyúló együttműködések esetén előtérbe kell helyezni a regionális szereplőket. Az éghajlatváltozás hatásainak kezelésében még nem egyértelmű, hogy a nem kormányzati szereplők milyen segítséget tudnak nyújtani a határokon átnyúló együttműködések esetén. Az elmúlt időszakban már látható volt, hogy a változásokhoz az alkalmazkodás helyi szinteken a mindennapi tevékenységek elvégzése közben megy végbe, azonban a hatásokat és az idevezető intézkedéseket még mindig egy szélesebb gazdasági, politikai, jogi és közigazgatási kontextusban értelmezzük. Mindennek köszönhetően számos kutatás foglalkozik az adaptációs stratégiák globális és helyi kapcsolatainak feltérképezésével. Nemcsak a Barents Euro-sarkvidéki régióban, hanem az Északi-sark egész területéről hosszú idő óta léteznek közösségi tanulmányok. Mindez annak köszönhető, hogy a területen élők régóta végeznek olyan tevékenységeket, amelyek csak közösen hajthatók végre.<sup>3</sup> Ezeknek a tevékenységeknek az eredménye, hogy az őshonos népcsoportok jelentős tudással rendelkeznek attól függően, hogy milyen erőforrásokat használnak a vidéki környezetben. (FORD et al. 2015) Az elmúlt időszakban az egyik legfontosabb eredménye volt ezeknek a tanulmányoknak, hogy a skandináv országokban sikerült megváltoztatni, az éghajlatváltozás hatásaihoz történő alkalmazkodással kapcsolatos attitűdöket. A sikeres szemléletváltozás meghatározó eleme volt, hogy a helyi szereplők percepciói megváltoztak, és képesek lettek elfogadni, hogy az általuk vélelmezett rugalmasság és természetes

<sup>3</sup> Lásd rénszarvastenyésztés, halászat, vadászat.

ellenálló képesség kevés az elindult és a jövőben bekövetkező változások és hatások kezeléséhez. Ugyanakkor a régióban az önkormányzati rendszert is jelentős felelősség terheli, hiszen az elmúlt időszakban nekik kellett az éghajlatváltozás következményeit mérsékelni, azonban a beavatkozást számos alkalommal elhalasztották. (DANNEVIG et al. 2013) Az elmúlt időszakban ez volt a helyzet a Kola-félszigeten is. Az éghajlatváltozás mérhető hatásainak csökkentéséért, az infrastruktúra védelmének kidolgozásáért az önkormányzatok voltak a felelősek. Az itteni önkormányzati rendszerben azok az osztályok a legkisebbek, amelyeknek a tervezés és a védekezés megszervezése a feladata. Ráadásul a hiányos szabályozási követelmények miatt általában az ezzel kapcsolatos feladatok alacsony prioritást kapnak. Az önkormányzatok környezetvédelmi kérdésnek nevezik, így a helyi környezetvédelmi hatóságok felelősségi körébe utalják. Az éghajlatváltozás hatásaihoz történő sikeres alkalmazkodáshoz a helyi önkormányzatokon kívül szükség van elegendő erőforrásra, külső szakértőkre és arra a képességre, amely felismeri éghajlatváltozással kapcsolatos problémákat, és elkötelezett emberekre, akik felelősen foglalkoznak egy-egy kérdéssel. (DANNEVIG et al. 2013)

A régióban a sikeres adaptációs stratégiák végrehajtásához szükség van a helyi szakértőkre, mert a nemzeti döntéshozóknak kevés ismerete van a helyi viszonyokról, és általában kimaradnak a „helyi valósággal” kapcsolatos kérdések. Az őshonos népcsoportok és a helyi szakértők a megélhetésük biztosítása miatt ki vannak téve az éghajlatváltozás okozta kihívásoknak, így aktív részvételük a helyi problémák feltérképezésében és kezelésében elengedhetetlen.

Az őshonos népcsoportok természetközeli, hagyományos életmódja teljes egészében alkalmazkodott a környezethez. A rénszarvastartással foglalkozó pásztorok számára nem az éghajlatváltozás közvetlen hatásai jelentik a fő problémát, hiszen mindig is alkalmazkodtak a változó természeti környezethez. Számukra az éghajlatváltozás másodlagos hatásai jelentik a problémát, hiszen a rénszarvaslegelők területének csökkenése, illetve a takarmányok mennyiségének csökkenése és minőségének romlása okozza a problémákat. További problémákat jelent számukra megszerzett gazdasági jogaiknak érvényesítése. Ez azért is fontos, mert a változások hatására a megjelenő gazdasági és társadalmi kihívások kezelése közben számos esetben sérülnek ezek a jogok. Sok esetben pedig a nemzeti prioritások között meghatározott beruházások miatt kerülnek hátrányba az őshonos népcsoportok jogai.

Az utóbbi években előtérbe került a regionális értékelésekben egy új szempontrendszer. Ez pedig nem volt más, mint hogy az éghajlatváltozás hatásait az egyes gazdasági ágazatok érdekeltjei szempontjából határozta meg. Ennek a szempontrendszernek a lényege, hogy az adott gazdasági ágazatban a stratégiaalkotó meghatározza az elérendő célt a fenntartható fejlődés szempontjából, míg a másik oldalról az iparágon belüli szereplők érdekeit mutatja be. Az első ilyen program, amelynek a *Jövő erdők kutatása* a címe, 2009–2016 között zajlott. A program sok szempontból<sup>4</sup> vizsgálta meg az iparágat, és az érintett érdekcsoportok mondhatták el a véleményüket. A programban számos jelentés készült.

Az éghajlatváltozás hatásainak mérsékléséhez szükség van a helyi és regionális sajátosságok figyelembevételére is. A Barents Euro-sarkvidéki régió skandináv területein, ahol az erőgazdálkodást a piac szabályozza, lehetővé vált, hogy rugalmasabb és változatosabb

<sup>4</sup> Szempontok: természetvédelem, rekreáció, helyi fejlesztés, erdőgazdálkodás és energetika, számi népcsoport által végzett tevékenységek



erdészeti iparág alakuljon ki. Ez azt jelenti, hogy az erdészeti ágazat megfelel a különböző, érintett érdekcsoportok érdekeinek és az állam által meghatározott értékeknek. Mindez azt jelenti, hogy hangsúlyt kapott az iparágon belüli technológiai fejlődés, az információs technológia használata, gyorsan növekvő fajtákat telepítettek, amelyek hasznosak lehetnek a melegedő körülmények között. (MOSSBERG SONNEK et al. 2014) Ugyanakkor az érintett csoportok hangsúlyozták, hogy a fokozott helyi befolyásolási lehetőséget is meg kell őrizni. Erre azért van szükség, hogy a legjobb technológiát lehessen alkalmazni és a helyi erdők sajátos élővilágát meg lehessen őrizni, illetve az ott élők elfogadják a változásokat. Az erdőgazdálkodás ideális esetben tájképi szinten valósulna meg, és az invazív fajok alkalmazását megtiltanák. Továbbá az őshonos népcsoportok jogainak elismerése és védelme is megvalósulna.

Az éghajlatváltozás hatásaihoz történő alkalmazkodás megköveteli az új típusú partnerségek kialakítását. A regionális partnerségi viszonyok lehetőséget teremtenek arra, hogy komplexen kezeljük a változásokat. Az éghajlatváltozás hatásainak kezelésére számos fejlesztésre van szükség, és egyben arra is, hogy képesek legyünk alkalmazkodni a folyamatban levő gazdasági, társadalmi, politikai, demográfiai és környezeti változásokhoz. A régióban történtek erőfeszítések az adaptációs kérdések regionális kezelésére. A Barents térségben<sup>5</sup> bekövetkezett változásokat több esetben is értékelték EU-projektek. (CAVALIERI et al. 2010) Az Európai Unió 2015-ben kezdeményezte az *EU-PolarNet* megnevezésű projektet. Ennek a projektnek a célja folyamatos párbeszéd kialakítása a politikai döntéshozók, az üzleti és ipari vezetők, valamint a helyi közösségek között. A sikeres együttműködés és kommunikáció lehetőséget teremt olyan módszerek bevezetésére, amelyek érdemi gazdasági és társadalmi hatásokat fognak generálni. Az Európai Unió sarkvidékekkel kapcsolatos politikája három fő területre összpontosít: támogatja a környezetvédelemmel foglalkozó tudományos kutatásokat, az éghajlatváltozás hatásainak mérséklését, illetve az erőforrások fenntartható használatán alapuló gazdaságfejlesztést.

A Barents-együttműködés 1993. január 11-én kezdődött, amikor aláírták a kirkenesi egyezményt. Az együttműködés célja, hogy létrehozza a hiányzó kelet–nyugati irányú infrastruktúrákat, és ezáltal hozzájáruljon a térség gazdasági, társadalmi és kulturális fejlődéséhez. Az együttműködés elősegíti az interregionális kapcsolatok fejlődését olyan kérdésekben, mint a biztonság, a környezetvédelem, az egészségügy, az oktatás, a fenntartható fejlődés. A Barents Euro-sarkvidéki régió része az Északi-sarkvidéknek. A legtöbb statisztika, jelentés nem kezeli önállóan a térséget. Bár számos regionális szervezet létezik az Északi-sarkvidéken, az Északi Miniszterek Tanácsa és az Arktiszi Tanács használta felméréseiben a regionális megközelítést. A Barents Euro-Sarkvidéki Tanács (BEAC) napirendjére a 2000-es évek elején került az éghajlatváltozással kapcsolatos problémák kezelése. Ebben az időszakban a klímaváltozással kapcsolatos együttműködések lényege a fenyegetések és a kockázatok azonosítása, valamint az esetleges megoldási lehetőségek és enyhítő intézkedések kidolgozása volt. A regionális együttműködésben megoldandó konkrét kérdéseket az éghajlatváltozásról szóló cselekvési tervben fogalmazták meg. Az elfogadott dokumentum számos különböző projektet tartalmaz, amelynek a célja az éghajlatváltozás hatásainak megfigyelése, kutatása, a lehetséges károk enyhítése, az adaptáció, valamint

<sup>5</sup> Barents térség a Barents-tenger környéke, beleértve a Barents Euro-sarkvidéki régiót, a Ferenc József-földet, az Új-Földet és a Spitzbergákat.

a stratégiai döntéshozatal támogatása. A cselekvési tervben többszörös, egymással összefüggő változásokat azonosítottak mind gazdasági, mind társadalmi szempontból. A Barents Euro-sarkvidéki régióban az éghajlatváltozás hatásaihoz történő alkalmazkodás irányítási modelljei eltérnek egymástól. Míg Norvégiában és Svédországban a helyi önkormányzatok a felelősek, addig Finnországban és Oroszországban a regionális kormányzatok. A skandináv országokban az éghajlatváltozással kapcsolatos megyei szintű stratégiák kidolgozása a 2000-es évek elején elkezdődött, ezzel szemben az orosz területeken még mindig a korai szakaszban tart. Amennyiben összehasonlítjuk a meglévő stratégiákat, akkor látható, hogy valamennyiben az alkalmazkodás és a lehetséges hatások enyhítése áll a középpontban. Azonban a vizsgált stratégiák nem tartalmaznak a végrehajtásra vonatkozó információkat. A helyi és a regionális stratégiák nagyon eltérő képet mutatnak. A skandináv országokban általában szubregionális stratégiákat találunk, és az éghajlatváltozással kapcsolatos kérdéseket az egyes szakpolitikákba illesztették be. Az éghajlatváltozás hatásairól szóló értékelések nemzeti szinten vannak összefoglalva, és elsősorban a gazdasági szektorokra vonatkoznak. A helyi és a regionális munkát gyakran támogatja és koordinálja a nemzeti szint, míg a finanszírozást sok esetben külső forrásokból (EU-s programokból) finanszírozzák. Ezeknél a programoknál sok esetben problémát jelent, hogy a munkát szakértők végzik és vezetik, míg a finanszírozásért az önkormányzatok vagy a regionális szervezetek a felelősek. A különböző éghajlatváltozással kapcsolatos alkalmazkodási stratégiákban nagy kihívást jelent, hogy a regionális folyamatok kezelésébe bevonják a helyi gazdasági szereplőket. Ez azért is fontos, mert ezek azok a vállalkozások, amelyek képesek kezelni egy-egy helyzetet, azonban az ő szerepük és lehetőségeik végesek.

Az éghajlatváltozás hatásaival, illetve a regionális problémák megismertetésére a BEAC-munkacsoport térképeken és statisztikai jelentésekben foglalta össze az ismeretanyag jelentős részét. Ez főként a helyi döntéshozóknak fontos, hiszen ezekből a jelentésekből jól látszik, hogy mennyire költséghatékony egy-egy intézkedés, illetve a regionális különbségek is láthatóvá válnak. (BEAC 2016)

Eddig a Barents Euro-sarkvidéki régióban az éghajlatváltozás hatásainak kezelésére létrehozott alkalmazkodási stratégiákról írtam. Azonban van még egy fontos része a stratégiaalkotásnak, ez pedig a politikai szint. A következő részben a régió országainak politikai szintjeit mutatom be.

A 2015-ben létrejött párizsi egyezmény (UNFCCC 2015) célja, hogy a megerősítse az éghajlatváltozás hatásainak kezelésére tett erőfeszítéseket, és további lépéseket követeljen az egyes országoktól. A létrejött megállapodás a Barents Euro-sarkvidéki régió országaiban jelentős szerepet fog játszani az elkövetkezendő években, és hatással lesz a kialakítandó stratégiákra. A 2014-ben kiadott IPCC-jelentés már kiemelt figyelmet fordított az éghajlatváltozás hatásainak kezelésére és ezzel összefüggésben az alkalmazkodás lehetőségeire. Mindez azt jelzi, hogy az alkalmazkodás és az ezzel összefüggő kérdéskör jelentős figyelmet kap a tudomány és a politikai döntéshozók szempontjából. A jelentésből látható, hogy jelentős regionális eltérések vannak. A jelentés arra a következtetésre jutott, hogy az északi sarki régiókban az őshonos népcsoportok olyan éghajlati változásokat tapasztalnak, amelyekkel azelőtt nem találkoztak. Az egyes népcsoportok különbözőképpen reagáltak rá, van amelyik már elkezdte a kreatív alkalmazkodás tervezését és megvalósítását, van amelyik még nem. A Barents Euro-sarkvidéki régióban is számos példát találhatunk az őshonos népcsoportok alkalmazkodási stratégiáira. Ezek például a földhasználattal,

a hagyományos erőforrások változásával kapcsolatos kérdésekre adott rugalmas, dinamikus válaszlépések. Az Arktiszi Tanács jelentése szintén elismeri, hogy az őshonos népcsoportok és kultúrájuk fennmaradása a rendkívül zord, ugyanakkor változatos sarkvidéki környezetben fenntartja azokat tényezőket, amelyek lehetővé tették az alkalmazkodást. A jelentés azonban arra is kitér, hogy a városiasodás rendkívül gyorsan halad, és az őshonos népcsoportok kisebbséget alkotnak a régióban. A dokumentum arról is szól, hogy a szakpolitikák már képesek támogatni az őshonos népcsoportokat abban, hogy megerősítsék hagyományos életmódjukat, és fenntartsák a régió sokféleségét. Az éghajlatváltozás hatásaihoz történő alkalmazkodás a sarkvidéki társadalmakban is számos egyéb tényezőtől függ. Az egyes társadalmi csoportok sebezhetőségét elsősorban a rájuk ható gazdasági és társadalmi folyamatok együttese határozza meg. A globalizáció hatásait sem szabad kizárni, amely az utóbbi években megerősödött ebben a régióban is. A hatás, amelyet kivált, az a mobilitás felgyorsulása, amely a létrejött változásokkal együtt meghatározza az őshonos népcsoportok alkalmazkodási képességét.

A regionális együttműködés, amelyet a BEAC munkacsoportjai koordinálnak, rendkívül kiterjedt. A területek, amelyekkel foglalkoznak (vízgazdálkodás, közlekedés, rénszarvastartás, védett területek), sokrétűek. Ennek köszönhetően az együttműködés a régión belül is sokszintű. (BEAC 2016)

### 13.3.1. Norvégia

Az éghajlatváltozáshoz az alkalmazkodás Norvégiában is hasonlóan szerveződik, mint Svédországban és Finnországban: az ágazati intézményrendszerre helyezi a hangsúlyt. A fő felelősségi köröket meghagyja az önkormányzatoknak, és a regionális szinten csak egy „lazább” koordinációt alkalmaz. 2010-ben kormányzati jelentés készült az éghajlatváltozás várható hatásairól. 2013-ban pedig a norvég környezetvédelmi minisztérium megjelentette az éghajlatváltozás hatásaihoz történő alkalmazkodásról szóló *Fehér könyvet*. A legfontosabb változás az volt, hogy a környezetvédelmi minisztériumhoz került a felelősség, azonban a kulcsfontosságú feladatok az önkormányzatoknál maradtak, mert ők a felelősek az általános társadalmi fejlődésért és az infrastruktúráért. A jelentést 2015-ben frissítették, és az előrejelzésekben az éghajlatváltozás hatásaiként árvizet, tengerszint-emelkedést jeleztek.

A norvég környezetvédelmi ügynökség feladata, hogy nemzeti szinten koordinálja az éghajlatváltozás hatásaihoz történő alkalmazkodási stratégiákat, a megyei kormányzó pedig az önkormányzati tevékenységek felügyeletét látja el. Az önkormányzati és megyei szintű tervezés adaptálja a nemzeti szintű célkitűzéseket. A kiadott Fehér könyv elsősorban a helyi és regionális tervezésre összpontosít, kiemelt kérdésként kezeli a veszélyhelyzetekre történő felkészülést. Megjelöli az egyes állami szereplők felelősségi köreit is. Norvégiában elsősorban a természeti veszélyforrásokra összpontosítanak (lavinaveszély, árvizek, tengerszint-emelkedés). Hangsúlyosan jelenik meg a mezőgazdasági ágazat problémája, vagyis a melegebb és csapadékosabb nyarakhoz az őshonos fajok hogyan képesek alkalmazkodni. Az önkormányzati rendszer az alkalmazkodási tervek kidolgozásának korai szakaszában van, így nincs formális követelmény a tervek kidolgozására. A norvég sarkvidéki régió az egyetlen földrajzi terület, amely megjelenik a Fehér könyvben. Ezt a sarkvidéki

régió gyors melegedése indokolja és az, hogy a sarkvidéki közösségek erőteljesen támaszkodnak a gyorsan változó természeti környezetre, valamint a Norvég- és Barents-tenger ökoszisztémáinak védelme is megköveteli ezt.

### 13.3.2. Svédország

Svédországban is elsősorban a nemzeti szintű alkalmazkodási politika áll a középpontban, amelyet a svéd klímabizottság segítségével alakítottak ki. A jelentés tágran mutatja be az éghajlatváltozás hatásaira adható válaszokat. Számos ágazatot áttekint, az északi területeken kiemeli a rénszarvastartás, az erdészet megváltozó körülményeit, azonban néhány ágazatot (vízgazdálkodás, építőipar, infrastruktúra) csak általánosságban említ. A klímaváltozás hatásainak középpontjában az árvízvédelem és az földcsuszamlások feltérképezése áll. (KESKITALO 2008)

Svédországban az éghajlatváltozás hatásainak csökkentésére, illetve az alkalmazkodási stratégiák kidolgozása nemzeti szintű, azonban a adminisztratív és ágazati jellegű is. A felelősségi körök összehangolásáért az adott ágazat a felelős. A megyei szintű közigazgatás a regionális szintű adminisztratív feladatokat végzi el. A helyi önkormányzatok számára is ők határozzák meg a feladatokat. A helyi stratégiák kialakításáért és finanszírozásáért a helyi önkormányzatok felelnek, mindez azzal jár, hogy a kidolgozott stratégiák gyakorlati végrehajtása késik, vagy csak részben valósul meg. (KESKITALO–PETTERSSON 2012)

A problémákat Svédországban is ugyanaz okozza, mint Norvégiában, hogy a viszonylag alacsony népsűrűséggel rendelkező települések nagy kiterjedésű lakatlan területekért is felelősek. További problémaként jelenik meg, hogy ezek a települések viszonylag kevés erőforrással rendelkeznek ahhoz, hogy az éghajlatváltozás hatásait csökkenteni tudják, vagy a legsebezhetőbb területeket azonosítani tudják. A probléma megoldása a regionális finanszírozás és a szabályozások összehangolása. Az éghajlatváltozásról szóló törvénytervezet még kidolgozás alatt van, azonban a jelenlegi változat az alkalmazkodásra helyezi a hangsúlyt. Annak ellenére, hogy a stratégiai szintű döntések nemzeti hatáskörben születnek, az éghajlatváltozással kapcsolatos politikákat regionális és helyi szinteken hajtják végre. A helyi hatóságok rendszeres időközönként jelentéseket adnak ki az elvégzett feladatokról. Ennek ellenére főként a Barents Euro-sarkvidéki régióban sok kritika éri az önkormányzatok tevékenységét.

### 13.3.3. Finnország

Finnországban az éghajlatváltozás hatásaihoz történő alkalmazkodás többnyire adminisztratív jellegű mind nemzeti, mind regionális, mind pedig ágazati szinten. A programok és tervek többnyire több területet fednek le. A földművelésügyi és erdészeti minisztérium vezeti és koordinálja a nemzeti alkalmazkodással kapcsolatos kérdéseket. Az éghajlatváltozás hatásairól szóló nemzeti stratégiát 2005-ben fogadták el, majd 2009-ben és 2013-ban felülvizsgálták. 2014-ben egy teljesen új tervet fogadtak el, amelyben a programok 2022-ig vannak tervezve. Az éghajlatváltozás hatásaihoz való alkalmazkodásról szóló törvényt 2015-ben fogadták el. A törvény alapvető logikája, hogy a „finn társadalom képes lesz

kezelni az éghajlatváltozással kapcsolatos kockázatokat, és képes alkalmazkodni az éghajlatváltozás hatásaihoz”.

Észak-Finnországban nemzeti kérdésként kezelik az éghajlatváltozással kapcsolatos kérdéskört, mert az Barents Euro-sarkvidéki régióban található területek különösen érzékenyek az éghajlatváltozásra. Ugyanakkor Finnország lehetőségként is tekint az éghajlatváltozásra az új gazdasági tevékenységek és szolgáltatások miatt. Az észak finn városok, mint például Oulu vagy Rovaniemi, saját fejlesztésű adaptációs stratégiával is rendelkeznek azokon kívül, amelyeket a regionális közigazgatás készített. Lappföld önálló éghajlatváltozásról szóló stratégiájának középpontjában a biogazdálkodás és a gazdasági lehetőségek kihasználása, valamint az éghajlatváltozás hatásainak csökkentése áll. A finn kormányzat a városok és a régiók szerepét hangsúlyozza az éghajlatváltozás hatásainak csökkentése érdekében.

### 13.3.4. Oroszországi Föderáció<sup>6</sup>

Oroszország 2009-ben fogadta el a nemzeti stratégiát az éghajlatváltozás hatásairól. A stratégiai dokumentum megfogalmazása szerint az éghajlatváltozás veszélyt jelent a nemzetbiztonságra mind társadalmi, mind egyéni szinten. A stratégia kijelenti, hogy a gazdasági-társadalmi szempontok alapján értékelni kell a hatásokat, és csökkenteni kell a negatív következményeket. Ugyanakkor a változás következményeiből adódó új lehetőségeket ki kell használni, az adaptációs intézkedések költségeit csökkenteni kell. Oroszországban a Barents Euro-sarkvidéki régióban az alkalmazkodási stratégiák alapja a szélsőséges időjárási körülményekre adott operatív válaszokból tevődik össze. A különleges helyzetek minisztériuma rendelkezik megfelelő létszámú személyzettel és eszközzel a szélsőséges időjárási körülmények és más természeti katasztrófák előrejelzésére, valamint az események elhárítására. Itt a térségben az adaptációs programok regionális keretek között működnek, azonban számos országos hatáskörű program is fut. Az Oroszországi Föderáció területén is az éghajlatváltozás hatásainak csökkentésére kidolgozott alkalmazkodási politika többszempontú megközelítést alkalmaz. A szövetségi, a regionális és a helyi cselekvési terveket számos szempont alapján illesztették be a különböző gazdasági-társadalmi fejlesztési programokba. A Barents Euro-sarkvidéki régió adaptációs stratégiája jelenleg is fejlesztés alatt van.

Bár Oroszországban az éghajlatváltozás hatásainak csökkentésére tett lépések még gyermekcipőben járnak, a Barents Euro-sarkvidéki régióban megvalósított alkalmazkodási programoknak már vannak eredményeik. Amennyiben a térség négy államában végrehajtott alkalmazkodási politikákat hasonlítjuk össze, megállapítható, hogy Norvégia jár az élen. Oroszország számára a kialakított regionális együttműködés számos területen előrelépést jelentett. A kooperációban kidolgozott programok hozzásegítették a területen élőket a jobb közszolgáltatásokhoz (oktatás, egészségügy), fejlesztették a környezetvédelemmel kapcsolatos tevékenységeket. Mindezek hozzájárultak a Barents Euro-sarkvidéki régióban levő oroszországi területek fejlődéséhez.

<sup>6</sup> Az Oroszországi Föderáció és az Oroszország kifejezést megegyező jelentéstartalommal használom.

### 13.4. Összefoglalás

Tanulmányomban az Északi-sark régió európai szubrégiójával foglalkoztam. A Barents Euro-sarkvidéki régióban lezajló változásokból terjedelmi okok miatt mindössze néhányat mutattam be. Az éghajlatváltozás hatásainak csökkentése azonban, mint a szubjektív kiemelésekből is látható, a társadalom és a gazdasági minden ágát érinti. A társadalmi változások a hagyományos életformák megváltozását is jelentik, aminek kulturális következményei vannak. Ugyanakkor ezek a változások tették lehetővé, hogy a területen élő őshonos közösségek politikai, gazdasági jogokat kapjanak, és alkotmányos védelemben részesüljenek. Az éghajlatváltozáshoz történő alkalmazkodás nem zökkenőmentes, azonban a regionális együttműködésben részt vevő országok törekednek arra, hogy minél kisebb legyen az elszennvedett veszteség. Számos közös programot készítettek és a Barents Euro-Sarkvidéki Tanács közreműködésével meg is valósítottak. Az elkövetkező években további erőfeszítésekre lesz szüksége a négy államnak a mind súlyosabbá váló, szélsőséges időjárási viszonyok okozta természeti katasztrófahelyzetek kezelésére. A természeti környezet védelme érdekében létrehozott regionális és bilaterális együttműködések további fejlesztésére is szükség van/lesz azért, hogy az invazív fajok terjedését megállítsák. Továbbá azért, hogy a veszélyeztetett tengeri emlősfajok védelmét biztosítani tudják.

Biztonság- és védelempolitikai szempontból Norvégia és az Oroszországi Föderáció hatalmas tengeri területekért felelősek, az éghajlatváltozás hatásainak csökkentése számukra nemcsak környezet-, hanem gazdaságbiztonsági szempontból is fontos. Az általuk birtokolt olaj- és földgázlelőhelyek kiaknázásához számos olyan technológiára is szükség van, amely a legszigorúbb környezetvédelmi előírásoknak is megfelel, hiszen nem tudják különben az általuk vállalt környezetvédelmi programokat megvalósítani. A Barents Euro-sarkvidéki regionális együttműködés azért is különleges, mert egy olyan természeti, gazdasági környezetben kell megvalósítani, ahol a részt vevő államok fejlettsége és a régióban betöltött szerepe jelentősen eltér. Mindezek ellenére elmondható, hogy a létrejött regionális kooperáció az elmúlt évtizedekben jelentősen hozzájárult Európa északi része sérülékeny természeti környezetének és őshonos társadalmainak megóvásához és fejlődéséhez.

### Felhasznált irodalom

- ACIA. (2004) Arctic Climate Impact Assessment: Impacts of a Warming Arctic. Arctic Climate Impact Assessment (ACIA). Cambridge, Cambridge University Press.
- AHDR. (2004) Arctic Human Development Report. Akureyri, Stefánsson Arctic Institute.
- AMAP. (2012) Arctic Climate Issues 2011: Changes in Arctic Snow, Water, Ice and Permafrost. Oslo, Arctic Monitoring and Assessment Programme.
- AMAP. (2015) Summary for Policy-makers: Arctic Climate Issues 2015. Oslo, Arctic Monitoring and Assessment Programme.
- AMAP. (2017) Snow, Water, Ice and Permafrost in the Arctic (SWIPA) 2017. Oslo, Arctic Monitoring and Assessment Programme.
- BEAC (2016): *The Barents Region. Territory and population 2014*. Oslo, Barents Euro-Arctic Council. Elérhető: [www.barentscooperation.org/en#1](http://www.barentscooperation.org/en#1) (A letöltés ideje: 2018. 01. 24.)



- BarentsObserver*. (s. a.) Elérhető: <http://barentsobserver.com/en/node/23263> (A letöltés dátuma: 2018. 01. 29.)
- BODA J. – BOLDIZSÁR G. – KOVÁCS L. – OROSZ Z. – PADÁNYI Z. – RESPERGER I. – SZENES Z. (2016): Fókusz és együttműködés. A hadtudomány kutatási feladatai. *Honvédségi Szemle*, 144. évf. 3. sz. 3–19.
- CAFF (2013): Arctic Biodiversity Assessment – Synthesis. Conservation of Arctic Flora and Fauna. Akureyri, Arctic Council.
- CAVALIERI, S. – MCGLYNN, E. – STOESSEL, S. – STUKE, F. – BRUCKNER, M. – POLZIN, C. – KOIVUROVA, T. – SELLHEIM, N. – STEPIEN, A. – HOSSAIN, K. – DUYCK, S. – NILSSON, A. E. (2010): *EU Arctic Footprint and Policy Assessment 2010*. Elérhető: [https://arctic-footprint.eu/sites/default/files/AFFPA\\_Final\\_Report.pdf](https://arctic-footprint.eu/sites/default/files/AFFPA_Final_Report.pdf) (A letöltés dátuma: 2018. 01. 12.)
- DANNEVIG, H. – HOVELSRUD, G. K. – HUSABØ, I. A. (2013): Driving the agenda for climate change adaptation in Norwegian municipalities. *Environment and Planning C: Politics and Space*, Vol. 31. 490–505. DOI: <https://doi.org/10.1068/c1152>
- DOLGOV, A. – JOHANNESSEN, E. – HØINES, A. (2011): Fish: Main species and ecological importance. In JAKOBSEN, T. – OZHIGIN, V. K. eds.: *The Barents Sea: Ecosystem, Resources, Management: Half a Century of Russian-Norwegian Cooperation*. (s. l.), Tapir Academic Press. 193–200.
- FORD, J. D. – MCDOWELL, G. – PEARCE, T. (2015): The adaptation challenge in the Arctic. *Nature Climate Change*, Vol. 5. 1046–1053. DOI: <https://doi.org/10.1038/nclimate2723>
- GEDERAAS, L. – SALVESEN, I. – VIKEN, A. (2007): *Norsk svarteliste 2007 – Økologiske risikovurderinger av fremmede arter*. [2007 Norwegian Black List – Ecological Risk Analysis of Alien Species] Artsdatabanken, Trondheim.
- GEDERAAS, L. – MOEN, T. L. – SKJELSETH, S. – LARSEN, L. K. (2012): *Fremmede arter i Norge – med norsk svarteliste* [Alien species in Norway – with Norwegian blacklist 2012]. Artsdatabanken, Trondheim.
- KESKITALO, E. C. H. (2008): *Climate Change and Globalization in the Arctic: An Integrated Approach to Vulnerability Assessment*. (s. l.), Earthscan Publications.
- KESKITALO, E. C. H. – PETTERSSON, M. (2012): Implementing multi-level governance? The legal basis and implementation of the EU Water Framework Directive for forestry in Sweden. *Environmental Policy and Governance*, Vol. 22, No. 2. 90–103. DOI: <https://doi.org/10.1002/eet.1574>
- KULLMAN, L. (2002): Boreal tree taxa in the central Scandes during the Late-Glacial: implications for Late-Quaternary forest history. *Journal of Biogeography*, Vol. 29, No. 9. 1117–1124. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2699.2002.00743.x>
- MOSSBERG SONNEK, K. – CARLSSON KANYAMA, A. – NORDSTRÖM, E. M. – RÄTY, R. (2014): *Den önsk-värda skogen om 40 år: Visioner framtagna med fokus på skogsbruk och energi*. FOI Memo 5011. Stockholm, Totalförsvarets forskningsinstitut.
- MÜLLER, D. K. (2013): Progressing second home research: a Nordic perspective. *Scandinavian Journal of Hospitality and Tourism*, Vol. 13, No. 4. 273–280. DOI: <https://doi.org/10.1080/15022250.2013.866303>
- NCoM (2011): *Megatrends*. TemaNord 2011:527. Copengagen. Nordic Council of Ministers.
- SMITH, L. C. – SHENG, Y. – MACDONALD, G. M. (2007): A first pan-Arctic assessment of the influence of glaciation, permafrost, topography and peatlands on northern hemisphere lake distribution. *Permafrost and Periglacial Processes*, Vol. 18, No. 2. 201–208. DOI: <https://doi.org/10.1002/ppp.581>



- Swedish Commission on Climate and Vulnerability (2007): *Sweden Facing Climate Change – Threats and Opportunities*. Stockholm, Swedish Government Official Report, No. 2007, 60. Elérhető: [www.government.se/legal-documents/2007/12/sou-200760/](http://www.government.se/legal-documents/2007/12/sou-200760/) (A letöltés dátuma: 2018. 01. 23.)
- Swedish Species Observation System*. (s. a.) Elérhető: [www.artportalen.se](http://www.artportalen.se) (A letöltés dátuma: 2017. 12. 29.)
- UN Environment Programme, GRID (s. a.a): *Januári hőmérsékletek a régióban*. Elérhető: [http://old.grida.no/graphicslib/detail/air-temperature-in-the-barents-region-in-winter\\_9ce2](http://old.grida.no/graphicslib/detail/air-temperature-in-the-barents-region-in-winter_9ce2) (A letöltés dátuma: 2018. 01. 29.)
- UN Environment Programme, GRID (s. a.b): *Júliusi középhőmérsékletek a régióban*. Elérhető: [http://old.grida.no/graphicslib/detail/air-temperature-in-the-barents-region-in-summer\\_fb8a](http://old.grida.no/graphicslib/detail/air-temperature-in-the-barents-region-in-summer_fb8a) (A letöltés dátuma: 2018. 01. 29.)
- UNFCCC (2015): *The Paris climate agreement (2015)*. Elérhető: <https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/l09r01.pdf> (A letöltés dátuma: 2017. 12. 29.)
- VEPSÄLÄINEN, M. – PITKÄNEN, K. (2010): Second home countryside. Representations of the rural in Finnish popular discourses. *Journal of Rural Studies*, Vol. 26, No. 2. 194–204. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2009.07.002>
- VINCENT, W. F. – LAYBOURN-PARRY, J. (2008): *Polar Lakes and Rivers: Limnology of Arctic and Antarctic Ecosystems*. Oxford, Oxford University Press. DOI: <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199213887.001.0001>

## 14. fejezet

### Az éghajlatváltozás hatása a krioszféra egyes elemeire és a permafroszt régióra

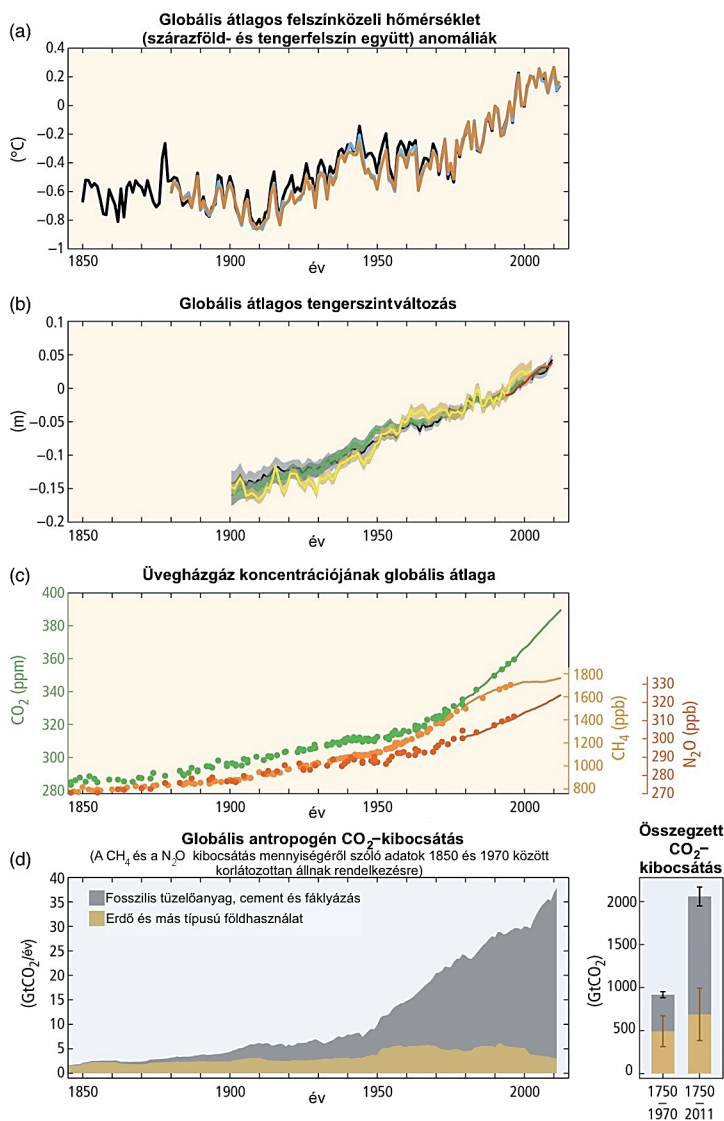
Halász László<sup>1</sup>

#### 14.1. Bevezetés

Az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC) 1988-ban Torontóban a Meteorológiai Világszervezet (World Meteorological Organization – WMO) és az ENSZ Környezetvédelmi Programja (United Nations Environment Programme – UNEP) összefogásával alakult meg. Ugyanebben az évben az ENSZ közgyűlése jóváhagyta a szervezet működését. Az IPCC története visszanyúlik az 1979. évi éghajlati világkonferenciára, ahol szorgalmazták egy olyan szervezet létrehozását, amely az üvegházhatású gázok légkörben való tartózkodásának következményeivel foglalkozik, az alkalmazkodás és a megfékezés lehetőségeit kutatja. A szervezet egyik fő célja a világ különböző kutatóhelyein elért tudományos eredmények összegyűjtése, integrált közreadása. Az IPCC mindenki számára átlátható tudományos, technikai, valamint társadalmi és gazdasági információkat nyújt az éghajlat változásával kapcsolatban. Elsősorban az emberi tevékenységek által meghatározott folyamatokra, hatásokra fókuszál. Az összeállított jelentések alapkötetelménye a politikai semlegesség. A tudományos bizonyítékokat, magyarázatokat egybegyűjtő *Első helyzetértékelő jelentés* (First Assessment Report – FAR) 1990-ben jelent meg, és egyértelműen kiemelte az éghajlatváltozással kapcsolatosan a nemzetközi együttműködés szükségességét. Ezért döntő szerepet játszott a létrehozásában az *Egyesült Nemzetek Éghajlatváltozási Keretegyezménye* (United Nations Framework Convention on Climate Change – UNFCCC), amely a legfontosabb nemzetközi szerződés volt a globális felmelegedés csökkentésére és az éghajlatváltozás következményeivel való megbirkózásra. A második jelentés 1996-ban, a harmadik 2001-ben, a negyedik pedig 2007-ben látott napvilágot. A nemrégiben kiadott ötödik jelentés munkálatait már 2008-ban elkezdtek szervezni, és 2014-ben fejezték be a teljes összegzést. (IPCC 2013) E jelentés felhívta a figyelmet, hogy egyre veszélyesebb környezeti krízis tanúi vagyunk: a változás mértéke, sebessége és várható hatásai súlyosabbak a korábbi felmérésekhez, becslésekhez képest, és gyors, határozott cselekvésre van szükség. A tudományos értékelés alapján minden eddignél nagyobb bizonyossággal (>95%) volt állítható, hogy a 20. század közepétől megfigyelt melegedés hátterében elsősorban az antropogén hatás áll. 1901 és 2012 között a globális melegedés mértéke elérte a 0,9 °C-ot. A természetes éghajlati

<sup>1</sup> ORCID:0000-0002-8257-4459, [halasz.laszlo@uni-nke.hu](mailto:halasz.laszlo@uni-nke.hu)

változékonyság és a külső kényszerek – így például a Napból érkező sugárzás – változása csak elenyésző ( $<0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) hányadban járultak hozzá a melegedéshez. Különösen figyelemreméltó, hogy mindhárom legutóbbi évtized földfelszíni átlaghőmérséklete meghaladta a megelőző összes évtizedét 1850 óta.



14.1. ábra

*A felszínközeli hőmérséklet, az átlagos tengerszintváltozás, a globális üvegház-koncentráció és az antropogén  $\text{CO}_2$  változása*

Forrás: IPCC 2013

A 14.1. ábrán láthatók az éghajlati rendszer változásaira vonatkozó megfigyelések (sárga háttérű a, b és c panelek) és egyéb indikátorok (kibocsátások: d panel, világoskék háttérrel). Megfigyelések:

- (a) a globális átlagos éves felszínközeli hőmérséklet (szárazföld- és tengerfelszín együtt) eltérései az 1986–2005 közötti időszak átlagától. Az eltérő színek különböző adatbázisokat jelölnek.
- (b) a globális átlagos éves tengerszintváltozás az 1986–2005 közötti időszak átlagos szintjéhez viszonyítva a rendelkezésre álló leghosszabb adatsor alapján. A különböző adatsorokat eltérő színek jelölik. Az adatsorokat úgy igazították, hogy a műholdas magasságmérés (piros) kezdetekor, 1993-ban egyenlők legyenek. Ahol megállapították, ott az adat bizonytalansága a színek árnyékolásával szerepel.
- (c) az üvegházhatású gázok – a szén-dioxid ( $\text{CO}_2$ , zöld), a metán ( $\text{CH}_4$ , narancs) és a dinitrogén-oxid ( $\text{N}_2\text{O}$ , piros) – légköri koncentrációja a jégfurat-analízisekből nyert adatok (pontok) és közvetlen légköri mérések (vonalak) alapján.

Indikátorok (d): az erdőművelésből és más típusú földhasználatból, valamint fosszilis tüzelőanyagok elégetéséből, cementgyártásból és fáklyázásból származó globális antropogén  $\text{CO}_2$ -kibocsátás. Az ezekből a forrásokból származó összegzett  $\text{CO}_2$ -kibocsátást és a velük kapcsolatos bizonytalanságokat külön-külön jeleníti meg az ábra a jobb oldali talpas vonal- és oszlopdiaagramokon. A  $\text{CH}_4$  és a  $\text{N}_2\text{O}$ -koncentrációk feldúsulását globálisan a (c) panel mutatja.

A megfigyelések és becslések szerint az erősödő üvegházhatás következtében a földi éghajlati rendszerben megjelenő többletenergia 90%-át az óceánok nyelték el, és csak a maradék 10% fordítódott a légkör melegítésére, így az óceáni hőmérséklet számottevően emelkedett. A légkörbe jutó többlet-szén-dioxid jelentős hányadát szintén az óceánok nyelték el, ennek hatására kimutatható az óceánok vizének savasodása. A hóval és jéggel borított területek kiterjedése is jelentősen csökkent; ennek egyik legismertebb következménye az Északi-sarkvidéken az Északnyugati-átjáró évről évre mind hosszabb idejű jégmentessége és hajózhatósága. (PADÁNYI–FÖLDI 2016) A modellek fejlesztésével a tudományos bizonyosság a jövőbeli lehetséges változásokat illetően is lényegesen nőtt. A 2013 szeptemberében közreadott jelentés új éghajlati jövőképeket is bemutatott. E lehetséges jövőképek a módosuló üvegházhatás miatt a felszínre érkező sugárzási többletenergia – az éghajlati rendszert irányító sugárzási kényszer jövőbeni változásának – feltételezett mértékében különböznek. Ennek alakulása pedig nagymértékben az üvegházhatású gázok további globális kibocsátásától és ezáltal légköri mennyiségük alakulásától függ.

A kibocsátás mennyiségi megoszlásának vizsgálata kimutatta, hogy az emisszió döntő részéért az ipar és az infrastruktúra (elsődlegesen a közlekedés) a felelős, de jelentős a lakossági eredetű üvegházgáz-kibocsátás is (főként a fűtésből), és egyes országok esetében a katonai szférához is meghatározó mennyiségek rendelhetők. (PADÁNYI–FÖLDI 2014) A jövőre irányuló scénáriók által szolgáltatott módzatok esetében az egyes szektorok „viselkedésében” beálló változások döntőek, így a klímatudatosság és az üvegházhatású gázok emissziójának csökkentése minden kapcsolódó területen meghatározó fontosságú.

## 14.2. Az éghajlatváltozás hatásai a krioszférára

### 14.2.1. Az éghajlatváltozás hatásai a gleccserekre

A világ összes magashegységében, így a Sziklás-hegységben, az Andokban vagy a Himalájában is folyamatosan olvadnak a jégfolyamok. A Himalája keleti felén mindeddig kétezer gleccser tűnt el teljesen. 2002-ben az ENSZ környezetvédelmi programja egy tanulmányt hozott nyilvánosságra, amely szerint a megnövekvő olvadékvíz miatt óriási árvizek pusztíthatnak a közeljövőben ebben a térségben. A Kilimandzsáró, amely 5895 m magasságával Afrika legmagasabb hegye, 12 év alatt a jégsipkájának a harmadát elveszítette. Egyes szakértők szerint 20–30 év múlva teljesen eltűnhet, így a múlté lesz a hósipkás hegy látványa a forró szavanna közepén. (UNEP 2009) Ez nemcsak a hőmérséklet növekedésének, hanem annak is köszönhető, hogy a korábbi esős évszakok, amelyek csapadéka a hegy tetején hó formában hullt le, rendre kimaradnak, illetve a csapadék mennyisége jelentősen lecsökkent. 2001-ben az IPCC szakértői egy tanulmányt adtak ki, miszerint a 21. században 1,4–5,8 °C-kal nőni fog a Föld átlaghőmérséklete. Az, hogy a kisebb szám vagy a nagyobb szám jön be, elsősorban a kibocsátott CO<sub>2</sub> mennyiségétől függ majd. A hegyekben azonban ez a növekedés még nagyobb arányú lehet. Jó példa erre Svájc, ahol a globális világátlagnál háromszor nagyobb arányban emelkedett a hőmérséklet. (IPCC 2013)

Az oladás oka elsősorban nem a hőszegegyebb telekben keresendő, hanem a minden eddigénél melegebb nyarakban. Ugyanakkor a légköri szennyezőanyagok – így a por – is hozzájárulnak az oladáshoz. Egy fehér hófelület a napsugárzást szinte teljes mértékben visszaveri, a visszatükrözés értékét albedónak nevezzük. Ez az albedo lecsökken, ha a felület szennyező részecskéket tartalmaz, és a fehér felszín sötétedni kezd, s így a gleccser nagyobb hőmennyiséget is vesz fel. De más tényezők is hozzájárulnak a fokozatos oladáshoz. Így az ózonréteg vékonyodásával szabad utat kapnak a rövidhullámú és energiában, hőmennyiségben gazdagabb UV-sugarak. Ehhez még hozzájön a közlekedés és a gyárak által termelt szennyezőanyagok hatása, amely a légkör kémiai összetételét és így a csapadékét (például savas esők) megváltoztatja. A kémiai szennyezők mellett az ipari folyamatokban képződő egy mikrométer szemcseméret alatti aeroszol részecskék magasabb atmoszférikus rétegekbe emelkedve igen messzire eljutnak majd, a szennyezés helyétől távol igen lassan ülepednek ki, ezáltal globális szennyeződést hozva létre. (CSURGAI–SOLYMOSI 2015) Ez a hegyekben még drasztikusabb hatású lehet, ugyanis megállapították, hogy az alpesi tavakban sokkal nehezebben, lassabban bomlanak le ezek az anyagok, mint mondjuk egy alföldön fekvő tóban.

A gyors oladás következtében nagy mennyiségű törmelék rak le a gleccser az úgynevezett végmorénáknál (ez a gleccsernyelvnél lévő törmelék). Ezek a laza kövek egy nagyobb esőzés során megindulhatnak a hegyoldalon, illetve földcsuszamlásokat idézhetnek elő, s ezáltal veszélyeztethetik a völgyben elterülő településeket. De az újonnan képződő gleccsertavak is veszélyt jelentenek a lakosság számára. A permafroszt felolvad. A magashegységekben ugyanis a földfelszín 20–100 méteres vastagságban fagyott állapotban van, ami normális körülmények között egész évben így marad. Az Alpokban ez nagyjából 2800 m-től van így, de az északi oldalakon a tartósan fagyott talaj határa

2200–2300 méterig is lekúszhat, ugyanakkor a déli oldalakon mindez csak 3000 métertől jellemző. A talaj és a szikla itt voltaképpen tartósan fagyott állapotban van. Azonban az elmúlt száz évben a talajfagy határa 150–200 métert felfelé kúszott. Sziklaoldalak, amelyek korábban stabilak voltak, mivel ezeket a jég és a szikla cementként tartotta össze, most instabillá váltak, mivel az összetartó erő, nevezetesen a jég folyamatosan olvad. Tehát egész sziklaoldalak omolhatnak le, és hegyoldalak csúszhatnak a mélybe. Ezzel szintén a környező lakosságot veszélyeztetik, de ugyanúgy ki vannak téve a hegyi turistautak, sőt a sítérep, az épületek (menedékházak stb.), a sífelvonók is ennek a veszélynek. Egyre extrémebb lesz az időjárás, s olyan óriási viharok, mint amilyen a Wiebke volt 1991-ben vagy a Lothar 2002-ben, állandósulnak. A szokatlanul nagy havazások hatalmas nagy lavínakat indítanak el, mint amilyen 1999-ben Galtürben volt (Tirol), ahol 38 ember veszítette életét. Amióta időjárási megfigyeléseket végeznek, nem volt olyan forró a nyár, mint 2003-ban. Heteken át 4000 m felett volt a 0 °C határa, sőt elsőként emelkedett 4800 m fölé a fagyhatár. Azonban nemcsak a nagy meleg volt a baj, hanem az, hogy általában egy nyáron a magashegységekben 50 úgynevezett meleg nyári nappal kell számolni. Az ilyen napok száma 2003 nyarán 100 volt, kvázi megduplázódott, s ezért volt ekkora az olvadás. Ezenkívül a téli hótakaró is, amely a gleccserjeget védi, jóval korábban elolvadt, s mivel a jég jóval sötétebb a hónál, ez jobban magába szívja a nap erejét. Ehhez még hozzájönnek a korábbiakban említett sötét színű szennyezőanyagok, amelyek ezt a hatást még jobban felerősítik. Ráadásul a védő hótakaró korábbi eltűnése, s egyáltalán a hóvastagság folyamatos csökkenése azt is jelenti, hogy a gleccserjégre a korábbinál nagyobb mennyiségű szennyezőanyag rakódik le egyre nagyobb vastagságban, ami ismét katasztrofálisan hathat a meleg nyári időszakban.

Kiterjedt kutatások folynak a gleccserek világszerte tapasztalható csökkenéséről, amely folyamat az elmúlt két évtizedben felgyorsult. (HAEBERLI–HOELZLE 1995; COLLINS 2008; HAEBERLI et al. 2007) Nagyon pontos műholdas mérések alapján a világ gleccserei (beleértve az Északi-sark gleccsereit is) 1961–1990 között  $219 \pm 112 \text{ kg/m}^2$ -rel csökkentek évente, 2001–2004 között pedig évente csaknem kétszeres mértékben, évi  $510 \pm 101 \text{ kg/m}^2$ -rel. Az alaszakai gleccserek 98%-ának a tömege a visszahúzódás és/vagy elvékonyodás következtében csökken.

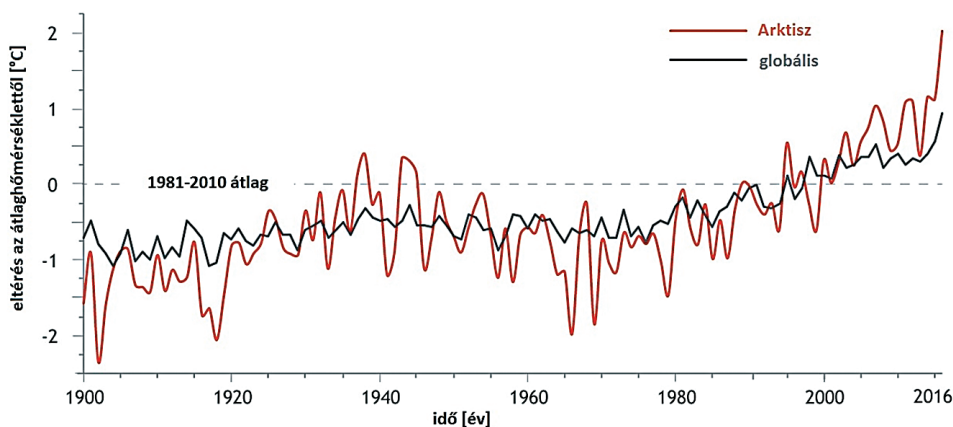
Az előrejelzések szerint a gleccserek és jégsapkák olvadása 2100-ig a tengerek és óceánok szintjét 10–25 cm-rel fogja megemelni. (ARENDE et al. 2002)

Az Északi-sark gleccserei, az alaszakaiaktól eltekintve, az egységnyi területre eső tömeget tekintve nem a legnagyobbak ugyan, de nagy kiterjedésüknek köszönhetően mégis ők lesznek a tengerszint emelkedéséért a leginkább felelősek, mivel a hóval való borítottság időszaka csökken. (IPCC 2007a) A grönlandi és nyugat-antarktiszi gleccserek óceánok felőli végének vizsgálatai azt jelzik, hogy a tengerszint is hatással van a gleccserekre, azok sebességére, vékonyodására és visszahúzódására. (IPCC 2008)

A Kelet-Antarktisiz nagy része mentén szintén megfigyelhető a jégtakaró vékonyodása. A legutóbbi tanulmányok megerősítették a kelet-antarktiszi gleccserek jelentős hatását különösen a Csendes-óceán melegebb nyugati partvidékén, és arra a következtetésre jutottak, hogy a világ egyik legnagyobb jégtakaróját még jobban veszélyeztetheti a levegő és az óceánok melegedése, mint ahogy azt korábban gondolták.

### 14.2.2. Az éghajlatváltozás hatása a sarkvidékekre

A sarkvidékek nagyon érzékenyek az éghajlatváltozás különféle hatásaira, amelyek tovább növelik ezeknek a régióknak és egyben az egész világnak a fenyegetettségét. A fő szempontok az alábbiak: a Föld felszíni átlaghőmérséklete a 19. század vége óta  $0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ -kal növekedett, de a sarkvidékeken ez a növekedés még nagyobb mértékű. Az Északi-sarkvidéken elsősorban a téli hőmérséklet az, amely nagyobb mértékben emelkedett, mint a többi régióban, Alaszkában és Kanada nyugati részén a téli átlaghőmérséklet az elmúlt fél évszázadban  $3\text{--}4\text{ }^{\circ}\text{C}$ -kal növekedett.



14.2. ábra

*Az Arktisz és a Föld átlagos melegedésének összehasonlítása*

*Forrás: HERMAN 2017*

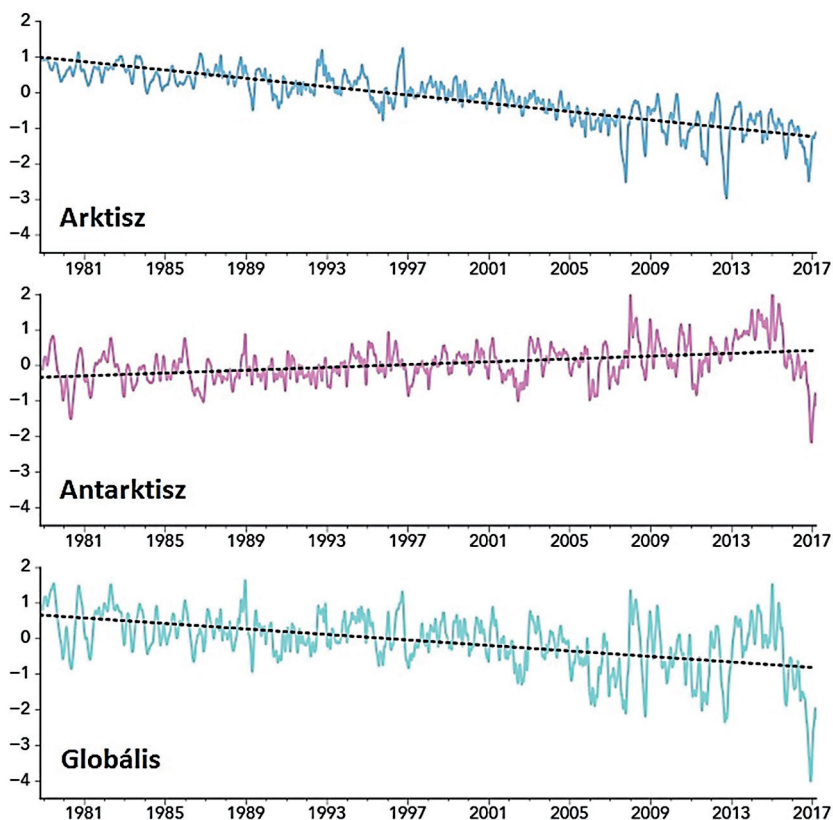
Az északi-sarkvidéki talaj feletti levegő hőmérséklete melegebb volt, mint bármikor korábban a 20. század elejének hőmérsékletéhez képest  $2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ -kal. A globális átlaghőmérséklet szintén növekedett a 20. század kezdete óta. A sarkvidéki átlaghőmérséklet kb. kétszer gyorsabban nőtt, mint az északi félteke átlaghőmérséklete (14.2. ábra).

A régió elvesztette a tengeri jég kétharmadát az utóbbi harminc évben (lásd 14.3. ábra). A sarki hóval fedett terület nagysága is jelentősen csökkent. Amint a tengeri jég elvékonyodott, nagyobb vízfelület vált szabaddá. Mivel a víz és a jég, illetve a hó albedója különböző, a nyári időszakban a víz nagyobb mennyiségű hőt nyelt el. Ez pedig növeli a víz hőmérsékletét. Ez a visszacsatolás az egyik oka a sarki melegedésnek. A másik ok az, hogy míg a sarki régió melegszik, a hőmérséklete alacsonyabb marad, mint a szubtropikus régióé. Így a sarki régió kevesebb hőt veszít, mint a délebbi régiók.

A növekvő légköri nedvességtartalom hővisszatartó képessége további hőmérséklet-növelő tényező. Az IPCC ötödik jelentése szerint a sarkvidék téli átlaghőmérséklete  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ -kal fog emelkedni 2040-re, az északi félteke átlaghőmérséklete  $1,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ -kal fog emelkedni. Új extrém magas hőmérsékletek alakulhatnak ki. A nagyobb légköri nedvességtartalom növeli a heves esők és árvizek valószínűségét. A melegedő óceánok



miatt fokozódni fog a gleccserek olvadása és a tengerszint emelkedése. A sarkvidéki melegedés felelős a sarktól távoli anomáláis hideg és hóesés kialakulásáért az USA keleti részén és Európában az elmúlt években. Ez a hatás okozta a 2018 eleji extrém hideg és havas időjárást. A sarki melegedés befolyásolja a légáramlási rendszereket. Télen, amikor kevesebb napsugár éri a sarki felszínt, és a régió lehűl a kisugárzott infravörös hővesztés miatt, a veszteséget az alsóbb szélességekről feláramló levegő és óceáni áram pótolja. A forgó Földön az észak–déli hőmérséklet-különbség ciklonszeleket generál, amelyek nyugatról kelet felé fújnak a közepes szélességeken és a sarkvidék alatti területen. Az óra járásával ellentétes szél az Északi-sarkvidék feletti felső légkörben a sarki örvény. A déli sark fölötti örvény az óra járásával megegyező irányú.



14.3. ábra

A műholdas mérések alapján mért tengeri jég kiterjedésének változásai az 1979–2017 közötti időszakban ( $\times 10^6 \text{ km}^2$ )

Forrás: HERMAN 2017

Amikor a sarki örvényesség erős, akkor a sarki nyomásgradiens nagy, és északi szelet okoz. Amikor az örvényesség gyengül, a szélirány eltolódik, északi és déli lesz. A hullámzó

áramlások hideg levegőt szállítanak a közepes szélességek és meleg levegőt a sarki zóna felé. Az észak–dél közötti hőmérséklet-különbség változása befolyásolja az áramlásokat, a nyugat–keleti irányú áramlás a forgó Földön instabillá válik, ezek az instabilitások módosítják az észak–déli széláramlásokat. Az Északi-sarkvidéken található mérőállomások adatai alapján például 2006-ban az áprilisi átlaghőmérséklet  $+12\text{ }^{\circ}\text{C}$ -kal haladta meg az éghajlati átlagot.

Az utóbbi időszakban extrém meleg hőmérsékletet mértek a tenger felszínén és a levegőben is az Arktiszon. Ez a jég képződését akadályozza, ami tudósok szerint rekordkeves jeget eredményezhet jövőre az Északi-sarkon. A műholdak és sarki meteorológiai állomások adatait figyelő dán és amerikai kutatókat sokkolta és aggodalommal töltötte el, hogy a levegő hőmérséklete megdöbbentő módon 20 fokkal magasabb, mint amennyinek az év ugyanebben a szakaszában lennie kellene. Ne feledjük azt se, hogy a vízhőmérséklet is majdnem  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ -kal magasabb, mint a szokásos októberi–novemberi értékek.

Ezen adatoknál is látványosabb a tengerjég visszahúzódása a nyári időszak végére. A tengerjég minimális kiterjedése a műholdas mérések kezdete óta  $8,3$  millió  $\text{km}^2$ -ről napjainkra  $5$  millió  $\text{km}^2$  alá csökkent. Legkisebb kiterjedését 2012 különösen meleg nyarán érte el, a tengerjég 2012. szeptember 16-án mindössze  $3,41$  millió  $\text{km}^2$ -t borított. A tengerjég vastagságából is jelentősen veszített: míg 1980-ban átlagosan  $3,6$  méter vastag volt, addig 2008-ban már csak  $1,9$  méter. Különösen aggasztó, hogy az éghajlati modellek, amelyek a jövőbeni éghajlatváltozás előrejelzésére szolgálnak, még visszamenőleg sem tudják pontosan leírni a jégtakaró állapotváltozásait. Az éghajlati modellek többsége szerint a jég kiterjedésének a megfigyelthez képest sokkal lassabban kellene csökkennie, a jégtakaró egy részének még ezen évszázad végére is meg kellene maradnia. A műholdas észlelések szerint azonban a nyári jég véstesen fogy: egyes kutatók szerint már a 2040-es években eltűnhet nyaranta a tengeri jég az Arktisról 1979 óta az arktiszi téli jég kiterjedése körülbelül  $3$ – $4\%$ -kal csökkent évtizedenként. (RIGNOT 2006) 2007-ben a tengeri jég legkisebb kiterjedése  $39\%$ -kal csökkent az 1979–2000 közötti átlaghoz képest, és ez a negatív rekord tovább csökkent 2012-ben.

A globális felmelegedés az északi-sarki tengeri jégtakaró vastagságát is csökkenti, amely így egyre fiatalabb és vékonyabb. Ez azt jelenti, hogy az olvadási szezon kezdetekor a nyílt vízfelületek korábban kialakulnak, és nyáron nagyobb kiterjedésűek. (PRITCHARD et al. 2009)

Az arktiszi jégtakaró olvadásának növekedésével az óceán vize jobban felmelegszik, ami növeli a levegő hőmérsékletét is. Mivel ez a vártnál korábban volt kimutatható, így az Északi-sarkvidék talán már átlépte fordulópontot a jégmentes nyár irányába. (CASEY et al. 2014; SWART et al. 2015) Az előrejelzések azt mutatják, hogy a gyorsulás üteme különösen fontos lehet a következő évtizedekben a jégmentes nyarak kialakulásában. Modellszámításokkal lehet megvizsgálni, hogy az egyes sugárzási kényszerek milyen hatást gyakorolnak az átlagos levegő-hőmérsékletre. Hazai kutatók matematikai modelleken végzett vizsgálatai is fontos eredményekkel szolgáltak egyes, az éghajlatot is befolyásoló veszélyes kémiai szennyezők atmoszferikus terjedésének kérdésében. (CSURGAI et al. 2006)

Az RCP2.6 scenárió esetére kapott modellezési eredmények szerint a felszínközeli léghőmérséklet télen  $1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  és  $2\text{ }^{\circ}\text{C}$  között fog növekedni a század végére. Az RCP8.5 scenárió esetén a becsült melegedés  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$  és  $6\text{ }^{\circ}\text{C}$  közötti a téli időszakban. A tengeri területek felett kisebb lesz a felmelegedés mértéke: a modell eredményei azt jelzik, hogy a téli

középhőmérséklet maximális változásának értéke 2 °C körül fog alakulni. (IPCC 2013) A nyári időszakban is sokkal nagyobb hőmérséklet-emelkedésre számíthatunk a szárazföldi területek esetén. Az RCP8.5 scenáriót tekintő modellszámítások jelzései alapján 5 °C és 7 °C közötti hőmérséklet-növekedés várható, míg az RCP2.6 scenárió esetén maximum 2 °C és 3 °C közötti regionális melegedés valószínűsíthető. A tengerek feletti hőmérséklet-változás ehhez viszonyítva valamelyest kisebb lesz a szimulációs eredmények alapján. Az elmúlt évszázad megfigyelt hőmérsékleti értékeihez képest egyértelműen hőmérséklet-növekedés várható a századfordulóra.

A csapadék mennyiségére vonatkozó becslések a téli és a nyári félévre is növekedést jeleznek a térségben. A két félév közül egyértelműen az áprilistól szeptemberig terjedő időszakban jeleznek nagyobb csapadéknövekedést a modellszimulációk. Az RCP8.5 scenárióra kapott eredmények szerint a szárazföldi régiókban a várható változás mértéke akár 40%-os is lehet a nyári félévben a 21. század végére, míg a tengerek felett alig éri majd el 20%-ot. Az októbertől márciusig terjedő téli félévben a becsült változás mértéke jóval alacsonyabb, 20% körüli a szárazföldön és a tengeren egyaránt. Az RCP2.6 scenárióra mind a két esetben kisebb – mintegy feleakkora – változások valószínűsíthetők, mint az RCP8.5 scenárió esetén.

Az északi-sarki jégsapka minden télen növekszik, amint a Nap néhány hónapra lenyugszik, és minden nyáron csökken, amint a Nap magasabbra emelkedik az északi égbolton. A tengeri jég éves minimális kiterjedését minden évben szeptemberben éri el. 2007-ben rekordalacsony szintet ért el. Idén a közel rekordmértékű olvadást az átlagosnál magasabb nyári hőmérsékletek előzték meg, de azok nélkül a szokatlan időjárási körülmények nélkül, amelyek hozzájárultak a 2007-es rendkívüli olvadáshoz. A hótakaró kiterjedése az elmúlt 30 év alatt mintegy 10%-kal csökkent a tavaszi és a nyári időszakokban. A csökkenés az északi féltekén nagyobb mértékű. A déli féltekén a hosszú távú mérések azt mutatják, hogy az elmúlt 40 évben nem változott, vagy kis mértékben csökkent a hótakaró mérete. A tavaszi olvadás az elmúlt 65 évben egy-két héttel korábbra tolódott, valamint az is bizonyított, hogy a téli oladás mértéke is növekedett Euráziában és Észak-Amerikában. (IPCC 2013)

Az előrejelzések alapján a 21. század során a hótakaró tovább fog csökkenni annak elenére, hogy egyes magasabban fekvő területeken növekedés várható, ami az ökoszisztémák újrafelosztását eredményezheti. Általánosságban elmondható tehát, hogy a hó megmaradásának időszaka később kezdődik, míg az oladás korábban, így összességében a jégtakarók nagyon érzékenyek a globális felmelegedésre; a hőmérséklet növekedése fokozza a grönlandi és antarktiszi gleccserek oladását. Amikor az oladékvíz eléri a gleccser alatti alapkőzetet, felgyorsítja a gleccser mozgását. Az Antarktiszi-félsziget területén a felmelegedés a jégtakaró összeomlását eredményezte, ami a gleccser folyásának sebességét a tízszeresére növelte, és felgyorsította a jég visszahúzódását is. Az elkövetkezendő évtizedek során, a sarkvidékeken történő változások hatására a jégtakarók nagy hatással lesznek a tengerek szintjének emelkedésére. (ARNELL 2005)

A gyors éghajlatváltozás már érinti, és egyre nagyobb mértékben érinti az Északi-sarkvidéken élő emberi társadalmakat. Az ő tradicionális életmódjuk és kultúrájuk teljes mértékben a sarkvidéki környezettől függ. Mivel a Jeges-tenger egyre nagyobb felülete válik jégmentessé, ez csábítóan hat egyes országokra, hogy kiaknázzák az eddig elérhetetlen földgáz- és kőolajforrásokat. Az energiavállalatok fűrési engedélyekért folyamodnak, a hajózási társaságok pedig izgatottan keresnek újonnan megnyíló útvonalakat az Arktiszon át.

A hetedik kontinens Földünk leghidegebb része, amelynek mintegy 95%-át jég és hó borítja. Ebből következik, hogy a térség albedója rendkívül magas. Mivel a téli időszakban a terület kiesik a Nap sugárzási szögéből, 4–6 hónapon keresztül sötétség uralkodik. Ekkor napfény hiányában csak kisugárzás történik, ami tovább hűti az amúgy is hideg kontinenst. Domborzatára egyaránt jellemzők a hegyvonulatok, síkságok és medencék. Növény- és állatvilága a partvonalai szakaszra koncentrálódott a nagyon alacsony hőmérsékletek miatt. A térséget éghajlatváltozás szempontjából két részre lehet osztani. A melegebb Nyugat-Antarktiszra és a hidegebb Kelet-Antarktiszra. Számos kutatóállomás található a kontinensen, amelyeken többek között meteorológiai méréseket is folytatnak. A legtöbbről 1950 óta vannak adataink, amelyekből fontos következtetéseket lehet levonni a múlt éghajlatára vonatkozóan, és a jövőbeli becslésekhez kiindulási alapot szolgáltatnak. Éghajlata rendkívül hideg, az évi átlagos középhőmérséklet  $-49\text{ }^{\circ}\text{C}$ , míg az átlagos csapadékmennyiség 150–200 mm évente, ami hó formájában jelenik meg. A szél hófúvásokban teljesedik ki, ami a 400 m-től az 1000 m magasságot is elérheti a légkörben. Az évi átlagos szélsébség 2,5–5 m/s közötti értéket vesz fel. (CASEY et al. 2014) Antarktisz-félszigeten (a Vernadsky Station mérései alapján) 1951 óta  $2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ -kal növekedett az éves hőmérséklet. A hőmérséklet növekedése láthatóan nagyobb mértékű a sarkvidékeken, mint a Föld más régióiban. Fontos szem előtt tartani azt is, hogy a melegedő óceánok további hőmérséklet-emelkedést okoznak a sarkvidékeken is. A jövőbeli hőmérséklet alakulását külön kell vizsgálni a területen szárazföldi és tengeri részre bontva, mivel a tengereken a különböző légköri áramlatok jelentős hatást fejtenek ki. Az Antarktisz térségére vonatkozó modellfuttatási eredmények között kisebb az eltérés.

Az elmúlt két évtizedben Grönland mellett az Antarktisz veszítette a legnagyobb mennyiséget a jeges vidékeiből. A jég vesztesége 30 Gt-ról 147 Gt-ra növekedett 2002 és 2012 között a térség északi részén az Antarktisz-félszigeten, illetve nyugati területein főként az Amundsen-tengernél, ahol a hőmérsékleti értékek is magasabbak. A globális hőmérséklet-növekedés következtében nagy valószínűséggel tovább fog csökkenni a jégtömeg koncentrációja a 21. század végére. A gleccserek csökkenése főként az 1960-as évek óta jelentős az Antarktiszon, 1990-ig átlagosan 0,76 mm/év ütemű veszteséget detektáltak. Azóta ennek mértéke megnövekedett 0,83 mm/évre. A modellbecslések szerint nagyságuk 5–55% közötti értékben fog csökkenni az RCP2.6 scenárió esetén, míg 35–85% közötti veszteség is felléphet az RCP8.5 scenárió esetén. A jég csökkenésének oka a sztratoszférikus ózonkoncentráció csökkenése, amely az utóbbi néhány évtizedben elsősorban az Antarktisz környékén jelentkezett. (DING et al. 2011) Az ózonréteg elvékonyodásához főként az emberi tevékenység által kibocsátott halogénezett szénhidrogén-vegyületek vezettek. A montreali egyezmény óta ezeknek a fluor- és klórtartalmú vegyületeknek a kibocsátása jelentősen lecsökkent, és az ózonmennyiség stabilizációja is megindult. Mivel a jövőbeni nyári időszakokban a modellek számításai alapján a tengerek nagyobb mértékben jégmentessé válnak, ezáltal albedójuk csökken, s így az infravörös sugárzás abszorpciója meg fog nőni ezeken a területeken.

Már korábban is nyilvánvaló volt, hogy a nyári időszak alatt az Antarktisz jege megolvad, és kialakulhatnak kis tavak vagy folyók a jégpáncélon. Egy új kutatás azonban azt mutatja, hogy az eddig gondoltnál jóval nagyobb mértékű olvadásról van szó: 700 tó, folyó, patak és csatorna jelent meg a kontinensen az elmúlt évtizedek során, és ez komoly aggodalomra ad okot. Ez eléggé aggasztó jelenség, mert már láttak hasonlót korábban is. Akkor

a grönlandi jégpáncél olvadt nagyon gyorsan, 2011 és 2014 között több mint egybillió tonna jég olvadt el. A kutatók arra következtetnek, hogy a kék tavak ennek a folyamatnak a tünetei.

A nyugat-antarktiszi jégtakaró és a kelet-antarktiszi jégtakaró melegeedésében jelentős különbségek figyelhetők meg, amelyeket eddig többnyire kevésbé vettek figyelembe, és amelyek elsősorban az ózonlyuk hűtési hatásának köszönhetők. A nyugat-antarktiszi jégtakarón, amely magában foglalja az Antarktiszi-félszigetet is, jelentős felmelegedés tapasztalható, a félsziget nyugati partjai mentén a hőmérséklet-emelkedés  $3\text{ }^{\circ}\text{C}$  (körülbelül tízszerese a globális felmelegedés általános értékének). Az elmúlt 50 esztendőben az Antarktiszi-félsziget nyugati oldalán az óceán felső rétegének a hőmérséklete  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ -kal emelkedett, és a félsziget nyugati oldalán a gleccserek 87%-a visszahúzódott. 2002-ben a Larsen-selfjég teljesen összeomlott. (MEIER et al. 2006)

A nyugat-antarktiszi jégtakaró sokkal instabilabb, mint a kelet-antarktiszi, mivel a tenger szintje alatt ül a sziklaágyán, és a megfigyelések szerint egyre vékonyodik, ami a teljes jégtakaró összeomlásához is vezethet. A nyugat-antarktiszi jégtakaró fogyatkozásának bizonyítékai láthatók az Amundsen-tenger térségében, valamint három gleccseren: a Pine Island-, a Thwaites- és a Smith-gleccseren. Ezen gleccserek jegének olvadása 12 év alatt 30%-kal gyorsult, és a tömegük vesztesége 170%-kal nőtt. Ezeknek a jégpolcoknak az összeomlása előjelezheti a nyugat-antarktiszi jégtakaró teljes összeomlását, amely végül a világtengerek szintjének öt méterrel való emelkedéséhez vezethet, és világszerte felbecsülhetetlen ökológiai, társadalmi és gazdasági következményekkel járna. (PARKINSON-CAVALIERI 2012) A  $\text{CO}_2$  légkörbe történő növekvő mértékű kibocsátása, a várható erős szelek és az óceáni víztömeg rétegződésében bekövetkező változások megváltoztatják a Déli-óceán  $\text{CO}_2$ -elnyelő képességét is (amely az elmúlt 20 évben 30%-kal csökkent).

Az Antarktisz környéki tengeri jég esetében teljesen más a helyzet, az ugyanis a regionális éghajlati dinamikának köszönhetően változatlan, vagy akár növekszik is. Az antarktiszi tengeri jég maximális kiterjedése 2012. szeptember 26-án  $7,51$  milliárd  $\text{km}^2$ -es területével rekordot ért el. Ugyanakkor az antarktiszi tengeri jég fennmaradása függ a kontinentális jégtakaró sorsától és a globális felmelegedés szélesebb körű hatásaitól. (GELENCSÉR 2015)

### 14.3. A sarkvidéki melegeedés egyéb következményei

A hőmérséklet növekedésével mindenféle korú jég csökken. 1983 óta az ötévesnél idősebb jégtakaró gyorsabban csökken. Az arktiszi jégtakarónak nagy része most már elsőéves jég, amely a nyári időszakban gyorsabban elolvad. A tengeri jégtakaró korának becslésére kidolgozott újabb módszerek, amelyek a jég vastagságát és térfogatát veszik alapul, indikálják a jég elvékonyodását és a régebbi jegek hiányát is. Az arktikus terület tengereit tápláló folyók vízhozama az elmúlt 30 évben megnövekedett a jég olvadása és a növekvő csapadékmennyiség hatására. Az óceánokba jutó nagyobb mennyiségű édesvíz hatására növekszik az óceánok hőelnyelő képessége, ami viszont a jégtakaró és a gleccserek olvadását fokozza. (HAEERLI-HOELZLE 1995) A termohalin-cirkulációt is befolyásolják ezek a változások, mivel ezek hatására az áramlások mintázata is változhat az óceánokban. (CARSON et al. 2016) A globális felmelegedés hatására a 21. század során minden bizonnyal meg fognak változni a szél- és légnyomási mintázatok, valamint az óceánok áramlási rendszerei. A globális fel-

melegedés két hatása eredményezi a tengerszint emelkedését: a szárazföldi jégtakaró olvadásából származó többletvízmennyiség, valamint a tengervíz felmelegedése okozta hőtágulás. A 2003–2008 közötti időszakban a tengerszint átlagos emelkedése 2,5 mm/év volt, egy kicsit kisebb mértékű, mint az 1993–2003 közötti időszakban (3,1 mm/év). A különböző faktoroknak a tengerszint emelkedéséhez való hozzájárulásában az elmúlt időszakban változások következtek be: a 2003–2008 közötti időszakban a tengerszint-emelkedés 80%-ban a sarki jégtakarók és a magashegyi gleccserek olvadásának volt köszönhető, míg az 1993–2003 közötti időszakban 50%-ban a hőtágulásnak. (MEIER 2017) Az éghajlat változásai a jövőben felgyorsítják a tengerek szintjének emelkedését. Az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület előrejelzései (IPCC 2013) nem tartalmazzák a jégtakaró teljes változásának dinamikáját, így a 2100. esztendőre bekövetkező 18–59 cm-es tengerszint-emelkedés csak óvatos becslésnek tekinthető. Ugyanakkor a grönlandi és a nyugat-antarktiszi jégtakaró csökkenésének előrejelzése és értékelése alapján 0,8–2 m tengerszint-emelkedés is várható 2100-ig.

A légkörből történő szén-dioxid felvétele az óceánok savasságának növekedését is jelenti egy hosszabb, általában egy évtized vagy nagyobb időtartam alatt. (IPCC 2007) Ha nem avatkozunk közbe, és nem dolgozunk összehangoltan a globális felmelegedés hatásai csökkentéséért, nagy gondot jelenthet, hiszen az óceánok savasodása alapvetően befolyásolja a tengeri életközösségeket és fajokat. (HEGH-GULDBERG–BRUNO 2010) Például a világ korallzátonyainak ökoszisztémái életképtelenek lennének, ha a mai légkör  $\text{CO}_2$ -szintje teljes hatását fejtené ki rájuk.

Az óceánok savasodása nagy veszélyt jelent a sarkvidéki tengerek táplálékláncára, és hangsúlyosabban hat ezekre a hidegebb óceánokra, mivel a hideg víznek nagyobb a szén-dioxid-elnyelő képessége. Az óceánok savasodása közvetetten a táplálék- és más forrásokon keresztül is hatást fejt ki. Például a madarakra és az emlősökre nem valószínű, hogy az óceánok savasodása közvetlen hatással lenne, de közvetetten hatással lehet ezekre is, ha a táplálékforrásuk csökken, növekszik, földrajzilag megváltozik az elhelyezkedése, vagy egyéb más módon reagál a savasodásra. Az óceánok savasodása megváltoztathatja a tápanyagoknak és esszenciális nyomelemeknek a tengeri élőlények számára a tengervízből való felvehetőségének a mértékét. Egyes külső héjat építő arktikus puhatestűekre is negatív hatással lehet az óceánok savasodása, különösen azok korai életszakaszában. A fiatal és a felnőtt halak valószínűleg meg tudnak birkózni a következő évszázad növekvő savasodásával, de az ikrák és a korai ivadék fázisban lévő halak már érzékenyebbek lehetnek. Általánosságban az élőlények az egyedfejlődésük korai szakaszában érzékenyebbek a savasodás hatására, mint később. A táplálékhálózat olyan fontos fajtái, mint a pteropodák és más meszes héjat építő fajok a sarkvidéki tengerek közvetlenül sebezhető fajtái közé tartoznak, amelyeknek az elvesztése csökkenti a rendelkezésre álló tápanyagok mennyiségét és az óceánok légkörből történő  $\text{CO}_2$ -felvételének a képességét.

#### 14.4. Az éghajlatváltozás hatásai a permafrosztra

Az elmúlt 30 évben a permafroszt régió egyes területein 0,5–2 °C közötti melegedés volt megfigyelhető, (ROMANOVSKY et al. 2012) amelyek közül a legérzékenyebbek a Jeges-tengerrel határos területek. 1900 óta az időszakosan fagyott területek legnagyobb kiterjedése 7%-kal csökkent.



Az éghajlatváltozással foglalkozó kormányközi bizottság becslése szerint a permafroszt területe 2050-re 20%-kal csökken, míg az Egyesült Nemzetek Környezetvédelmi Programja szerint a felolvadás mélysége 2080-ra 30–50%-kal növekedhet. Az éves átlagos erózió mértéke a jégben gazdag partokon 2,5–3 m/év, míg a jégben szegény orosz arktikus partok mentén 1 m/év. Az alaszakai Beaufort-tenger partjai mentén az évi átlagos erózió mértéke 0,7–3,2 m/év, de a maximális értéke akár 16,7 m/év is lehet. (IPCC 2007)

A permafroszt és a fagyott talaj degradációja hatással van a vizek felszíni megjelenésére is, mivel a szárazabb talajok esetén, ahol vékony a permafroszt, a tavak visszahúzódása figyelhető meg, míg a vastagabb permafroszt új vizes élőhelyek létrejöttéhez járul hozzá.

Több mint 900 ezer négyzetkilométerre teszik annak a területnek a kiterjedését, ahol olvadásnak indult a permafroszt Nyugat-Szibériában. A felszínen foltokban tőzeglápok jelennek meg, amelyekből metán szivárog a légkörbe. A folyamat önmagát gerjeszti: a felszínre tartó gáztól átjárt talaj ugyanis nem fagy meg. Kelet-Szibériában megfigyeltek olyan „forró pontokat”, gázkitöréseket, ahol még télen sem került fagyott állapotba a föld. Az előrejelzések szerint a permafroszt déli határa ebben az évszázadban több száz kilométerrel fog észak felé tolódni. (ROMANOVSKY et al. 2012)

Az északi-sarkvidéki kontinentális talapzat üledékében nagy mennyiségű metán-hidrát van raktározva, és melegebb hőmérséklet esetén (ami a Föld történetének korábbi időszakában megfigyelhető volt) a metángáz felszabadulhat. (DE CONTO et al. 2012; KORT et al. 2012)

Az Északi-sarkvidék egyes területein a közelmúltban nagymértékű metánkibocsátást figyeltek meg. A permafroszt olvadásával felszabaduló szén-dioxid és a metán a légkörbe kerülve tovább erősíti a globális felmelegedést. A térségben 2014 óta több óriási krátert fedeztek fel. Számos hipotézis létezik a kráterek kialakulásáról, de mindegyik abból eredezteti, hogy a térség hőmérséklete emelkedik. A kráterszerű lyukak megjelenése viszont óriási hatású lehet a szibériai közösség és a környezet számára. Az egyik feltevés szerint a kráterek akkor keletkeznek, amikor a földfelszín alatt csapdába került gázok az olvadás miatt felrobbannak, és ezáltal szén-dioxid és metán, üvegházhatású gázok szabadulnak fel. Általános becslés szerint a globális felmelegedéshez a metán harmincnégyszer nagyobb mértékben járul hozzá, mint a szén-dioxid száz év alatt. De ezek a teóriák figyelmen kívül hagyják azt a tényt, hogy a légköri metán 10–20 év alatt szén-dioxidra és kevésbé jelentős üvegházhatású gázra bomlik.

Az éghajlatváltozással foglalkozó kormányközi munkacsoport szerint 20 év alatt a felmelegedéshez a metán 86-szor nagyobb mértékben járul hozzá, mint a szén-dioxid. Az ugyanakkor kérdéses, hogy a kráterek kialakulása mekkora mennyiségű gázt ereszt a légkörbe, erre nincs megbízható becslés – bizonytalanok a tudósok a kiszabaduló gázok típusának és mennyiségének tekintetében. Szibéria északi területein az emelkedő hőmérséklet miatt is keletkeznek titokzatos kráterek, aminek szörnyű következményei lehetnek – állítják az éghajlatkutatók. Az oroszországi térség fagyott földjének olvadása óriási változásokat okoz a tájban, és annak ökológiájában, s az emberéletekre is közvetlen fenyegetést jelent. Legutóbb 130 ezer éve olvadt fel a permafroszt, de akkor ez természetes jelenség volt, amit a Föld pályáján bekövetkezett változás okozott. Ami viszont példa nélküli, az a jelenlegi felmelegedés üteme. 130 ezer éve az olvadás évezredek alatt ment végbe, a mostani viszont évtizedek alatt játszódik le, ezért tapasztaljuk a permafroszt igen gyors összeomlását.



Nyilvánvaló, hogy az olvadó permafroszt jelentős hatással van az éghajlatra. Normál körülmények között a permafrosztok szabályozzák a környezetben található szén mennyiségét oly módon, hogy felveszik és tárolják a nagy mennyiségű szén-dioxidot, amelyet az emberi civilizáció szabadít rá a természetre a fosszilis tüzelőanyagok elégetésével. Szibéria esetében az egyenlet visszajára fordul. A permafrosztból szabadul fel szén, ami gyorsítani fogja a felmelegedés ütemét. Egy öngerjesztő, visszacsatoló hurok jön létre, amikor a felmelegedés még több szén kibocsátását okozza, utóbbi pedig újabb lökést ad a felmelegedésnek. A becslések szerint 2050-re a permafroszt területe 20–35%-kal csökken, az aktív réteg mélysége pedig 15–25%-kal, a legészakibb területeken akár 50%-kal is növekedhet. A permafroszt csökkenésével 2100-ra 1 millió km<sup>2</sup>-rel csökkenhet a fagyott talaj kiterjedése, valamint 900 millió tonna szén kerülhet a légkörbe. (DE CONTO et al. 2012)

Ami viszont biztos, hogy a permafroszt olvadása máris hátrányosan érinti az észak-szibériai lakosok életét. A permafroszt régiók infrastruktúrája a fagyott földre épült, és ahogy a föld felolvad, a vasúti pályák és a közút használhatatlanná válnak, az épületek elsüllyednek. Ez óriási problémát okoz a nagy ipari területeken, nem utolsósorban az olaj- és gázmezőkön. És ha igaz, hogy gázrobbanások hozzák létre a krátereket, akkor az embereket is megölhet.

Ha a talajokban raktározott szén a felmelegedés hatására felszabadul – és egy új, globális kutatás eredményei szerint fel fog –, az az Egyesült Államok kibocsátásának megfelelő mennyiségű szén-dioxiddal súlyosbíthatja a már most is tragikus éghajlatváltozást. Köztudott, hogy a talaj, illetve a termőföld tápértékét főként a lebontott növényi és állati maradványok adják, ami azt is jelenti, hogy a talajnak jelentős a széntartalma. A talajban raktározott szén mennyisége többszöröse annak, mint ami a légkörben szén-dioxid formájában jelen van, és évtizedek óta próbálnak rájönni a kutatók arra, hogy vajon hogyan fog reagálni a földben megkötött szén a felmelegedésre. Több száz vizsgálatot folytattak ezen a területen, de az eredmények meglehetősen ellentmondók voltak. Volt kísérlet, amely a talaj széntartalmának csökkenését – és ezáltal a légköri szén-dioxid koncentrációjának további emelkedését – valószínűsítette, s olyan is akad szép számmal, amely pont ellentétes folyamatokat jövendöl. Ez utóbbiak szerint a felmelegedés hatására nőni fog a növények produktivitása, ami végeredményben a talajok széntartalmának növekedését is okozhatja.

Csak a talajban raktározott szénből 55 milliárd tonna kerülhet a légkörbe a felmelegedés miatt, ami 17%-kal növelheti meg az emberi tevékenység következtében kibocsátott szén-dioxid mennyiségét. Mindez pedig veszélyes visszacsatolást, öngerjesztő folyamatot eredményezhet: a több szén-dioxid miatt még nagyobb lesz a felmelegedés, emiatt még több szén szabadul fel a talajból.

A legnagyobb veszélyben az északon fekvő területek vannak. A fagyott állapotban lévő, úgynevezett permafroszt talajok felső rétegeiben a mikrobák aktivitása minimális, a gombák és a baktériumok nem bontották le a felhalmozott szenet – eddig. A felmelegedés hatására azonban robbanásszerűen gyorsulhat a lebontó szervezetek élettevékenysége, és ez a talaj szén-dioxid-kibocsátásának drasztikus erősödésével jár majd. A korábbi vizsgálatok általában csak a mérsékelt övi területekre terjedtek ki, a mostaniak azonban – kiterjedése és szénraktározó képessége okán indokolt módon – különös hangsúlyt helyeznek az északi sarkkör táján található permafrosztra. Itt várható ugyanis a legerőteljesebb szénfelszabadulás. De a tanulmány szerint nemcsak a jelenleg még állandóan fagyott talajok vannak veszélyben, hanem más olyan talajok is, amelyeknek magas a széntartalma. (MOLNÁR 2017)

Az alacsony széntartalmú talajok ugyanakkor nem bizonyultak érzékenynek a felmelegedéssel szemben. Korábban a hasonló vizsgálatokban általában a talaj szénkibocsátását vagy a növények szénmegkötését vizsgálták, de ezek külön-külön csak a történet felét mesélik el. A végeredmény szempontjából ugyanis a kibocsátás és a megkötés egyensúlya a lényeges.



14.4. kép

*Extrém méretű kráter a permafrosztban Batagaika térségében*

*Forrás: Index 2017*

Az eddigi jóslatok alábecsülték a globális felmelegedést. Újraírhatja a számításokat az orosz tudósok új felfedezése: a permafroszt alól szivárgó metán bármikor robbanhat Szibériában. Orosz tudósok nemrégiben hétezer olyan pontot fedeztek fel Szibériában, ahonnan metán tör fel, és ahol bármikor robbanás történhet (14.4. kép). Bemutattak már több olyan helyszínt, ahol a talajból „kiolvadó” metán átalakította környezetét, ilyen például Batagaika térsége, az Észak-Szibériában talált, átlagosan 70 méter mély kráterek, vagy a korábban soha, sehol nem észlelt jelenség, amelynek során a felgyűlt metán olyan ruganyossá destabilizálta a talajt, mintha az egy vízágy lenne.

A metánszivárgás az örök fagy talaja, a permafroszt olvadásának következménye, amely az Eurázsia északi részén évtizedek óta tapasztalható, általános felmelegedéssel függ össze. Szibéria ezen területe egyes becslések szerint több tízezer köbkilométernyi metángázt rejt. A metán a fagyott talajban sokáig stabil állapotban marad, az olvadás miatt azonban – amely a globális felmelegedés eredménye – egyre több gáz halmozódik fel a talaj felső rétegében, ahonnan végül kiszabadul, és a légkör felé veszi az irányt. A felfedezés több okból is aggasztó. Elsősorban azért, mert a metán húsz év alatt 86-szor annyi hőt szabadít fel, mint a szén-dioxid. A legtöbb klímamodell, amely a permafroszt olvadásának hatásait

vizsgálja, csak a felszabaduló szén-dioxiddal számol, a metánnal nem. Így az újonnan előállt helyzet alapján még nagyobb felmelegedésre számíthatunk, mint amekkorát az eddigi jóslatok vetítettek előre. Annál is inkább, mivel úgy tűnik, a tudósok eddig nemcsak az üvegházgázok mennyiségét, hanem az olvadó permafroszt nagyságát is alábecsülték – pedig az „örök jég” már így is rohamtempóban olvad. A sarkvidék kétszer olyan gyorsan melegszik, mint a Föld egésze.

A Readingi Egyetem tudósai nemrégiben azt vizsgálták, hogyan nyeli el a metán a napból érkező meleg sugarakat, ez mennyiben különbözik attól, ahogyan a szén-dioxid viselkedik, és mindez hogyan hat a légkör felmelegedésére. A kutatók arra a következtetésre jutottak, hogy a metán szerepe 25%-kal nagyobb a globális felmelegedésben annál, mint amennyire az ENSZ Éghajlatváltozási Kormányközi Testülete legutóbb becsülte. A kutatás egy másik lényeges információt is eredményezett: a metán – figyelembe véve az összes légköri tényezőt – 30%-kal járul hozzá a globális felmelegedéshez.

A NASA havi jelentése szerint 2017 márciusában Szibériában ismét különösen meleg volt. Világszinten ez volt a második legmelegebb március, amíg a rekorder a 2016-os évi volt. Szibéria és a sarkvidék egyes területein 12,1 °C-kal többet mértek az 1951–1980 közötti átlagnál. A Kelet-Szibériában található Batagaika-kráter az éghajlatváltozás okozta permafroszt olvadás eredményeként évente tíz métert növekszik. Az üreg – amelyet már jelenleg is az egyik legnagyobb földi kráterként tartanak számon – jelenleg körülbelül egy kilométer hosszú és 85 méter mély. A helyiek tartanak tőle, nem mernek a közelébe menni. A területet a helyi jakutok is csak nagy óvatossággal közelítik meg, egyesek „az alvilág átjárójának” hívják. A krátert a permafroszt („örök fagy talaj”, azaz olyan terület, ahol a föld legalább két, egymást követő évben fagyott marad) olvadása hozta létre. (Ecolounge 2017) Az olvadással létrejövő, halmos-üreges talajt termokarsztnak nevezik. A *Quaternary Research* című folyóiratban megjelent tanulmány szerint a kráter az elmúlt 200 ezer év éghajlatváltozásaira nyit rálátást, így lehetőséget ad a klímátörténeti kutatásokra. A tudósok az üledékminták alapján elemzik, hogyan változott a táj a klímával együtt az utolsó jégkorszakban. Ez a kutatás a napjainkban zajló klímafolyamatokba is betekintést nyújthat.

A permafroszt olvadásával Alaszkában is számolni kell. Alaszka az Amerikai Egyesült Államok 49. tagállama, amely a kontinens északnyugati részén helyezkedik el, az ország sarkvidéki részén. A terület évi átlaghőmérséklete jelenleg –3 °C. Az elmúlt ötven év átlagos hőmérséklet-emelkedése 1,9 °C volt. A globális átlaghőmérséklet alakulásához hasonlóan 1940-ig folyamatos emelkedés volt tapasztalható, amelyet egy 30 éves alacsonyabb hőmérsékletű időszak követett. Ezután ismét egy növekedési fázis következett, amely még a mai napig is tart. Érdekes észlelet, hogy az éves csapadékmennyiségek gyakorlatilag a hőmérsékletváltozások járását követték, mintegy azokkal összekapcsolódva, ami nem feltétlenül törvényszerű. A múlt század középső három évtizedében bekövetkezett átmeneti csökkenés után itt is az értékek fokozatos növekedése volt megfigyelhető. (CSOBOLYA 2015, 16)

Modellszámítások eredményei szerint az Amerikai Egyesült Államok területén Alaszkában a legmagasabb a hőmérséklet emelkedése. Az egy éven belüli prediktív értékek szerint ez a növekedés nem egyenletes, nyaranta kisebb mint a téli hónapokban. Ebben a régióban az utóbbi fél évszázad adatai alapján gyakorlatilag kétszer akkora ez a növekmény, mint az országos átlag az USA-ban. Ez pedig azt jelzi előre, hogy az érintett területen a szárazföldi gleccserek és az óceáni jégtakaró együttes, jelentős olvadásával kell számolni, ami meghatározó mértékben járulhat hozzá a tengerek vízszintemelkedéséhez.

Mindezek mellett a terület felszín közeli talajrétegeinek négyötöde a permafroszt régióhoz tartozik. Az eddigi, állandóan fagyott altalaj várhatólag olvadásnak fog indulni, ami többek között a felszíni létesítmények instabilitásához és a talajszint süllyedéséhez vezethet. (IPCC 2013) Reális kockázata van a közeljövőben a talajszerkezet romlása következtében a lakóházak, középületek, közlekedési útvonalak és egyéb felszíni infrastruktúrák sérülésének, hiszen ezek a fagyott talajra lettek tervezve és építve, amikor még nem számoltak az olvadás és következményei jelentette veszélyekkel.

Az elmúlt években a Világ eltérő régióiban (Brazília, Ausztrália, Kalifornia, Dél-Európa) súlyos erdőtűzek pusztítottak elsősorban az éghajlatváltozás következményeképpen kialakult szárazság miatt. Az előrejelzések szerint Alaszka területén is várható lesz a nyári aszályok gyakoriságának és súlyosságának növekedése. Mivel az enyhébb időjárás a területen közel másfélszeresére nyújtotta a tenyészidőszak korábbi megszokott éves időtartamát, ez a növényvilág gyarapodásához vezethetne, ugyanakkor, mivel a hőmérséklet emelkedése intenzívebbé teszi a párolgást is, gyakorlatilag a növényeknek még súlyosabb vízhiányt fog jelenteni. Az erdős területeken emiatt pedig növekedni fog a tüzesetek kockázata is. (CSOBONYAI 2015, 17–19)

A tartósan aszályllyal sújtott területeken hatékony öntözéses rendszerek kialakításával lehet ellensúlyozni a csapadéghiányt, valamint növelni lehet a vízviasszatartást, a vízmegtartó képességet, ezeket az intézkedéseket azonban csak korlátozott lehetőségek mellett lehet alkalmazni. A beruházások jelentősen megnövelik a termelési költségeket rontva a gazdasági hatékonyságot. (BEREK 2016)

A permafroszt talajok felszínére történő építkezés nehéz ugyan, de nem lehetetlen. Tudjuk, hogy a talajban csak a felső 10-15 méteres zóna követi hőmérsékletváltozással a felszín folyamatait. Az ez alatti, úgynevezett „izoterm zónát” már nem érik el a felszíni hatások. Így, ha az épületek alapjait (természetesen a létesítési költségek lényeges drágulása mellett) egészen eddig a mélységig lejuttatják (gerendák, cölöpök stb.), akkor azok stabilitása biztosítható. A 2007-ben elkészült Qinghai–Tibet vasútvonal építése során is nehézséget okozott a permafrosztra történő stabil építkezés megvalósítása. Itt a mérnökök egy másik egyedi technológiát alkalmaztak. Zúzott kővekkel szigetelték a talajt és magas hidakat építettek az érintett területeken, amivel a vágányokat távol tartották a fagyott talajtól, hogy az elhaladó vonatok hőkibocsátása ne erősítse az olvadást. (Ecolounge 2016)

## 14.5. Következtetések

A krioszféra két alapvető területe, a magashagységekben és a sarkvidékeken megtalálható „örök” hó és jég birodalma gyakorlatilag mindenütt átalakulóban van. A magashegyi gleccserek visszahúzódása, a hó és a jég mennyiségének csökkenése egyes helyeken az innen táplálkozó nagy folyók vízhozamának csökkenésével fenyegetnek. A hóolvadás következtében óriási kiterjedésű hófehér területek színének „sötétedése” csökkenti az albedó értéket (a nap-sugarak visszaverésének képességét), ezáltal tovább erősítve a felmelegedést.

Az éghajlatváltozás eddigi mért adatai és a jövő évtizedekre felállított modellek egybehangzóan azt mutatják, hogy a hőmérsékletek növekedése nem minden területen lesz ugyanakkora. Félretéve az esetleges óceáni áramlatok változásaiból eredő jövőbeni eltéréseket (amelyek persze esetenként igen jelentősek lehetnek majd) általánosságban elmondható,

hogy az Egyenlítő környékén tapasztalhatók és várhatóak a legkisebb eltérések, és onnan a Sarkok irányába haladva mért és jövőbeni melegedések egyre nagyobb mértékűek. Így ha megnézzük, hogy melyek a jelenleg is az ember által lakott vagy művelt sarkvidéki régiók, akkor észrevehetjük, hogy az északi sarkkör eurázsiai és észak-amerikai területei óriási kiterjedéssel tartoznak ehhez az övezethez. Az éghajlatváltozás átlagát messze meghaladó hőmérsékletemelkedés pedig csak az elsődleges következmény, ebből számos újabb, főként negatív, másodlagos probléma eredeztethető. Mert igaz ugyan, hogy a melegedés jótékonyan hathat a növény- és állatvilágra, és az ember számára is esetleg lakhatóbbá teszi ezeket a területeket, továbbá az itt található ásványi erőforrás készletek (amelyek igen jelentősek) kitermelése is olcsóbbá és könnyebbé válhat, de...

A sarkvidéki krioszféra degradációja egyre súlyosabb következményekkel jár a világ többi részére is. Nyitott kérdés, hogy az övezetben az esetleg több száz vagy több ezer évig is eltartó teljes hóolvadásnak mikor érkezünk ahhoz a fázisához, ahonnan a folyamat már nem visszafordítható. Ebben az esetben pedig jelentős tengerszint-emelkedéssel és ebből adódóan globális mértékben a tengerparti régiók átalakulásával kell számolni. Veszélybe kerülhetnek a part menti nagyvárosok, kikötők, esetleg kisebb szigetek teljes lakossága.

E mellett a drasztikus melegedés a permafroszt régióban már ma is erőteljes olvadást okoz, ami a korábban fagyott talajok esetében instabillá teszi a felszínt és felszabadítja az addig jégkristályokba zárt metán gázt. Borúlátó forgatókönyvek szerint a permafroszt metánjának teljes felszabadulása eddig soha nem érzékelt méretű „lökést” adhat felmelegedésnek és közvetlen globális klímakatasztrófát okozhat.

Az IPCC legfrissebb jelentése egyenesen határidőt szab az emberiség számára: 12 évünk maradt még cselekedni, mielőtt a klímaváltozás visszafordíthatatlanná válik! (McGRATH 2019)

## Felhasznált irodalom

- ARNELL, N. W. (2005): Implications of climate change for freshwater inflows to the Arctic Ocean. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, Vol. 110, No. D7. DOI: <https://doi.org/10.1029/2004JD005348>
- ARENDT, A. A. – ECHMEYER, K. A. – HARRISON, W. D. – LINGE, C. S. – VALENTINE, V. B. (2002): Rapid Wastage of Alaska Glaciers and Their Contribution to Rising Sea Level. *Science*, Vol. 297, No. 5580. 382–386. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1072497>
- BEREK T. (2016): A vízbiztonsági tervezés szerepe a fenntartható vízgazdálkodásban. *Műszaki Katonai Közlöny*, 26. évf. 2. sz. 32–48.
- CARSON, M. – KÖHL, A. – STAMMER, D. – SLANGEN, A. B. A. – KATSMAN, C. A. – VAN DE WAL, R. S. W. – CHURCH, J. – WHITE, N. (2016): Coastal sea level changes, observed and projected during the 20<sup>th</sup> and 21<sup>st</sup> century. *Climatic Change*, Vol. 134, No. 1. 269–281. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10584-015-1520-1>
- CASEY, K. A. – FUDGE, T. J. – NEUMANN, T. A. – STEIG, E. J. – CAVITTE, M. G. P. – BLANKENSHIP, D. D. (2014): The 1500m South Pole ice core: recovering a 40 ka environmental record. *Annals of Glaciology*, Vol. 55, No. 68. 137–146. DOI: <https://doi.org/10.3189/2014AoG68A016>
- COLLINS, D. N. (2008): Climatic warming, glacier recession and runoff from Alpine basins after the Little Ice Age maximum. *Annals of Glaciology*, Vol. 48, No. 1. 119–124. DOI: <https://doi.org/10.3189/172756408784700761>



- CSOBOLYA K. (2015): *A várható klímaváltozás elemzése a Föld különböző régióiban*. (Szakdolgozat) Budapest, Eötvös Loránd Tudományegyetem Földrajz- és Földtudományi Intézet Meteorológiai Tanszék.
- CSURGAI, J. – ZELENÁK, J. – LAJOS, T. – GORICSÁN, I. – HALÁSZ, L. – VINCZE, Á. – SOLYMOSI, J. (2006): Numerical simulation of transmission of NBC materials. *Academic and Applied Research in Military Science*, Vol. 5, No. 3. 417–434.
- CSURGAI J. – SOLYMOSI M. (2015): Levegőszűrők hatékonyságának mérése I. rész: Az aeroszol szűrés alapjai, a por- és részecskeszűrők minősítésének rendszere. *Hadmérnök*, 10. évf. 1. sz. 62–78.
- DE CONTO, R. M. – GALEOTTI, S. – PAGANI, M. – TRACY, D. – SCHAEFER, K. – ZHANG, T. – POLLARD, D. BEERLING, D. J. (2012): Past extreme warming events linked to massive carbon release from thawing permafrost. *Nature*, Vol. 484, No. 7392. 87–91. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature10929>
- DING Q. – STEIG, E. J. – BATTISTI, D. S. – KÜTTEL, M. (2011): Winter warming in West Antarctica caused by central tropical Pacific warming. *Nature Geoscience*, Vol. 4, No. 6. 398–403. DOI: <https://doi.org/10.1038/ngeo1129>
- Ecolounge (2016): *Klíma-apokalipszis: Az olvadásnak indult permafrosztból kiáramló metán turbó fokozatra kapcsolja a klímaváltozást!* Elérhető: <http://ecolounge.hu/nagyvilag/klima-apokalipszis-az-olvadasnak-indult-permafrosztbol-avagy-a-fagyott-talajbol-kiaramlo-metan-turbo-fokozatra-kapcsolja-a-klimavaltozast> (A letöltés dátuma: 2018. 02. 03.)
- Ecolounge (2017): *Egyre csak növekszik a hírhedt szibériai óriás-kráter, az „alvilág átjárója”*. Elérhető: <http://ecolounge.hu/nagyvilag/egyre-csak-novekszik-a-hirhedt-sziberiai-orias-krater-az-alvilag-atjaroja> (A letöltés dátuma: 2018. 02. 03.)
- GELENCSÉR A. (2015): A globális éghajlatváltozásról – kicsit másképp. Miért olvadnak a jégsapkák? *Élet és Tudomány*, 70. évf. 9. sz. 262–264.
- HAEBERLI, W. – HOELZLE, M. (1995): Application of inventory data for estimating characteristics of and regional climate change effects on mountain glaciers: a pilot study with the European Alps. *Annals of Glaciology*, Vol. 21. 206–212. DOI: <https://doi.org/10.3189/S0260305500015834>
- HAEBERLI, W. – HOELZLE, M. – PAUL, F. – ZEMP, M. (2007): Integrated monitoring of mountain glaciers as key indicators of global climate change: the European Alps. *Annals of Glaciology*, Vol. 46. 150–160. DOI: <https://doi.org/10.3189/172756407782871512>
- HOEGH-GULDBERG, O. – BRUNO, J. F. (2010): The impact of climate change on the world's marine ecosystems. *Science*, Vol. 328, No. 5985. 1523–1528. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1189930>
- HERMAN Á. (2017): *A krioszféra változásainak elemzése az északi poláris régióban*. Szakdolgozat. Budapest, Eötvös Loránd Földrajz- és Földtudományi Intézet Meteorológiai Tanszék.
- Index (2017): *Csúnya dolgok rejtőznek a szibériai jég alatt*. Elérhető: [https://index.hu/tudomany/2017/03/23/csunya\\_dolgok\\_rejtoznek\\_a\\_sziberiai\\_jeg\\_alatt/](https://index.hu/tudomany/2017/03/23/csunya_dolgok_rejtoznek_a_sziberiai_jeg_alatt/) (A letöltés dátuma: 2018. 02. 03.)
- IPCC (2007): *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge –New York, Cambridge University Press.
- IPCC (2008): *Climate Change and Water. Technical Paper VI. Observed and projected changes in climate as they relate to water*. Geneva, IPCC Secretariat.
- IPCC (2013): *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge –New York, Cambridge University Press.

- KORT, E. A. – WOFSY, S. C. – DAUBE, B. C. – DIAO, M. (2012): Atmospheric observations of Arctic Ocean methane emissions up to 82° north. *Nature Geoscience*, Vol. 5. 318–321. DOI: <https://doi.org/10.1038/ngeo1452>
- McGRATH, M. (2019): Climate change: 12 years to save the planet? Make that 18 months. *BBC News*, 2019. július 24. Elérhető: [www.bbc.com/news/science-environment-48964736](http://www.bbc.com/news/science-environment-48964736) (A letöltés dátuma: 2020. 02. 17.)
- MEIER, W. N. (2017): Losing Arctic sea ice: observations of the recent decline and the long-term context. In THOMAS, D. N. ed.: *Sea Ice*. 3<sup>rd</sup> ed. Hoboken, NJ, Wiley and Sons. 290–303. DOI: <https://doi.org/10.1002/9781118778371.ch11>
- MEIER, W. N. – STROEVE J. C. – FETTERER F. (2006): Whither Arctic sea ice? A clear signal of decline regionally, seasonally and extending beyond the satellite record. *Annals of Glaciology*, Vol. 46. 428–434. DOI: <https://doi.org/10.3189/172756407782871170>
- MOLNÁR CS. (2017): Meglódítja a felmelegedést a fagy rabságából szabaduló szén. *Magyar Nemzet Online*, 2017. február 10. Elérhető: <https://magyarnemzet.hu/archivum/tudomany-es-tech-nika/megloditja-a-felmelegedest-a-fagy-rabsagabol-szabadulo-szen-3908180/> (A letöltés dátuma: 2018. 02. 01.)
- PADÁNYI, J. – FÖLDI, L. (2014): Environmental responsibilities of the military (Soldiers have to be “Greener Berets”). *Economics and Management*, No. 2. 48–55.
- PADÁNYI, J. – FÖLDI, L. (2016): Security Research in the Field of Climate Change. In NÁDAI, L. – PADÁNYI, J. eds.: *Critical Infrastructure Protection Research: Results of the First Critical Infrastructure Protection Research Project in Hungary*. Zürich, Springer International Publishing. 79–90. (Topics in Intelligent Engineering and Informatics, 12.) DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-28091-2\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-319-28091-2_7)
- PARKINSON, C. L. – CAVALIERI, D. J. (2012): Antarctic sea ice variability and trends, 1979–2010. *The Cryosphere*, Vol. 6. 871–880. DOI: <https://doi.org/10.5194/tc-6-871-2012>
- PRITCHARD, H. D. – ARTHURN, R. J. – VAUGHAN, D. G. – EDWARDS, L. A. (2009): Extensive dynamic thinning on the margins of the Greenland and Antarctic ice sheets. *Nature*, Vol. 471. 971–975. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature08471>
- RIGNOT, E. (2006): Changes in ice dynamics and mass balance of the Antarctic ice sheet. *Philosophical Transactions of The Royal Society A Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, Vol. 364, No. 1844. 1637–1655. DOI: <https://doi.org/10.1098/rsta.2006.1793>
- ROMANOVSKY, V. E. – SMITH, S. L. – CHRISTIANSEN, H. H. – SHIKLOMANOV, N. I. – STRELETSKIY, D. A. – DROZDOV, D. S. – OBERMAN, N. G. – KHOLODOV, A. L. – MARCHENKO, S. S. (2012): Permafrost. In *Arctic Report Card: Update for 2012*. 159–169. Elérhető: [https://arctic.noaa.gov/Portals/7/ArcticReportCard/Documents/ArcticReportCard\\_full\\_report2012.pdf](https://arctic.noaa.gov/Portals/7/ArcticReportCard/Documents/ArcticReportCard_full_report2012.pdf) (A letöltés dátuma: 2018. 02. 01.)
- Sarkvidék-kampány, klímaváltozás. (2014) Elérhető: [www.poletopolecampaign.org/wp-content/uploads/2014/04/Pole-to-Pole\\_HUN\\_climatechange.pdf](http://www.poletopolecampaign.org/wp-content/uploads/2014/04/Pole-to-Pole_HUN_climatechange.pdf) (A letöltés dátuma: 2018. 01. 30.)
- SWART, N. C. – FYFE, J. C. – HAWKINS, E. – KAY, J. E. – JAHN, A. (2015): Influence of internal variability on Arctic sea-ice trends. *Nature Climate Change*, Vol. 5. 86–89. DOI: <https://doi.org/10.1038/nclimate2483>
- UNEP (2009): *Climate Change Science Compendium*. Nairobi, United Nations Environmental Program. Elérhető: [www.unep.org/pdf/ccScienceCompendium2009/cc\\_ScienceCompendium2009\\_full\\_en.df](http://www.unep.org/pdf/ccScienceCompendium2009/cc_ScienceCompendium2009_full_en.df) (A letöltés dátuma: 2018. 01. 31.)



## 15. fejezet

### A magyar közszolgálatok feladatai a klímaváltozással és a hosszú távú globális kihívásokkal kapcsolatban

*Farkas Andrea*<sup>1</sup>

#### 15.1. Hosszú távú gondolkodásunk keretei

Napjainkban számos gazdasági, társadalmi, politikai, kulturális és környezeti változásnak lehetünk szemtanúi. Nehéz a nagyon sokféle változásból kiemelni a legfontosabbakat vagy a legnagyobb hatásúaknak vélt változásokat. A változások értékelését nagyban nehezítik a hosszú távú trendekkel kapcsolatos bizonytalanságok, illetve az elemzéseknél választott (használt) időhorizontok hosszúsága. Többször bebizonyosodott az elmúlt években, hogy nem mindig azok a tényezők válnak igazán hatásossá, amelyekre korábban számítottunk, vagy amelyekre az elemzések során figyeltünk. A nagyon sokféle változásból talán kettőt érdemes kiemelni, amelyek teljesen egyértelműen váratlanok voltak kitörési pillanatukban. A változások olyan irányban haladtak, amelyre korábban senki semmilyen módon nem számított. Ez a két változás: a 2008-ban kitört világgazdasági válság, illetve a 2011-ben megindult arab tavasz.

A pénzügyi válság 2008-as kitörése egy amerikai ingatlanpiaci válságnak indult. Nagyon rövid idő alatt kiderült azonban, hogy a hatásai világméretűek, és a hatás nem csupán az ingatlanpiacra terjedt ki, hanem országokat volt képes romba dönteni. Megkérdőjelezte a világgazdaság addigi status quóját, ahogy a nemzetközi pénzügyi rendszer működésének intézményi mechanizmusait is. Egyértelműen kiderült, hogy sok ország gazdasági irányítói mindössze egy-két éves távlatban képesek gondolkodni, ami szintén nem felel meg a fenntarthatóság követelményeinek. Rávilágított arra, hogy a fenntarthatatlan pénzügyi rendszer mellett nem tudunk fenntartható gazdasági működésről beszélni.

Az arab tavasz kitörése felkészületlenül érte a világot, mert az addig szilárdnak, stabilnak hitt államok hirtelen politikai káoszba, társadalmi válságba sülyedtek. Kiderült, hogy a diktátorok bukása nem teremti meg automatikusan a többpárti parlamentáris demokráciák feltételeit. Kiderült, hogy alig van olyan politikai erő, amelyik parlamentáris demokráciát szeretne. Az is kiderült, hogy a diktátorok bukásával az egy személy által irányított állami struktúrák is szétestek, és közben nagyon súlyos demográfiai helyzettel kell szembenézniük. Nagyon magas a fiatalok aránya. Több országban a 18 éven aluli népesség aránya meghaladja az 50%-ot. Ez a generáció már nem részesült magas színvonalú iskolai oktatásban, és jelen pillanatban a munkahely megszerzésére sincsen sok esélye. Ez olyan

<sup>1</sup> ORCID: 0000-0002-1820-7988, [andrea.farkas@klimaklub.hu](mailto:andrea.farkas@klimaklub.hu)

helyzetet eredményezett, hogy az arab országok jelen pillanatban nem tekinthetők a nemzetközi politikai rendszer stabil alkotórészeinek. A hatalmat megszerzők, illetve a hatalomért küzdők a saját személyi pozíciójuk megerősítésével vannak elfoglalva, és emiatt semmilyen hosszú távú cselekvésben, többek között az éghajlatváltozás elleni küzdelemben ezen országok nem tudnak részt venni.

A hosszú távon is hatékony éghajlatváltozás elleni harc feltételezi az egyes országokon belül a stabil, jól működő kormányzatokat, illetve közszolgáltatásokat. Feltételezi, hogy ezek nemzetközi szinteken is képesek együttműködni. Az arab tavasz egyik nagyon fontos tanulsága éppen az, hogy az államok egy jelentős csoportja egyszerűen képtelen napi szinten jól működni vagy ellátni feladatait.

A hosszú távú gondolkodás szempontjából *egyrészt* fontos annak a tisztázása, hogy az egyes országok kormányzatai, közszolgálati intézményei mennyire képesek országon belül hatékonyan dolgozni, hatalmat fenntartani, *másrészt*, hogyan viszonyulnak különböző nemzetközi együttműködésekhez. A *haladás paradoxonai* című ENSZ-kiadvány a nemzetközi együttműködéseknek, az országok egymás mellett élésének három különböző forgatókönyvét írja le. Ezen forgatókönyveknek a címei: *Szigetek; Bolygók; Közösségek*. (GUPTA 2017)

### 15.1.1. A Szigetek forgatókönyv és feltevései

A *Szigetek* című forgatókönyvben az egyes országok közszolgálati és politikai döntéshozói arra a döntésre jutnak, hogy meg kell kérdőjelezni a gazdasági fejlődés és a globalizáció eddig követett hagyományos modelljeit. Szakítanak azzal az integrálódási modellel, amely egyre nagyobb hangsúlyt helyez a világpiacon jelenlétre és a világkereskedelem bővülésére.

Az egyes országok kormányai (lásd USA, Nagy-Britannia) felfigyelnek a globalizáció vesztes csoportjaira, azok hangjára. Vesztesnek többnyire azokat a kétkezi munkásokat tekintik ezen országokban, akiknek a munkahelye vagy az automatizálás, vagy a termelés külföldre helyezése miatt szűnt meg. Ők viszont a jelenlegi végzettségük, képességük alapján nem találnak új munkahelyet.

Az új szellemben működő kormányok itt nemcsak a globalizáció nyerteseinek számító nagyvállalatok hangját hallják meg, hanem a vesztesekét is. Igyekeznek rávenni az országok a vállalatok vezetőit, hogy az általuk irányított vállalatok külföldi tevékenységét mérsékeljék, és a termelés minél nagyobb hányadát vigyék haza. Ami nagyon fontos hatás, hogy csökkentik a nemzetközi együttműködések intenzitását, támogatják a nemzeti piacokat védő gazdaságpolitikát, miközben a gazdasági növekedés új forrásait is kutatják.

A forgatókönyvnek az éghajlatváltozást érintő hatása kettős. Egyrészt csökken az országok hajlandósága a globális érdekelttségű programokban, projektekben való részvételre, ami egy negatív változás az éghajlatváltozás elleni küzdelemben. Másrészt a világkereskedelem visszaszorulása csökkenti az áruk országok és kontinensek közötti szállítmányozását. A közlekedés és áruszállítás az üvegházhatású gázok kibocsátásának növekedésében legfontosabb szerepet játszó szektor, így ez a közlekedés szennyezőanyag-kibocsátását fogja mérsékelni. Ezt a hatást erősíti a helyi és a nemzeti piacok újbóli megerősödése, ami mind a fenntartható fejlődés, mind az éghajlatváltozás számára nagyon pozitív hatású.

### 15.1.2. A Bolygók forgatókönyv és feltevései

A *Bolygók* című forgatókönyv sokkal erőteljesebb elzárkózást mutat, mint a *Szigetek* című forgatókönyv. Ebben a forgatókönyvben nem egyszerűen a globalizáció megállításáról vagy a nemzetközi kapcsolatok fontos mérsékléséről van szó, hanem magának a globalizáció trendjeinek visszafordításáról. Egyben politikai értelemben teljes elzárkózást más országoktól.

Az országok közötti nemzetközi globális együttműködés olyan szinten lecsökken, hogy az már az egyes államok közötti konfliktusok kitörésének kockázatával járhat együtt.

Ha a jelenlegi világrendszerben keresünk példát ilyen típusú politikára, akkor ez ma leginkább Észak-Koreára jellemző. Ennek a forgatókönyvnek az esetében gyakorlatilag leáll a nemzetközi együttműködéseknek az eddigi rendszere. Ez például egy globális klímamegállapodás számára akár végzetes is lehet. A kormányok a nemzetközi elszigetelődés mellett egyre inkább nyitottabbá válnak a saját országukon belüli intézmények, egyházak és más szereplők irányába. Az éghajlatváltozással kapcsolatos hatás itt is kettős. Egyrészt az együttműködések nemzetközi rendszere lényegében megszűnne. A környezetvédelemben és az éghajlatváltozásban csupán a közvetlen károk elhárítására szorítkozna az országok bármilyen jellegű együttműködése. Másrészt az országon belüli együttműködések erősödése pont megeremtheti az éghajlatváltozás elleni hatékony fellépéshez szükséges működési kereteket. Ez akár úgy is megtörténhet, hogy a közösségi akarat szempontjából fontos, széles körű társadalmi aktivitást biztosít.

### 15.1.3. A Közösségek forgatókönyv és felvetései

Ebben a forgatókönyvben a nemzeti kormányok nyitottak az egymással való együttműködésre, de nyitottak az országokkal való együttműködésre is. Azt mondhatjuk, hogy az érintettek széles körét bevonó együttműködési rendszer jön létre ebben a modellben települési szinttől egészen a globális szintig. Nagyon fontos, hogy a közeljövő kockázatait, a hosszú távú lehetőségeket a szereplők hasonlóan ítélik-e meg. E forgatókönyvben nagyon fontos a különböző infrastruktúráknak a fejlesztése, illetve az egyes országokban rendelkezésre álló tudásbázis, a képzett munkaerő számának növekedése, a tudás átadása hatásfokának növelése.

## 15.2. Az éghajlatváltozás következményeihez való hazai alkalmazkodás lehetőségei

Minden közszolgáltatás tervezése a parlament felhatalmazásán és jóváhagyásán, illetve a kormányzati tervezésen alapul. A jelenlegi parlamenti döntéshozatali folyamatban a törvényalkotás során a jogalkotási törvény, a házszabály és az Alaptörvény által szabályozottan folyik a törvények előkészítése és vitája. A jogalkotási törvény minden parlament által tárgyalta törvény esetében előírja az előzetes társadalmi hatásvizsgálatot, de az éghajlatváltozási hatásvizsgálatokról nem ejt szót. (EKB 2004, 2009) Ebből adódik az *első javaslat* is, hogy a jogalkotási törvénynek az előzetes hatásvizsgálatokra vonatkozó részét ki kell terjeszteni a környezetvédelem, a fenntartható fejlődés és az éghajlatváltozás kérdéseire is. Az újabb tervezett hatásvizsgálat vélhetően jelentősen hosszabbítaná a törvények előkészítésének folyamatát.

Annak érdekében, hogy ez ne állítsa meg a törvényhozás folyamatát, a *második javaslat* egy olyan szervezeti egység felállítására vonatkozna, amelyik rendelkezik a hatásvizsgálatok elvégzésére vonatkozó adatbázisokkal, hozzáférési lehetősége van ezekhez, legyenek ezek az adatok akár a környezet szennyezettségére, állapotára, az energiatermelés helyzetére s a fogyasztás helyzetére vagy más társadalmi mutatókra vonatkozó adatok. A szükséges adatok beszerzése azonban nem elégséges, olyan felkészültségű szakemberekre van szükség, akik a rendelkezésre álló adatokból gyorsan képesek színvonalas hatásvizsgálatokat végezni. Ennek az elemzési és hatásvizsgálatokat elvégző szervezetnek két intézményt lehet elképzelni.

Az *első ilyen lehetőség*, hogy az Országgyűlésen belül hoznak létre egy az Alkotmányügyi vagy a Házbizottsághoz hasonló jogosítványokkal rendelkező, kiemelt jelentőségű bizottságot. Itt azonban felmerül az a kérdés, hogy van-e elegendő a környezetvédelemhez és az éghajlatváltozáshoz magas szinten értő parlamenti képviselő (szakértő), aki nemcsak a környezetvédelem, nemzetbiztonság, környezeti biztonság, energiabiztonság kérdéseiben jártas, hanem megfelelő komplex rendszerbe tudja ezeket elhelyezni.

Egy *másik lehetőség* egy szakértő szervezet elhelyezésével kapcsolatban, hogy a törvény-előkészítés egy sokkal korábbi szakaszában, közigazgatási és költségvetési egyeztetések folyamán keressünk helyet a szervezetnek. Ebben az esetben a szervezetet nem a törvényhozás alá, hanem a végrehajtó hatalom alá, vagy a törvényi javaslatokat a parlamenthez benyújtó minisztérium alá kell beszervezni. Ez több szempontból is hatékony megoldás lehet a megfelelő tudás és intézményi kapcsolatok birtokában. Első lényeges elem, hogy már a kormány elé olyan tervezetek kerüljenek javaslat formájában, amelyek megfelelnek a fenntarthatóság és a környezetbiztonság kritériumainak. Fontos előny, hogy a döntéshozatal egy sokkal korábbi szakaszában, lényegében még a tervezési előkészítési szakaszban lehet tudományos és szakmai igényességgel az éghajlatváltozás speciális követelményeit beépíteni javaslatokba és a hatékony energiafelhasználást figyelembe venni. A kormányzat, a közigazgatás lényegesen nagyobb energiaforrásokkal, pénzügyi és intézményi háttérrel rendelkezik, mint a parlament. A kormány elé kerülő javaslatok elkészítésében már érvényesíteni lehet a különböző kutatóintézetek, az akadémiák vagy a különböző vállalatok, szervezetek kutatási eredményeit.

Egy ilyen kormányzati szervezet hierarchikus kormányzati struktúrán belüli elhelyezése a téma fontosságának megfelelően kell, hogy történjen. Mindennek a kommunikációja a *Magyar Közlönyön* keresztül lehetséges. A szervezetnek egyrészt biztosítani kell az adatokhoz való hozzáférést a törvényalkotási folyamatban, és szükséges, hogy véleményalkotási jogosultsága legyen.

### 15.3. A környezetvédelemmel foglalkozó támogatási programok prioritásai és intézkedései

#### 15.3.1. A klímaváltozás hatásaihoz való alkalmazkodás

Intézkedések:

- klimatológiai előrejelzés és a klímaváltozás hatásaival kapcsolatos adatbázisok fejlesztése;
- a hatékony alkalmazkodás társadalmi feltételeinek elősegítése (térégi és települési klímastratégiák kialakítása);

- a katasztrófavédelmi szempontú kockázatbecslés fejlesztése (kockázattértékelési rendszer/hálózat kialakítása);
- a térségi vízelosztás fejlesztése;
- a belvízrendszerek vízviasszatartáson alapuló korszerűsítése;
- az állami és önkormányzati árvízvédelmi művek fejlesztése;
- a dombvidéki vízgazdálkodás fejlesztése, tározók építése;
- a polgári védelem fejlesztése (humán- és eszköz-infrastruktúra bővítése);
- a tűzvédelem fejlesztése (gépjármű-, szakfelszerelés-, ingatlanfejlesztések, valamint tűzvédelmi moduláris döntéstámogató rendszer fejlesztése);
- az iparbiztonság fejlesztése (országos iparbiztonsági távmérő hálózat továbbfejlesztése).

### **15.3.2. A települési vízellátás, a szennyvízelvezetés és tisztítás, a szennyvízkezelés fejlesztése**

Intézkedések:

- projekt előkészítése (műszaki tervezési, pályázati dokumentációk elkészítése, hatásvizsgálatok összeállítása).
- ivóvízminőség-javítás ivóvízkezelési technológiák fejlesztésével, más vízbázisra áttéréssel, térségi rendszerek kialakításával, rekonstrukcióval;
- szennyvízelvezetéssel és kezeléssel kapcsolatos fejlesztések;
- a szennyvíziszap országosan egységes koncepció alapján történő hatékony kezelése és optimális hasznosítása érdekében szükséges beruházások, fejlesztések energiahatékonysági elemekkel.

### **15.3.3. A hulladékgazdálkodással és kármentesítéssel kapcsolatos fejlesztések**

Intézkedések:

- a hulladékkezelési létesítmények hálózatának rendszerszerű fejlesztése;
- az elkülönített gyűjtés és a szállítási rendszerek fejlesztése;
- *Országos Környezeti Kármentesítési Program.*

### **15.3.4. Természetvédelmi és élővilágvédelmi fejlesztések**

Intézkedések:

- a védett, illetve közösségi jelentőségű természeti értékek és területek természetvédelmi helyzetének és állapotának javítása (élőhelyfejlesztés védett és Natura 2000 területeken; élőhelyek közötti ökológiai kapcsolatok erősítése; célzott fajmegőrzési beavatkozások);
- a természetvédelmi kezelés infrastrukturális feltételeinek javítása;
- a Natura 2000 hálózat és a közösségi jelentőségű fajok és élőhelytípusok ismertségének és társadalmi elfogadottságának javítása.

### 15.3.5. Az energiahatékonyság növelése, megújuló energiaforrások alkalmazása

Intézkedések:

- hálózatra termelő, nem épülethez kötött megújuló energiaforrás alapú zöldáram-termelés (biomassza-hasznosítás, biogáztermelés és felhasználás; napenergia hasznosítása; hulladékok energetikai hasznosítása; vízenenergia hasznosítása);
- a megújuló energiaforrások fokozott alkalmazását elősegítő kis kapacitású tároló-rendszerek létesítése;
- demonstrációs célú megújuló energetikai mintaprojektek;
- projekt-előkészítés;
- épületek energiahatékonysági korszerűsítése megújuló energiaforrások alkalmazásának kombinálásával (napelemek, napkollektorok telepítése, biomassza, geotermikus energia hasznosítása, hőszivattyú alkalmazása);
- távhőrendszerek komplex energetikai felújítása, illetve megújuló alapra helyezése;
- a közvilágítás korszerűsítése;
- energiamenedzsment-rendszerek bevezetése a közfeladat-ellátásban (energiafelhasználás nyomon követése);
- szemléletformálási programok (a tudatos energiafogyasztás érdekében jó példák bemutatása, egyéni cselekedetek jelentősége);
- intelligens mérési rendszerek támogatása;
- fogyasztóoldali válaszingtezkedést lehetővé tevő rendszerek kiépítése;
- intelligens elosztóhálózati körzetek kiépítésének támogatása.

### 15.3.6. Az energiahatékonyság növelését és a megújuló energiaforrások használatát ösztönző pénzügyi eszközök (kamattámogatás, garancia, kedvezményes hitel)

Intézkedések:

- pénzügyi eszközök alkalmazása a megújuló energetikai fejlesztések finanszírozása során);
- pénzügyi eszközök alkalmazása az energiahatékonysági fejlesztések finanszírozása során.

## 15.4. Katasztrófavédelem

A BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság 2000. január 1-je óta rendelkezik a korábbi polgári védelem és a tűzoltóság hivatalos állományával. Feladatai kiterjedhetnek a legkülönbözőbb eredetű károk, különböző balesetek elhárítására. Szembe kell néznünk azzal, hogy a felmelegedés több kritikus ponton befolyásolja az ország és infrastruktúrájának működését. A csapadék szélsőségesebb időbeni eloszlása megnöveli a hirtelen lezúduló nagy vízhozamú árvizek valószínűségét. A kánikulai napok számának drasztikus növekedése megnöveli a növények kiszáradása miatti gondatlanságból okozott vagy öngyulladás miatti tüzesetek valószínűségét és pusztító hatását. Azzal is szembe kell néznünk,

hogy a kánikulai napok magasabb száma növeli a szív- és érrendszeri megbetegedésben szenvedők hirtelen rosszulletének és elhalálozásának a kockázatát. A kánikulai napokon növekszik a járművezetők által elszenvedett stressz nagysága, és ez megnövelheti a közúthálózat kritikus pontjain bekövetkező balesetek valószínűségét. A Belügyminisztérium adatai szerint az országos közúthálózaton baleseti szempontból több mint nyolcszáz kritikus pont található, ahol az átlagnál sokkal gyakoribbak a közúti balesetek. Pontos adataink nincsenek az akkori időjárásról, mert korábban baleseti jegyzőkönyvek nem rögzítették a balesetek időpontjában meglévő klimatikus viszonyokat, de az várható, hogy a kánikulai napok számának emelkedése növeli ezen helyeken a balesetek bekövetkeztének kockázatát. A Magyar Közút Nonprofit Zrt. és a Nemzeti Infrastruktúra Fejlesztő Zrt. számára az éghajlatváltozással kapcsolatos első teendő kellene, hogy legyen ezen kritikus pontok felszámolása. (MoEW 2005)

A megfelelő védőintézkedések megtétele például a csomópontok, a kritikus útszakaszok átépítésével, megfelelő forgalomszabályozással lehetséges. A katasztrófavédelem másik feladata a saját reakcióidejének csökkentése, hogy mindig megfelelő gyorsasággal és a szükséges emberi és eszközállományt felvonultatva tudják megoldani a katasztrófa-helyzetek elhárítását. A feladat nemcsak a nagyvárosokban, de Magyarország nehezen megközelíthető térségeiben is szükséges. A katasztrófavédelemhez hasonló kihívásokkal találkozunk az Országos Mentőszolgálat is.

## 15.5. Az éghajlatváltozás és a közegészségügy

A tartós kánikulai napok ígérkeznek különösen veszélyesnek, és az egyik feladat, hogy a tényleges riasztást követően a mentők időben tudjanak kiérkezni. Ez néhány esetben az ország periferikus vidékein új mentőállomások építését teszi szükségessé, a nagyobb településeken a mentőautók számának a növelését, kiemelten a szívbetegségek előfordulásának gyakorisága alapján felrajzolt *egészségügyi-klíma térképnek* megfelelően. (OMSZ 2018; PÁNDI et al. 2004)

Az egészségügy szempontból fontos klímaterkép elkészítése segíthet abban, hogy az ország területén lévő egészségügyi intézményeket a várható jövőbeli igényekhez jobban hozzáigazítsák. Várhatóan a felmelegedés által leginkább valószínűsíthető térség a Duna–Tisza köze, illetve Szeged térsége lesz, tehát ott szükséges lehet az országos átlagnál sűrűbb ellátórendszer kiépítése és fenntartása. Az éghajlatváltozáshoz való egészségügyi alkalmazkodás egyik fontos része lesz az egészségügyi rendszer ellátókapacitásának újratervezése az éghajlatváltozás várható hatásainak figyelembevételével. (PÁNDI et al. 2004)

A nemzetközi tapasztalatink alapján várhatóan a szív- és érrendszeri betegségek kockázata és az ebből adódó halálozások száma megnő. Az ehhez való alkalmazkodás azt jelenti, hogy az egészségügyi ellátórendszernek alkalmazkodni kell a fokozott terheléshez. Sokkal hatékonyabb az alkalmazkodás, ha az egészségüggyel foglalkozó kutatások betegségekre, korcsoportokra, lakóhelyre lebontva becsülnék meg az egészségügyi kockázatok várható változását, és erről a lakosságot megfelelően tájékoztatnák, illetve megfelelő prevenciók programokat dolgoznának ki.

Az éghajlatváltozással kapcsolatos betegségek megelőzésében két további szférának van kiemelkedően fontos szerepe. Az első az oktatás, amelyik a most fiatal generáció



számára tanítaná meg nemcsak az éghajlatváltozás okait, tényét és következményeit, de az egyes emberek szükséges alkalmazkodási stratégiáira is felkészítené a jövő generációt. Az oktatásnak kiemelkedően fontos az életmóddal, a szabadidővel, a munkavégzéssel kapcsolatos felvilágosító szerepe. Azokat a generációkat, akiket az oktatási rendszer már nem tud vagy nem képes elérni, mert már befejezték a tanulmányaikat, a médián keresztül lehet és kell felvilágosítani, egészségesebb életmódra, klímatudatosabb magatartásra ösztönözni. A médianak fel kell vállalnia azt a közszolgálati szerepet, hogy az embereket szó szerint tanítja, neveli az egészségesebb életmódra, a tudatos életvitelre.

## 15.6. Az állam szerepe az egészségtudatos életmód elterjesztésében

Magyarországon sok más fejlett országhoz hasonlóan az állam számít a legnagyobb munkáltatónak. Az állami alkalmazottak száma megközelíti az egymillió főt, ők az oktatásban, az egészségügyben, a közigazgatás különböző szintjein (rendőrség, katonaság) dolgoznak. Az állam bármilyen kampánnyal saját foglalkoztatottjait tudja legkönnyebben elérni a saját tulajdonában lévő közszolgálati médián keresztül. Az állam rendelkezésére álló kommunikációs eszközök ennél a célcsoportnál állnak a legnagyobb számban a rendelkezésre, itt van lehetőség például az intraneten keresztüli kommunikációra, vagy van lehetőség például a bérezés olyan elemekkel történő kiegészítésére, amelyek az egészségtudatos életmódot szolgálják. (Az állam ösztönözheti dolgozóit arra, hogy mellőzzék a dohányzást, hogy sportos életmódot folytassanak, rendszeresen végezzenek testmozgást.) Az állami alkalmazottak ösztönzése az egészséges életmód folytatására azonban nemcsak rájuk hat, hanem a közvetlen családtagjukra is, gyerekekre, szülőkre, házastársakra.

Az éghajlatváltozással kapcsolatos ismeretek továbbítása ebben a társadalmi körben lehet a leghatékonyabb. Ez egyfajta javaslat lehet, hogy a közalkalmazottak és köztisztviselők számára előírt közigazgatási szakvizsgák kötelező részévé tegyék az éghajlatváltozással kapcsolatos ismereteket.

Azok a kommunikációs eszközök, amelyeket az állam a saját dolgozói, munkatársai felé használ, nagyon sok ember számára nem elég meggyőzők és hatékonyak. Sokféleképpen megszólítható különböző célcsoportok elérésében a különböző társadalmi szervezeteknek nagyon fontos szerepe van. Az állam hétköznapiakon, a hivatali ügyintézés során, illetve a közszolgálati médiumokon keresztül lehet nagyon hatékony.

Akik a magánszférában dolgoznak, és akiket a munkaidejük alatt nem lehet elérni figyelemfelhívó kampányokkal, azokat a szabadidejükben esténként, hétvégenként kell lehetőleg a legváltozatosabb módon megszólítani és meggyőzni.

A meggyőzéshez szükséges sokféle kommunikációs eszközt és az ehhez szükséges embereket különböző társadalmi szervezetek tudják biztosítani, amelyek tudásuk önkéntes átadásával és szabadidejük feláldozásával növelik a klímatudatos magatartásformák elterjedését. Mindezt teszik a társadalom érdekében, a kormányzati szerepvállalások jelentős részét átvállalva.

## 15.7. A települések és a klímaváltozás

A több mint két évtizede folyó városklíma-kutatás a mesterséges városi környezet klímamódosító hatásait, ezen belül elsősorban a hőmérsékleti többletet és annak kialakító tényezőit vizsgálja. A kutatások során humánkomfort-szempontrú elemzéseket végeznek különböző városi mikrokörnyezetekben mind mérések, mind modellezések segítségével (Lásd 15.3., 15.4. és 15.5. táblázat a tanulmány végén). Ezeket a termikus komfortviszonyokra irányuló elemzéseket kiterjesztették: bővített műszerparkra alapozva párhuzamos méréseket és humán monitoringot végeztek a város számos rekreációra, kapcsolódásra alkalmas területén, valamint szimulálták a komfortviszonyokat a különböző klímaváltozási szcenáriók szerint.

Új területként *turizmusklimatológiai* kutatások kezdődtek 2012-ben, amelyek fő célja a nemzetközi turizmus klímaértékelő rendszerek (indexek, indikátorok, sémák) vizsgálata, az értékelő rendszereknek a hazai lakosságra való adaptálása, figyelembe véve a lakosság szubjektív termikus stb. értékeléseit (például hőérzetét). Az indikátorokkal és módosított változataikkal számos hazai és nemzetközi turisztikai desztináció klimatikus, bioklimatikus és turisztikai klímaviszonyait elemzik, értékelik. (OKF 2018)

A területi politikában az integrált területi beruházások (ITB vagy angolul *integrated territorial investment* – ITI) teszik lehetővé a programok részeinek átfogó végrehajtását. Az integrált területi beruházások egy vagy több operatív program prioritási tengelyeiből származó források igénybe vételét teszik lehetővé annak érdekében, hogy az adott területen koherens fejlesztési stratégiát lehessen véghezvinni. Az ITB a tervezés szintjén egy felülről lefelé építkező keret, egy eszköz a kormányzat kezében, amellyel egy több lábon álló átfogó fejlesztési programot finanszírozhat egy adott területen. Az integrált területi beruházások egyik fő alkalmazási területe lehet a városfejlesztés. Az ITB leginkább a nagyobb városok és azok vonzáskörzetének fejlesztési eszköze, azonban a szabályozás értelmében lehetőség van ezt átalakítani, bővíteni. Erre három mód emelhető ki:

- megyéknek megfeleltethető ITB;
- több várost tömörítő városi ITB;
- várost és vonzáskörzetét tömörítő ITB.

Az első esetben olyan ITB-ket működtetnének, ahol egy megye területét lefedő fejlesztések valósulnak meg. A megyei fejlesztések magukban foglalják a városok fejlesztéseit is. A második esetben olyan ITB-k valósulnak meg, amelyekben földrajzilag egymás közelében lévő városok és vonzáskörzeteik alkotnának ITB-ket. A harmadik modellben a nagyobb városok és vonzáskörzeteik, agglomerációk kerülnek bele egy ITB-be. A három opció párhuzamos használata is lehetséges attól függően, hogy mennyire tűnnek hasznosnak az ITB előnyei. Mindezekon felül egyéb ágazati jelentőségű ITB-k is lehetnek egy vagy több ágazathoz kapcsolódóan.

## 15.8. Fenntartható városok

A településhálózat sűrűsödési tereit a nagyvárosok és a hatásukra radikálisan átalakuló tágabb környezetük jelentik. Itt a nagyobb léptékű koncentrációs folyamatot belső

dekoncentráció kísér. A nagyvárosok fejlődési folyamatai átlépnek azok adminisztratív határain, és ez a folyamat a tágabb környezet radikális átalakulásához vezet, miközben a városmagban funkcióvesztés, illetve válságterületek maradnak. Mindezt az ingázási, közlekedési, szervezeti intézményi kapcsolatok hihetetlen sűrűsödése kísér, amely számos környezeti, hatékonysági konfliktust eredményez, de társadalmi, gazdasági konfliktusokkal (például szegregáció, önkormányzatok bevételi feszültségei) is kísért. (Térport 2013)

Napjainkban egyre erőteljesebben zajló folyamat a szuburbanizáció, amely alapvetően rendezi át a településközi viszonyokat elsősorban a nagyvárosok körül, de gyakran egyre növekvő mértékben a középvárosok környékén is. Legerőteljesebben a lakosság kiáramlásában érvényesülnek a szuburbanizációs folyamatok, azonban számos esetben gazdasági, sőt intézményi funkciók is az elővárosi gyűrűben telepednek le. A szuburbanizációs folyamatok révén alapvetően változik meg a városi tér nagysága és szerkezete. A nagy fokú kitelepüléssel a városok funkcionális tere kiterjedtté válik, a vidékies térségek egyre növekvő mértékben válnak városiassá, ami jelentős területhasználati konfliktusokhoz vezethet, és a városok körüli ökológiai zöld gyűrű eltűnésének veszélyét hordja magában. (Térport 2013)

A városi tér kiterjedésén túl a térszerkezeti változások is számos problémát vetnek fel. A szuburbanizáció szegregációs folyamatokat indíthat el a városon belül, továbbá amennyiben a lakosság mellett a gazdasági-kereskedelmi funkciók is a városkörnyékre települnek, úgy a városmagok funkcióhiányossá válhatnak. A térszerkezeti változásokat, illetve a városi tér növekedését a közlekedési kapcsolatok fenntartható fejlesztése lassan követi, ami a környezeti terhelés további növekedését jelenti.

A szuburbanizációból adódó problémák Magyarországon a rendszerváltozás óta robbanásszerűen jelentkeznek, településhatárokon ívelnek át, azonban az erre adandó válaszaink kialakulatlanok (stratégiai és területhasználati tervezés, együttműködések, agglomerációs governance, szabályozás, akciók stb.), és jelentős késéssel, gyakran csak formailag próbálják kezelni a kihívásokat, de érdemben a problémák megoldása nem hatásos.

A jelenlegi elképzelések szerint a megyei jogú városok fejlesztési csomagjai ITB keretében valósulnának meg. E városi ITB-k célja a városok gazdasági szerepköreinek erősítése és felkészítésük a klimatikus és a demográfiai változások kihívásaira, a városok helyi gazdasági szerepköreinek erősítésével, zöld gazdaságfejlesztéssel, foglalkoztatásbővítéssel, fenntartható városi környezettel és közlekedéssel, a társadalmi befogadás erősítésével.

A megyei jogú városok és vonzáskörzeteik (várostérségek), valamint Budapest és agglomerációja a megújuló integrált városfejlesztési stratégiájára építve fenntartható városfejlesztést valósítanak meg. E fenntartható városfejlesztési ITB-k a Terület- és Településfejlesztési Operatív Programban (TOP) – Budapest esetében a Versenyképes Közép-Magyarország Operatív Programban (VEKOP-ban) – kapnak helyet. A programban Európai Regionális Fejlesztési Alap (ERFA-) és Európai Szociális Alap (ESZA-) forrásokra épülő prioritásokat egyaránt integrálnak.

A tervezés későbbi fázisában a megyei jogú városok ITB-jei ágazati operatív programok (OP) forrásaiból is részesülhetnek (célszerűen a közlekedési OP, az energetikai és a környezetvédelmi OP forrásaiból), ha ezen OP-k továbbtervezése során ez célszerűnek látszik.

A települések közötti együttműködés gyenge, amit súlyosbít az a tény, hogy az önkormányzati rendszer elaprózott. A gyenge kooperáció oka a versenyhelyzet, az együttműködés

kultúrájának hiánya, szervezeti képességek és készségek, a térségi és stratégiai szemlélet elégtelensége, a területi tervezés partnerségi jellegének hiányosságai stb. A településközi együttműködés hiányzik a városok közötti kooperációban (például funkciómegosztásban, klaszterjellegű együttműködésben) és hiányzik helyi, (kis)térségi szinten is. (Térport 2013)

A közzszolgáltatási kapacitások elaprózottsága súlyos hatékonysági problémákat okoz az ellátásban, amelynek megszüntetése a nemzetgazdaság közös érdeke. Ugyanakkor az eredményes fejlesztés érdekében is nélkülözhetetlen lenne a megfelelő kooperáció. Határozott kormányzati szándék mutatkozik a kapacitások összehangolt fejlesztését és működtetését lehetővé tevő településközi együttműködések ösztönzésére, de a valódi együttműködésen alapuló térséggé szerveződés folyamatában azonban elmaradások és jelentős különbségek vannak az egyes települések között.

Kezdetben – annak ellenére, hogy a helyi önkormányzatokról szóló 1990. évi LXV. törvény korlátozás nélküli társulási lehetőséget biztosított az önkormányzatoknak – az önállóság eufóriája gátolta ezek kibontakozását. A települések együttműködési hajlandóságát főként a térségi együttműködéssel igénybe vehető pályázati lehetőségek aktivizálták, a legtöbb települési együttműködés azonban meg is rekedt ezen a szinten, így a települések érdekeit és fejlesztéseit összehangoló, közös projekteket megvalósító, hosszú távra szóló közös stratégiában gondolkodó együttműködések kevéssé bontakoznak ki.

Korlátozza az együttműködések kibontakozását, ha a települési társulás szerveződése eltér a funkcionális vonzaskapcsolatokétól, vagy ha a térségek nehéz társadalmi-gazdasági helyzetben vannak. Éppen a legelmaradottabb térségekben lenne szükség jól működő kistérségi társulásokra, mivel a kistérségi együttműködésnek a legelmaradottabb területeken lehet komoly szerepe a még meglevő helyi erőforrások megmentésében és hasznosításában, a közösségi kezdeményezések aktivizálásában. További problémát jelent, hogy az aktívabb társulások is alig képesek tevékenységükbe bevonni a területfejlesztésnek az önkormányzati szférán kívüli szereplőit, nem építenek kellőképpen a vállalkozói és civil szférára. Részben összefügg ezzel, hogy a társulások nagyobb része a lakosság körében is kevéssé ismert, jórészt csak az önkormányzati hivatalok falai között vannak jelen. Annak ellenére, hogy a területfejlesztési önkormányzati társulásokba szinte minden önkormányzat bekapcsolódott, lényeges hatásuk a települések fejlődésére csak kivételképpen van. (Térport 2013)

## **15.9. Az éghajlatváltozás miatti változtatási javaslatok és hatásaik a közoktatásban**

Az éghajlatváltozás a maga okaival, a különböző jelenségeivel, megjelenési formáival, várható hatásaival egy nagyon komplex kérdéskörnek számít. A különböző iskolai tantervek összeállításánál következetesen végig kell gondolni, hogy az általános iskolai és középiskolai tanulmányok során hogyan építjük fel a diákok klímatudatosságát. Szükség lesz a környezetismeret, a biológia, a kémia, a földrajz tantárgyak ismeretanyagának az összehangolására. Szükség lesz egy olyan szintézis megteremtésére, aminek a végén a diákok képesek lesznek az éghajlatváltozás komplexitásának a megértésére.

A mai tantárgyszerkezet – ahol külön tanítják a biológiát, a kémiát, a földrajzot, a fizikát – részeire bontja napjaink természettudományos és műszaki világát. Ezek a részek a diákok fejében teljesen egymástól elkülönülten jelennek meg. A diákok külön kezelik

a kémiai elemeket, az elektromosságot, a mozgást és más természeti jelenségeket. Az éghajlatváltozás megértéséhez azonban olyan gondolkodásmódra van szükség, ahol ezeket együttesen képesek kezelni és elemezni. Nem az a cél, hogy az éghajlatváltozás szó minden egyes tantárgy keretében indoklás vagy bővebb kifejtés nélkül elhangozzék, hanem az, hogy a diákok megértsék a komplex világunk működését. Ehhez a keretet az iskolai tanítási programba beépített egy- vagy kéthetes időtartamú és az éghajlatváltozás témakörét feldolgozó projektmunka adná meg. A projektidőszak során kapnának a diákok olyan csoportosan megoldandó feladatokat, amelyeknek kidolgozásához az általuk megtanult addigi összes társadalomtudományi és természettudományos ismeret felhasználására szükség van. A diákok ezen időszak alatt megtanulják az együttműködés és vitakultúra szabályait is a klímatudatosság elérésével egy időben.

## 15.10. Közlekedés és éghajlatváltozás

Az éghajlatváltozás kapcsán a magyarországi statisztikák alapján az látható, hogy az energiafogyasztás és a hozzá kapcsolódó szén-dioxid-kibocsátás a termelő gazdasági ágazatok közül egyedül a közlekedésben növekszik. Az ipar és a mezőgazdaság energiafelhasználása és szén-dioxid-kibocsátása csökken. Ebből kiindulva nekünk leginkább most a közlekedés vizsgálatával kell foglalkoznunk. Az áruforgalom lebonyolítása hazai és nemzetközi viszonylatokban csak gondosan mérlegelt gazdasági ösztönzők és szabályozók révén lehetséges. A Magyarországon keresztül haladó nemzetközi tranzitforgalmat és annak mennyiségét korlátozni nem tudjuk, ott a legfontosabb célkitűzés az, hogy a forgalom minél gyorsabban és biztonságosabban áthaladjon Magyarországon. A közszolgáltatóság és az éghajlatváltozás szempontjából a személyi közlekedést tekintjük a legfontosabbnak, és a személyi közlekedés legerősebb meghatározója a lakóhely és a munkahely közötti távolság megtétele. Az éghajlatváltozás szempontjából külön érdemes kezelni a munkába járás során használt közlekedési módokat, Budapestet, a jelentős helyi tömegközlekedéssel rendelkező nagyvárosokat, a tömegközlekedéssel rendelkező, de a méretük miatt jellemzően gyalogos városnak tekinthető kis- és középvárosokat és a falvakat. (KSH 2017)

A közszolgáltatásoknak alapvető feladata, hogy a munkavállalóknak a munkahelyükre való bejutását biztosítsa. Magyarországon a tömegközlekedés tervezésénél a közszolgáltatások műszakilag megvalósítható menetrendjének korlátai voltak a meghatározók. Két tényező azonban teljes egészében kimaradt a közszolgáltatások tervezéséből. A versenyképes szolgáltatások biztosítása és az éghajlatváltozás szempontjai. (KSH 2017)

A hazai tömegközlekedési szolgáltatásokra jellemző, hogy nem a célokból, hanem a korlátokból indul ki a tervezés. A tömegközlekedésnek mint közszolgáltatásnak szolgálnia kellene a foglalkoztathatóság bővítését a munkaidőhöz, az iskolába járáshoz igazított menetrendekkel, és hozzá kellene járulnia az éghajlatváltozás elleni küzdelemhez azzal, hogy a közszolgáltatásokat árban és minőségben versenyképesé teszi (15.1. táblázat).

A tömegközlekedés mint közszolgáltatás megtervezésében a következő településtípusokat kell megkülönböztetni: Budapest és agglomerációja, megyei jogú nagyvárosok, mezővárosok és aprófalvak.

Budapesten és környékén a tömegközlekedésnek mint közszolgáltatásnak hozzá kell járulnia a város levegőjének tisztábbá tételéhez, a városban található közutak zsúfoltsá-

gának csökkentéséhez és az utasok gyors kiszolgálásához. Olyan szinten kell fejleszteni a tömegközlekedési szolgáltatásokat, hogy elérhető legyen a tömegközlekedés részarányának 70%-ra növelése a jelenlegi 40%-ról. Ebben az államnak fontos szerepe van, hiszen a tömegközlekedést közszolgáltatásként végző BKK költségvetésének körülbelül egyharmadát a főváros, másik egyharmadát a kormány fizeti. A jegyek és bérletek értékesítéséből származó árbevétel a kiadások egyharmadát fedezi csak. A közszolgáltatások fejlesztése ilyen finanszírozási arányok mellett az állami részvétel és az állami ösztönzés módjának újragondolása nélkül elképzelhetetlen. Egyrészt az állam a tulajdonosa a közszolgáltatást végző vállalatoknak, másrészt az állam a tulajdonosa valamennyi közlekedési infrastruktúrának, a közutaknak, a vasúti pályáknak. Az érthető, hogy az állam nem tud többet költeni a tömegközlekedés finanszírozására. Az is tudható ugyanakkor, hogy az éghajlatváltozásban kiemelkedően fontos szerepet játszanak a nagyvárosok és a nagyvárosokon belüli közlekedés során kibocsátott kipufogógázok, szén-dioxid. Budapesten mindenképpen indokolt, hogy a város legtöbb területére tömegközlekedéssel legalább negyedóránkénti gyakorisággal és 200 méteren belüli megállással el lehessen jutni. A cél a közszolgáltatások tervezése során a hálózat sűrűségének növelése az átszállási idők és az átszállások során, illetve a megállókba történő eljutás során a megtett távolságok csökkentése, főleg a külső kerületekben. A jelenlegi tömegközlekedési hálózatok teljes újratervezését igényelheti az a követelmény, hogy a közszolgáltatás versenyképes legyen a felhasználóknak, megfizethető az utasoknak és a finanszírozó államnak.

Budapest és környéke kapcsolatában az éghajlatváltozás elleni küzdelem talán legfontosabb eleme a határokat nem ismerő szuburbanizációs folyamat megállítása. (A szuburbanizáció mint folyamat azt jelenti, hogy a tehetősebb városlakók a városi munkahelyük megtartása mellett kiköltöznek a nagyvárosból a szomszédos településekre.) A szuburbanizáció sokszorosára növeli a nagyvárosból kiköltözők által naponta megtett távolságot. Jellemzően olyanok vesznek részt a folyamatban, akik személygépkocsival közlekednek. Az amerikai és nyugat-európai tapasztalatok azt mutatják, hogy épp a mindennapi munkába járás távolságának növekedése miatt az üzemanyag-felhasználás minden technikai fejlesztés ellenére nemhogy nem csökken, hanem még nő is a közlekedésben. (KSH 2017)

Ha hatékonyan akarunk védekezni az éghajlatváltozást okozó szén-dioxid-kibocsátás növekedése ellen, akkor a megyei szinten megvalósított szigorú települési és területrendezési tervekkel és a közlekedés megfelelő szabályozásával korlátozni kell a szuburbanizáció hatósugarát. A korlátozás sémája az, hogy a Budapesten lakók ne tíz kilométerre költözzenek ki a fővárosból, hanem maradjanak Budapesten, vagy a közvetlen szomszédságában. Ez a minisztériumok, települési önkormányzatok, a megyei és járási kormányhivatalok szoros együttműködését igényli közlekedéstervezésben, településtervezésben.

A hálózati kapcsolatok feltétele az elérhetőség megteremtése, amely részben információs elérhetőség is, de meghatározóan a közlekedési kapcsolatok által biztosított megközelítési lehetőséget jelenti.

A településeket, térségeket összekötő közlekedési kapcsolatok tekintetében Magyarország európai uniós összevetésben lényegesen ritkább úthálózattal rendelkezik, és ennek szerkezetét is alapvetően meghatározza a főváros-központúság. (Térport 2013)

A közlekedési kapcsolatokon belül településhálózati szempontból két problémakör azonosítható.



### 15.10.1. Városi központok és vonzáskörzetük közlekedési elérhetősége

A városhálózatban található hiányok (funkcionális értelemben vett városhiányos terek) jelentős részben arra vezethetők vissza, hogy az érdemi városi központok a kisebb települések egy jelentős része számára nehézkesen érhetők el közúton, és a napi munkavégzés szempontjából szinte elérhetetlenek tömegközlekedési eszközökkel. E területeken az útfejlesztés és tömegközlekedés együttes erősítésére lenne szükség a vonzáskörzeti központ és a hozzájuk tartozó települések között.

A településrendszer csomópontjaiban, vagyis a tágabb budapesti agglomerációs térben és a nagyobb vidéki városok környezetében a közlekedéssel szembeni igények kielégítésének lehetőségei szűkösek, az alacsonyabb társadalmi költségű környezetbarát alternatív közlekedési eszközök, rendszerek (vasút, busz, kerékpárutak, ahol lehet, vízi közlekedés és ezek kombinációi) elégtelenek. A forgalom mérséklését szolgáló IKT-elérhetőség (vesd össze: távmunka) és az alközpontok fejlesztendők.

### 15.10.2. Nagytérsegi elérhetőségi kapcsolatok (tranzverzális kapcsolatok)

A nagytérsegi hálózatokban problémát jelent a fővároson kívüli tér nagytérsegi elérhetőségi viszonyainak elégtelensége, ami abból adódik, hogy közlekedési rendszerünk erősen fővároscentrikus. A kiegyensúlyozott hálózatnak alapvető feltétele lenne, hogy a fővárostól függetlenül is jó elérhetőségi viszonyok legyenek az ország különböző térségei között. Külön is fontos, hogy a regionális központ szerepre szánt városok egymással jó összeköttetésben legyenek. (Térport 2013)

15.1. táblázat

*Közlekedési módok használata a lakóhely és a munkahely között Budapest kerületeiben*

| Kerület       | Nem közlekedik | Gyalog közlekedik | Helyi autóbusz, villamos, trolibusz, metró | Távolsági autóbusz | Vonat, HÉV | Autóval | Egyféle járművel közlekedik | Kétféle járművel közlekedik |
|---------------|----------------|-------------------|--------------------------------------------|--------------------|------------|---------|-----------------------------|-----------------------------|
| Budapest      |                |                   |                                            |                    |            |         |                             |                             |
| I. kerület    | 553            | 1 180             | 4 236                                      | 28                 | 96         | 2 538   | 7 292                       | 1 616                       |
| II. kerület   | 2 522          | 2 584             | 12 152                                     | 90                 | 218        | 12 387  | 25 737                      | 5 725                       |
| III. kerület  | 2 009          | 4 637             | 13 428                                     | 325                | 2 249      | 15 826  | 33 509                      | 13 571                      |
| IV. kerület   | 1 029          | 4 014             | 21 704                                     | 311                | 171        | 11 506  | 35 143                      | 5 782                       |
| V. kerület    | 735            | 2 111             | 4 426                                      | 40                 | 73         | 1 922   | 6 899                       | 1 301                       |
| VI. kerület   | 748            | 2 740             | 8 515                                      | 49                 | 134        | 3 202   | 12 631                      | 2 293                       |
| VII. kerület  | 859            | 3 697             | 12 599                                     | 94                 | 132        | 4 292   | 18 218                      | 3 233                       |
| VIII. kerület | 980            | 4 752             | 17 067                                     | 146                | 153        | 5 632   | 24 133                      | 4 004                       |
| IX. kerület   | 909            | 3 339             | 14 575                                     | 120                | 153        | 5 602   | 21 373                      | 3 550                       |
| X. kerület    | 1 121          | 3 156             | 17 397                                     | 104                | 233        | 8 453   | 26 995                      | 4 180                       |
| XI. kerület   | 2 488          | 5 021             | 24 976                                     | 280                | 226        | 16 042  | 43 572                      | 8 907                       |



| Kerület                 | Nem közle-<br>kedik | Gyalog közle-<br>kedik | Helyi autóbusz,<br>villamos, troli-<br>busz, metró | Távolsági autó-<br>busz | Vonat, HÉV   | Autóval        | Egyféle jár-<br>múval közle-<br>kedik | Kétféle jár-<br>múval közle-<br>kedik |
|-------------------------|---------------------|------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------|--------------|----------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| XII. kerület            | 1 456               | 1 832                  | 8 192                                              | 66                      | 91           | 7 562          | 16 556                                | 3 508                                 |
| XIII. kerület           | 1 864               | 6 127                  | 26 173                                             | 226                     | 217          | 12 662         | 41 341                                | 7 251                                 |
| XIV. kerület            | 1 839               | 4 043                  | 25 420                                             | 169                     | 311          | 14 491         | 42 099                                | 7 625                                 |
| XV. kerület             | 974                 | 2 933                  | 15 640                                             | 152                     | 180          | 9 080          | 26 232                                | 4 110                                 |
| XVI. kerület            | 1 465               | 1 987                  | 9 300                                              | 102                     | 242          | 10 818         | 21 337                                | 4 928                                 |
| XVII. kerület           | 1 331               | 2 221                  | 13 607                                             | 102                     | 260          | 12 431         | 27 240                                | 5 437                                 |
| XVIII. kerület          | 1 363               | 2 860                  | 16 308                                             | 145                     | 211          | 13 776         | 31 757                                | 5 683                                 |
| XIX. kerület            | 666                 | 2 263                  | 11 719                                             | 71                      | 73           | 7 189          | 19 911                                | 2 957                                 |
| XX. kerület             | 752                 | 2 322                  | 11 555                                             | 95                      | 136          | 7 893          | 20 681                                | 3 237                                 |
| XXI. kerület            | 707                 | 2 633                  | 8 163                                              | 241                     | 385          | 8 728          | 18 659                                | 9 342                                 |
| XXII. kerület           | 969                 | 1 295                  | 7 412                                              | 117                     | 159          | 8 351          | 16 619                                | 3 185                                 |
| XXIII. kerület          | 277                 | 738                    | 2 723                                              | 38                      | 161          | 2 959          | 6 270                                 | 1 456                                 |
| <b>Főváros összesen</b> | <b>27 616</b>       | <b>68 485</b>          | <b>307 287</b>                                     | <b>3 111</b>            | <b>6 264</b> | <b>203 342</b> | <b>544 204</b>                        | <b>112 881</b>                        |

Forrás: a szerző szerkesztése a KSH 2017 alapján

#### 15.2. táblázat

*Közlekedési módok használata a lakóhely és a munkahely között Bács-Kiskun és Baranya megye járásaiban*

| Terület                        | Nem közlekedik | Csak gyalog<br>közlekedik | Helyi autóbusz,<br>villamos,<br>trolibusz, | Távolsági<br>autóbusz | Vonat        | Autó          | Motorkerékpár | Kerékpár      | Egyéb jármű  | Együtt         |
|--------------------------------|----------------|---------------------------|--------------------------------------------|-----------------------|--------------|---------------|---------------|---------------|--------------|----------------|
| <b>Bács-Kiskun</b>             |                |                           |                                            |                       |              |               |               |               |              |                |
| Kecskemét                      | 1 957          | 6 519                     | 5 908                                      | 679                   | 241          | 18 018        | 773           | 7 291         | 497          | 33 407         |
| Többi város                    | 5 239          | 11 423                    | 806                                        | 4 111                 | 956          | 30 114        | 3 066         | 26 473        | 1 315        | 66 841         |
| Községek,<br>nagyköz-<br>ségek | 3 792          | 5 405                     | 144                                        | 7 533                 | 665          | 21 323        | 1 995         | 13 382        | 1 605        | 46 647         |
| <b>Megye ösz-<br/>szesen</b>   | <b>10 988</b>  | <b>23 347</b>             | <b>6 858</b>                               | <b>12 323</b>         | <b>1 862</b> | <b>69 455</b> | <b>5 834</b>  | <b>47 146</b> | <b>3 417</b> | <b>146 895</b> |
| <b>Baranya</b>                 |                |                           |                                            |                       |              |               |               |               |              |                |
| Pécs                           | 2 222          | 8 369                     | 18 728                                     | 718                   | 146          | 21 027        | 278           | 1 260         | 349          | 42 506         |
| Többi város                    | 1 289          | 7 495                     | 2 063                                      | 3 224                 | 470          | 11 942        | 473           | 5 377         | 638          | 24 187         |
| Községek,<br>nagyköz-<br>ségek | 1 506          | 7 379                     | 128                                        | 7 574                 | 509          | 15 737        | 718           | 3 671         | 1 820        | 30 157         |
| <b>Megye ösz-<br/>szesen</b>   | <b>5 017</b>   | <b>23 243</b>             | <b>20 919</b>                              | <b>11 516</b>         | <b>1 125</b> | <b>48 706</b> | <b>1 469</b>  | <b>10 308</b> | <b>2 807</b> | <b>96 850</b>  |

Forrás: a szerző szerkesztése a KSH 2017 alapján

15.3. táblázat

*A lakott lakások tulajdonjelleg, komfortosság, használati jogcím, lakás-alapterület, felszereltség, fűtési mód és falazat szerint, 2011 – II. kerület*

| Megnevezés                           | Komfortosság  |           |              |                 |                         | Összesen |
|--------------------------------------|---------------|-----------|--------------|-----------------|-------------------------|----------|
|                                      | összkomfortos | komfortos | félkomfortos | komfort nélküli | szükség- és egyéb lakás |          |
| Használati jogcím                    |               |           |              |                 |                         |          |
| tulajdonosi                          | 28 294        | 7 261     | 247          | 106             | 234                     | 36 142   |
| bérleti                              | 2 424         | 948       | 70           | 33              | 45                      | 3 520    |
| más jogcímű                          | 592           | 246       | 17           | 7               | 13                      | 875      |
| Összesen                             | 31 310        | 8 455     | 334          | 146             | 292                     | 40 537   |
| Lakás-alapterület, m²                |               |           |              |                 |                         |          |
| –29                                  | 259           | 425       | 55           | 49              | 77                      | 865      |
| 30–39                                | 1 276         | 1 099     | 81           | 17              | 60                      | 2 533    |
| 40–49                                | 2 316         | 1 257     | 52           | 14              | 43                      | 3 682    |
| 50–59                                | 4 343         | 1 986     | 39           | 16              | 25                      | 6 409    |
| 60–79                                | 7 722         | 2 121     | 48           | 19              | 38                      | 9 948    |
| 80–99                                | 5 859         | 890       | 19           | 16              | 23                      | 6 807    |
| 100–                                 | 9 535         | 677       | 40           | 15              | 26                      | 10 293   |
| Összesen                             | 31 310        | 8 455     | 334          | 146             | 292                     | 40 537   |
| Felszereltség                        |               |           |              |                 |                         |          |
| hálózati vízvezetékkel               | 31 298        | 8 449     | 334          | 141             | 288                     | 40 510   |
| házi vízvezetékkel                   | 12            | 6         | –            | 3               | –                       | 21       |
| meleg folyóvízzel                    | 31 310        | 8 455     | 234          | 124             | 275                     | 40 398   |
| vízöblítéses WC-vel                  | 31 310        | 8 455     | 207          | 53              | 272                     | 40 297   |
| közcsonnával                         | 30 197        | 8 251     | 306          | 130             | 280                     | 39 164   |
| házi csatornával                     | 1 113         | 204       | 28           | 14              | 8                       | 1 367    |
| Fűtési mód                           |               |           |              |                 |                         |          |
| helyiségenként                       | –             | 8 455     | 190          | 77              | 98                      | 8 820    |
| egy vagy több lakást fűtő kazánnal   | 30 218        | –         | 132          | 60              | 177                     | 30 587   |
| távfűtéssel                          | 1 092         | –         | 12           | 9               | 17                      | 1 130    |
| Összesen                             | 31 310        | 8 455     | 334          | 146             | 292                     | 40 537   |
| Falazat                              |               |           |              |                 |                         |          |
| tégla, kő, kézi falazó-elem          | 28 704        | 8 093     | 312          | 132             | 284                     | 37 525   |
| közép- vagy nagy-blokk, öntött beton | 2 149         | 237       | 9            | 2               | 5                       | 2 402    |
| panel                                | 189           | 32        | –            | –               | 1                       | 222      |
| fa                                   | 53            | 10        | 1            | 2               | –                       | 66       |
| vályog, sár stb., alapozással        | 72            | 37        | 3            | 4               | 1                       | 117      |
| vályog, sár stb., alapozás nélkül    | 21            | 11        | 4            | 5               | –                       | 41       |
| egyéb                                | 122           | 35        | 5            | 1               | 1                       | 164      |
| Összesen                             | 31 310        | 8 455     | 334          | 146             | 292                     | 40 537   |

Forrás: a szerző szerkesztése a KSH 2017 alapján

## 15.4. táblázat

*A lakott lakások tulajdonjelle, komfortosság, használati jogcím, lakás-alapterület, felszereltség, fűtési mód és falazat szerint, 2011 – XV. kerület*

| Megnevezés                           | Komfortosság  |           |              |                 |                         | Összesen |
|--------------------------------------|---------------|-----------|--------------|-----------------|-------------------------|----------|
|                                      | összkomfortos | komfortos | félkomfortos | komfort nélküli | szükség- és egyéb lakás |          |
| Használati jogcím                    |               |           |              |                 |                         |          |
| tulajdonosi                          | 26 038        | 3 742     | 308          | 160             | 107                     | 30 355   |
| bérleti                              | 2 409         | 665       | 148          | 74              | 18                      | 3 314    |
| más jogcímű                          | 416           | 106       | 15           | 6               | 10                      | 553      |
| Összesen                             | 28 863        | 4 513     | 471          | 240             | 135                     | 34 222   |
| Lakás-alapterület, m²                |               |           |              |                 |                         |          |
| –29                                  | 129           | 365       | 81           | 85              | 46                      | 706      |
| 30–39                                | 5 041         | 849       | 157          | 67              | 19                      | 6 133    |
| 40–49                                | 3 102         | 896       | 109          | 31              | 13                      | 4 151    |
| 50–59                                | 6 713         | 927       | 60           | 18              | 16                      | 7 734    |
| 60–79                                | 8 383         | 837       | 34           | 22              | 20                      | 9 296    |
| 80–99                                | 2 419         | 406       | 15           | 14              | 12                      | 2 866    |
| 100–                                 | 3 076         | 233       | 15           | 3               | 9                       | 3 336    |
| Összesen                             | 28 863        | 4 513     | 471          | 240             | 135                     | 34 222   |
| Felszereltség                        |               |           |              |                 |                         |          |
| hálózati vízvezetékkel               | 28 860        | 4 507     | 470          | 216             | 125                     | 34 178   |
| házi vízvezetékkel                   | 3             | 6         | 1            | –               | –                       | 10       |
| meleg folyóvízzel                    | 28 863        | 4 513     | 339          | 133             | 116                     | 33 964   |
| vízöblítéses WC-vel                  | 28 863        | 4 513     | 384          | 37              | 105                     | 33 902   |
| közcsonnával                         | 28 490        | 4 265     | 429          | 177             | 116                     | 33 477   |
| házi csatornával                     | 373           | 248       | 42           | 39              | 9                       | 711      |
| Fűtési mód                           |               |           |              |                 |                         |          |
| helyiségenként                       | –             | 4 513     | 272          | 182             | 51                      | 5 018    |
| egy vagy több lakást fűtő kazánnal   | 12 707        | –         | 80           | 41              | 55                      | 12 883   |
| távfűtéssel                          | 16 156        | –         | 119          | 17              | 29                      | 16 321   |
| Összesen                             | 28 863        | 4 513     | 471          | 240             | 135                     | 34 222   |
| Falazat                              |               |           |              |                 |                         |          |
| tégla, kő, kézi falazó-elem          | 10 256        | 4 172     | 334          | 204             | 90                      | 15 056   |
| közép- vagy nagy-blokk, öntött beton | 1 128         | 191       | 4            | 2               | 4                       | 1 329    |
| panel                                | 17 339        | 30        | 120          | 18              | 34                      | 17 541   |
| fa                                   | 8             | 3         | –            | –               | 1                       | 12       |
| vályog, sár stb., alapozással        | 37            | 38        | 6            | 7               | 1                       | 89       |
| vályog, sár stb., alapozás nélkül    | 41            | 54        | 4            | 5               | 4                       | 108      |
| egyéb                                | 54            | 25        | 3            | 4               | 1                       | 87       |
| Összesen                             | 28 863        | 4 513     | 471          | 240             | 135                     | 34 222   |

Forrás: a szerző szerkesztése a KSH 2017 alapján

15.5. táblázat

*A lakott lakások tulajdonjelle, komfortosság, használati jogcím, lakás-alapterület, felszereltség, fűtési mód és falazat szerint, 2011 – VII. kerület*

| Megnevezés                           | Komfortosság  |           |              |                 |                         | Összesen |
|--------------------------------------|---------------|-----------|--------------|-----------------|-------------------------|----------|
|                                      | összkomfortos | komfortos | félkomfortos | komfort nélküli | szükség- és egyéb lakás |          |
| Használati jogcím                    |               |           |              |                 |                         |          |
| tulajdonosi                          | 8 241         | 13 284    | 602          | 396             | 209                     | 22 732   |
| bérleti                              | 1 801         | 3 432     | 346          | 313             | 113                     | 6 005    |
| más jogcímű                          | 297           | 446       | 21           | 23              | 20                      | 807      |
| Összesen                             | 10 339        | 17 162    | 969          | 732             | 342                     | 29 544   |
| Lakás-alapterület, m²                |               |           |              |                 |                         |          |
| –29                                  | 348           | 2 618     | 289          | 394             | 158                     | 3 807    |
| 30–39                                | 1 348         | 4 023     | 282          | 160             | 82                      | 5 895    |
| 40–49                                | 1 596         | 2 969     | 169          | 89              | 32                      | 4 855    |
| 50–59                                | 1 548         | 2 137     | 107          | 39              | 25                      | 3 856    |
| 60–79                                | 2 734         | 3 167     | 83           | 25              | 22                      | 6 031    |
| 80–99                                | 1 597         | 1 373     | 23           | 14              | 15                      | 3 022    |
| 100–                                 | 1 168         | 875       | 16           | 11              | 8                       | 2 078    |
| Összesen                             | 10 339        | 17 162    | 969          | 732             | 342                     | 29 544   |
| Felszereltség                        |               |           |              |                 |                         |          |
| hálózati vízvezetékkel               | 10 339        | 17 162    | 969          | 732             | 340                     | 29 542   |
| házi vízvezetékkel                   | –             | –         | –            | –               | –                       | –        |
| meleg folyóvízzel                    | 10 339        | 17 162    | 694          | 532             | 295                     | 29 022   |
| vízöblítéses WC-vel                  | 10 339        | 17 162    | 727          | 161             | 277                     | 28 666   |
| közcsonnával                         | 10 321        | 17 137    | 965          | 731             | 339                     | 29 493   |
| házi csatornával                     | 18            | 25        | 4            | 1               | 1                       | 49       |
| Fűtési mód                           |               |           |              |                 |                         |          |
| helyiségenként                       | –             | 17 162    | 844          | 617             | 218                     | 18 841   |
| egy vagy több lakást fűtő kazánnal   | 10 339        | –         | 125          | 115             | 124                     | 10 703   |
| távfűtéssel                          | –             | –         | –            | –               | –                       | –        |
| Összesen                             | 10 339        | 17 162    | 969          | 732             | 342                     | 29 544   |
| Falazat                              |               |           |              |                 |                         |          |
| tégla, kő, kézi falazó-elem          | 9 872         | 17 126    | 966          | 731             | 337                     | 29 032   |
| közép- vagy nagy-blokk, öntött beton | 381           | 14        | 1            | –               | 5                       | 401      |
| panel                                | 36            | –         | –            | –               | –                       | 36       |
| fa                                   | 1             | –         | –            | –               | –                       | 1        |
| vályog, sár stb., alapozással        | –             | –         | –            | –               | –                       | –        |
| vályog, sár stb., alapozás nélkül    | –             | –         | –            | –               | –                       | –        |
| egyéb                                | 49            | 22        | 2            | 1               | –                       | 74       |
| Összesen                             | 10 339        | 17 162    | 969          | 732             | 342                     | 29 544   |

*Forrás: a szerző szerkesztése a KSH 2017 alapján*

## Felhasznált irodalom

1990. évi LXV. törvény a helyi önkormányzatokról.

- A Katasztrófavédelmi Koordinációs Tárcaközi Bizottság 6/2017. (XII. 20.) határozata. (OKF 2017) Budapest, BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság. Elérhető: [www.katasztrofavedelem.hu/application/uploads/documents/2019-09/64097.pdf](http://www.katasztrofavedelem.hu/application/uploads/documents/2019-09/64097.pdf) (A letöltés dátuma: 2018. 02. 23.)
- EKB (2004): *Környezetvédelmi megfontolások beillesztése más szakpolitikákba – a cardiffi folyamat mérlege*. Brüsszel, Európai Községek Bizottsága. Elérhető: [www.europarl.europa.eu/meetdocs/2004\\_2009/documents/com/com\\_com\(20040394\)\\_com\\_com\(2004\)0394\\_hu.pdf](http://www.europarl.europa.eu/meetdocs/2004_2009/documents/com/com_com(20040394)_com_com(2004)0394_hu.pdf) (A letöltés dátuma: 2018. 04. 03.)
- EKB (2009): 8.4.2009 COM (2009) 147. *Végleges Fehér Könyv. Az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodás: egy európai fellépési keret felé*. Brüsszel, Európai Községek Bizottsága. Elérhető: [www.europarl.europa.eu/meetdocs/2009\\_2014/documents/com/com\\_com\(2009\)0147\\_com\\_com\(2009\)0147\\_hu.pdf](http://www.europarl.europa.eu/meetdocs/2009_2014/documents/com/com_com(2009)0147_com_com(2009)0147_hu.pdf) (A letöltés dátuma: 2018. 04. 03.)
- GUPTA, G. S. (2017): The Paradox of Sustainable Development: A Critical Overview of the Term and the Institutionalization Process. *Periodica Polytechnica, Social and Management Sciences*, Vol. 25, No. 1. 1–7. DOI: <https://doi.org/10.3311/PPso.8919>
- KSH (2017): *A fenntartható fejlődés indikátorai Magyarországon, 2016*. Elérhető: [www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszaki/fenntartfejl/fenntartfejl16.pdf](http://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszaki/fenntartfejl/fenntartfejl16.pdf) (A letöltés dátuma: 2018. 04. 13.)
- MoEW (2005): *Hungary's Report on Demonstrable Progress*. Budapest, Hungarian Ministry of Environment and Water.
- OMSZ (é. n.): *Projektek*. Elérhető: [www.met.hu/omsz/tevekenysegek/klimamodellezes/projektek](http://www.met.hu/omsz/tevekenysegek/klimamodellezes/projektek) (A letöltés dátuma: 2018. 02. 22.)
- PÁNDI A. – ERDEI E. – BOBVOS J. – FERENCZI E. – NÁDOR G. – SZABÓ J. (2004): A klímaváltozás egészségügyi hatásai. *Egészségtudomány*, 48. évf. 2–3. sz. 220–236.
- Térport (2013): *Pest megyei területfejlesztési koncepció I*. Elérhető: [www.terport.hu/webfm\\_send/4245](http://www.terport.hu/webfm_send/4245) (A letöltés dátuma: 2018. 02. 24.)

Vákát oldal

## 16. fejezet

### Erdő- és vegetációtüzek kialakulásának térbeli és időbeli változásai Magyarországon

*Bodnár László<sup>1</sup> – Debreceni Péter<sup>2</sup>*

#### 16.1. Bevezetés

Ha megvizsgáljuk a Föld éghajlatát, akkor arra a következtetésre juthatunk, hogy a földtörténet során bolygónk éghajlata folyamatosan változott. Egymást váltották a glaciális és az interglaciális időszakok, ám korábban ez nem került a figyelem középpontjába. (TEKNŐS 2009) A globális éghajlatváltozás viszont a világon már egyre nagyobb figyelmet kap. A hazai és külföldi média is gyakrabban említi, ezáltal a társadalom tagjainak is kialakult véleménye van róla. Őket két csoportba sorolhatjuk. Az egyik csoportba tartoznak azok, akik szerint a jelenlegi éghajlatváltozás is természetes eredetű, azt társadalmilag befolyásolni nem lehet. A másik csoport tagjai szerint a mostani éghajlatváltozásban a természetes ciklikusság mellett fokozott szerepet kap az emberi beavatkozás felelőssége. (TEKNŐS 2009) Bármely csoport feltételezését is vesszük alapul, az éghajlatváltozás komoly kihívás elé állítja a katasztrófavédelmet és ezáltal a tűzvédelmi, valamint a tűzoltósági szakterületet.

A médiában nap mint nap látható, hogy a tűz pusztító hatása elleni küzdelem nemcsak hazánkban, hanem a világ más területein is súlyos és megoldásra váró probléma. (RESTÁS 2008) Magyarországon minden évben több ezer erdő- és vegetációtűz keletkezik. Az elmúlt években a vegetációtüzek száma éves átlagban meghaladta a nyolcezret. (DEBRECENI et al. 2017.) A két szélsőségesen száraz évben (2011 és 2012) pedig jelentősen haladta meg ezt az értéket. (NÉBIH 2018) Hazánkban egyrészt a klimatikus viszonyok, másrészt a vegetáció összetétele miatt az erdő- és vegetációtüzek természetes úton való keletkezése elhanyagolható, arányuk csupán 1%. A szabadterületi tüzek döntő többsége emberi gondatlanságra vagy szándékosságra vezethető vissza. (ABONYI et al. 2015)

Az éghajlatváltozás hatásait, mértékét a kormányközi testületek mellett, külföldi és hazai kutatók is folyamatosan elemzik. A kutatási eredmények előrevetítik, illetve meteorológiai adatok trendvizsgálatával részben már ma igazolható, hogy belátható időtávon belül a Kárpát-medence területén egyenletlenebbé válik a csapadékeloszlás, és ennek köszönhetően egyes becslések szerint emelkedni fog a nyári és őszi napi átlaghőmérséklet is. Az éghajlatváltozás hatásai közvetett módon a tűzveszélyes időszakok elnyúlásában, az erdő- és vegetációtüzek számának növekedésében, valamint térbeli és időbeli eloszlásában,

<sup>1</sup> ORCID: 0000-0001-9196-8030, [bodnar.laszlo@uni-nke.hu](mailto:bodnar.laszlo@uni-nke.hu)

<sup>2</sup> ORCID: 0000-0002-8296-7127, [Debrecenip@nebih.gov.hu](mailto:Debrecenip@nebih.gov.hu)



a tűzintenzitás emelkedésében is kimutathatók lesznek. Ez pedig előrevetíti, hogy a jövőben még nagyobb kihívás elé néznek a szabadterületi tüzek megelőzéséért, oltásáért felelős hazai szervezetek. (GYENES 2011; TEKNŐS 2015)

Tekintettel arra, hogy a szabadterületi tüzek a magyarországi mozaikos tájszerkezet miatt nemcsak erdőterületet, hanem egyéb fával borított és mezőgazdasági hasznosítással érintett földterületeket is érintenek, az erdő- és vegetációtüzek elleni védekezés több szakterület, gazdálkodó szervezet és hatóság folyamatos, átgondolt integrált együttműködését igényli. (NAGY 2004) Az egységes Erdőtűz Információs Rendszer felállításáig (2008) nem rendelkezünk elegendő ismerettel az egy tűzszezonban keletkező erdő- és vegetációtüzek számáról, hatásairól, ezért csak az utóbbi években tudták az erdész és tűzoltó szakemberek a kérdés jelentőségét lehatárolni és kutatásokat kezdeni. A tűzoltási és megelőzési feladatkör korábban elvált egymástól, emiatt szintén kevés információ állt rendelkezésre ahhoz, hogy átfogó képet kapjunk a témáról. Éppen ezért Magyarországon kevés kutatás folyt az erdőtűz megelőzésével kapcsolatban. (NAGY 2008)

Az elmúlt évtizedben több nagy területű, több napra elnyúló védekezést igénylő erdőtűz keletkezett az alföldi régióban (Kiskunhalas 2007 és 2015, Bugac 2012, Hortobágy 2017). (NÉBIH 2018) Ezen tüzesetek hatására a hazai kutatók, katasztrófavédelmi és erdészeti szakemberek a tűzoltás taktikai és technikai gondjaival és feltételrendszerével kezdtek el foglalkozni. A téma időszerűségét tehát az adja, hogy évről évre nagyszámú erdő- és vegetációtűz keletkezik, amelyek sok esetben kontrollálatlanul terjednek, és okoznak károkat a földhasználóknak. A természetvédelmi és környezetbiztonsági problémák mellett az éghajlatváltozás hatásai az ökoszisztéma mellett a társadalom valamennyi szereplőjét is érintik. (PADÁNYI–FÖLDI 2016)

## 16.2. Együttműködés az Európai Unióban, Európai Erdőtűz Adatbázis

Az Európai Bizottság kiemelt figyelmet fordít az erdőtüzek megfigyelésének, a tűz okainak jobb megértésére, és támogatja az erdőtűz-megelőzésben alkalmazható jó gyakorlatok fejlesztését, tagországi alkalmazását. Az *Európai Erdőtűz Információs Rendszert* (European Forest Fire Information System – EFFIS) (EC s. a.) az Európai Bizottság Kutatási Központja (Joint Research Center – JRC) és az Európai Bizottság Környezetvédelmi Igazgatósága (Directorate General of Environment – DGE) hozta létre annak érdekében, hogy európai szinten is rendelkezésre álljon egy naponta aktualizált, harmonizált adatszerkezettel rendelkező adatbázis. Az adatbázis működtetésén keresztül valósul meg az erdőtüzekre vonatkozó információcsere, a tagállamok és az Európai Bizottság által az erdők tűz elleni védelme érdekében tett intézkedések hatásának folyamatos értékelése, a veszélyeztetés időszakának, mértékének és okának értékelése, valamint az erdők tűz elleni védelmére vonatkozó stratégiák fejlesztése, különös hangsúlyt fektetve a tűz okának felszámolására vagy csökkentésére. (804/94. EK rendelet)

A tagországok hosszú távú együttműködésének köszönhetően az EFFIS a létrehozása óta eltelt közel két évtizedben a legnagyobb információs tárhelyévé vált a tagországokban keletkezett erdőtüzeknek. Követve az új *Európai Erdőstratégia* célkitűzéseit az EFFIS 2004 óta az *Európai Erdőinformációs Rendszer* (Forest Information System for Europe – FISE) része.

A tagországok az adatszolgáltatás útján elérhetővé tették az Európai Bizottság számára az erdőtűzek alapadatait, így már közösségi szinten is összehasonlítható információk gyűjtése indult meg. (2152/2003 EK rendelet)

### 16.3. Erdőtűz Információs Rendszer és az adatgyűjtés Magyarországon

Az erdőtűz-megelőzés tevékenység az erdészeti hatóság és a katasztrófavédelem együttműködésével valósul meg. Az *Erdőtűz Információs Rendszer* keretein belül történik a szabadterületi tüzekre vonatkozó adatgyűjtés és elemzés, a fokozottan tűzveszélyes időszakok meghatározása és a tűzgyújtási tilalom kihirdetése. Az erdőterületek tűzveszélyességi besorolására alapozva valósul meg az erdőtűzvédelmi tervek elkészítése és aktualizálása. A kommunikációs és képzési programok pedig a lakosság felkészítése és tájékoztatása mellett az erdőtűz megelőzésében és az oltásban részt vevő szakemberek folyamatos képzését szolgálják. (NÉBIH 2018)

A magyarországi szabadterületi tüzekről mintegy három és fél évtizedre visszanyúló adatsorok lelhetők fel a katasztrófavédelem, az erdészeti hatóság és az állami erdőterületeket kezelő erdészeti társaságok és nemzeti parkok nyilvántartásaiban. Ezeket a nyilvántartásokat azonban a nyilvántartást vezető szervezetek eltérő feladatköreiből faladóan különböző célból és adattartalommal alakították ki, így egyesítésükre nincsen lehetőség. Az erdőtűz megelőzéséért és a védekezésért felelős kormányzati szervek együttműködésének köszönhetően létrehozták az Európai Erdőtűz Információs Rendszernek megfelelő adattszerkezettel rendelkező adatbázist, amelynek segítségével biztosított a szabványosított adatfelvételezés, az adatok archiválása és feldolgozása, a katasztrófavédelem és az erdészeti hatóság kölcsönös hozzáférése, valamint az adatszolgáltatás az Európai Erdőtűz Információs Rendszerbe is. A katasztrófavédelem és az erdészeti hatóság adatbázisát 2007-ben kapcsolták össze, harmonizált adatsor pedig 2011-től áll rendelkezésre.

Az adatbázisban a tüzeseteket a tűz helyével, a riasztás, beavatkozás és felszámolás időpontjával, a leégett terület kiterjedésével és a tűz feltételezett okának megadásával rögzítik. Ezen felül szöveges megjegyzésben írják le a tüzeset felszámolása során tapasztalt, a tűz jellemzésében releváns információkat. A helyszíni adatfelvételezést a tüzeset eloltásáért felelős tűzoltó egység végzi el. Az erdészeti hatóság helyszínelést csak akkor végez, ha a tüzeset során olyan mértékben károsodott a faállomány, hogy erdőművelési beavatkozás szükséges a kárfelszámoláshoz. A helyszíni ellenőrzést nem igénylő tüzeseteket térinformatikai vizsgálat és az adatlapon megadott adatok alapján minősítik az információs rendszerben. Az erdőtűznek minősülő tüzesetek adatait a 4/2008. (VIII. 1.) ÖM rendelet előírásai szerint vezetett Országos Erdőtűzadattárban tárolják. Az erdőt, fásított területet nem érintő, azaz erdőtűznek nem minősülő egyéb szabadterületi tüzek a Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság adatbázisában találhatók meg. A két adatállományt a tárgyév végén egyeztetik, összevezetik. Így minden szabadterületi tüzesetről egyértelműen tudni lehet, hogy erdőtűznek minősül-e, vagy sem. A szabadterületen keletkezett tüzesetek közül azokat nevezzük vegetációtűznek, amelyekben a tűz a növényzetben keletkezett vagy arra áttért. A belterületi ingatlanokon, kertekben keletkezett tüzeket, illetve a hulladékégetést szintén szabadterületi tűzként veszik fel, de nem minősítjük őket vegetá-

ciótűznek. A vegetációtűz által okozott kár értékelése során az egy tüzesetben károsodott területet az alábbi három területfelhasználási kategóriákba kell sorolni: (CAMIA et al. 2014)

- erdőterület (forest land);
- egyéb fás terület (other wooded land);
- nem erdős terület (other land).

A nemzetközi nomenklatúra szerint erdőtűznek minősül az a nem kontrollált szabadterületi tüzeset, amely nem szükségszerűen erdőből indult ki, és nem kizárólagosan, de teljesen vagy részben erdőt vagy fás területet is érint. Az erdőtűz fogalma nem tartalmazza az előírt vagy ellenőrzött égetést, amelynek célja általában a talajon felgyülemlett éghető anyag mennyiségének csökkentése vagy megszüntetése. Az adatok értékelésénél figyelembe kell venni azt a körülményt is, hogy a magyarországi erdőgazdálkodási viszonyokra érvényes erdőfogalom szükségszerűen eltér a tagországok által és a nemzetközi erdőstatistikákban használatos erdő fogalomtól. Magyarországon erdőnek minősül a külterületen található, jogszabályban meghatározott erdei fafajokból álló, összefüggő, legalább 50%-ban lombkoronával borított és 0,5 hektárnál nagyobb kiterjedésű földterület. Az EFFIS erdőtűz-statisztikáiban használt erdőfogalom a mediterrán régióban található erdő fogalomhoz közelítve határozza meg az erdő fogalmát. A legkisebb területi kiterjedést szintén 0,5 hektárban határozza meg, azonban már 10% lombkoronával fedett terület is erdőnek minősül. Az erdő- és vegetációtűzek vizsgálata és nyilvántartása során ez utóbbi erdő fogalmat kell használni a hazai adatgyűjtésben is. Azokat a 0,5 hektárnál nagyobb és 20 méternél szélesebb fával borított területeket, amelyek nem sorolhatók az erdő kategóriába, de összefüggő területen a lombkoronával borított terület aránya 5 és 10% között van, és a fák elérik az 5 méteres kifejtett magasságot, vagy ahol a lombkoronával borított terület aránya meghaladja a 10%-ot, de a fák nem érik el az 5 méteres kifejtett magasságot, egyéb fás terület kategóriába kell sorolni. Ezek a területek hazai viszonyok között jellemzően a cserjével, bokrokkal fedett területek. Az előbbi két kategóriába nem sorolható fával vagy fával nem borított területek az úgynevezett egyéb földterület. A fenti definíciók alapján tehát azok a tüzek minősülnek erdőtűznek, amelyek erdőt vagy egyéb fás területet is érintettek. A nemzetközi szakirodalomban *forest fire* kifejezéssel jelölik. A fás területet nem érintő tüzeket vegetációtűzként különböztetjük el az erdőtűzektől, és a szakirodalomban *wildfire* kifejezéssel jelöljük.

Az erdőnek minősülő földterületeket az Országos Erdőállomány Adattár tartalmazza. A NÉBIH által vezetett erdőleltárból (*Erdőleltár* é. n.) megállapítható, hogy az adattári erdőn kívül további fával borított területeket (például fás szárú energetikai ültetvény, cserjés területek) találunk hazánk területén, amelyek az adatgyűjtés során besorolhatók az erdő vagy az egyéb fás terület kategóriába. Fontosnak tartjuk megjegyezni, hogy az erdőtörvény módosításai nyomán 1996 óta három alkalommal változott az erdő fogalma. Tehát amikor erdőről beszélünk, az erdészeti hatóság által nyilvántartott erdőt értjük alatta. A teljes leégett terület adat értelmezésénél viszont figyelembe kell venni, hogy ez az adat nem kizárólag károsodott erdőterületet jelent, hanem tartalmazza a tűzben károsodott nem erdőként nyilvántartott egyéb fásított és fával nem borított földterületeket is.

A leégett terület adatok értelmezéséhez meg kell említenünk, hogy a jelenlegi technikai lehetőségek mellett a helyszíni területmeghatározás a legtöbb esetben becsléssel történik. A pontszerű, nagyon kis kiterjedésű tüzek esetén négyzetméter, illetve egytized hektár pontossággal határozzák meg a leégett területet. Az egy hektárnál nagyobb tüzek

esetében a leégett terület körbejárásával, térkép segítségével hektár léptékben történik a leégett terület megadása. A területméréshez elsődlegesen az erdőterületek tűzveszélyességi besorolását ábrázoló erdőterkép és kézi GPS-eszköz áll rendelkezésre. A tűz feltételezett helyének meghatározásánál figyelembe kell venni, hogy kézi GPS-készülék nem mindenhol áll rendelkezésre. Ebben az esetben a gépjárműfecskendő rádiójába épített GPS segítségével határozzák meg az egység helyzetét. Ha olyan terepviszonyok vannak a tüzesetnél, hogy a gépjárműfecskendővel nem közelíthető meg a tűz, akkor a koordináta nem a tűz feltételezett kiindulási pontját, hanem a gépjárműfecskendő helyét jelöli.

## 16.4. Vegetációtüzek keletkezésének időbeli lehatárolása

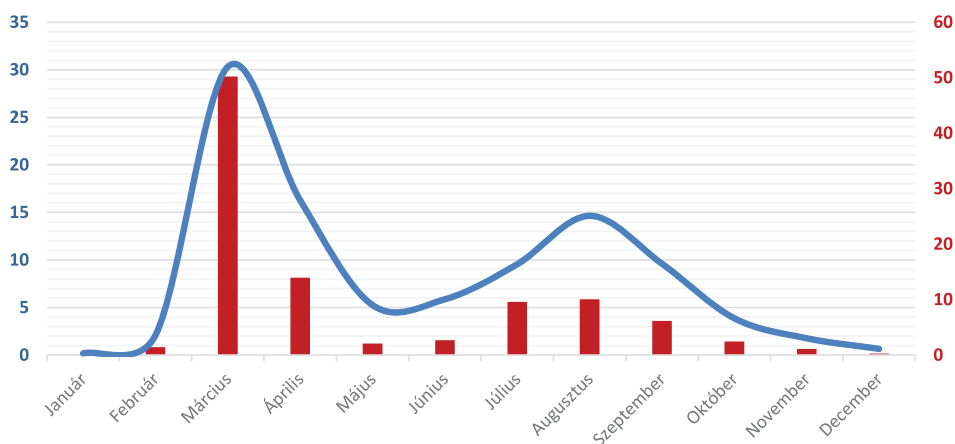
### 16.4.1. Vegetációtüzek megszólása havonta

A tűzkeletkezési időpontok elemzésével két jól lehatárolható időszak különíthető el a tűzszezon folyamán. A tavaszi tüzek alatt a január 1. és május 31. között keletkezett tüzeket értjük, a nyári tüzek közé pedig a június 1. és október 31. között keletkezett tüzeseteket soroljuk.

Ahogy a 16.1. ábrán is látható, a szabadterületi tüzek száma február közepén-végén kezd meredeken emelkedni. Ugyan nem alakulnak ki nagy kiterjedésű, hosszan tartó tüzek, azonban a vizsgált időszak tüzesetszámai megerősítik a korábbi években tapasztaltakat, miszerint az éves tüzesetszám több mint 30%-a márciusban keletkezik. Az egy tűzszezonban károsodott területet tekintve pedig a március folyamán leégett terület teszi ki az év során károsodott teljes terület mintegy 50%-át. Időjárástól függően ez a rendkívül tűzveszélyes időszak áprilisra is kitolódik, mint ahogy az a csapadékhányos tavaszt hozó 2011-ben és 2012-ben is történt. A fokozottan tűzveszélyes időszak ekkor azért alakulhat ki, mert a havas napok elmúltával, illetve a hómentes években a napi átlaghőmérséklet emelkedésével csapadékmentes időben néhány nap alatt éghető állapotba kerülhet a tűzveszélyes úgynevezett könnyű biomassza. A vegetáció még nem zöldül ki ebben az időszakban, azonban a gazdálkodók, kerttulajdonosok a korábbi évből, évekből visszamaradt nagyobb mennyiségű elszáradt lágyszárú növényzetet, növényi hulladékot égetéssel semmisítik meg. A tűzgyújtási szabályok be nem tartása mellett gyújtott tűz a gyorsan kiszáradó holt biomasszában könnyen áterjed olyan területekre is, ahol már kontrollálatlanul képes terjedni.

A nyár folyamán, a hóhullámok alatt kialakuló fokozott tűzveszély idején a tüzesetek száma ugyan nem éri el a tavaszi időszakban keletkező tüzek számát, azonban az egy tüzesetben leégett terület aránya jóval nagyobb lehet. Az utóbbi években a nyári aszály okozta fokozott tűzveszély idején számos nagy kiterjedésű koronatűz alakult ki az alföldi fenyvesekben és az északi országrész fás, cserjés területein is (2012: Bugac, ősbörökás, 1200 hektár; 2015: Kiskunhalas, rekettye, 400 hektár; 2015: Hortobágy, 400 hektár; 2017: Hortobágy, 1000 hektár). (NÉBIH 2018) A 16.1. ábrán a tüzesetszámok alakulását mutató görbe futása igazolja azt is, hogy a csapadékhány, illetve az alacsony relatív légnedvesség miatt az úgynevezett egy órás holt biomassza az égésnek kedvező időjárási körülmények között egy gondatlanul kivitelezett égetés következtében a tűzszezon bármely időpontjában okozhat beavatkozást igénylő káreseményt. A február 15. és április 30., illetve a június 1. és szeptember 30. közötti időszakban keletkezik a szabadterületi tüzek 80%-a. Tekintettel arra,

hogy a vizsgált időszakban is jól elkülöníthető két kiugró időszakról van szó, a megelőzési tevékenységet, tájékoztatást és a hatósági ellenőrzést is ezekre összpontosítva kell megszervezni, időzíteni.



16.1. ábra

*Erdő- és vegetációtüzek száma havi átlagban 2011–2016*

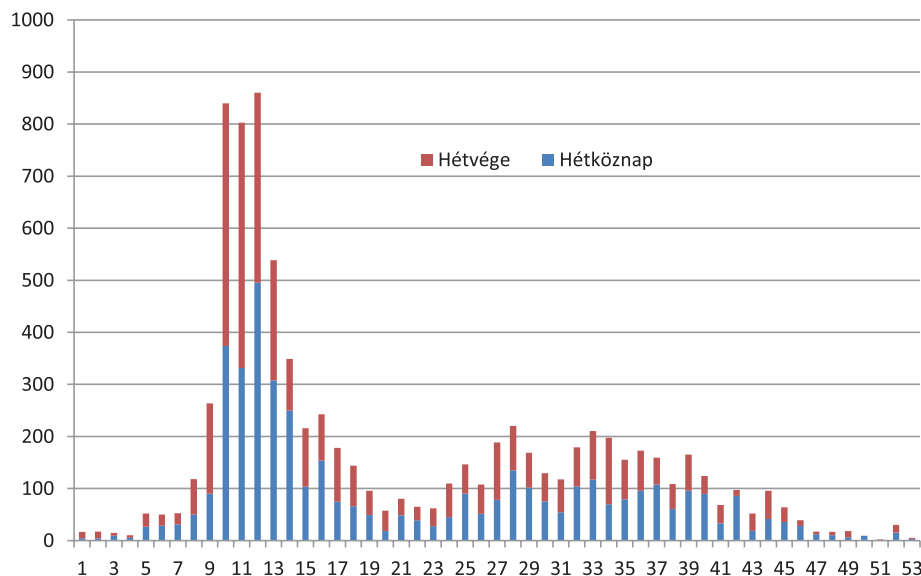
*Forrás: a szerzők szerkesztése a NÉBIH 2018 adatai alapján*

#### 16.4.2. Tüzesetek számának megoszlása heti bontásban

Az évközben kialakuló tüzesetek számának alakulását érdemes finomabb bontásban is vizsgálni. A hetenkénti összesítés segítségével lehatárolhatók azok a rövidebb-hosszabb időszakok az év folyamán, amikor várhatóan tűzveszélyes időszak alakul ki. A 16.2. ábra jól szemlélteti, hogy a vizsgált időszakban a tüzesetek száma a 9. héten (február utolsó hete) kezd emelkedni, és 18–19. héten (május eleje) csökken vissza heti 50 tüzeset alá. A nyár folyamán rendszerint a júliusi és augusztusi nyári és hőségnapokon emelkedik meredeken a tüzesetek száma.

Éves szinten kimutatható, hogy a tüzesetek közel fele (47%) hétvégén vagy ünnepnapon keletkezik. Az egy hektár alatti tüzek 28%-a szintén hétvégén keletkezik. Ez a tény felhívja arra a figyelmet, hogy a mezőgazdasági tevékenység mellett a hobbikertek tulajdonosainak tűzhasználati szokásaira is szükséges a későbbiekben vizsgálatokat végezni. Különösen igaz ez a tavaszi ünnepek (nemzeti ünnep, húsvét) idején, amikor több munkaszüneti nap, hosszú hétvége lehetséges bizonyos években. A vizsgált időszakban 2013 extrém csapadékos márciusát kivéve minden évre elmondható, hogy márciusban a tüzesetek 45%-a hétvégére és ünnepnapra esett. A statisztikai mintavétel is az emberi gondatlanságot látszik igazolni. Gyakoribbak az erdőtüzek, illetve nagyobb az erdőtűzzel érintett terület mérete

az egyenletes eloszlás esetén várthoz képest munkaszüneti napokon, nemzeti ünnepeken, mint munkanapokon.



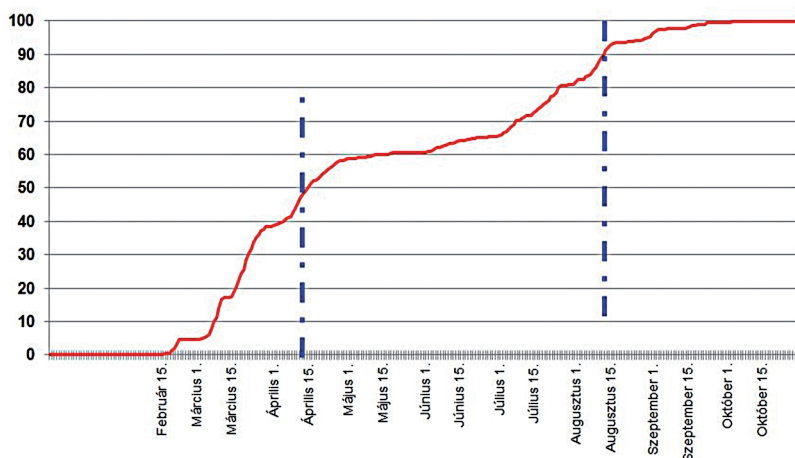
16.2. ábra

*Szabadterületi tüzek számának átlaga hétköznap és hétvégén 2011–2016*

*Forrás: a szerzők szerkesztése a NÉBIH 2018 alapján*

### 16.4.3. Tűzesetszám-növekedés az év folyamán

A tavaszi időszak kiemelt veszélyeztetettségét jelzi a 16.3. ábra is, amelyen a vizsgált időszakban keletkezett tüzesetek átlagának halmozott tűzesetszámarányát tüntettük fel az éves tűzesetszámhoz képest. A görbe futása alapján elmondható, hogy a szabadterületi tüzek száma időjárástól függően március 1. és március 15. között kezd meredeken emelkedni. Az erdőtüzek száma április közepe és május első hete közötti időszakban eléri az éves tűzesetszám 50%-át. A nyár folyamán július–augusztusban tapasztalható további meredekebb tűzesetszám-növekedés, amely a rendszerint kialakuló néhány hetes aszályos időszaknak köszönhető. Szeptember végétől azonban már nem kell számítani erdőtüzekre, eddigre már elérjük az éves tűzesetszám 90%-át.



16.3. ábra

*Erdőtüzek számának növekedése a tűzszezonban 2011–2016*

*Forrás: a szerzők szerkesztése a NÉBIH 2018 alapján*

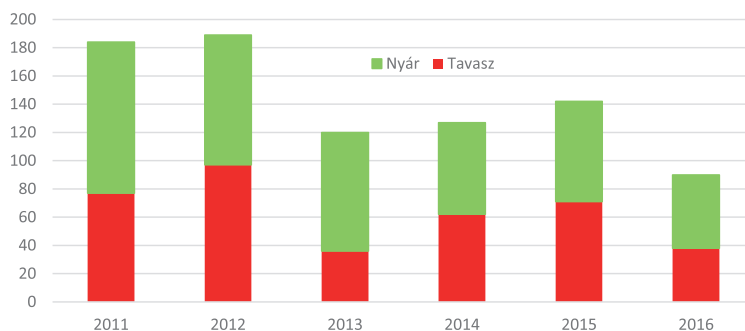
#### 16.4.4. Tűzveszélyes napok a tűzszezonban

Az erdő- és vegetációtüzek keletkezését és viselkedését alapvetően három tényező határozza meg: az élő és holt biomassa nedvességtartalma, az időjárás és a domborzat. A tűzterjedést befolyásoló tényezőként figyelembe vehetjük még az infrastruktúrát és az épített környezetet is. A domborzat és az épített környezet állandó, azonban az időjárás lokálisan, évszakonként és naponként is változik, ami jelentősen tudja befolyásolni a tűz viselkedését. Az időjárási faktorok közül a tűz viselkedését a léghőmérséklet, a relatív páratartalom, az elmúlt 24 órában lehullott csapadék, valamint a szélsébség befolyásolja. Az első három faktor a biomassa nedvességtartalmára van hatással. A szél kismértékben a hat a nedvességtartalom változására, de legnagyobb mértékben a tűz terjedését befolyásolja. A megelőzés hatékony eszköze a tűz kialakulásának szempontjából kockázatos időszakok előrejelzése, amely által a lakosság fokozott óvatosságra inthető, a hatóságok pedig a megfelelő időben rendelkezhetnek a megelőző intézkedésekkel.

A jelenlegi adatgyűjtési rendszerben a tűzveszélyes napok előrejelzésére a keletkezett tüzek gyakoriságának kimutatása mellett a meteorológiai körülmények értékelése, valamint az élő és holt biomassa szárazságának figyelemmel kísérése van segítségünkre. A vizsgált időszakban 275 nap (2014) és 333 nap (2011) között mozgott azoknak a napoknak a száma, amikor legalább egy vegetációtűz keletkezett. Ha azokat a napokat nézzük, amikor az átlagos leégett terület meghaladta az egy hektárt, az érintett napok száma 97 és 193 között mozgott. A vizsgált hatéves időszakban átlagosan 70 nap van egy évben, amikor nem keletkezik vegetációtűz. A két kiemelten tűzveszélyes hónapban – márciusban és áprilisban – mindösszesen 24 nap volt, amikor nem volt egy riasztás sem a vizsgált időszakban.



Összesen 94 olyan nap volt, amikor egy nap alatt 100 vagy annál több vegetációtűz keletkezett. Ezek 80%-a 2011-ben és 2012-ben volt. A legtöbb tüzeset 2011. március 13-án keletkezett, amikor összesen 519 alkalommal riasztották a tűzoltó egységeket. A 16.4. ábrán azoknak a napoknak a számát jelenítettük meg, amikor legalább két vegetációtűz keletkezett azonos napon, és az átlagos leégett terület meghaladta az egy hektárt. A vizsgált időszakban az év egyharmadában van ilyen nap.

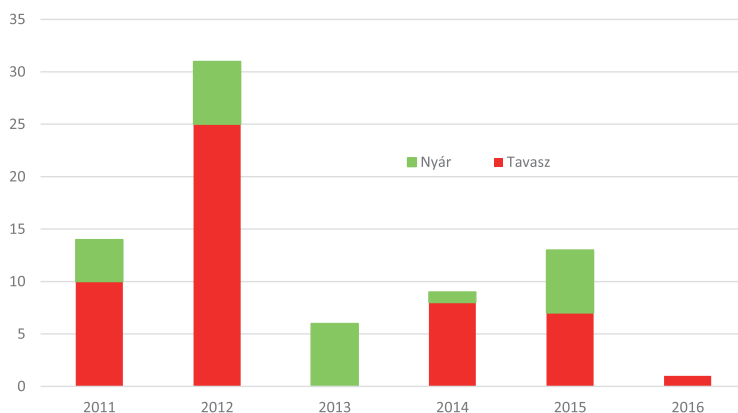


16.4. ábra

*Napok száma, amikor legalább kettő szabadterületi tüzeset keletkezett, és az átlagos leégett terület meghaladta az 1 ha-t (2011–2016)*

*Forrás: a szerzők szerkesztése a NÉBIH 2018 alapján*

A 16.5. ábra segítségével igazolható a tüzesetszámok elemzésénél már említett adat, miszerint az 50 hektárt meghaladó nagy tüzek az év jobban lehatárolható időszakaiban keletkeztek. A tavaszi időszak kiemelt veszélyeztetettsége is nyomon követhető.



16.5. ábra

*Napok száma, amikor 50 ha-nál nagyobb tűz keletkezett (2011–2016)*

*Forrás: a szerzők szerkesztése a NÉBIH 2018 alapján*

A tüzesetszámok és a meteorológiai körülmények összehasonlításához hosszabb adatsor nem állt rendelkezésünkre a kutatás során, ezért csak két mintaterületen néhány tüzesetnél volt lehetőségünk megvizsgálni, hogy milyen körülmények között keletkeznek az év folyamán az első tüzek, illetve a nagyobb kiterjedésű tüzek. Az északi országrészben Edelény és környékén, az alföldi régióban Kiskunhalas és környékén keletkezett tüzeseteket vizsgáltuk. Mindkét mintaterületen elmondható, hogy az első tüzekhez már január első napjaiban riasztják a tűzoltó egységeket. Ezek kis méretű, néhány száz négyzetméteres tüzek, amelyeknél a meteorológiai körülményeknek kis szerepe van. Fagypont körüli hőmérséklet és átlagosan 70%-os páratartalom mellett, néhány csapadékmentes nap után az egy helyre összehordott növényi hulladék elégethető. A tavaszi tűzszezon napi 5–20 tüzesettel február utolsó napjaiban kezdődik, amikor a fagypont fölé emelkedett a hőmérséklet, 7–14 napnál hosszabb ideje nem esett csapadék, és a levegő relatív páratartalma 60% vagy annál kevesebb. A Bugac község határában keletkezett ezer hektárt meghaladó tűz keletkezési napját megelőzően hosszú (40 napos) csapadékhiányos időszak alakult ki, így 21 °C napi hőmérséklet és 44% relatív páratartalom mellett a könnyű biomassza meggyulladás után koronatüzzé fejlődött a tűz. A nyári időszakban a tartósan 25 °C feletti napi középhőmérséklet és 40–50% közötti relatív páratartalom mellett 59 darab vegetációtűz keletkezett 2012 nyarán Kiskunhalas környékén.

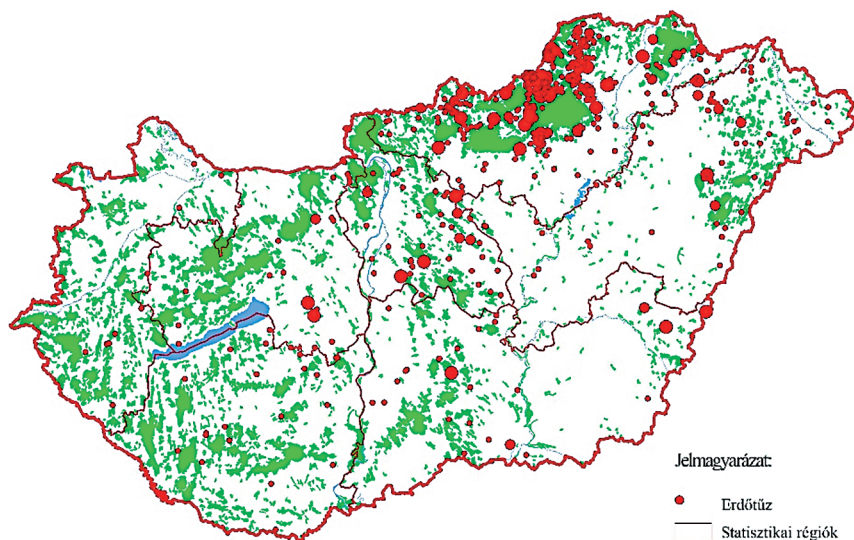
Az erdőtűzek eloltásához szükséges időt tekintve a következők mutathatók ki. A tavaszi időszakban az erdőtűzek közel 40%-át egy óránál kevesebb idő alatt, 20%-át pedig négy óránál kevesebb idő alatt sikerül felszámolni. Egy napnál hosszabb tűz a tavaszi időszakban nem várható, mindössze hat ilyen tüzeset volt a vizsgált időszakban. A nyári tüzeket vizsgálva viszont már háromszoros növekedést lehet kimutatni. A hosszan elnyúló tüzek esetében a hatékony beavatkozás feltételeinek megteremtése elsődleges feladata a tűzoltásvezetőknek. Erre ma már modern technikai eszközök is rendelkezésre állnak (RESTÁS 2013), amelyek nemcsak a tűzoltás hatékonyságát, hanem a döntési folyamatokat is elősegítik. (RESTÁS 2014)

Az átlagos tűzméret (4,2 ha) alatti tüzek esetében a nyári időszakban a tűz eloltásához szükséges idő a kétszeresére, a nagy tüzek esetében pedig két és félszer, háromszor több idő volt szükséges a tűz eloltásához. Az 50 hektárt meghaladó nagy tüzek száma némileg növekedett a nyári időszakban a szélsőségesen száraz években. Az átlagos tűzméret alatti tüzesetek számának megháromszorozódása a nyári időszakban azonban felhívja a figyelmet arra, hogy a nyári és hőségnapok számának növekedésével a tűzveszélyes időszakok hossza is növekedhet a jövőben.

## 16.5. Az erdő- és vegetációtűzek térbeli megoszlása

A vegetációtűzek megelőzése, oltása és vizsgálata során egyaránt nélkülözhetetlen a térképek használata. A megelőzési, tervezési szakaszban a térinformatikai eszközök segítségével lehatárolhatók a tűzveszélyes országrészek és időszakok, a beavatkozások során a tűzoltás szervezéséhez, a helyes taktika megválasztásához térképi információk feldolgozása is szükséges. Az adatgyűjtés során a tűz feltételezett kiindulási helyét rögzítő koordináta, a tűz keletkezés időpontja, a tűz típusa és oka, valamint a leégett terület nagysága alapján térbeli elemzések végezhetők, amelyek eredményét tematikus térképeken ábrázolják. Az erdőtűzek

keletkezési időpontja alapján két kiemelten tűzveszélyes időszak különböztethető meg a tűzszezon során. A két elkülönülő időszakban keletkező tüzek térben is lehatárolhatók. A vizsgált időszakban 2013 kivételével – amikor is a tavaszi időszak csapadékos időjárása miatt a tavaszi tűzszezon gyakorlatilag kimaradt – minden évben kimutatható a két elkülönült időszak. A vizsgált időszakban a tavaszi tüzek 35%-a az Észak-Magyarország régióban (Borsod-Abaúj-Zemplén megye, Heves megye, Nógrád megye) és Pest megyében keletkezik. Borsod-Abaúj-Zemplén megye kiemelt veszélyeztetettségére utal az a tény is, hogy az erdőtüzek 15%-a és a leégett terület 31%-a a megyében volt. A nyári tüzek 49%-a az alföldi régióban keletkezik, ahol koronatűz kialakulására is lehet számítani. A vizsgált időszakban 31 darab 50 hektárt meghaladó, nagyrészt fenyves területek környezetében keletkezett erdőtűzet regisztráltak. A 10 hektárt meghaladó nyári tüzek 90%-a szintén az alföldi régióban keletkezik.



16.6. ábra

*10 hektárnál nagyobb erdőtüzek a tavaszi időszakban (2011–2016)*

*Forrás: a szerzők szerkesztése a NÉBIH 2018 alapján*

Térinformatikai vizsgálattal kimutatható, hogy az erdőtüzek térbeli eloszlása az úgynevezett erdészeti tájak határaival jobban korrelál, mint a közigazgatási határokkal. Az erdőtüzek megoszlását ezért erdészeti szempontú felosztás szerint is megvizsgáltuk. Az erdőgazdasági tájbeosztás tudományos módszerekkel, természetföldrajzi alapokon kidolgozott, gazdasági és közigazgatási határoktól független lehatárolás. Az erdőgazdasági táj földrajzilag összefüggő, tájra jellemző domborzattal, növényzettel és makroklimával rendelkező terület, ahol azonos erdőgazdálkodási elvek alapján folyik az erdőkezelés. (BARTHA et al. 2006) Az erdőtüzek térbeli eloszlásának vizsgálata során azt tapasztaltuk, hogy egyes erdőgazdasági tájakban nagyobb arányban fordulnak elő erdő- és vegetációtüzek,

azon feltételezés mellett, hogy normál eloszlás mellett egyenlő arányban oszlanának meg. A Heves–Borsodi-dombságban mintegy hatszor akkora volt a tűzzel érintett erdőterület mérete, mint amennyi a táj erdősültsége alapján várható lett volna. Emellett a vegetáció összetétele sem indokolja a tüzesetek magas számát. A Duna–Tisza közti hátságban található fenyvesekben pedig nagy kiterjedésű hosszan tartó erdőtüzek is keletkeztek a vizsgált időszakban (Kiskunhalas 2007 és 2015, Bugac 2012). A tüzesetek erdészeti tájakon belüli megoszlása szerint is kimutatható az éven belüli térbeli különbség. A tavaszi időszakban Duna–Tisza közti hátságon, a Gödöllői-dombság déli részén, Közép-Duna menti síkság északi részén, a Középső-Cserhát vidékén és a Heves–Borsodi-dombságban keletkezik az átlagosnál több erdőtűz. A nyári tűzveszélyes időszakban a Duna–Tisza közti hátság fenyveseiben számíthatunk nagy kiterjedésű erdőtüzekre. A vegetációtüzek esetében nem ennyire éles az elkülönülés az országrészek közötti megoszlásban. A könnyű biomassza (gyep) néhány nap alatt is éghető állapotba tud kerülni, így az év folyamán a csapadék és a relatív páratartalom alakulásától függően a nem fás területeken bárhol keletkezhet tűz gondatlanságból vagy szándékosságból. Az időjárási viszonyok és a vegetáció összetételéből adódóan a Nyugat-Dunántúlon mindössze az éves tüzesetszám 5%-át regisztrálták. Az Észak-Magyarország régióban azonban a vegetációtüzek 26%-a mutatható ki. A többi országrészben a tüzesetszámok tekintetében egyenletes az eloszlás. A vizsgált időszakban a regisztrált vegetációtüzek száma a szélsőséges időjárású éveket kivéve azonos szinten van. A tüzek száma és a leégett terület nagysága az adott erdészeti tájban található vegetáció összetételétől (biomassza) és az időjárási viszonyoktól is függ az emberi okok mellett.

### 16.5.1. Vegetációtüzek keletkezési helyének vizsgálata

A tűz feltételezett kiindulási helyének és a tűz okának ismeretében vizsgálható az a feltételezés, hogy az erdő- és vegetációtüzek nagyobb része fával nem borított területen keletkezik, és onnan terjed át fával borított területre, erdőre. Az adatgyűjtés jelenlegi szabályai szerint a leégett terület tényleges körbemérését csak tűzvizsgálat vagy erdészeti hatósági eljárás esetén végzik el, ezért ezt a feltételezést nem tudtuk térinformatikai eszközzel vizsgálni. Azokban az esetekben, amikor a tűz feltételezett kiindulási helyét jelölő koordináta nem fával borított területre esik, csak közvetetten vizsgálható az a feltételezés, hogy a tüzek gyakoribbak az erdő és a nem erdő határán, azaz egy erdőtömb szélén. Statisztikailag kimutatható, hogy a vártnál gyakoribbak az erdőtüzek, illetve a vártnál nagyobb az erdőtüzzel érintett terület mérete azokban az erdőrészekben, amelyeknek van erdő-nem erdő határa, azaz egy erdőtömb szélén helyezkednek el.

Térinformatikai elemzéssel megállapítottuk azt is, hogy a vegetációtüzek keletkezési helye az összes tüzeset 70%-ában 4 km-nél közelebb van a belterület határához légvonalban számítva. A tűzhasználók motivációit nem ismerjük, így a jelen vizsgálatban csak feltételezhető, hogy a lakott területhez közelebb eső erdő- és mezőgazdasági területeken még napjainkban is gyakori a tűz segítségével történő gyepmegújítás és a száraz növényi részek megsemmisítése. A tüzek lakott területhez való viszonylagos közelsége arra is felhívja a figyelmet, hogy ha az erdőtűz lakott területet is veszélyeztet, abban az esetben elsődleges figyelmet kell fordítani a veszélyeztetett település védelmére, valamint a kialakult viselkedési formákra. (RESTÁS 2014)

### 16.5.2. Tüzesetek összevetése az erdőterületek tűzveszélyességi besorolásával

Az Európai Unió a tagországokat kötelezi, hogy közigazgatási területüket legalább megyei szinten sorolják tűzveszélyességi osztályokba. A megyék besorolását az erdőterületek jellemzői, erdőtűz-statisztikai adatok, regionális geológiai, talajtani és időjárási viszonyok figyelembevételével végzik el. A katasztrófavédelem és az erdészeti hatóság a 4/2008. (VIII. 1.) ÖM rendeletben előírt szempontok szerint a megyék besorolása mellett elkészítette az Országos Erdőállomány Adattárban nyilvántartott erdőterületek tűzkockázati besorolását is. Az erdőtűzkockázati besorolás az erdőgazdálkodók erdőtervében alkalmazott faállomány leíró paramétereit veszi figyelembe. A besorolás tehát az adott erdőrészletben található éghető biomassza mennyiségét, éghetőségét, azaz az úgynevezett statikus kockázatát (*fire hazard*) fejezi ki.

A vizsgált időszakban keletkezett erdőtüzek és a tűzben érintett erdőterületek tűzveszélyességi besorolását vizsgálva azt találtuk, hogy a közepesen és nagymértékben veszélyeztetett kategóriába sorolt erdőterületeken a tűzveszélyességi kategóriába sorolás, valamint a keletkező tüzesetek darabszáma és a tűzzel ténylegesen érintett terület mérete között statisztikailag kimutatható kapcsolat áll fenn. Adott terület tűzkockázati besorolása tehát hatékonyan használható alapinformációként szolgál a megelőző intézkedések tervezéséhez, a tűzoltási taktika megválasztásához. Tűzmelegelőzési és tűzoltási szempontból az adott területen található éghető biomasszát együttesen kell értékelni ahhoz, hogy annak tűzkockázatáról képet kapjunk. Az éghető biomassza mennyisége, formája és alakja, valamint vertikális és horizontális eloszlása, nedvességtartalma a domborzati és időjárási körülményektől függően változatos képet mutathat. Jelenleg az éghető biomassza tűzveszélyességi paramétereiről csak erdő esetében áll rendelkezésre információ. A tűzkockázat-értékelés továbbfejlesztése során kívánatos lenne az erdőn kívüli területek feltérképezése is, ahol a vegetációtüzek 70%-a keletkezik.

### 16.5.3. Az erdő- és vegetációtüzek típusai

A gyakorlat számára használható besorolás szerint az erdő- és vegetációtüzeket a meggyuladt biomassza vertikális elhelyezkedése szerint osztályozzuk. Magyarországi természeti viszonyok között az úgynevezett felszíni tüzek a jellemzők, amelyek az erdő talajszintjén, illetve annak közelében levő szerves anyagot érintik. Ezek nagy intenzitású égés esetén – elsősorban az alföldi fenyőerdőkben – koronatűzzé is fejlődhetnek. A talajtűzről beszélünk a felszín alatti szerves anyag égése esetén. A talajban hosszú időn át felhalmozódott, nagy mennyiségű szerves anyag valamilyen fokon már humifikálódott, és ez a szerves anyag táplálja a tüzet. Talajtüzek keletkezhetnek a mocsár-, láp- és tőzegterületeken, valamint az olyan erdei és feketefenyves-állományokban, ahol a felszíni tűz következtében kialakuló talajtűz a tuskókon keresztül a gyökérszintre és a talajban található nyershumusz-szintre is áttérjed. (NAGY 2008) A felszíni tűz a leggyakrabban előforduló típusa a vegetációtüzeknek, a tűzszezon során keletkező tüzesetek 95%-a felszíni tűz. Az erdő talajfelszínén található alom, avar, illetve egyéb lehullott növényi részek égése mellett a kisebb méretű cserjevegetáció égése is ebbe a csoportba tartozik. Alacsony intenzitású felszíni tűzről (avartűz) beszélünk, ha a fás szárú szintben nem volt károsodás, csak az alsó szintben lévő kiszáradt,

elszáradt fű, avar égett el. Alacsony intenzitású felszíni tüzek minden évben a február–április közti időszakban keletkeznek, a kilombosodás előtt, illetve kisebb számban a nyári száraz periódusban. Magas intenzitású felszíni tűz alakulhat ki abban az esetben, ha a vízszamaradó gyérítési hulladék és/vagy cserjeszint, továbbá erdősítéskorú fiatalost vagy kis sortávolságú fenyves állományt érint a tűz, illetve gyeper szint ég el a felszíni tűzben. Koronatűz esetében a tűz a koronaszintben koronáról koronára halad, vagy a magasabb cserjeszintben terjed a felszíni tüztől függetlenül. Magyarországon a koronatűz elsősorban fenyvesállományokban jelentkezhet. A középkorú és idősebb magyarországi fenyvesek földig ágas törzsszerkezete, illetve a termőhelyi és erdővédelmi okokból sűrűn tartott állomány mindenképpen kedvez a koronatűzek kialakulásának, és az esetek nagy részében ezekben az állományokban keletkezett felszíni tüzek felterjednek a koronaszintbe.

## 16.6. Az erdőtűzek okai

Az erdőtűzek okainak megértése kiemelkedő jelentőségű az erdőtűz-megelőzési tevékenység, valamint a környezet- és lakosságvédelmi intézkedések megtervezésében. Hazánkban a klimatikus viszonyok és a vegetáció összetétele miatt természetes úton alig keletkezik erdőtűz, aránya alig 1%. Elsősorban a nyári időszakban fordul elő olyan zivatar, amelynél nagyobb villámaktivitás tapasztalható csapadék nélkül vagy elenyésző csapadékkal. Ebben az időszakban a vegetáció már kizöldült, így elsősorban aszályosabb években, az alföldi területen fordulhat elő ilyen típusú tűz. A tüzek többsége emberi gondatlanság vagy szándékosság következménye. Az Erdőtűz Információs Rendszerből kinyert információk alapján a tüzeket elsősorban az autóból, vonatból, kerékpárról kidobott, eldobott cigarettacsikkek, a hanyagul ott hagyott tábortűzek, a gondatlanul végzett kiskerti és tarlóégetések, a rosszul szervezett grillezés és bográcsolás vagy az erdőterületen rosszul kivitelezett vágástéri hulladékégetések okozzák, amelyek a hanyag gondatlanság kategóriába sorolható cselekmények. Tudatos gondatlanságnak (luxuria) minősíthető az erdőterületekkel szomszédos gyeper és cserjeterületek évenkénti felgyújtása a növényzet megújítása céljából. A szándékos gyújtogatás nem köthető földrajzi régióhoz, a tüzesetszám tekintetében a tüzek kb. 5%-a sorolható ide. (NÉBIH 2018; NAGY 2008)

Fontosnak tartjuk megemlíteni, hogy a tűzkockázat-értékelés hatékonyságát is nagyban meghatározza, ha a tűzben károsodott biomassza tulajdonságai mellett ismerjük és értjük a tüzek okait, a tüzet gyújtó személyek motivációit. A jelenlegi adatgyűjtési rendszerben a tűz okainak feltérképezése és beépítése a kockázatértékelésbe, korlátokba ütközik. Ez abból fakad, hogy a hatályos adatgyűjtési szabályok szerint jelenleg négy fő tűzoktípus adható meg, úgymint természetes, gondatlanság, szándékosság és ismeretlen. Mivel a tűz okainak feltárása szociológiai problémákat is felvet, a tűzinformációs rendszerben található adatokon felül a tűz okainak megértésében segítségünkre lehet az e tárgyban a Miskolci Egyetem Szociológiai Intézete által folytatott kutatás az Észak-Magyarország régióban. A kutatásban személyes interjúk és kérdőíves kutatás segítségével tárták fel a régióban keletkező tüzek okait. Az egyértelmű jogszabályi tiltás ellenére változatos okai vannak a gondatlan tűzgyújtásnak, kezdve a legelő tavaszi megújításától a gondatlanságon keresztül a figyelemelterelésig, változatos válaszokat adtak a megkérdezettek. (SZABÓ et al. 2012)



Tekintettel arra, hogy az Erdőtűz Információs Rendszerben tárolt adatokat elsősorban statisztikai és kockázatértékelési célokból rögzítették, a későbbiekben javasolt bevezetni az Európai Bizottság által kidolgozott és az EFFIS-ben alkalmazott harmonizált tűzok-sémát. (CAMIA et al. 2013) A Bizottság által javasolt sémában hat kategóriába vannak sorolva az EU-tagországokban használatos tűzokok. A jelenleg általánosan használt négy kategóriát (ismeretlen, természetes, hanyagság, szándékosság) egészítették ki a baleset és az újragyulladás kódokkal. A hat kategória nyolc csoportba és összesen 29 osztályba (egyedi tűzokkód) lett sorolva. A javasolt kódok között szereplő vegetációmenedzsment, mezőgazdasági égetés, hulladékkezelés, üdülés, rekreáció, közúti baleset, visszagyulladás tűzek okainak megnevezése a hazai viszonyokat is jól leírják. A jelenleg használt sémával megfeleltethetők és a kockázatértékelésbe is bevonhatók.

## 16.7. Tűzgyújtási tilalom

A fokozottan tűzveszélyes időszakokban a vegetációtüzek még hazai viszonyok között is hirtelen keletkeznek, és a tűznek kedvező időjárási körülmények között gyorsan tudnak terjedni, ezért nagy károkat tudnak okozni a természeti és az épített környezetben. A fokozott tűzveszély időszakában tilos tüzet gyújtani az erdő, valamint annak kétszáz méteres körzetében lévő külterületi ingatlanokon. (2009. évi XXXVII. tv. 65. §) A vizsgált időszak tüzesadatait tanulmányozva megállapítható, hogy azokban az időszakokban, amikor a fokozott tűzveszély kialakulásának veszélye miatt az erdőtörvényben foglalt felhatalmazás alapján tűzgyújtási tilalmat kellett elrendelni, a tiltásnak nem volt kellően erős kommunikációs hatása, és a tűzgyújtási szabályok figyelmen kívül hagyásával nagyszámú vegetációtűz keletkezett. (NÉBIH 2018) Jellemzően a vegetációtüzek 35%-a tűzgyújtási tilalom idején keletkezett. A vizsgált időszak utolsó két évében egy-egy alkalommal és rövid időre rendelték el a tilalmat a nyári időszakban, ezért látszólagos a javulás.

16.1. táblázat

*Tűzgyújtási tilalom idején keletkezett szabadterületi tüzek aránya az éves tüzesetszámhoz viszonyítva 2011–2016 között*

| Év   | Arány (%) |
|------|-----------|
| 2011 | 37        |
| 2012 | 47        |
| 2013 | 38        |
| 2014 | 21        |
| 2015 | 7         |
| 2016 | 1         |

*Forrás: a szerzők szerkesztése a NÉBIH 2018 alapján*

Az erdészeti hatóság által elrendelt tűzgyújtási tilalom ugyan csak a külterületi ingatlanokon fekvő erdőre és az erdő határától számított kétszáz méteren belüli területre vonatkozik, azonban sok önkormányzat a belterületen alkalmazandó helyi tűzgyújtási szabályokat is ehhez igazítja, ami további nehézségeket okozhatott az elmúlt években a tilalom egyértelmű területi és időbeni lehatárolásában, értelmezésében. A jogalkotó a szabályozás korlátait



értékelve 2017. szeptember 1-jén hatályba lépett szabályozással módosította a tűzgyújtási tilalom elrendelésének szabályait, ami már a tűzveszélyes időszak kialakulására rugalmasabban reagálva teszi lehetővé a fokozottan tűzveszélyes időszakokban a megelőző intézkedések elrendelését, kommunikációját. Az új szabályozás hatását értelemszerűen nem volt módunk vizsgálni.

## 16.8. Összegzett következtetések

Az Erdőtűz Információs Rendszerben tárolt adatok segítségével lehatárolhatók azok az országrészek, ahol az átlagosnál több tüzeset keletkezik. A két kiemelten tűzveszélyes időszakban keletkező tüzesetek keletkezési helye alapján és országrész szerint is elkülöníthetők egymástól a tűzveszélyes időszakok. A vegetáció összetétele miatt hazai viszonyok között nagy kiterjedésű, hosszan tartó erdőtűz kialakulására csak a szélsőségesen aszályos években kell felkészülni. A tüzesetadatsorok elemzése azonban rámutat arra, hogy a kisebb kiterjedésű, térben és időben elkülönülő vegetációtüzek nagy számban keletkeznek minden évben, ezért a változó időjárási körülmények eredményeként jelentős hatással lehetnek a védett természeti értékekre, a megélhetést biztosító mezőgazdasági területek fenntartására és esetenként az infrastruktúra állapotára is. Tekintettel arra, hogy a vegetációtüzek égési és terjedési tulajdonságait döntően a holt biomassza nedvességtartalma, szerkezete befolyásolja, a változó időjárási körülmények néhány napos időtávlatban is érdemi hatással vannak a tűzveszélyes időszakok kialakulására. A fokozottan tűzveszélyes időszakokban számos esetben következett be, hogy egy időben több tűz keletkezett, ami nagy kihívás elé állíthatja a katasztrófavédelmi szervezet személyi állományát, és veszi igénybe az eszközeit, erőforrásait. A tűzveszélyes időszakok előrejelzése, a tűz korai észlelése, a tűzoltási tevékenység támogatása informatikai rendszerekkel komplex feladat, amely több szakterület, a felelős szervezetek, a földhasználók átgondolt és folyamatos együttműködését igényli.

## Felhasznált irodalom

- 2158/1992/EGK rendelet (1992. július 23.) a Közösség erdőinek tűz elleni védelméről.  
 804/94/EK rendelet (1994. április 11.) a 2158/92/EGK tanácsi rendeletnek az erdőtűz információs rendszer tekintetében történő alkalmazására vonatkozó részletes szabályok megállapításáról.  
 4/2008. (VIII. 1.) ÖM rendelet az erdők tűz elleni védelméről.  
 2009. évi XXXVII. törvény az erdőről, az erdő védelméről és az erdőgazdálkodásról.  
 ABONYI A. – DEBRECENI P. – NAGY D. – SZABADOS-MOLNÁR D. (2015): Erdő- és vegetációtüzek Magyarországon. Átalakuló területi, időbeli jellemzők. *Erdészeti Lapok*, 60. évf. 4. sz. 106–108.  
 Az Európai Parlament és a Tanács 2152/2003/EK rendelete (2003. november 17.) a Közösségen belüli erdők és környezeti kölcsönhatások megfigyeléséről (*Forest Focus*).  
 BARTHA D. – BIDLÓ A. – BERKI I. – KIRÁLY G. – KOLOSZÁR J. – MÁTYÁS Cs. – VIG P. – HALÁSZ G. (2006): *Magyarország erdészeti tájai*. Budapest, Állami Erdészeti Szolgálat.  
 CAMIA, A. – DURRANT, T. – SAN-MIGUEL-AYANZ, J. (2013): *Harmonized classification scheme of fire causes in the EU adopted for the European Fire Database of EFFIS*. Ispra, Joint Research Center Science and Policy Reports.

- CAMIA, A. – DURRANT, T. – SAN-MIGUEL-AYANZ, J. (2014): *The European Fire Database. Technical specifications and data submission*. Ispra, Joint Research Center Science and Policy Reports. Elérhető: [http://effis.jrc.ec.europa.eu/media/cms\\_page\\_media/42/EUDB\\_tech\\_spec\\_FINAL\\_2Register.pdf](http://effis.jrc.ec.europa.eu/media/cms_page_media/42/EUDB_tech_spec_FINAL_2Register.pdf) (A letöltés dátuma: 2017. 09. 30.)
- EC (s. a.): *European Forest Fire Information System*. Brussels, European Commission. Elérhető: <http://effis.jrc.ec.europa.eu/> (A letöltés dátuma: 2018. 02. 28.)
- DEBRECENI P. – BODNÁR L. – PELLÉRDI R. (2017): Az erdőtűz kockázatának csökkentési lehetőségei Magyarországon. *Védelemtudomány*, 2. évf. 2. sz. 1–11.
- Erdőleltár. (é. n.) Elérhető: <http://erdoleltar.nebih.gov.hu> (A letöltés dátuma: 2018. 11. 7.)
- GYENES Zs. szerk. (2011): *Nemzeti katasztrófa kockázat értékelés*. Budapest, BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság.
- NAGY D. (2004): Erdőtüzek megelőzése a nemzetközi tapasztalatok tükrében. *Védelem*, 11. évf. 3. sz. 34–35.
- NAGY D. (2005): *A vegetációtüzek ok-okozati összefüggései világviszonylatban*. Sopron, NYME EMK Erdővédelmi Intézet, Global Fire Monitoring Center.
- NAGY D. (2008): *Az erdőtüzek megelőzési és oltástechnológiai lehetőségeinek vizsgálata*. (Phd-értekezés) Sopron, Nyugat-magyarországi Egyetem.
- NÉBIH (2018): *Erdőtűz Információs Rendszer adatai*. Budapest, Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal Erdészeti Igazgatóság.
- OMSZ (2018): *Elmúlt évek időjárása*. Elérhető: [www.met.hu/eghajlat/magyarorszag\\_eghajlata/eghajlati\\_visszatekinto/elmult\\_evek\\_idojarasa/](http://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/eghajlati_visszatekinto/elmult_evek_idojarasa/) (A letöltés dátuma: 2018. 03. 05.)
- PADÁNYI, J. – FÖLDI, L. (2016): Security Research in the Field of Climate Change. In NÁDAI, L. – PADÁNYI, J. eds.: *Critical Infrastructure Protection Research: Results of the First Critical Infrastructure Protection Research Project in Hungary*. Zürich, Springer International Publishing. 79–90. (Topics in Intelligent Engineering and Informatics, 12.) DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-28091-2\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-319-28091-2_7)
- RESTÁS Á. (2008): *Az erdőtüzek légi felderítésének és oltásának kutatás-fejlesztése*. Budapest, ZMNE.
- RESTÁS Á. (2013): A tűzoltásvezetők döntéseit elősegítő mechanizmusok. *Védelem*, 20. évf. 5. sz. 11–14.
- RESTÁS Á. (2014): How firefighter managers make decision at the scene? In BALOG, K. – MARTINKA, J. eds.: *Advances in fire and safety engineering 2014: recenzovaný zborník povodných vedeckých prác z III ročníka medzinárodnej vedeckej konferencie*. Trnava, AlumniPress. 196–203.
- RESTÁS Á. (2014): Tűzoltók szemtől szemben az érintettekkel: Viselkedésformák tűz-káreseteknél. *Bolyai Szemle*, 13. évf. 3. sz. 25–35.
- TEKNÓS L. (2009): A globális klímaváltozás és a katasztrófavédelem kapcsolata. *Hadmérnök*, 4. évf. 2. sz. 80–94.
- TEKNÓS L. (2015): *A lakosság és az anyagi javak védelmének újszerű értékelése és feladatai a klímaváltozás okozta veszélyhelyzetben*. Budapest, Nemzeti Közszerzői Egyetem.
- TÓTH I. (2002): *Tanulmány a Hortobágyi Nemzeti Park területén bekövetkezett tüzeset oltási tevékenységről*. Budapest, BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság.

Vákát oldal

## 17. fejezet

### Az éghajlatváltozás által jelentkező kihívások a nukleáris biztonságban

*Csurgai József<sup>1</sup>*

#### 17.1. Bevezetés

A vegyi és nukleáris ipar fejlődése és tömegessé válása az adott ország és közvetlen környezete számára egy velejáró kockázati tényező. A békés célú vegyi és nukleáris ipar akaratlanul is a veszélyforrásokat teremti a pusztán létezésével. Ha nukleáris iparról beszélünk, értve ez alatt nemcsak az atomerőműveket, hanem minden olyan létesítményt, amely a nukleáris fűtőanyagciklus részét képezi, idesorolva a kísérleti és tanreaktorokat is, a technológiai biztonság, a fizikai védelem, a nukleáris védettség meg fogja határozni a környezetbiztonságnak szerves részét képező nukleáris biztonságot. Ezenkívül meg kell említeni a nagy aktivitású, különböző céllal alkalmazott sugárforrásokat is, hiszen ezek is veszélyforrások lehetnek. Természetesen bármilyen szintű védelem adott szintű veszélyforrással meghatározott kockázati tényezőt rejt, ez az összetett rendszereknek a sajátossága. Éppen ezért számba véve a lehetséges veszélyforrásokat, modellezve ezek károsító hatását késznek kell lenni az ellenük való védelem lehetőségeire, ha az ember közvetlen szabályozó ráhatása alól „kiszabadulnak” valamilyen oknál fogva. A következmények súlyossága a kibocsátási körülmények mellett alapvetően környezeti, vagyis domborzati, terepfedettségi, illetve időjárási paraméterek függvénye lesz. Ezen paraméterek valamilyen extrém anomáliája, például egy extrém időjárási helyzet akár súlyosbíthatja a kialakult helyzetet. A nukleáris biztonság e részterületének vizsgálata, súlyt helyezve a váratlan és extrém környezeti hatásokra, lesz a célja a jelen fejezetnek.

#### 17.2. A nukleáris katasztrófa lehetséges forrásai

A nukleáris katasztrófa lehetséges forrásai lehetnek:

- energiatermelő, tudományos kutatási vagy oktatási célú atomreaktorok;
- új vagy kiegészített fűtőelem, illetve más izotóp szállításának balesete;
- radioaktív izotóp vagy hulladék véletlen vagy szándékos szétszórása.

---

<sup>1</sup> ORCID: 0000-0003-4770-7997, [jcsurgai@gmail.com](mailto:jcsurgai@gmail.com)

### 17.2.1. Atomreaktor nélküli egyéb nukleáris létesítmények

A radioaktív izotópok hazai felhasználása során mind nagy aktivitású zárt sugárforrásokat, mind nyitott radioaktív izotópokat használnak. Hazánkban több nagy aktivitású, zárt sugárforrás található:

- Hazánkban négy technológiai besugárzó berendezés található 4500–9000 TBq  $^{60}\text{Co}$  és 100 TBq  $^{137}\text{Cs}$  névleges aktivitással.
- A kilenc hazai terápiás berendezés 75–300 TBq  $^{60}\text{Co}$  és 130 TBq  $^{137}\text{Cs}$  alkalmazását jelenti.
- Húszt különböző típusú laboratóriumi besugárzó berendezés üzemel 0,4–750 TBq  $^{60}\text{Co}$  és 0,7–110 TBq  $^{137}\text{Cs}$  névleges aktivitással.
- Ipari radiográfiás céllal 62 létesítményben működik berendezés  $^{192}\text{Ir}$  forrással, 2–5 TBq névleges aktivitással. Az éves aktivitásfelhasználás 600–700 TBq. Sok helyen alkalmaznak még berendezést 0,1–1 TBq névleges  $^{60}\text{Co}$  vagy  $^{137}\text{Cs}$  aktivitással.
- Mintegy 200 ipari munkahelyen 1000–1500 darab MBq–GBq aktivitású  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  és  $^{241}\text{Am}$  sugárforrást alkalmaznak.

Hazánkban nyitott radioaktív anyagokat különböző izotóplaboratóriumokban lehet alkalmazni. Jelenleg egy darab öt egységből álló A típusú, 53 B típusú és 270 C típusú izotóplaboratórium működik az országban. Az A típusú laboratóriumokban 1000 TBq /év aktivitást dolgoznak fel, a B típusú laboratórium évi forgalma TBq alatti, és a C típusú laboratórium forgalma nem éri el a GBq nagyságrendet.

### 17.2.2. Kozmikus objektumtól származó veszélyeztetettség

Jelenleg az űrkutatásban kétféle nukleárisenergia-termelő rendszert alkalmaznak:

- radioizotópos termoelektromos generátort;
- fedélzeti atomreaktort.

A radioizotópos termoelektromos generátorok első példánya az amerikai gyártmányú SNAP-3 típusú volt 1961-ben. A berendezés névleges villamos teljesítménye 2,7 W, sugárforrása  $^{238}\text{Pu}$  volt. A sorozatgyártás során 100–750 W teljesítményű példányok is készültek, a Voyageren működő példány 7700 TBq  $^{238}\text{Pu}$  izotópot tartalmazott. A jelenleg fejlesztés alatt álló típusok teljesítménye 10 kW körüli, 350–400 ezer TBq  $^{238}\text{Pu}$  aktivitással.

A szovjet gyártmányú radioizotópos termoelektromos generátorok első példányait 1970-től a Kozmosz műholdakon használták,  $^{210}\text{Po}$  izotóppal működtek, és 8–22 W névleges villamos teljesítményt szolgáltatottak. A Luna holdakon a hetvenes évek elején már 1 kW teljesítményű  $^{210}\text{Po}$  töltetű berendezések működtek.

Az első fedélzeti atomreaktor a SNAP-10A típus volt 1965-ben. Ez 4,5 kg  $^{235}\text{U}$  izotóppal működött, 500 W névleges villamos teljesítménnyel. Ezen berendezés 43 napos működés után elektromos hiba miatt leállt, ezután olyan pályára vitték, amelyről csak ezer év múlva tér vissza a Földre. A 80-as évek közepén kezdték el fejleszteni a 100 kW teljesítményű SP-10 típust, illetve egy 10–100 MW-os egységet. Ezen típusok telepítése a főleg katonai célokat szolgáló kozmikus objektumokra az elkövetkezendő évtizedben megtörtént.

Az első szovjet fedélzeti atomreaktort 1967-ben küldték fel a Kozmosz–198 fedélzetén. Két szovjet fedélzetireaktor-típus ismert. A Romaska 45 kg 90%-ra dúsított  $^{235}\text{U}$  izotóppal működik, és 500 W névleges villamos teljesítményt szolgáltat, ez egy radioizotópos termoelektromos generátor. A Topáz típusú fedélzeti atomreaktor 5–10 kW névleges villamos teljesítményt szolgáltat 5000 órán át az  $^{235}\text{U}$  töltet segítségével.

Jelenleg több mint 30 reaktorral felszerelt Kozmosz műhold, több mint 1000 kg  $^{235}\text{U}$  hasadóanyaggal kering 700–800 kilométer magasságban. Átlagos élettartamuk a világűrben mintegy 300 év.

A radioaktív anyagot tartalmazó űrobjektum, ha a kilövés sikertelen, visszazuhan a talajra, esetleg a levegőben vagy a talajon felrobban. Ilyen esetekben a radioizotópos termoelektromos generátor általában nem sérül meg, és megkereshető. Ha robbanás következik be, akkor az izotóp a levegőben diszpergálódhat. A fedélzeti reaktorok, mivel a kilövéskor még nem működnek, visszazuhanáskor általában nem jelentenek veszélyt.

Ha a meghibásodás az űrben történik, és van elegendő üzemanyag, úgy a műholdat olyan pályára vezérlik, ahonnan csak ezer év múlva tér vissza, addigra a radioaktív anyagok lebomlanak. Ha kevés az üzemanyag, olyan pályára állítják, hogy a sűrű légkörbe érve elpárologjon, és bár világméretű, de csak jelentéktelen intenzitású szennyeződést okozzon.

Ha a többszörözött biztonsági rendszerek elromlanak, amelyek közül egyesek a műhold meghibásodásakor automatikusan működésbe lépnek, akkor az űrobjektum egyes darabjai a talajra hullanak, nagyobb részük a sűrűbb légkörben elpárolog, és csekélyke világméretű szennyeződést okoz.

Eddig három radioizotópos termoelektromos generátorral és három fedélzeti atomreaktorral felszerelt műhold meghibásodását figyelték meg, ezek közül három járt radioizotóp-kibocsátással.

A kilövés folyamán a Földre visszazuhant két műhold radioizotópos termoelektromos generátor berendezése nem sérült meg, az egyiket sikerült megtalálni, a másik pedig 6000 méteres tengerszint feletti magasságba került. Ezeknél nem történt izotópkibocsátás éppúgy, mint annál a meghibásodott fedélzeti reaktornál sem, amelyet sikerült magasabb pályára vezérelni.

A három radioizotóp-kibocsátással járó baleset közül az egyik a SNAP-9A 630 TBq  $^{238}\text{Pu}$  tartalmú radioizotópos termoelektromos generátor balesete volt, amelynek izotóptartalma Madagaszkár térségében a sztratoszférában világméretű szennyeződést okozva elpárologott. A szennyeződés a magas légkörben, sőt a talajon is kimutatható volt, azonban a lakosságra gyakorolt sugárhatása a nagymértékű hígulás következtében jelentéktelenül kicsi volt.

A Kozmosz–1402 fedélzeti atomreaktora is elpárologott a visszatéréskor. A világméretű szennyeződés azonban nem jelentett számottevő sugárterhelést a lakosság körében.

A Kozmosz–954 fedélzeti atomreaktorának egyes részei Kanadában értek földet. Mintegy 600 km hosszú és 20 km széles sávban szóródtak szét a darabjai, szerencsére lakatlan, havas tájon. 65 kilogramm makroszkopikus törmelékét sikerült összegyűjteni, amelyek felületén 6 mGy/h és 5 Gy/h közötti dózisteljesítmény volt mérhető. A 0,1–1 milliméteres darabok 0,2–5 GBq aktivitásúak voltak. Az átlagos kiszóródás 100 szemcse/km<sup>2</sup> volt. Megjegyzendő, hogy a reaktor nagy része, legalább 75%-a elpárologott. A világméretű szennyeződés azonban elenyésző hányadát képezte a légköri atomfegyver-kísérletek által

okozott szennyeződések mennyiségének. Kanadában nem észleltek radioaktív szennyeződést a levegőben, az ivóvízben és az élelmiszerekben.

A fő veszély az egyes nagyobb reaktortörmelék megtalálása, és azokat emléke eltevő személyeket fenyegeti. Kanadában például tíz nagyobb darabot találtak meg a veszély mértékével tisztában nem levő személyeknél.

### **17.2.3. Radioaktív sugárveszély lehetséges forrásai, az atomerőmű balesete következtében**

Az atomreaktorokból a sugárzó anyag különböző formában szabadulhat ki:

- gáz halmazállapotban;
- szilárd részecskék formájában (aeroszol);
- füst, korom és pernye alakban, tűz esetén.

Ezeket a részecskéket, szemcséket a szél elsodorja: kialakulhat egy radioaktív felhő, és a felhő mozgásának nyomvonalán, a földfelszínre történő kiülepedésből egy vagy több sugár-szennyezett terület.

Az élő szervezetre veszélyes besugárzás legfontosabb forrásai:

- az atomreaktorok közvetlen sugárzása (gamma- és neutronsugárzás);
- a mozgó radioaktív felhő (csóva) sugárzása az útjába kerülő emberekre (gamma- és béta-sugárzás);
- a talajra kiülepedett radioaktív anyag sugárzása (gamma- és béta-sugárzás);
- a bőrre és a ruházatra ráakódott radioaktív anyag sugárzása (gamma- és béta-sugárzás);
- a levegőben lebegő (kiülepedett vagy a talajról feláramló) radioaktív részecskék be-nyelése, belélegzése (egy szóval bekebelezése = inkorporációja), illetve az ezekből kibocsátott alfa-, béta-, gamma- és neutronsugárzás;
- a szennyezett élelmiszerek fogyasztása (alfa-, béta- és gamma-sugárzás).

Ezek a sugárforrások három kritikus úton veszélyeztetik az emberi szervezetet:

- az egész test külső besugárzása;
- a pajzsmirigy sugárterhelése a bekebelezett jódizotópok pajzsmirigybe történő beépülése miatt;
- egyéb szervek (tüdő, gyomor stb.) besugárzása a radioaktív izotópok bekebelezése és a szervezetbe beépülése következtében.

A legsúlyosabb atomreaktor-katasztrófa esetén (zónaolvadáskor) kibocsátott legfontosabb sugárzó izotópok és domináló sugárhatásaik a következő táblázatban találhatók:



17.1. táblázat

*A NAS által vizsgált hatások, következmények és az alkalmazkodási beavatkozások*

| Izotóp                             | Felezési idő (nap) | Domináló sugárhatások |      |            |
|------------------------------------|--------------------|-----------------------|------|------------|
|                                    |                    | pajzsmirigy           | tüdő | egész test |
| Krypton-88 ( $^{88}\text{Kr}$ )    | 0,117              | –                     | +    | +          |
| Ruténium-106 ( $^{106}\text{Ru}$ ) | 365                | –                     | +    | –          |
| Jód-131 ( $^{131}\text{I}$ )       | 8,050              | +                     | +    | +          |
| Jód-132 ( $^{132}\text{I}$ )       | 0,096              | +                     | +    | +          |
| Jód-133 ( $^{133}\text{I}$ )       | 0,875              | +                     | +    | +          |
| Jód-134 ( $^{134}\text{I}$ )       | 0,037              | +                     | +    | +          |
| Jód-135 ( $^{135}\text{I}$ )       | 0,280              | +                     | +    | +          |
| Xenon-133 ( $^{133}\text{Xe}$ )    | 0,875              | –                     | –    | +          |
| Xenon-135 ( $^{135}\text{Xe}$ )    | 0,384              | –                     | –    | +          |
| Cézium-134 ( $^{134}\text{Cs}$ )   | 750                | –                     | +    | +          |
| Cézium-137 ( $^{137}\text{Cs}$ )   | 11 000             | –                     | +    | +          |
| Cézium-144 ( $^{144}\text{Cs}$ )   | 284                | –                     | +    | –          |

*Forrás: a szerző szerkesztése*

Ha a pajzsmirigy dózist jódtabletták megelőző beszédetésével csökkentik, akkor a tüdő sugárterhelése lehet viszonylag a legjelentősebb.

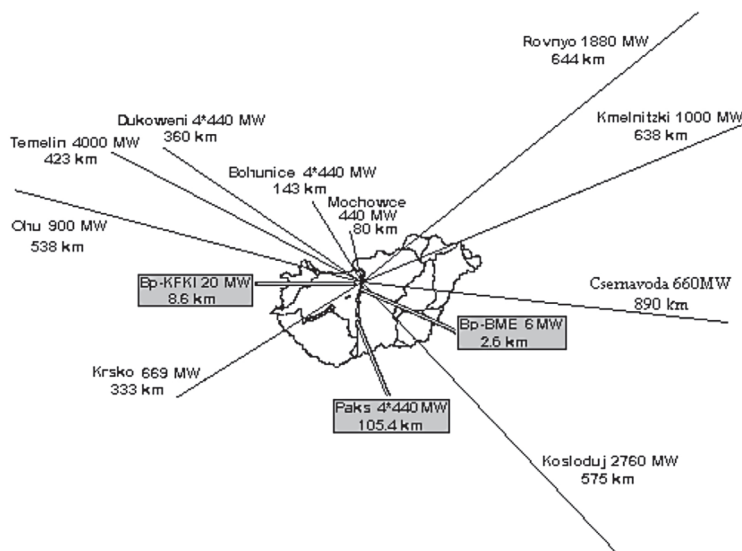
#### 17.2.4. Szennyezett terület kialakulása atomerőmű-katasztrófa után

A radioaktív anyagok mennyisége a levegőben és a talajon, a kibocsátás helyétől adott távolságban, több tényezőtől függ:

- a kibocsátás mennyiségétől, magasságától, hőtartalmától;
- a kibocsátott anyag fizikai-kémiai tulajdonságaitól;
- a szél sebességétől;
- a levegő függőleges stabilitási viszonyaitól (azaz nyugalmától, fel- vagy leáramlásától);
- a csapadék mennyiségétől.

A talajszinten kialakuló aktivitássűrűséget egy adott távolságban e tényezők ismeretében előre jelezhetjük (terjedési modellek alapján) a várható szennyezett terület határainak becslésével.

A sok bizonytalanság és a meteorológiai viszonyok általánosan gyakori és gyors változása miatt azonban a modellszámítások pontosítása szükséges, és ehhez a helyi sugárzás-mérések nélkülözhetetlenek.



17.1. ábra

*Magyarországon és közvetlen közelében található atomreaktorok*

*Forrás: a szerző szerkesztése*

A sugárszennyezett terület közeli és távoli övezetre osztható. A közeli övezet a szél irányában néhány 100 km-ig terjed. Itt hullanak ki a radioaktív felhőkből a szilárd részecskék, a pernye-, füst- és koromszemcsék, amelyek a kiszabadult aktivitás nagyobb részét tartalmazzák. Az előre jelzett zónák legfontosabb adatai értékelő táblázatokból olvashatók ki, vagy számítógépes terjedési modellekkel állapíthatók meg. A radioaktív kiáramlás akkor okozza a legnagyobb szennyezettséget, ha a szél sebessége a földfelszínen viszonylag kicsi (5 m/s alatti) és a levegő feláramlását elhanyagolhatjuk (izotermia esetén), ilyenkor a radioaktív felhő csak nagyon lassan oszlik szét. Ha az atomreaktor hűtőközege és a lassító közege egyaránt víz (nyomottvízes reaktor: PWR- vagy VVER-típus), akkor a reaktorközelben nagyon súlyosan sugárszennyezett zóna nem alakul ki még a zóna olvadása esetén sem.

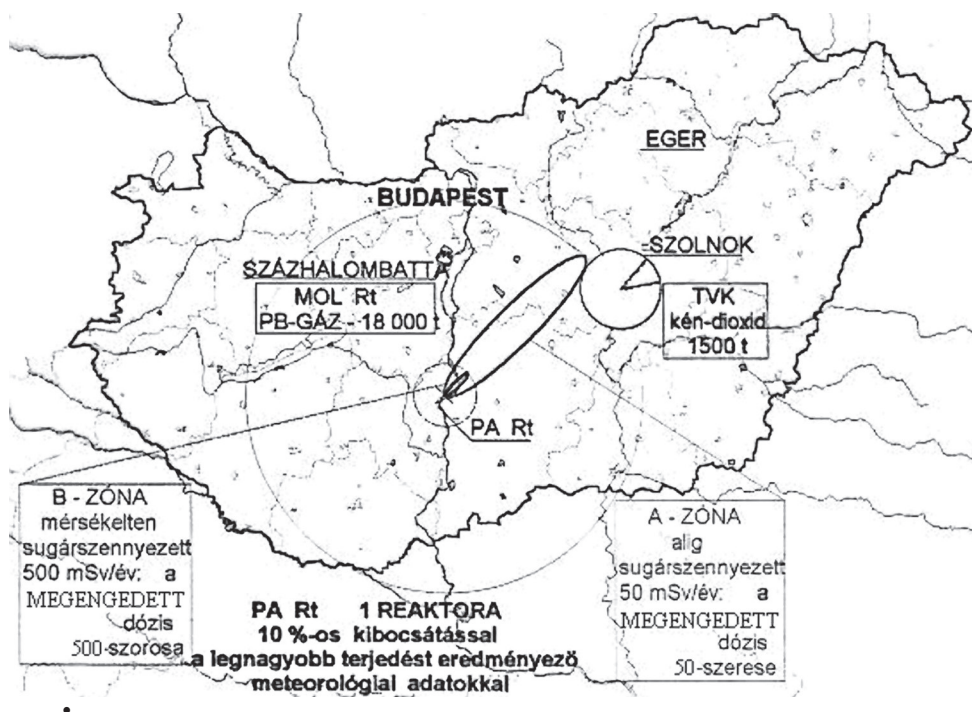
A sugárszennyezett terület mérete és alakja eltér az atomrobbanásakor kialakuló sugárszennyezett területtől. Ennek okai, hogy a reaktorbaleset során:

- a sugárzó anyagok kiáramlása nem pillanatszerű, hanem folyamatos, és néhány órán át vagy napokig is eltarthat;
- kisebb a kiszabaduló sugárzó anyag mennyisége (aktivitása);
- eltérő az izotóp-összetétel és a gáz-szilárd komponensek aránya;
- lassabb a természetes lebomlás.

A kiszabadult, egy mikrométernél kisebb és a felső légkörbe jutott radioaktív izotópokat a légmozgások több ezer kilométer távolságra is elsodorják, de akár világ körüli útra is kerülhetnek. A szél iránya többször változik, ezért a radioaktív felhők vándorlását és nyomvonalát a talajon nem lehet (teljes biztonsággal) előre megjósolni. Egyrészt a felhő felhígul

sodródása és akár a magas légterbe áramlása közben, másrészt a radioaktív szemcsék kiülepedhetnek a talajra. Így alakul ki a sugárszennyezett terület távoli övezete. Az ebből származó legnagyobb veszélyek a következők:

- a felhőből bekebelezhető jódizotópok;
- a szennyezett élelmiszerek fogyasztása;
- és a megnövekedett háttérsugárzás.



17.2. ábra

*Egy paksi atomreaktor lehetséges maximális sugárveszélyes körzetei, összehasonlítva néhány nagy vegyipari központ veszélyhelyzet-elemzésével*

*Forrás: a szerző szerkesztése saját elemzése alapján*

## 17.3. A nukleárisbaleset-elhárítás lehetőségei, védelmi intézkedések

### 17.3.1. A nemzetközi nukleáris eseményskála (INES) és a biztonság megítélése

A Nemzetközi Atomenergia Ügynökség 1990-ben a különböző nukleáris létesítményeknél bekövetkező események besorolására, elsősorban a tájékoztatás egységesítése és megkönnyítése érdekében három kategóriára osztva nyolc szint használatát vezette be. Ezen

osztályozás bevezetésével az ügynökség deklarált célja az volt, hogy hatékony eszközt teremtsen a közvélemény tájékoztatása céljából. A skála hátránya, hogy nem foglalkozik a kiégett nukleáris fűtőanyag reprocessálásával, ami nukleáris biztonság szempontjából nem kevésbé veszélyes.

17.2. táblázat  
*Az INES skála kategóriái*

| Kategória                                               | Szint |
|---------------------------------------------------------|-------|
| Baleset                                                 | 4–7   |
| Üzemzavar                                               | 1–3   |
| Biztonsági szempontból nem meghatározó jelentőségű eset | 0     |

*Forrás: a szerző szerkesztése*

### 17.3.2. Többoldalú nemzetközi egyezmények

A nukleáris veszélyhelyzettel kapcsolatos első nemzetközi megállapodások a 70-es években jelentek meg, és a nemzetközi szervezetekben is több kezdeményezés történt az atomerőművi balesetek országhatáron túli hatásaival kapcsolatos együttműködés egységes szabályozására. A csernobili események ezt a folyamatot felgyorsították, és az elmúlt években széles körű nemzetközi együttműködési rendszer alakult ki, amelynek Magyarország is részese. Az együttműködést két- és többoldalú egyezmények szabályozzák. Az alábbi többoldalú szerződések vannak érvényben:

- a nukleáris balesetekről adandó gyors értesítésről szóló egyezmény;
- a részt vevő országok azonnali értesítést adnak a területükön bekövetkezett olyan balesetről, amely más ország számára sugáregészségügyi jelentőségű lehet;
- nukleáris baleset vagy sugaras veszélyhelyzet esetén való segítségnyújtásról szóló egyezmény.

Az egyezményben részes minden potenciálisan érintett és veszélyeztetett állam segítségért fordulhat bármely részt vevő államhoz. Az egyes országok által rendelkezésre bocsátható lehetőségekről a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség (NAÜ) kézikönyvet adott ki, amelynek adatait rendszeresen pontosítják.

A nukleárisbaleset-elhárításhoz közvetve kapcsolódó egyezmények:

- a nukleáris anyagok fizikai védelméről;
- az atomkárokért való polgári jogi felelősségről;
- az atomkárokért való polgári jogi felelősségről szóló bécsi egyezmény és az atomenergia területén való polgári jogi felelősségről szóló párizsi egyezmény alkalmazásáról szóló jegyzőkönyv;
- Nemzetközi Nukleáris Eseményskála (International Nuclear Event Scale – INES);
- kétoldalú egyezmények.

A többoldalú egyezmények mellett a kétoldalú megállapodások lehetővé teszik, hogy a részt vevő országok ne csak a NAÜ-n keresztül, hanem közvetlenül is tájékoztassák egymást

az esetleges balesetekről. Az egyezmények módot adnak a kölcsönös tájékoztatásra a nukleáris programokról, különös tekintettel az új létesítmények építésére, a környezeti sugárvédelmi mérések összehasonlítására.

### 17.3.3. A védelmi intézkedések célja

A védelmi intézkedések célját egy hármas feladatrendszerben fogalmazhatjuk meg:

- megakadályozni a sugárzó anyagok kijutását a szennyezett, ellenőrzött területről;
- megóvni a lakosságot az esetleg megnövekedett radioaktív sugárzás okozta többletdózis-terheléstől;
- elősegíteni a káros következmények elkerülését vagy legalább minimalizálását.

A védelmi intézkedések bevezetése gyakran együtt jár különböző konfliktusokkal, dilemmákkal és többletkiadással. A döntések folyamatában ezeket szembesíteni kell a védelmi intézkedések elmaradásának várható következményeivel. Csak akkor célszerű egy óvin-tézkedést elrendelni, ha a dózisterhelés jelentősen csökkenthető, valamint az így elérhető előnyök és az ehhez kapcsolódó elkerülhetetlen hátrányok aránya kedvező.

### 17.3.4. A vonatkozó törvények, dóziskorlátok kihatása a nukleárisbaleset-elhárításban részt vevő szervezetekre

A nukleáris energiáról szóló 1996. évi CXVI. törvényben rögzítettek szerint a népességre, így a szervezetekre vonatkozóan is a megengedett dózisegyenérték-korlát értéke 1 mSv/év (effektív). Ennél több (maximum 50 mSv egy évre, de öt évre vonatkoztatva maximum 100 mSv) elszennvedésével veszélyeztető feladatra csak olyan önkéntes katasztrófaelhárító vagy életmentő személy alkalmazható, aki a katasztrófahelyzetet megelőzően ilyen munkaveszélyszintű helyen volt foglalkoztatva. Tehát rendelkezik a szükséges elméleti ismeretekkel, gyakorlati tapasztalattal és az egészségi alkalmasságát bizonyító, aktuálisan érvényes orvosi igazolással. Ilyen személyek találhatók az atomreaktort, illetve radioaktív sugárforrást alkalmazó vagy ellenőrző ipari, orvosi és kutató szervezeteknél.

### 17.3.5. Elzárkózás óvóhelyen, lakásokban

Az átvonuló felhő gamma-sugárzását részben vagy egészben elnyelik az épületek falai és födémjei. Az elnyelődés függ az építőanyag minőségétől és a falak vastagságától. A nagyobb sűrűségű építőanyagok és a vastagabb falak nagyobb mértékben nyelik el a sugárzást. Tehát jobb védelmet nyújtanak a föld alatti építmények, óvóhelyek, pincék és a lakásokban a külvilágtól legtávolabbi, legbelső helyiségek.

A talajra lehullott radioaktív anyag sugárzása ellen nagyobb védelmet nyújtanak a föld felszíne alatti helyiségek és a felsőbb emeletek belső helyiségei. Lényeges tehát, hogy minél vastagabb és minél elnyelőképesebb réteggel elhatárolva, minél távolabb legyenek

a személyek a külső radioaktív sugárözöntől, lehetőleg a külső levegő beáramlásától minél mentesebben.

Az óvóhelyeken és az épületek belső helyiségeiben az elszennvedhető dózis csak 1–10%- a nyílt elhelyezésben elszennvedhető külső dózissal.

17.3. táblázat

*Kiülepedett radioaktív szennyeződéstől védő, gyengítési (redukciós) együtthatók ( $K_{gy}$ )*

| A radioaktív sugárzást elnyelő körülmény (közeg)   | Elszenvedhető sugár-adag (D) szorzója ( $\times$ kg) | Elszenvedhető sugár-adag (D) osztója ( $/$ kg) |
|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| <i>Nyílt elhelyezésben 1 m-re a talaj felett</i>   | 1,00                                                 | 1                                              |
| <i>Gépjárműben</i>                                 | 0,50                                                 | 2                                              |
| <i>Vagonokban</i>                                  | 0,40                                                 | 2,5                                            |
| <i>Faházakban</i>                                  | 0,40                                                 | 2,5                                            |
| <i>Téglaépítményekben</i>                          | 0,20                                                 | 5                                              |
| <i>Többszintes épületben, 1. és 2. emeleten</i>    | 0,05                                                 | 20                                             |
| <i>Többszintes épületben, a felsőbb emeleteken</i> | 0,01                                                 | 100                                            |
| <i>Többszintes épületek pincéjében</i>             | 0,01                                                 | 100                                            |

*Forrás: a szerző szerkesztése*

Az óvóhelyek és a belső helyiségek részben megakadályozzák a radioaktív anyagok be-  
légzését is. A bekebelezés (inkorporáció) csökkenése a nyílászáró szerkezetek minőségétől  
és a szellőztetés mértékétől függ. Az ajtókat, ablakokat be kell zárni, mielőtt a radioaktív  
felhő megérkezik. Növeli a védelmet (akár kilencszeresen is), ha a nyílászáró szerkezetek  
réseibe nedves lepedőt tömnek, az ajtók és ablakok kereteire nedves pokrócot erősítenek.

Ha közszolgálati hírközlő eszközökből (médiákból) ismertté válik, hogy a felhő elvonul,  
és a sugárzó anyag a levegőből kiülepedett a talajra, a helyiségekben felgyülemlett szén-  
dioxidot alaposan ki kell szellőztetni. Azonban célszerű ezután is a lakásokban maradni,  
a talaj sugárszintjének kevésbé veszélyeztető értéke alá csökkenéséig.

### 17.3.6. Megelőző gyógyszerelés (profilaxis)

Különböző vegyületek adagolása csökkenti vagy megakadályozza egyes radionuklidok be-  
épülését a szervezetbe azáltal, hogy a nem radioaktív készítmény beszedésétől túltelítődik  
a szervezet, és az ezután esetleg a szervezetbe kerülő radioaktív anyag lesz a felesleg, amely  
beépülni nem tud, hanem kiürül. A stabil jódvegyületek (például a kálium-jodid vagy  
a kálium-jodát) hatásosan csökkentik a pajzsmirigyben a jódizotópok felvételét. A gyer-  
mekek pajzsmirigy-dózisterhelése (életkori sajátosságuknak és méreteiknek megfelelően)  
kb. háromszor nagyobb a felnőttekhez viszonyítva, azonos körülmények között. A sugárzó  
jód ( $^{131}\text{J}$ ) beépülésének mennyisége kb. 24 óra alatt éri el maximumát a pajzsmirigyben,  
kb. 6 óra alatt a maximum 50%-át, a belégzés kezdetétől számítva. Ezért a jódtabletták csak  
akkor hatékonyak, ha beszedésük a radioaktív felhő érkezését megelőzi.

A jódvegyületek beszedése megzavarja a pajzsmirigy működését, ezért mellékhatások  
is keletkeznek. Tehát a jódtabletták kiosztása csak akkor indokolt, ha a radioaktív felhőben  
a jódizotópok koncentrációja, illetve a várható pajzsmirigy dózis egy adott értéknél nagyobb,

és a bekebelezés ellen (az adott környéken) nem lehet másként védekezni (például megelőző kimeneküléssel, elzárkózással, a levegő szűrésével vagy regenerálásával stb.).

A jódpprofilaxis általában más óvintézkedésekkel együtt lehet eredményes, amelyek értelemszerűen feleslegessé is tehetik az elrendelését (például az elzárkózás).

### 17.3.7. A be- és kilépés korlátozása (mozgáskorlátozás)

Korlátozni kell a be- és kilépéseket az atomerőmű környezetében néhányszor 10 km-es sugarú körben, a veszély kialakulásától és mértékétől függően, vagyis:

- el kell kerülni, hogy fölösleges sugárzást szenvedjenek el azok az emberek, akik korábban a kevésbé szennyezett zónákban tartózkodtak;
- biztosítani kell a mozgékony (mobil) felderítő, mentesítő, mentő stb. alegységek szabad gyors mozgását;
- meg kell akadályozni, hogy a sugárszennyezett területről járművek, különböző eszközök, élelmiszerek stb. tiszta területre jussanak, illetve hogy a radioaktív anyagok kikerülhessenek az emberek, járművek, házi, illetve vadállatok közvetítésével;
- az utakat célszerű olyan csomópontoknál lezárni, ahol a forgalom a járművek viszszafordítása nélkül is elterelhető.

### 17.3.8. A lakosság kitelepítése

A kitelepítés akkor indokolt, ha a sugárveszély igen nagy, tartós, és más óvintézkedések együttesen sem helyettesíthetik.

A kitelepítési tervek elkészítéséhez a következő problémákra kell megoldást találni:

- a kitelepítendő személyek száma és a közösségek jellege (városi, falusi, ipari stb.);
- a szükséges szállítási kapacitás (a járművek száma, telephelye stb.);
- a kitelepítés útvonalai: a szennyezett területről kivezető legrövidebb és legkevésbé szennyezett utak kiválasztása;
- a kitelepítés menetrendje és a forgalomszabályozás rendje;
- a kitelepítés kedvezőtlen tömegpszichikai hatásának megelőzése, illetve kedvezőbb mederbe terelése;
- a kitelepített személyek sugárellenőrzése és sugármentesítése, orvosi szűrése, ellátása, elhelyezése és élelmezése;
- tájékoztató és keresőszolgálat;
- az anyagi javak védelme a kiürített területen.

A kitelepítés az atomerőmű közelében nem hajtható végre a kezdeti időszakban, a radioaktív felhő feltételezhető, illetve tényleges kihatása alatt. Ugyanis a szabad levegőn, illetve a járművekben is végzetesen sok besugárzás érhetné az embereket. Az épületek sugárzást elnyelő képessége lényegesen nagyobb védelmet biztosít. Tehát a kitelepítés csak a felhő beérkezését biztosan megelőzően vagy a radioaktív felhő elhaladása után a kiüledett sugárzás lecsökkenésének kivárását követően ajánlható.



A kitelepítés több problémával és kockázattal jár: betegek, háziállatok szállítása, kórházak, börtönök kitelepítése, torlódások, közúti balesetek, családok és közösségek felbomlása, a kitelepítés megtagadása stb. Nagy anyagi terhet jelent: a szállító járművek mozgatása, a kitelepítettek elhelyezése, élelmezése, másrészt a termelés kiesése az üzemekben, a betakarítás elmaradása, az elhagyott állatállomány kényszervágása, illetve gondozása stb.

### 17.3.9. Légzés- és bőrvédelem

Az atomerőmű katasztrófája alkalmával leginkább az embereket közvetlenül veszélyeztető radioaktív jód ( $^{131}\text{J}$ ), a stroncium ( $^{90}\text{Sr}$ ) és a cézium ( $^{137}\text{Cs}$ ) káros hatása dominál. Meg kell akadályozni, hogy a levegőben lebegő vagy a talajról felvert radioaktív részecskék a szervezetbe bejussanak (inkorporálódjanak), vagy közvetlenül a fedetlen bőrfelületre és a ruhákra tapadjanak.

A légzőszervek védelmét szolgálják a gázálarcok vagy az orr és száj elé kötött több-rétegű kendők.

17.4. táblázat

*A radioaktív részecskék belégzése elleni védelem hatékonysága különböző textíliákkal*

| Textíliák                 | Rétegek | Hatékonyság (%) |
|---------------------------|---------|-----------------|
| Pamut zsebkendő           | 8       | 89              |
| Pamut zsebkendő           | 1       | 28              |
| Pamut zsebkendő nedvesen  | 1       | 63              |
| Frottírtörülköző          | 2       | 85              |
| Frottírtörülköző          | 1       | 74              |
| Frottírtörülköző nedvesen | 1       | 70              |
| Pamuting                  | 2       | 66              |
| Pamuting                  | 1       | 35              |
| Pamuting nedvesen         | 1       | 66              |

*Forrás: a szerző szerkesztése*

A testfelület védelmét biztosítják az egyéni ABV-védelmi készletek vagy a könnyen lemosható műanyag esőkabátok, vagy az egész testet beborító műanyag fóliák, gumicsizmák, a cipőre tekert műanyag fóliák, illetve más módon felerősített műanyag zacskók stb.

### 17.3.10. Személyek sugármentesítése

A bőrre és a ruházatra tapadt sugárzó anyag a testtel együtt mozgó, azt sugárzásával átható, folyamatos veszélyeztetést jelent. A környezetben lévő sugárzózónon felüli sugárterheléssel az egész test külső besugárzását, majd ennek következtében a bőrön égési sérülésekhez hasonló elváltozást okozhat.

A személyek valamilyen mértékű sugármentesítését eredményezheti a szennyezettség benyelésétől és testre kerülésétől védő öltözet, illetve a műanyag fólia menet közbeni

rázogatása, leporolása, lemosása. Tiszta területre jutva a szennyezett ruhákat radioaktív-hulladék-gyűjtőbe kell dobni, majd zuhanyozni langyos szappanos vízzel, végül tiszta ruhát felvenni.

A hatóságok a személyi mentesítést a tiszta területen a sugárellenőrző pontok közelében telepített mentesítő állomásokon vagy a települések közfürdőiben szervezik meg. Egyénileg végezve, a lakások zuhanyzóiban figyelemmel kell lenni a búzelzárokban (szifonokban) történő lerakódásokra, amelyek esetleg fokozott mértékű sugárveszélyt jelenthetnek.

### **17.3.11. Orvosi ellátás**

Az atomerőmű területén és a közelben tartózkodó személyek feltehetően nagyobb sugár-adagot kapnak. Orvosi vizsgálatuk (tüneteik, esetleg vérképük alapján) lehetséges a kialakuló sugárbetegség fokának megállapítása és a gyors orvosi beavatkozás.

A nagyobb távolságból, néhány 10 km-en kívüli körzetből kitelepített lakosság körében nem várható hirtelen fellépő (akut) sugárbetegség kialakulása. Mégis meg kell oldani a kitelepített személyek orvosi vizsgálatát, nyilvántartását és több éven át tartó ellenőrzését.

### **17.3.12. Az élelmiszer-fogyasztás szabályozása, legeltetési és takarmányfelhasználási tilalom**

Biztosítani kell, hogy a lakossághoz ne jusson olyan élelmiszer, amelynek aktivitása a még megengedett értéknél nagyobb. A szabályozás több megoldást foglal magában:

- az élelmiszerek megsemmisítése, ha hosszú felezési idejű izotópokat tartalmaz és a szennyezettsége a normáknál nagyobb;
- az élelmiszer tárolása vagy további feldolgozása (például sajtkészítés, konzervek gyártása) ha rövidebb felezési idejű nuklidokat (például jódizotópokat) tartalmaz, mivel az élelmiszer fogyasztása (a radioaktív izotópok viszonylag gyors lebomlása miatt) néhány hét vagy hónap múlva veszélytelen;
- az élelmiszer összekeverése, hígítása tiszta területről származó termékkel, ha a szennyezettség nem túlságosan nagy, így csökkenthető az elfogyasztott élelmiszer tömegegységére eső aktivitás;
- az élelmiszer fogyasztásának engedélyezése, ha a szennyezettsége a normák alatt van.

Csökkenti a belső dózisterhelést a táplálkozási szerkezet átmeneti átalakítása, mivel előre láthatólag nem lesznek sugárszennyezettek a konzervek, a csomagolt tartósított élelmiszerek, a raktárakban tárolt zsákolt termékek stb. Az ezekből készített ételeket kell előnyben részesíteni a szabad földetől származó élelmiszerekkel szemben.

### **17.3.13. Sugármentesítés (a személyek sugármentesítésén túl)**

A már betömött (kiáramlástól mentes) reaktorból korábban kijutott radioaktív anyagok kiülepedését követően mentesíteni kell a sugárzó anyagoktól az atomerőmű területét

és a közeli övezetben az utakat, tereket, házak külső felületét, a zónákban közlekedő gépjárműveket, munkagépeket stb. Össze kell gyűjteni a sugárzó törmelékeket, hulladékot. Az elszennyeződött, feleslegessé vált és nem mentesíthető dolgokat ideiglenesen vagy véglegesen el kell helyezni az erre a célra kiépített tárolókban, izotóptemetőkben.

#### 17.3.14. A következmények felszámolása (utómunkálatok)

A katasztrófa sújtotta atomerőműben és a közeli övezetekben a feladatok egész sorát kell elvégezni. Ezekkel az utómunkálatokkal az eredetihez közeli veszélytelen állapotokat kell kialakítani.

### 17.4. Következményelemzési modellek

Egy üzemzavari, baleseti helyzetre való felkészülést messzemenően segítik azok a modern, környezeti és baleseti paramétereket felhasználó modellek és szoftverek, amelyekkel elő lehet állítani egy adott szituációt, és arra el lehet készíteni a baleset-elhárításhoz szükséges erő-, eszköz- és időszámvetést, le lehet lépcsőzni a feladatokat, illetve részleteiben ki lehet dolgozni szervezési intézkedéseket és a tervezési és végrehajtási útmutatókat. Valójában ez az alapvető funkciója e szoftvereknek, hiszen az esemény bekövetkeztekor már csak a monitoringrendszer, a felderítés által bejövő adatok fogják képezni a tevékenység alapjait. Néhány, a tervezéshez alkalmazott szimulációs szoftver vázlatos leírása az alábbiakban látható. Előnyük e rendszereknek, hogy az objektumra vonatkozó forrástag és meteorológiai paramétereket bemenő adatként kezelik, ellenben a domborzat, beépítettség, növényzet, vagyis a terep érdességi paramétereit nem tudják kezelni. A továbblépéshez szükséges kutatásokat már végeztek *Computed Fluid Dynamics* (CFD-) szoftver és digitális térképi adatbázis, valamint digitális domborzati modell alkalmazásával. (CSURGAI et al. 2005) Ugyanezen szoftver futtatásával és szélszatorna-kísérletekkel kialakították a terep érdeségét szimuláló kódokat, amelyek alkalmazása az anyagok terjedésének valósághű szimulációját teszik lehetővé. (CSURGAI et al. 2006)

#### 17.4.1. Simulator of Interactive Modelling of Environmental Consequences of Nuclear Accidents – SINAC (Országos Atomenergia Hivatal [OAH]; BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság [OKF])

*A Simulator of Interactive Modelling of Environmental Consequences of Nuclear Accidents*, azaz a SINAC (*Az Országos Nukleárisbaleset-elhárítási Rendszer...* 2008) az atomerőművi balesetek környezeti hatásait elemző interaktív szakértői rendszer, környezeti szimulátor, a környezetbe került radioaktív anyagok terjedését, kiülepedését, a kialakuló dózisosokat, a várható egészségi hatásokat számolja, és óvintézkedési javaslatokat ad a veszélyhelyzet korai fázisában. Különböző szcenáriók futtatásával elemezni lehet a sürgős óvintézkedések bevezetésének hatásait.

A SINAC-szoftver működéséhez szükséges input adatokat az OAH BESZ (Országos Atomenergia Hivatal Baleset-elhárítási Szervezet) Nukleáris Csoportja, valamint az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) szolgáltatja. (*ALADIN* s. a.)

A baleseti helyzettől függően a programnak két változata használható. A polárkoordinátás változat használatával az esetleges paksi kibocsátásokat követhetjük, a koordináta-rendszer középpontja a Paksi Atomerőmű. A Descartes-koordinátás változatban a paksi kibocsátások mellett figyelembe vehetjük a hazánkhoz legközelebb eső három atomerőmű kibocsátását is (Mochovce [Mohi], Bohunice [Apátszentmihály], Szlovákia; Krško, Szlovénia), valamint a Budapesti Kutatóreaktort is.

Európai veszélyhelyzet magyarországi hatásait is vizsgálhatjuk, ehhez az OMSZ adatokat biztosít a kibocsátás helye és a magyar határ közötti területre, és amennyiben a kibocsátott radioaktív anyagok érintik Magyarországot, a SINAC-program prognózist és óvintézkedési javaslatokat ad a radioaktív csóva által érintett magyarországi területekre.

A program óránként követi a radioaktív csóva útját, viszont lehet választani 6 órás és 24 órás automatikus futtatási módokat is, ilyen esetekben mindig szükséges a vonatkozó időszakra a megfelelő meteorológiai előrejelzés biztosítása.

#### 17.4.2. Real-time, On-line, DecisiOn Support System – RODOS (BM OKF)

A RODOS (Real-time, On-line, DecisiOn Support System) (*A nukleáris balesetek esetén...* 2011) egy európai uniós támogatottságú, valós idejű, online döntéstámogató rendszer a létesítményen kívüli nukleáris balesetek hatásbecsléséhez, helyzetelemzéshez és a szükséges intézkedések szakmai megalapozásához.

A RODOS rendszer négy szinten képes döntéshozatali támogatást nyújtani:

- 0. szint: radiológiai adatok gyűjtése, ellenőrzése és megjelenítése közvetlenül vagy minimális feldolgozással, geográfiai és demográfiai információkkal együtt;
- 1. szint: a jelenlegi és jövőbeni radiológiai helyzet elemzése és előrejelzése (térbeli és időbeli eloszlás) a forrástagra, monitorozási és meteorológiai adatokra, illetve modellekre alapozva;
- 2. szint: a lehetséges beavatkozások szimulációja (például elzárkóztatás, kimenőkítés, jódpofilaxis, élelmiszer-felhasználás korlátozása, áttelepítés, mentesítés), megvalósíthatóságuk vizsgálata, előnyök és hátrányaik számszerűsítése;
- 3. szint: alternatív beavatkozási stratégiák elemzése és rangsorolása előnyök és hátrányaik alapján (például költség, elkerülhető dózis, stressz, társadalmi és politikai elfogadás), figyelembe véve a döntéshozók preferenciáit is.

#### 17.4.3. TREX

A TREX (*A nukleáris balesetek esetén...* 2011) 2009-ben a Paksi Atomerőmű megrendelésére elkészült olyan szoftver, amely háromdimenziós Lagrange típusú terjedési modellre épül, és amely alkalmas különböző szennyező anyagok terjedésének a leírására. A szoftver baleseti módban egy részletes 3D Lagrange típusú részecskemodellt használ, amely alkalmas gyorsan és pontosan előre jelezni a légszennyezési és dózisszinteket lokális skálán.

A kifejlesztett szoftver nagy pontossággal végzi el 30 km-es távolságig a légköri diszperzió modellezését, és a modellrendszert úgy fejlesztették ki, hogy képes a PA Zrt. meteorológiai mérőtornya több szintjén mért adatokat, illetve az Országos Meteorológiai Szolgálat előrejelzési meteorológiai mezőit is használni. (*ALADIN* s. a.)

A szoftver az erőmű SCADA rendszeréből automatikusan szerzi be a tízperces kibocsátási, meteorológiai és technológiai paramétereket. Dedikált ftp-kapcsolaton keresztül szintén automatikusan frissülnek az Országos Meteorológiai Szolgáltatól beszerzett ALADIN/HU meteorológiai előrejelzési fájlok. Minden tízperces kibocsátási, meteorológiai, technológiai, illetve ALADIN/HU fájl előhívható a szoftver archív adatbázisából, így tetszőleges időpontra újra elvégezhetők a számítások.

A modell egy  $70 \times 70$  km kiterjedésű területre végzi a számításokat, amelynek közepén helyezkedik el a Paksi Atomerőmű. A vonatkoztatási rendszerünk a vizsgált terület közép-pontjában, azaz az erőmű két ikerkérménye közötti pontban érvényes lokális keleti (x) irány, északi (y) irány és függőleges (z) irány. Mivel a vizsgált terület relatívan kicsi, ezért a Föld görbületétől eltekintünk. Azokat az anyagokat is nyomon követjük, amelyek kikerültek a lokális 30 km-es sugarú tartományból, mivel ezek a későbbiekben a meteorológiai helyzet megváltozásával visszakerülhetnek a vizsgált területre. Baleseti kibocsátás szimulációjakor egy futtatás során a radionuklidok terjedésének hat óráját szimuláljuk alapértelmezésben, de lehetőség van egyedi szimulációt végezni más időtartományban, a modell képes akár 5 napot is szimulálni változtatható időlépéssel.

## 17.5. Végző

A nukleáris biztonság és a nukleárisbaleset-elhárítás egymással szorosan összefüggő fogalmak, hiszen az egyik egyfajta megelőzési, a másik pedig egyfajta védekezési jelleget takar a nukleáris létesítmények szempontjából. Hogyan kerül a képbe az éghajlatváltozás mint egy olyan tényező, amely teljesen idegen az előző két fogalomhoz képest? Soroljuk: egyrészt az éghajlatváltozás együtt jár a csapadékeloszlás módosulásával. Botorság lenne azt hinni, hogy ez a korábbinál kedvezőbb tendenciát jelent. Elsősorban arra kell számítani, hogy nem, ami a Duna szezonális vízszintingadozásának növekményével jár. (PADÁNYI–FÖLDI 2016) Itt valószínűleg nem is az esetlegesen magasabb vízszint fogja jelenteni a problémát (habár az árvíz önmagában is nagy természeti csapás), hanem az anomálishan alacsony vízállás, amely az atomerőművek külső vízellátása szempontjából kritikus tényező.

A nukleárisbaleset-elhárítás szempontjából sem közömbösek azok a hatások, amelyeket esetleges időjárási szélsőségek okozhatnak: egy esetleges kibocsátás paramétereit módosíthatják, a szennyezett felhőből történő kiülepedés volumenét kimosódással növelhetik, a talajon létrejövő belvizek a kihullott szennyeződések viselkedését, terjedését befolyásolhatják, és persze nem utolsósorban a védekezésben részt vevő élőerő pszichés és fizikai állapotát is negatívan befolyásolhatják.

## Felhasznált irodalom

- ALADIN: Numerical Weather Prediction Project.* (s. a.) Elérhető: [www.umr-cnrm.fr/aladin-old/](http://www.umr-cnrm.fr/aladin-old/) (A letöltés ideje: 2017. 12. 16.)
- A nukleáris balesetek esetén hazánkban használt légköri terjedés- és dózisszámító szoftverek összehasonlítása.* (2011) (Tanulmány) Budapest, SOMOS Alapítvány.
- Atomerőművek biztonsága.* A Paksi Atomerőmű honlapja. Elérhető: [www.atomeromu.hu/hu/Documents/Biztonsag.pdf](http://www.atomeromu.hu/hu/Documents/Biztonsag.pdf) (A letöltés dátuma: 2017. 11. 15.)
- Az Országos Nukleárisbaleset-elhárítási Rendszer (ONER) döntéstámogató és értékelő rendszereinek műszaki megújítása.* (2008) (Tanulmány) Budapest, SOMOS Alapítvány.
- CSURGAI, J. – ZELENÁK, J. – LAJOS, T. – GORICSÁN, I. – HALÁSZ, L. – VINCZE, Á. – SOLYMOI, J. (2006): Numerical simulation of transmission of NBC materials. *Academic and Applied Research in Military Science*, Vol. 5, No. 3. 417–434.
- CSURGAI J. – GORICSÁN I. – ÁCS B. – CSÓK L. – HALÁSZ L. – LAJOS T. – PINTÉR I. – SOLYMOI J. – VINCZE Á. – ZELENÁK J. (2005): ABV-anyagok terjedésének numerikus, számítógépes szimulációja. *Haditechnika*, 39. évf. 1. sz. 13–19.
- Országos Nukleárisbaleset-elhárítási Rendszer.* (é. n.) Elérhető: [www.katasztrofavedelem.hu/index2.php?pageid=nuklearis\\_oner](http://www.katasztrofavedelem.hu/index2.php?pageid=nuklearis_oner) (A letöltés dátuma: 2017. 12. 18.)
- PADÁNYI J. (2015): Vízkonfliktusok. *Hadtudomány*, 25. évf. Elektronikus különszám. 272–284.
- PADÁNYI, J. – FÖLDI, L. (2016): Security Research in the Field of Climate Change. In NÁDAI, L. – PADÁNYI, J. eds.: *Critical Infrastructure Protection Research: Results of the First Critical Infrastructure Protection Research Project in Hungary*. Zürich, Springer International Publishing. 79–90. (Topics in Intelligent Engineering and Informatics, 12.) DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-28091-2\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-319-28091-2_7)

A Dialóg Campus Kiadó a Nemzeti Közszolgálati Egyetem könyvkiadója.



Ludovika Egyetemi Kiadó Nonprofit Kft.

Székhely: 1089 Budapest, Orczy út 1.

Kapcsolat: [info@ludovika.hu](mailto:info@ludovika.hu)

A kiadásért felel: Koltányi Gergely ügyvezető igazgató

Felelős szerkesztő: Gőcze István

Olvasószerkesztő: Bíró Csilla

Korrektor: Tar Krisztina

Tördelőszerkesztő: Stubnya Tibor

Nyomdai kivitelezés: Pátria Nyomda Zrt.

Felelős vezető: Orgován Katalin vezérigazgató

DOI: [https://doi.org/10.36250/00833\\_00](https://doi.org/10.36250/00833_00)

ISBN 978-963-531-187-3 (nyomtatott)

ISBN 978-963-531-188-0 (PDF)

ISBN 978-963-531-189-7 (ePUB)



Ez a kötet azoknak szól, akiket foglalkoztat a globális éghajlatváltozás következményeinek problémaköre. A szerzők álláspontja szerint a klímaváltozás napjaink egyik legaktuálisabb kihívása, amely bizonyos mértékig már most is érzékelhető, de a jövőben emberek milliárdjainak életére lehet hatással. Az éghajlatváltozás folyamata olyannyira összetett, hogy számos aspektusa még ma sem tisztázott, illetve érthető igazán. Nagyon nehéz feladat maradandó tudományos művet alkotni a témában, ugyanis a változás oly gyors, hogy a közzétett észlelések, információk, elemzések hamar elveszítik aktualitásukat.

A Nemzeti Köszolgálati Egyetem kutatócsoportja 2017-ben alakult meg azzal a céllal, hogy az éghajlatváltozás olyan adaptációs problémáival foglalkozzon, amelyek érintik a közszolgálat feladatkörét. E tanulmánykötet ennek a két éves kutatásnak a részeredményeit mutatja be, tulajdonképpen egy pillanatfelvétel a kutatás aktuális helyzetéről.

A mű a KÖFOP-2.1.2-VEKOP-15-2016-00001 „A jó kormányzást megalapozó közszolgálat-fejlesztés” című projekt keretében jelent meg.

**SZÉCHENYI**  2020



MAGYARORSZÁG  
KORMÁNYA

Európai Unió  
Európai Szociális  
Alap



**BEFEKTETÉS A JÖVŐBE**