

2. Környezetbiztonság

Földi László

Környezetbiztonság – környezetvédelem – eltartóképesség – globális éghajlatváltozás – üvegházhatás – meteorológiai következmények – földrajzi következmények – természeti katasztrófák – mitigáció – adaptáció

A fejezet a környezetbiztonság értelmezését és a környezetvédelem feladatainak bemutatását követően röviden felvázolja bolygónk erőforrásainak korlátait. A légszennyezés globális következményei közül kiemeli az éghajlatváltozás problémáját, fenyegető hatásait és végül a legfontosabb globális és helyi feladatokat. A tankönyv szerkezetéhez igazodva nem taglalja ugyanakkor a környezeti erőforrások és ezen belül a fosszilis energiahordozók kérdéskörét, mert azokról a 3., illetve 8. fejezet bővebben is szól. Ugyanezen okból a megújuló energiaforrások használatáról sem szól részletesen.

2.1. A környezetbiztonság értelmezése, a környezetvédelem főbb feladatai

A környezetbiztonság fogalmát sokan és sokféleképpen definiálták. A leggyakoribb értelmezés a biztonság tágabb fogalmából indul ki, amely szerint is annak számos alrendszere van, a klasszikus politikai és katonai biztonságon kívül társadalmi, gazdasági, szociális, *környezeti*, kulturális és ökológiai dimenziója is. A leggyakoribb definíció szerint maga a biztonság a veszély vagy fenyegetettség hiányát vagy az azok elleni elégséges védekezés képességének meglétét jelenti. (VIDA 2013) Ebből kiindulva tehát a *környezetbiztonság* vagy *környezeti biztonság* akkor valósul meg, ha a környezetünk elemei (a légkör, a vizeink, a talajok, a táj, az élővilág, illetve az épített környezetünk) és a környezeti erőforrásaink (anyag- és energiaforrások) nincsenek veszélyben, vagy ha veszélyben is vannak, rendelkezünk a megfelelő védelem képességével. Ez így természetesen kissé utópisztikusan hangzik, ebben a formában a környezetbiztonság csak egy távolban lebegő, elérhetetlen cél, amely kapcsán mindössze annyit tehetünk, hogy a legjobb tudásunk szerint igyekszünk azt elérni, mégpedig a környezetünk védelmével és annak tudatos, tudományos megalapozott fejlesztésével.

Természetesen vannak ennél konkrétabb értelmezések is. A környezetbiztonság fogalma integrálja azokat a lehetséges károsodásokat, azok megelőzését és elhárítását, amelyek vagy természeti eredetűek, vagy az ember által gyártott veszélyes anyagok váratlan és nagy méretű, a természetbe vagy a települési környezetbe való kijutása során állnak elő.



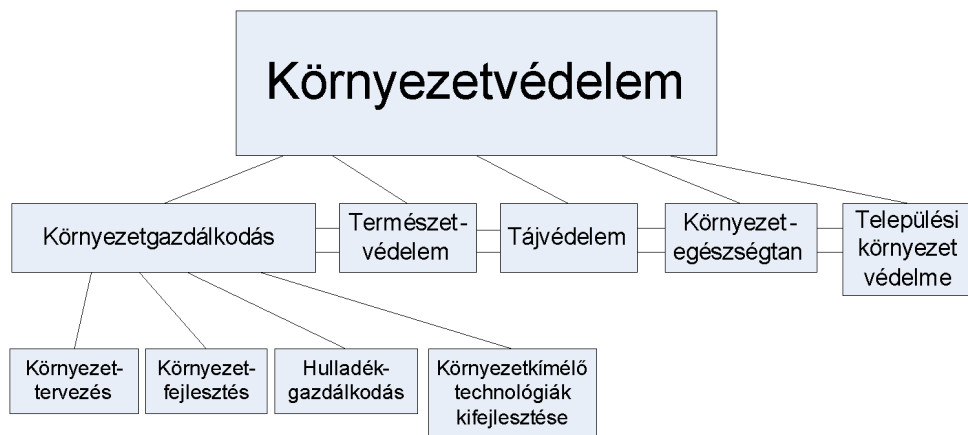
Ezenkívül léteznek a környezetbiztonsághoz tartozó, társadalmi vonatkozású események és folyamatok is. Ilyen esetekben két tényező egybeesése szükséges:

- valamilyen szokatlan társadalmi esemény kibontakozása (szegénység, háború, népvándorlás, túlhajszolt gazdasági tevékenység);
- amely egyúttal valamilyen kedvezőtlen környezeti hatást vált ki (nagy kiterjedésű talajerosztás, vízkészletek minőségi romlása, sugárzási viszonyok kedvezőtlen változása, hőmérsékleti egyensúly megbomlása, biodiverzitás drasztikus csökkenése).

A környezetbiztonság fogalmába tehát természeti, műszaki és társadalmi eredetű problémák tartoznak. (BALÁZS et al. 1996)

Amennyiben a környezet elemeit és/vagy a környezeti erőforrásokat a fenti veszélyek fenyegetik, ezen veszélyek megszüntetésére vagy mértékük csökkentésére valamiféle szervezett tevékenységet kell folytatni. Ezeknek a tevékenységeknek, a hozzájuk rendelhető eszköz-, intézmény- és feladatrendszernek az együttes megnevezése: *környezetvédelem*.

A környezetvédelem ma már tudományos alapokon nyugszik, de tudománynak (környezettudományok) rendkívül fiatal, hiszen a világméretű elismerése és az Egyesült Nemzetek Szervezete általi felvállalása a 20. század hatvanas, hetvenes éveire köthető. Nem csoda tehát, hogy a közelmúltig tulajdonképpen csak a környezetben keletkezett károk, környezetszennyezések felszámolására korlátozódott a tevékenysége. Viszont mint minden védelemmel foglalkozó tudomány és tudományos tevékenységrendszer, meg kellett benne jelennie a tervezésnek, fejlesztésnek és nem utolsósorban a preventív védelmi tevékenységeknek. Mindezek alapján a korszerű környezetvédelem tevékenysége az alábbi részeket foglalja magában (lásd a 2.1. ábrát).



2.1. ábra

A környezetvédelem fontosabb tevékenységi területei

Forrás: HALÁSZ–FÖLDI 2001

2.2. Bolygónk eltartóképessége

Az emberiség lélekszáma a történelme folyamán exponenciálisan növekszik. Ha csak azt vesszük alapul, hogy egy ember táplálékának előállításához a környezet adott mennyiségű erőforrása szükséges (állatok és növények, az azok felnövekedéséhez, termesztéséhez szükséges földterület, ásványi és egyéb tápanyagok, ivóvíz, levegő), beláthatjuk, hogy létezik egy határ, amelynél több embert a bolygó már nem lesz képes eltartani (ökológiai lábnyom). Sajnos ez a határ ma már egyre jobban kezd körvonalazódni. Persze annak megállapítása igen bonyolult, hogy a Föld hány milliárd embert képes biztonságosan eltartani. Egyesek szerint az emberiség már túllépte a Föld hosszú távú eltartóképességét, egy fenn nem tartható helyzetet teremtve ezáltal. Mások szerint minőségi és/vagy technológiai változás fog bekövetkezni az élelmezésben, nem kell mennyiségileg ugyanolyan mértékben növelni a termelést, mint ahogyan a népesség szaporodik. Annak alátámasztására, hogy valóban meghaladjuk a Föld eltartóképességét: ma az emberiség 1/6-a (kb. 1 milliárd ember) nyomorban él. Sem otthona, sem másnapra való élelme nincsen. További kb. 2 milliárd ember él nagy szegénységben, alultápláltan. (LÁSZLÓ 2011)

Ráadásul ez a fajta kalkuláció nem számol a természeti erőforrások csökkenésével, kimerülésével. A termőtalajokat az intenzifikált mezőgazdaság kimeríti, a talajszennyezés mérgezi az ott termesztett növényeket és az azokat fogyasztó állatokat és embereket, az elsivatagosodás csökkenti a termőterületeket. A felszíni és felszín alatti, jó minőségű vizek mennyisége is csökken, egyre erősödő konfliktusokat eredményezve országok, népcsoportok között. A globális légszennyezés soha nem látott méreteket öltött, az ipar és a közlekedés által kibocsátott egészségre és/vagy környezetre ártalmas anyagok tömeges légúti, allergiás és egyéb betegségeket okoznak, és nemkívánatos hatással vannak a bolygó éghajlatára is.

2.3. A globális éghajlatváltozás jelensége

A klímaváltozás vagy pontosabb nevén a globális éghajlatváltozás ma Földünk egyik legtöbbet publikált, legismertebb környezetbiztonsági kihívása. Gyakorlatilag nem telik el úgy nap, hogy ne találkoznánk a fogalommal a híradásokban akár az aktuális világpolitikai események, akár a helyi meteorológiai jelentések kapcsán. Mindemellett a jelenség érdekes sajátossága, hogy még a tudóstársadalomban is parázs viták forrása, mert igen jelentős az úgynevezett „klímatagadók” tábor, akik valamilyen tudományos, de az esetek többségében inkább mondvacsinált érvrendszer mentén azt állítják, hogy habár a világszerte mért adatok tendenciája egyértelmű, a hőmérsékleti és egyéb meteorológiai értékek változásának nincs köze az emberiség által a légkörbe juttatott légszennyező anyagokhoz, tehát nincs is semmilyen emberi eredetű klímaváltozás. Természetesen a tudósok döntő többsége és ma már a közvélemény is igazoltnak látja az éghajlatváltozás létét, és féli annak rövid és hosszú távon várható következményeit. De miről is van szó tulajdonképpen?

2.3.1. A természetes és mesterséges üvegházhatás

Vizsgálatainkat néhány egyszerű kérdéssel kezdhetjük:

- Mi is az az üvegházhatás?
- Mióta létezik a jelenség bolygónk légkörében?

A válaszok viszonylag egyszerűek, bár természetesen létezik kimerítő tudományos magyarázat is. Az üvegházhatás a Föld légkörének olyan tulajdonsága, amely a növénytermesztésben használt meglegházakhoz teszi hasonlatossá a működés mechanizmusát. Az üvegházak lényege, hogy a falait, tetejét alkotó üveg vagy fólia átlátszó vagy áttetsző, viszont rossz hővezető. Ennek eredménye az, hogy az eltérő hullámhosszú „energiacsomagok” eltérő módon hatolnak át rajtuk. Az átlátszóság azt jelenti, hogy a látható fényt (és általában még az ultraibolya sugárzást is) szinte akadálytalanul átengedik, viszont a rossz hővezető képesség miatt az alacsonyabb frekvenciájú hősugárzást nem, illetve annak nagy részét visszaverik. Tehát nappal a fény hatására a meglegházba jutó napsugarak energiája melegíti annak belsejét, míg az ott keletkező, a környezethez képesti többlet hő nem távozik akadálytalanul, hanem bent marad az épület belsejében. Ettől a meglegház vagy üvegház belseje fűtés nélkül is melegebb, mint a kinti környezeti hőmérséklet.

A Föld légköre ehhez teljesen hasonlóan viselkedik: a bolygó nappali oldalán a látható fény és a lágy UV-sugárzás (úgynevezett UV-A) szinte akadálytalanul hatol át a felszínig, és annak elemeiben elnyelődve melegíti azt, eközben az éjszakai oldalon a felszín lehűlése közben keletkező hősugárzás (infravörös) csak lassan és sokszoros elnyelés-visszaverés után tud kilépni az űr felé. Persze az éjszakai lehűlés így is számottevő, de ha elkészítünk egy világmodellt, amely csak a bolygónk Naptól való távolságával és az onnan érkező sugárzás intenzitásával számol, akkor meglepő módon a légkör valódi hőmérsékleténél 25–30 °C-kal alacsonyabb érték jön ki. Mivel jelenleg a légkör átlaghőmérséklete megközelítőleg 20 °C, világos, hogy az üvegházhatás nélkül bolygónkon az élet ki sem alakulhatott volna mostani változatosságában.

Amennyiben megvizsgáljuk, hogy mi okozza a légkörnek ezt a furcsának mondható sajátosságát, azt találjuk, hogy egyes alkotóelemei, mint a szén-dioxid-gáz, a vízgőz, a metángáz, bizonyos nitrogén-oxidok és még néhány nyomanyag felelős ezért a jelenségért. Ezek a gázok pontosan úgy viselkednek, mint az üveg, a látható fényt és az UV-t nem (vagy csak alig) nyelik el, viszont az infravörös tartományban kiemelkedően magas az elnyelésük. Vagyis amióta ezek a gázok megtalálhatók a Föld légkörében, ennek a jelenségnek működnie kellett. Ez pedig egyidős a bolygó kialakulásával, sőt, az őslégkörben a szén-dioxid volt a legnagyobb arányú alkotóelem, amíg a növényi életformák annak nagy részét a fotoszintézissel át nem alakították saját szerves anyagaikká. Tehát az üvegházhatás egy több milliárd éve létező, természetes jelenség. (SÁRVÁRY 2011) Akkor miért okoz éghajlatváltozást?

A magyarázat viszonylag egyszerű. Az üvegházhatást okozó gázok koncentrációja a levegőben alacsony, egyáltalán nem számítanak főkomponensnek. Tudjuk, hogy a levegő összetételében 78% nitrogéngáz, 21% oxigéngáz, mintegy 0,9% argongáz és 0,1% egyéb gáz (szén-dioxid, vízgőz, nyomgázok) található. Meglepő, de tény, hogy a mindössze 0,1%-nyi összetevők határozzák meg az üvegházhatás jelenségét, az azon belüli minimális mennyiségi változások pedig annak mértékét. Tehát az emberiség által a légkörbe juttatott üvegház-

hatású gázok mennyiségi hatása hozzáadódik a természetes üvegházhatáshoz, és extrém mértékben képes növelni annak több millió év alatt kialakult, egyensúlyinak tekinthető mértékét. Ez a mesterséges üvegházhatás lényege. Tehát a két jelenség együttesen, egymást erősítve van jelen a légkörben.

2.3.2. A globális éghajlatváltozás okai

A kutatók többsége egyetért abban, hogy a Föld légkörébe került, emberi kibocsátásból származó üvegházhatású gázok a felelősek az éghajlatváltozásért, azok koncentrációjának növekedése pedig meghatározza a folyamat erősödését. Az ENSZ 1992-es riói Környezet és Fejlődés Konferenciáján (Föld-csúcs) nevesítették először azokat a gázokat, amelyeket ebbe a kategóriába lehet sorolni: a szén-dioxid, a metán, a dinitrogén-oxid, kétféle mesterséges (csak az ember állítja elő, a természetben nem keletkezik) halogénezett szénhidrogén és a kén-hexafluorid (szintén mesterséges). Néhány forrás még idesorolja a talajközeli (troposzférikus) ózont is, mert szintén üvegházhatású, de mivel az a többi gázhoz képest igen agresszív oxidálószer, a levegőben nagyon rövid az élettartama (néhány óra, szemben a dinitrogén-oxiddal, amelynek mintegy 200 év), így csak más, elsősorban rövid távú problémák okozója. (Kiss 2010)

Különböző technikákkal meghatározták, hogy az emberiség történelme során és a történelem előtti korokban hogyan változott ezeknek a gázoknak a mennyisége (koncentrációja) a légkörben. Azt kapták, hogy bár évmilliókkal ezelőtt voltak már extrém magas szén-dioxid-értékek, az utóbbi kétmillió évben ezen gázok koncentrációja nagyjából állandónak volt mondható, egészen az ipari forradalomig (a mesterségeseké értelemszerűen nulla). A szén-dioxidnak az ipari forradalom idején mérhető 280 ppm (ppm = parts per million, milliomodrész, azaz itt 0,028%) koncentrációja onnantól kezdve egyre gyorsuló ütemben emelkedik egészen napjainkig úgy, hogy mára már az átlagérték tartósan meghaladja a korábban riasztási küszöbként meghatározott 400 ppm-t. A szén-dioxid légkörben mérhető koncentrációjával párhuzamosan pedig növekszik a légkör hőmérséklete is. (HASZPRA 2016.)

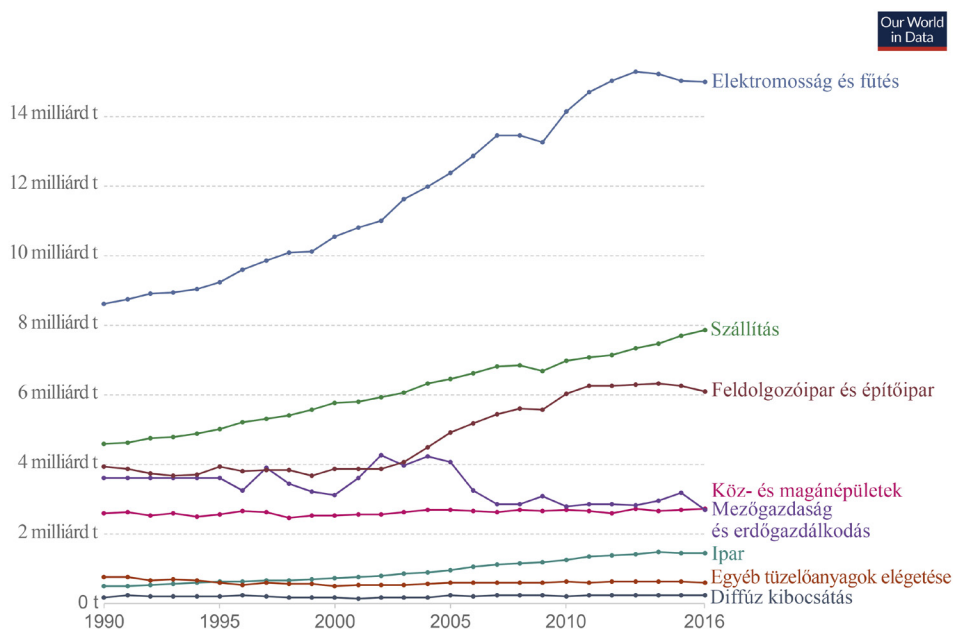
Ennek oka egyértelműen az, hogy az ipari termelés növekedésével és ezzel párhuzamosan az emberiség lélekszámának növekedésével egyre nőtt a fosszilis energiahordozók kitermelése és felhasználása, kezdetben a kőszéné, majd a 19. század végétől a kőolajé és a földgázé is. Ezek elégetésével (mind szénalapúak) egyre nagyobb mennyiségű szén-dioxid került a légkörbe.

Ezek a fosszilis energiahordozók évmilliók során keletkeztek és halmozódtak fel a kőzetrétegekben, és ha szigorúan vesszük, valaha mind az őslégkör szén-dioxidját alkották. Abból az ősi növényi életformák nyerték ki és alkották meg testük szerves anyagát, az állatok pedig ezeket elfogyasztva a sajátjaikat. Végül az elpusztult élőlények szerves anyaga a föld alá kerülve elbomlott, a rétegek hőmérsékletétől és nyomásától függően pedig szilárd, folyékony vagy gáz halmazállapotú bomlástermékek keletkeztek, vagyis szén, kőolaj vagy földgáz (persze ezek egyszerre, egymás mellett is előfordulnak).

A probléma tehát az, hogy az emberiség ezeket az energiahordozókat a bolygó természetes folyamatainak sebességéhez képest túl gyorsan termeli ki és égeti el, így a növényvilág szén-dioxid-megkötő képessége nem elég ennek ellensúlyozására, így a gáz koncentrációja a fölösleg visszamaradása miatt növekszik. Az is tisztán látható ezek után,

hogy milyen nagy szükség lenne a globális növényzeti borítottság növelésére, mivel több növény több szén-dioxidot lenne képes elnyelni. Ennek leghatékonyabb természetes formái az erdők, különösen az esőerdők, nem véletlenül hívják őket a Föld tüdejének (persze egy tüdő működéséhez képest fordítva dolgoznak, mert szén-dioxidot lélegeznek be, és oxigént bocsátanak ki). Csak sajnos köztudott, hogy manapság az esőerdőket nem telepítik, hanem éppen irtják, ezzel elpusztítva az emelkedő szén-dioxid-szint elleni egyetlen lehetséges „megmentőt”. Nézzük most konkrétan az egyes gázok vonatkozásában, milyen emberi tevékenységek során keletkeznek!

Szén-dioxid: elsősorban a fosszilis energiahordozók égetésével keletkezik, legfontosabb kibocsátói az ipar különféle szektorai, az energiaszektor (erőművek), a közlekedés (robbanómotoros járművek, repülőgépek) és a fűtés (lakossági és közüzemi) (lásd a 2.3. ábrát).



2.2. ábra

A globális szén-dioxid-kibocsátás megoszlása szektoronként

Forrás: Our World in Data, Climate Watch.

Ezenkívül természetesen minden szénalapú anyag égésénél keletkezik, mint a papír, a műanyagok vagy bármilyen növényi szerves anyag. Itt meg kell említeni a biomasszát, amelyet igen korszerű, megújuló energiaforrásként értelmezünk, de szilárd formája gyakran nem más, mint az erdőből kivágott hagyományos tűzifa. Persze emellett előállítunk és felhasználunk biogázt, bioalkoholt, biodízel is, de ezek éppúgy szénalapúak. A tűzifa felhasználása világszinten még ma is igen jelentős, és ne felejtjük, hogy amellett, hogy az égetése szén-dioxidot eredményez, fák pusztulása árán keletkezik, amelyek fontosak

lennének a gáz megkötéséhez. Természetesen a korszerű környezetvédelem és az erdőgazdálkodás lehetővé teszi, hogy a szilárd biomassza előállítása és felhasználása egy folyamatban ismétlődjön, miáltal a pártolói szerint ily módon szén-dioxid-semleges lesz, hiszen a kivágott fák elégetésekor kibocsátott gáz az újonnan telepített és felnövő növények által újból megkötődik. Egy részletekbe menő elemzés persze a nullszaldós elvet könnyedén képes cáfolni, gondoljunk csak arra, hogy a fenti körfolyamat működtetéséhez mennyi olyan gépet használnak, amelyek szén-dioxidot termelnek (erdőgazdálkodás, fakitermelés gépei és járművei, plusz a szállítás, elosztás, forgalmazás és fogyasztás során használtak). Ráadásul az erdők újratelepítése sem mindenütt megoldott, a Földön számos régió korábbi erdői egyszerűen eltűntek a fakivágások miatt. Nézzünk rá például Hispaniola szigetére a Karib-tengerben! Két ország osztozik rajta: Haiti és a Dominikai Köztársaság. Dominika a gazdagabb ország, itt az erdőket törvényekkel védik. A haiti szegénységről, az őket sújtó természeti katasztrófák súlyos következményeiről mindannyian hallottunk. Elsősorban ennek tudható be, hogy az ország korábban gyönyörű erdeit gyakorlatilag kiirtották, a fákat felhasználták, újratelepítésről pedig szó sincs. Elég ránézni a Google Earth műholdképére, a két ország határvonala gyakorlatilag az űr felől is látható: a dominikai oldal felszíne sötétzöld, míg a haiti sárgás árnyalatú.

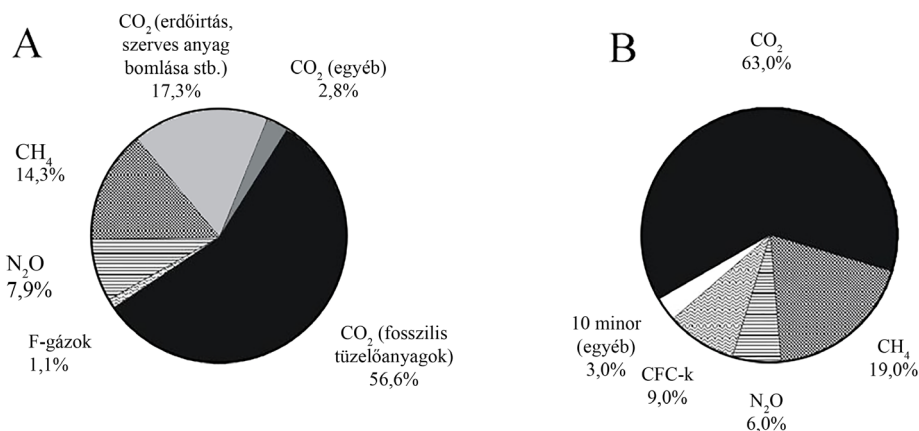
Szintén komoly problémát jelentenek az évről évre jelentkező nagy kiterjedésű erdős bozottútzek, amelyek rengeteg zöld növényt pusztítanak el, és ugyanakkor óriási mennyiségű szén-dioxidot engednek a légkörbe. Ugyanilyen hatása van a nagyobb, égéssel járó ipari baleseteknek, elsősorban az olajtűzeknek. A legemlékezetesebb ilyen eset 1991-ben történt, amikor a visszavonuló iraki hadsereg mintegy 700 kuvaiti olajkutató gyújtott fel, amelyeken oltása 9 hónapot (!) vett igénybe.

Metán: a földgáz fő alkotóeleme. Meglepően nagy mennyiségben keletkezik bizonyos mezőgazdasági tevékenységek kapcsán. Legnagyobb mértékű kibocsátó a rizstermesztés, ahol a vízzel elárasztott rizsföldeken a növényi maradványok víz alatti, levegőtől elzárt (úgynevezett anaerob vagy redukzív) bomlása során keletkezik, gyakorlatilag mint egyfajta biogáz. E mellett a nagyipari szarvasmarha-tenyésztés során az állatok emésztőrendszeréből kerül a légkörbe. Az energiaszektorban a földgázkitermelés, -elosztás és -felhasználás során elszívargó veszteség jelent komoly mennyiséget. A szén-dioxidhoz képest 23-szor erősebb az üvegházhatása, de sokkal kisebb a mennyisége.

Dinitrogén-oxid: kéjgáznak is nevezik, fő felhasználása az egészségügyben érzéstelenítőként (Dinox) és az autóversenyezésben teljesítménynövelőként (nitró, NOX). Gyakorlatilag bárhol keletkezhetsz, ahol elég magas nyomáson és hőmérsékleten zajlik oxidációs reakció (égés) levegő jelenlétében. Bár a levegő nitrogénjét mindenki inert gázként ismeri, azaz hogy nem vesz részt a kémiai reakciókban, ez csak bizonyos körülményekig igaz. Létezik olyan magas nyomás és hőmérséklet, ahol már a levegő nitrogénje is elkezd kismértékben oxidálódni. Ilyenek például a gépjárművek korszerű Otto-motorjai, nem véletlenül írják elő katalizátor beépítését a kipufogórendszerbe (feladata kettős: az el nem égett szénhidrogének tökéletes oxidációja szén-dioxiddá és a keletkezett nitrogén-oxidok redukciója). Sajnos az kevésbé köztudott, hogy egy gépjármű katalizátorának átlagos élettartama mindössze 4-5 év, és amíg nincs rá kötelező előírás, a tulajdonosok nem fogják a jelentős költsége miatt cserélni őket. Így a legnagyobb dinitrogén-oxid-kibocsátó egyértelműen a (közúti) közlekedés. A szén-dioxidhoz képest 3 nagyságrenddel erősebb az üvegházhatása, de majdnem 4 nagyságrenddel kisebb a mennyisége.

Halogénezett szénhidrogének (fluorozott szénhidrogének és freonok): mint már korábban említettem, ezek az anyagok mesterségesek, a természetben nem képződnek. A vegyipar viszont változatos formában állítja elő igen nagy mennyiségben. Közeli rokonai a tűzoltó gázként korábban használt halonoknak, amelyeket elsősorban erős ózonbontó hatásuk miatt világszerte betiltottak az ózonpajzs védelme érdekében. Elsősorban mint hűtőgázt használják őket igen széles körben, hűtőgépekben és ipari hűtőházak hűtőrendszereiben, épületek és gépjárművek klímaberendezéseiben töltőgázként. Innen kerülnek véletlenszerűen a légkörbe. Ezenkívül különféle dezodorok és egyéb palackos spray-k hajtógázaiként kerülnek felhasználásra. Molekulánkénti relatív üvegházhatásuk nagyságrendekkel erősebb a szén-dioxidénál, viszont milliószor kisebb mennyiségben fordulnak elő a levegőben.

Kén-hexafluorid: mesterséges anyag, elsősorban védőgázként használják olyan speciális körülmények között, ahol a levegő jelenléte nemkívánatos. Így például nagyfeszültségű áramköröknél, többek között trafóházak megfelelő szigetelése érdekében töltőgázként. Ezenkívül légköri terjedések számításos modelljeinek ellenőrzésére használják, mert nagy érzékenységgel, könnyen mérhető tesztanyag. Járuléka a teljes üvegházhatáshoz csekély (2.3. ábra).



2.3. ábra

Üvegházgázok kibocsátása (A) és légkört melegítő hatása (B) szén-dioxid-egyenértékre számítva

Forrás: UNEP 2007

2.4. A globális éghajlatváltozás következményei

Az eddigiekben azt taglaltam, hogy az ipari forradalom óta eltelt időben egyre gyorsuló ütemben erősödik a Föld légkörének üvegházhatása, amely hőnövekedést, végső soron felmelegedést okoz. De miért is van ezzel baj, hiszen az adatok szerint száz év alatt körülbelül 1 °C-ot emelkedett a globális átlaghőmérséklet. Ha csak ennyi lenne a következmény, akkor

bátran járhatnánk kissé szellősebb öltözetben, és ezzel el is lenne a dolog intézve. Tudjuk azonban, hogy az ördög a részletekben rejlik, és nincs ez itt sem másként...

2.4.1. Meteorológiai következmények

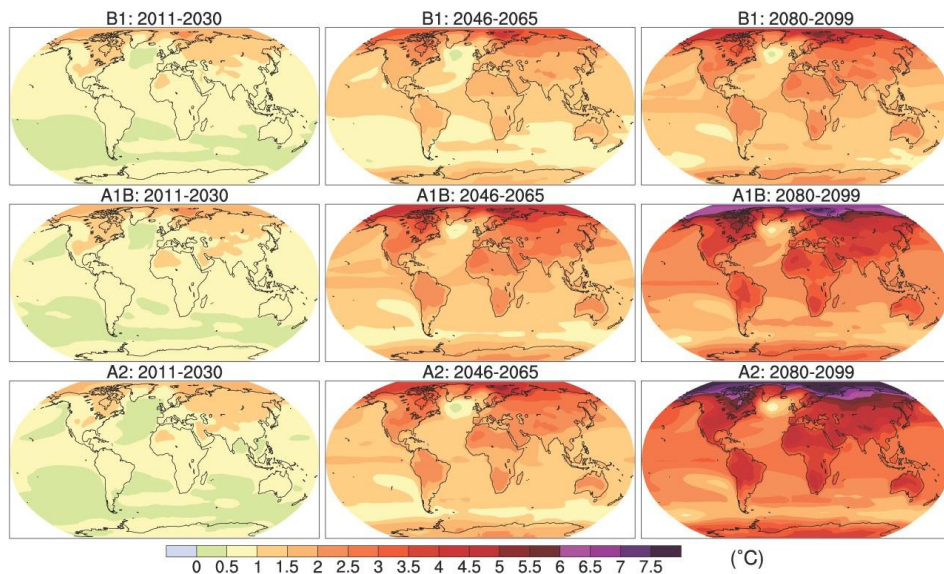
A meteorológiai adatok (hőmérsékletértékek, szél, csapadék, egyéb extremitások) rögzítése és archiválása hazánkban is már több mint 100 éves múltra tekint vissza. Bárki összehasonlíthatja, mondjuk, az idei nyár adatait a 43 vagy a 85 évvel ezelőttivel. És ha ezt valóban megteszi, számos érdekességre derül fény. Először is természetesen érzékelhető, hogy a hőmérsékletértékek kissé magasabbak lettek, a csapadékösszegek néhány százalékkal csökkentek. De ennél sokkal izgalmasabb, ha az adatsorok szélsőértékeit és a változások gyorsaságát vizsgáljuk. Kiderül, hogy a hirtelen hőmérséklet-változások, hideg- és melegfrontok, a rövid idő alatt lehullott nagy mennyiségű csapadék, heves viharok és egyéb szélsőségek ma sokkal gyakoribbak és intenzívebbek, mint néhány évtizeddel ezelőtt. Tehát a probléma lényege az, hogy az erősödő extremitások egyrészt gyakoribb veszélyhelyzeteket teremtenek (heves viharok, villámárvizek, vagy éppen tartós szárazság, aszály, erdőtüzek), másrészt problémákat okoznak a mezőgazdaság számára (sem a hirtelen lezúduló heves csapadék, sem a szárazság nem kedvez a növénytermesztésnek), megnehezítik a vízgazdálkodás, az ipari hűtővíz-biztosítás és egyéb feladatok végrehajtását. A gyakori időjárás-változást egyes érzékeny emberek is nehezen viselik. (UN IPCC 2014)

És hogy mi várható Magyarországon? Nos, az előjelek már most is kiválóan érzékelhetők, de a jövőben egyértelműen módosulni fog például az évszakok megszokott váltakozása. Nem minden évszak lesz három hónapnyi, a nyár sokkal melegebb és szárazabb lesz, és persze hosszabbra nyúlik, az enyhe őszi idő gyakran decemberben is kitart még, a tél néhány extrém lehűlési periódus mellett enyhébb lesz, és az eső lesz a jellemző csapadék, a tavasz pedig rövidebb lesz, gyors átmenetet hoz majd a tél és nyár közt, a hirtelen felmelegedés pedig extrém viharokat és csapadékot jelent majd.

2.4.2. Földrajzi következmények

Mint korábban már tárgyaltam, az üvegházhatás erősödése a légkör átlaghőmérsékletének emelkedését okozza. Az „átlag” azonban nem jelenti azt, hogy a következmények a Föld minden pontján megegyezők lesznek. Az alkalmazott világmodellek által kiadott adatok (különböző feltételezésekkel kialakított enyhe, közepes, illetve erős változásokat feltételező scenáriók alapján) abban megegyeznek, hogy a bolygó vonatkozásában a legkisebb hőmérséklet-emelkedés az Egyenlítő közelében várható, és a jövőbeni melegedés az Északi- és a Déli-sark felé haladva fokozatosan növekszik. Egy középerős változást prognosztizáló modell szerint ez a forró égövre csak +1 °C, az északi sarkkörön túl pedig több mint +5 °C is lehet (2.5. ábra). Ez pedig megváltoztatná a földrajzi éghajlati övek megszokott kiterjedését. A forró égöv teret fog nyerni, a mérsékelt égövek a sarkok felé tolnak majd, a hideg égöveknek pedig az erőteljes összezsugorodása várható. Ez a tendencia már ma is tisztán látszik a sarki jégtömegek olvadása kapcsán. Az éghajlat változása számos egyéb kérdést is felvet, és persze számos új kockázatot is hordoz. Például a forró égöv terjeszkedésével

teret nyerhetnek a trópusi betegségek, ráadásul az érintett szubtrópusi területek igen sűrűn lakottak. Mivel az ott élő lakosság értelemszerűen nem rendelkezik ezekkel szemben természetes immunitással, ez kiemelt jövőbeni kockázat.



2.4. ábra

A felszínközeli átlaghőmérséklet változásának becsült térbeli eloszlása a 21. század végére, különböző scenáriók alapján

Forrás: IPCC 2007; BARTHOLY et al. 2011

A betegségeket okozó mikroorganizmusok migrációja mellett megjelenik majd számos más faj vándorlása is, amelyek nyilván követni fogják a megszokott környezetüket, így a magasabb szélességi fokok irányába fognak költözni. Ez adott területeken a megszokott állat- és növényfajok ritkulásával, ezzel szemben új, főként invazív (erőszakosan terjeszkedő) fajok megjelenésével és elszaporodásával jár majd. A mezőgazdaság vonatkozásában gondot jelenthet, hogy a megszokott kultúrnövények termesztése helyett esetleg újakra kell majd átállni a termőképességek megváltozása miatt.

A világmodelleken alapuló számítások szerint, amennyiben az üvegházhatás erősödéséből származó többlet hő csak a légkört melegítené, a hőmérséklet emelkedésének sokkal gyorsabbnak kellene lennie. Azonban természetes módon a felszín elemei együtt melegsznek a velük érintkező levegővel, így a többlet hő egy részét elnyelik. Ez a legintenzívebben a Föld felszínének 2/3-át borító óceáni területeken zajlik, és mivel a víz fajhője igen magas (ezért kiváló hűtő/fűtő közeg), valamint a felmelegedő rétegek könnyedén átkeverednek mélyebb, hidegebb víztömegekkel, az óceánok ezt a többlet hő képesek anélkül elnyelni, hogy a tengervíz hőmérséklete számottevően emelkedne. Egyelőre! A folyamat

előrehaladtával azonban ennek a melegedésnek is előbb-utóbb mérhető módon jelentkeznie kell, ami egyes kutatók félelme szerint száz év múlva hatással lehet például az óceáni hideg és meleg áramlatokra. Tudjuk például, hogy a Brit-szigetek és Norvégia enyhének mondható téli klímáját egyértelműen az Észak-atlanti áramlat (meleg tengeráram) okozza, amely Golf-áramlat néven a Karib-tenger térségéből indul, és melegíti Északnyugat-Európa atlanti-óceáni partjait. Amennyiben ez az áramlás megszűnik, Norvégia téli időjárása hasonlóvá válik Svédországhoz, azaz például a kikötői ugyanúgy befagynak majd telente, lehetetlenné téve a ma még virágzó hajózást és halászatot, nem is beszélve a 15–20 °C-os lehűlésről. Az ilyen és ehhez hasonló, az általános melegedéssel ellentétes, lokális lehűlést eredményező várható hatások miatt keresztelték át az egész folyamat nevét globális „felmelegedésről” a kifejezőbb „éghajlatváltozás” megnevezésre.

A sarkvidék megszokott klímájának erőteljes melegedése számos járulékos kockázatot jelent. Az örök fagy birodalmában városokat, utakat, egyéb infrastruktúra-elemeket építettek a stabilnak hitt, állandóan fagyott altalajra (permafroszt). Az olvadással az épületek, építmények statikailag instabillá válhatnak, és ez a probléma nem is olyan távoli, például Oroszország számos északi régiójában már jelentkezett. A klimatológusok attól is tartanak, hogy a permafrosztban befagyott, kötött állapotú, igen nagy mennyiségű metángáz kiszabadulása újabb, beláthatatlan következményekkel járó lendületet ad majd az üvegházhatás erősödésének. Az újabb becslések szerint több száz milliárd tonnányi metán és CO₂ vár arra, hogy a permafroszt olvadása által a légkörbe jusson (1700–1850 gigatonnányi szerves anyagról van szó, amely ez idáig az örökfagynak köszönhetően hermetikusan el volt zárva). Ha ez a mennyiség kiszabadul, az olyan mértékű felmelegedést eredményezne, amely a földi élet gyökeres átalakulását jelentené. (Ecolounge, 2016)

Sok tudós fenyegeti az átlagembert az óceánok vízszintjének drasztikus emelkedésével, a tengerparti területek és egyes szigetek kataklizmaszerű eltűnésének rémképével a közeljövőben. A sarki jégtömegek olvadása valóban megindult, ám leginkább az Északi-sark régiójában, ahol a Jeges-tengerben csak kisebb szigetek találhatók. Ahol a jég az óceán felszínéről olvad el, ott nem okozhat vízszintváltozást (Arkhimédész törvénye). Természetesen a grönlandi és észak-amerikai gleccserek olvadása igen, de ez meg sem fogja közelíteni az egyes víziókban olvasható 5–10 métert. A Déli-sark régiója már izgalmasabb, hiszen ott a jég egy kontinenst borít be: ha onnan leolvad, az óceánokba folyva jelentősen növelheti a vízszintet. Az ezzel kapcsolatos felmérések jelenleg elég ellentmondásosak, vannak riasztó hírek a jégretek elvékonyodásáról, de vannak ezzel ellentétes eredmények is. Egyelőre elég megnyugtató, hogy a régióban uralkodó hőmérséklet szinte egész évben még mindig bőven fagypont alatt van, és ha a közeli területek melegedése gyorsítja is a párolgást, az ide tévedő felhőkből akkor is hó fog hullani, tehát valószínűbb, hogy a hó- és jégretek inkább vastagodni fog.

Összességében elmondható, hogy az újabb értékelések az évszázad végére a korábbiakhoz képest már nem többméternyi, csak néhány deciméternyi vízszintemelkedést jósolnak.

2.4.3. Természeti katasztrófák erősödése

Amint az előző részben említettem, az éghajlatváltozás erősíteni fogja a meteorológiai extremitásokat. Ez már önmagában is azt jelenti, hogy a természeti katasztrófák közül

a meteorológiai eredetű súlyos események gyakorisága és erőssége is nőni fog. A heves zivatarok, szupercellák, rendkívül erős szelek Magyarországon is egyre gyakrabban jelentkeznek. A Rádiós Segélyhívó és Infokommunikációs Országos Egyesület által gondozott magyarországi tornádó-adatbázis szerint (pontos adatok 1907-től) száz éve még csak 5–8 évenként észleltek tornádót hazánkban. Ez az adat az utóbbi években jelentősen emelkedett, egy 2017. május 23-i hír szerint már 6 tornádó pusztított hazánkban (és egy hetedik Bécson) az év eleje óta. (Idokep.hu 2017)

A világ más tájait szemlélve is szembetűnik, hogy az Észak-Amerikában pusztító hurrikánok vagy a Csendes-óceán régiójának ciklonjai az utóbbi évtizedekben megszorodtak, erejük és pusztító hatásuk pedig mind újabb rekordokat dönt meg.

A hirtelen jövő viharok, esőzések már önmagukban is veszélyesek lehetnek, ráadásul újabb katasztrófális eseményeket válthatnak ki. Hazánkban nagyjából 10 éve egy új fogalommal kellett megismerkednünk, az úgynevezett „villámárvízzel”, amely egy-egy heves esőzés után, lokálisan jelentkező, igen gyors lefolyású, ám pusztító áradást jelent olyan vízfolyásokon, amelyek általában csak jelentéktelen vízmennyiségeket szállítanak a medrükben. Az egyik első ilyen országos hír az volt, amikor 2010 májusában egy 160 mm csapadékot hozó eső után a Bakonyban a Cuhai-Bakony-ér villámáradása pusztított Vinye településen. Természetesen a tartós esőzések a nagyobb folyóink vízgyűjtőin is komoly áradásokhoz vezethetnek.

A tavaszi esős időszak jellemző következménye az áradások mellett a hazánkban igen gyakori belvíz megjelenése. Olykor több mint 200 000 hektáron is képes egy időben pusztítani, mint például 2006 márciusában. Európában egyedülálló sajátága hazánknak, hogy ugyanazok a területek, amelyeket tavasszal a többletvizek belvívelöntéssel sújtanak, nyár végére akár erőteljesen aszályossá is válhatnak. Tehát arra a kérdésre, hogy hazánkban sok vagy kevés-e a víz, nem is olyan egyszerű válaszolni.

A csapadéeloszlás hektikussá válása az utóbbi években a nyári aszályok erősödését eredményezte. A tartós csapadékhiány azonban más katasztrófák forrása is lehet. A nyár végére kiszáradó erdős területeken megnő az erdőtüzek kialakulásának veszélye, a szárazság erősíti a kialakuló tüzet, és ugyanakkor a víz hiánya nehezíti az oltást. A hazai viszonyoknál is nagyobb veszélyben vannak ebből a szempontból Európa mediterrán országai, és valóban, majd' minden évben hallhatunk a hírekben óriási erdő- és bozótüzekről, általában nyár végén Dél-Olaszországból, Görögországból, Spanyolországból vagy Portugáliából.

2.4.4. Gazdasági következmények

Az éghajlatváltozás már ma is érzékelhető, kezdődő jelei elsősorban a mezőgazdaság számára jelentenek problémát. A növénytermesztés számára fontos a gyakorta jelentkező, enyhe csapadék, az egyenletes, frontmentes, békés időjárás. A növényeknek értelemszerűen nem tesz jót a tartós szárazság, ugyanakkor a hirtelen, nagy mennyiségű csapadék sem jó, mert annak legnagyobb része elfolyik, nem hasznosul, és csak a talajeróziót erősíti, lemosva például a dombok, hegyek oldaláról a termőképességet jelentő földrétegeket. Az árvizek, belvizek által okozott huzamosabb idejű elöntések, bár a hordalékanyagok felfrissítik a talajokat, a szabadon termő kultúrákat megfojtják, a lágy szárú növények nagy része a víz alatt elpusztul. Az ingadozó, felszínre törő talajvíz a kioldott sótartalmak miatt szikesedést okoz. Tehát a statisztikákban szereplő, alig változó csapadékösszegek ellenére az eloszlás egyenetlenné válása

komoly gondokat jelent. A melegedés erősíti a párolgást, ami vízhiányt, kiszáradást okozhat. Az öntözés, a belvízelvezetés, a korszerű vízgazdálkodás kulcskérdéssé válik, amelynek legfőbb feladata valószínűleg a vízmegtartás lesz. A vízhiány az öntözés mellett az állattartásnak is komoly problémát jelenthet majd. Melegebb időben az állatok vízigénye is jelentősen megnő.

A hőmérsékletek emelkedése a mérsékelt égövben, azaz Európa nagy részén akár előnyt is jelenthetne, hiszen a korábban hűvösebb területeken lehet majd melegigényesebb növényfajokat is termesztetni (például búzát). Ezzel szemben az erősödő nyári meleg fokozhatja a növénykultúrák kiégését, a termés hozamok csökkenését. Mindenképpen jelentős változások várhatók az egyes országok által termesztett növénykultúrák faji összetételében és mennyiségében is. Az állattenyésztésben a szélsőséges időjárás veszélyei ellen az állatállományt várhatólag jobban kell védeni a jövőben, ami számos, költséges beruházással járhat majd.

Az ipar és a szolgáltatási szektor vonatkozásában szintén gondot jelenthetnek az extrém hőmérséklet-változások, illetve a vízhiány. A beruházások megvalósulása, az építések üteme lassulhat extrém környezeti körülmények között, amennyiben az nehezíti a munkavégzést. A meglévő és tervezett létesítmények többségénél felül kell vizsgálni a hűtő- és fűtőrendszerek kapacitását, hatékonyságát és működési tartományát.

A jövőben várhatólag új lehetőségek is megnyílhatnak a melegedésnek köszönhetően. A hideg területeken (ahol a legnagyobb mértékű lesz a változás) komoly környezeti változások várhatóak. Azokban a sarkkörön túli régiókban, ahol az állandó fagy eddig lehetett volna, bizonyos nyersanyagok kitermelését, új bányákat, kitermelőüzemeket lehet majd létesíteni. Az északi-sarki régióban már meg is kezdődtek ezek a folyamatok.

A tengeri hajózásban is nyílnak új, stratégiai fontosságú útvonalak. Példának említhetjük az úgynevezett Északnyugati átjárót, azaz azt a hajóutat, amely Európát lenne képes összekötni a Csendes-óceánnal Kanadát északról megkerülve. Ezt az útvonalat bejárni a korábbi időkben inkább csak a kalandvágyó felfedezőknél sikerült, és nekik sem mindig. A kereskedelmi hajók még a nyári időszakban is csak igen komoly költségekkel, jég-törő hajók segítségével voltak képesek itt áthaladni. Ezért aztán a fő kereskedelmi hajóút a hetekkel hosszabb, de biztonságos irányban, a Panama-csatornán keresztül vezetett napjainkig. A sarki jégolvadás üteme azonban felgyorsult, és 2013 szeptemberében a Nordic Orion nevű, megerősített teherhajó elsőként kelt át az Északnyugati átjárón jég-törőkíséret nélkül. Azóta majdnem minden évben, hosszabb-rövidebb időre „megnyílik” ez az útvonal. Ez komoly lehetőség a jövőben egy új, stratégiai hajóút kialakítására. Ehhez azonban komoly biztonsági beruházások is szükségesek, hiszen egy ilyen jelentőségű kereskedelmi útvonalat megfelelően meg kell védeni. Az érintett országok (Kanada és az Egyesült Államok) vitáktól sem mentes egyeztetésekbe kezdtek, új haditengerészeti bázisok létesítéséről és a kanadai haditengerészet jelentős, új hajóegységekkel történő fejlesztéséről döntöttek (Pangea Blog 2017).

2.4.5. Humánegészségügyi következmények

Az éghajlatváltozás által megjelenő gyakoribb, erősebb meteorológiai szélsőségek a problémák széles skáláját okozhatják majd a humánegészségügyben. A frontérzékeny embereknek gyakoribbá válnak a fejfájások, a vérnyomás-ingadozás, az általános szív- és érrendszeri,

valamint az emésztőrendszeri panaszok. Különösen veszélyeztetettek az időskorúak, a gyermekek és a várandós nők ebből a szempontból. Az érzékenység felmérésére, az érintettek körének pontos felmérésére megfelelő szűrővizsgálati rendszert kell létrehozni.

A hirtelen megjelenő hideg vagy meleg időjárás fokozottan érinti majd a szabadban dolgozókat, az utazókat és a hajléktalanokat. A melegtől jelentkező hősokk, illetve hidegben a kihűlés veszélye az, amire a lakosságot fel kell készíteni, illetve lehetőség szerinti védelmükről gondoskodni.

Az esetlegesen újonnan megjelenő betegségekre, járványokra is fel kell készülni. Az időjárás változása kedvez majd például a gombás fertőzések elterjedésének, amelyek ellen megfelelő higiénés intézkedések szükségesek. A korábban említett trópusi betegségek kapcsán az ENSZ Egészségügyi Világszervezetének (WHO) kimutatása szerint a természetes immunitással nem rendelkező, veszélyeztetett lakosság számára világ szinten több száz millió adag oltás lesz szükséges a megfelelő immunizáláshoz.

2.4.6. Társadalmi következmények

Az eddig felsorolt következmények társadalmakra gyakorolt hatása igen összetett és sokrétű. Hadd ragadjak ki ezek közül néhány fontos aspektust.

A klímaváltozás következményei a Föld egyes országait eltérő mértékben sújtják. A legsúlyosabb problémák általában az elmaradott, szegény országokban jelentkeznek, ahol az államtól nem várható segítség, az emberek pedig nem rendelkeznek megfelelő (leginkább anyagi) erőforrásokkal a gondjaik megoldásához. Bangladesben a rendszeresen visszatérő áradások milliókat tettek hajléktalanná, az emberek többsége a reménytelen visszaköltözés helyett az elvándorlást választotta. A Közel-Kelet korábban termékeny félhold nevű régiójában az állandó szárazság (és más hatások együttesen) tönkretette a mezőgazdaságot, és éhínséget okoz. Afrika és Ázsia egyes területein korábban hatalmas édesvíztömegek vannak zsugorodóban vagy eltűnőben, komoly vízhiányt okozva (Csád-tó, Aral-tó). A szárazsággal, vízhiánnyal, terméketlenné válással fenyegetett területeken gyakorivá váltak a fegyveres összecsapások. Sok helyütt „azé a víz, akinek nagyobb a puskája”. Az ezekről a területekről történő tömeges elvándorlás új fogalmat szült: „klímamenekültek”.

Egy extrém példa: a Csendes-óceánban található Kiribati szigetei csak néhány méterre emelkednek ki az óceán vizéből. Az átlagosnál erősebb dagály miatt elképzelhető, hogy a szigetek nagy részét még az évszázad vége előtt elönti az óceán, lakosaiknak el kell költözniük.

2.5. Mitigációs és adaptációs feladatok

A globális éghajlatváltozás elleni nemzetközi küzdelem a korábban már említett 1992-es riói konferenciához köthető. Az azóta elmúlt 25 évet az előrelépések és visszatáncolások láncolatának tekinthetjük. Egyes kiemelt események kapcsán (kiotói egyezmény, 1997; párizsi klímaegyezmény, 2015) időről időre felcsillan a remény, hogy az emberiség képes az összefogásra, és végre felismerte, hogy csak egységes fellépéssel lehet a folyamatot lelassítani, megállítani, később visszafordítani. Eddig viszont mindig az történt, hogy

az eredmények csak felemás sikert jelentettek, mert egyes országok, érdekcsoportok saját céljaik miatt nem csatlakoztak a megállapodásokhoz, esetleg idő előtt kiléptek belőle. Mik lennének a legfontosabb feladatok?

Az éghajlatváltozás elleni küzdelem feladatait két csoportra szokás osztani: mitigáció (elkerülés) és adaptáció (alkalmazkodás). Nyilvánvalónak tűnik, hogy hosszú távon a mitigáció a cél, ehhez azonban valóban világszintű megállapodások szükségesek. Addig is fel kell készülni a hatások erősödésére, így az alkalmazkodás tűnik a rövid távú, helyi megoldásnak. Hazánk nagyon sokat tett és tesz az éghajlatváltozás elleni küzdelemben. Magyarországnak a nemzetközi politika szintjén a mitigáció élharcosának kell maradnia, miközben itthon az adaptáció lehetőségeit kell megvizsgálni és feladatul tűzni.

Nemzetközi szinten természetesen az üvegházhatású gázok kibocsátásának korlátozása lenne a cél. Ez nem hangzik túlságosan bonyolultnak, de mivel a fosszilis energiahordozók felhasználása képezi a legtöbb gazdaság gerincét, igen komplex, hosszú és költséges folyamat a „karbonmentes” gazdaság kialakítása. Ráadásul az alternatívaként felmerülő atomenergia sem túlságosan népszerű megoldás, ami után gyakorlatilag csak a megújuló energiák használatának lehetősége marad, amelyeknek sem a kapacitása, sem a gazdaságossága nem megnyugtató jelenleg.

Természetesen emellett a szén-dioxid-megkötés erősítése is globális cél, tehát az erdőirtások megszüntetése, az esőerdők védelme, a korszerű erdőgazdálkodás mindenütt kulcsfontosságú.

Az adaptáció mint helyi feladat pedig sok-sok apró részletből állhat össze, amelyeket a következmények kapcsán említettem vagy jeleztem. Ezek közül ismételtelen kiemelném a vízgazdálkodás fejlesztését, a mezőgazdaság felkészítését a környezeti paraméterek megváltozására, a hatékonyabb védelmet a meteorológiai és hidrológiai katasztrófákkal, veszélyhelyzetekkel szemben, és a lakosság megfelelő tájékoztatását és védelmét a humán-egészségügyi fenyegetésekkel szemben.

Felhasznált irodalom

- BALÁZS Ervin – COCH Ápádné – WIEGAND Győző – FARAGÓ Tibor – HAVAS Ádám – LÁNG István – NEMES Csaba – NÉMETH János – PINTÉR Alán – SCHEURING Imre (1996): *Környezetbiztonság: az ENSZ programjai és a hazai feladatok*. Budapest, Környezetvédelmi és Területfejlesztési Minisztérium.
- BARTHOLY Judit – BOZÓ László – HASZPRA László szerk. (2011): *Klímaváltozás – 2011. Klímaszcenáriók a Kárpát-medence térségére*. Budapest, MTA – ELTE Meteorológiai Tanszék. Elérhető: <http://nimbus.elte.hu/~klimakonyv/Klimavaltozas-2011.pdf> (A letöltés dátuma: 2017. 12. 14.)
- Climate Watch (é. n.): *Data Explorer*. Elérhető: www.climatewatchdata.org/data-explorer/historical-emissions?historical-emissions-data-sources=71&historical-emissions-gases=246&historical-emissions-regions=All%20Selected&historical-emissions-sectors=843&page=1 (A letöltés dátuma: 2020. 06. 22.)
- Ecolounge (2016): *Klíma-apokalipszis: Az olvadásnak indult permafrosztból kiáramló metán turbó fokozatra kapcsolja a klímaváltozást!* Ecolounge, 2016. 08. 10. 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: 2017. 12. 13.)

- HALÁSZ László – FÖLDI László (2001): *Környezetvédelem – környezetbiztonság*. Budapest, ZMNE.
- HASZPRA László (2016): Mérőföldkövek a légköri szén-dioxid-forgalomban. *Magyar Tudomány*, 177. évf. 12. sz. 1447–1454. Elérhető: www.matud.iif.hu/2016/12/05.htm (A letöltés dátuma: 2017. 12. 14.)
- KISS Ferenc (2010): *Fenntartható fejlődés*. Nyíregyházi Főiskola. Elérhető: www.nyf.hu/others/html/kornyeztud/megujulo/Fenntarthato%20fejlodes/Fenntarthato%20fejlodes.html (A letöltés dátuma: 2017. 12. 14.)
- IPCC (2007): *Climate Change 2007 – The Physical Science Basis*. Elérhető: www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/ar4_wg1_full_report-1.pdf (A letöltés dátuma: 2020. 06. 22.)
- LÁSZLÓ Ervin (2011): *Globális problémák (multimédiás jegyzet)*. Nyíregyházi Főiskola. Elérhető: <http://globalproblems.nyf.hu/> (A letöltés dátuma: 2017. 12. 12.)
- Our World in Data (é.n.): *CO₂ emissions by sector, World*. Elérhető: <https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions#carbon-dioxide-co2-emissions-by-sector> (A letöltés dátuma: 2020. 06. 22.)
- Pangea Blog (2017): *A megnyíló Északnyugati átjáró*. Elérhető: https://pangea.blog.hu/2017/11/29/eszaknyugati_atjaro_iii (A letöltés dátuma: 2017. 12. 15.)
- SÁRVÁRY Attila (2011): *Környezetegészségtan*. Debrecen, Debreceni Egyetem.
- UNEP (2007): *Global Environment Outlook: GEO4: environment and development*. United Nations Environment Programme. Elérhető: https://na.unep.net/atlas/dAtlas/sites/default/files/GEO-4_Report_Full_en.pdf (A letöltés dátuma: 2017. 12. 13.)
- UN IPCC (2014): *Fifth Assessment Report*. United Nations Intergovernmental Panel on Climate Change. Elérhető: www.ipcc.ch/report/ar5/syr/ (A letöltés dátuma: 2017. 12. 15.)
- VIDA Csaba (2013): A biztonság és a biztonságpolitika katonai elemei. *Nemzetbiztonsági Szemle*, 1. évf. 1. sz. 87–105.