

8. fejezet

A klímaváltozás mint CBRN-információgyűjtést és feldolgozást befolyásoló tényező

Berek Tamás¹

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 megmutakozni. 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

¹ ORCID: 0000-0001-8358-6139, 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 jelenteni, 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, maradóságára 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 a 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 a 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 sűrűlódás az alsó légrétegekben keletkező szél hőmérsékletének és nedvességtartalmának profilját is meghatározza.

A turbulens diffúzióra közvetlenül hatását 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 füstzászlóként – 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 viaszasugárzás 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 vízmű, 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, amelynek 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 mozgáskéességét, 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 érzékelje, 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 szélesebségből 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 szélesebség 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 igénybevételeknek, 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-gömböcskéket 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 Talajtan*, 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
- BERNARD, T. – ASHLEY, C. – TRENTACOSTA, J. – KAPUR, V. – TEW, S. (2009): Effects of porosity on critical WBGT and apparent evaporative resistance. *Proceedings of the 13th 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 (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 (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 (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.