

A KLÍMAVÁLTOZÁS ÁLTAL JELENTKEZŐ ÚJ KIHÍVÁSOK A KRITIKUS INFRASTRUKTÚRÁK VÉDELMEBEN

Földi László³⁸⁴

Absztrakt

A globális klímaváltozás ténye és a következmények súlyossága ma már tagadhatatlan. A légkör átlaghőmérsékletének lassú növekedése mellett az erősödő időjárási szélsőségek okozzák a legkomolyabb problémákat. A szerző célja a jelenségek feltérképezése, az elsődleges és a további hatások, következmények bemutatása. A klímaváltozás által felerősödő extrémítások egyértelmű többletterhet rónak a kritikus infrastruktúrák védelmében érintett szervezetekre, a megfelelő felkészülés mind a hatékonyabb megelőzés, mind a következmények súlyosságának csökkentése érdekében kiemelt fontosságú feladat. A szerző bemutatja a klímaváltozás következményeképpen felerősödő veszélyek főbb területeit, és javaslatokat tesz az ellenük történő hatékonyabb védekezés kialakítására.

Kulcsszavak: klímaváltozás, katasztrófavédelem, kritikus infrastruktúra

Bevezetés

A biztonság számos elemére és területére gyakorolhat lényeges hatást a klímaváltozás (mint pl. az infrastruktúra, a honvédség, a rendvédelmi szervezetek, a katasztrófavédelem erői, a mentők és a tűzoltóság, továbbá a létfontosságú (kritikus) infrastruktúra egyes egyéb elemei). A klímaváltozás elsődleges és további következményei veszélyeztethetik hazánk és a környező régió stabilitását, tehát biztonsági szempontok is óhatatlanul felvetődnek.

A klímaváltozás elsődleges következményeként jelentkező időjárási szélsőségek, illetve ezek gyakoribbá és hevesebbé válása (viharak, hőmérsékleti extrémítások, extrém csapadék) egyre több pluszfeladatot és -terhet jelentenek a katasztrófák következményeit elhárító, kárfelszámoló szervek számára (közlekedés-szabályozás, komplex műszaki mentések, biztosítási feladatok, kitelepítés, életmentés stb.).

A másodlagos következmények fokozottabb előfordulásai (ár- és belvíz, sárfolyam, földcsuszamlás, aszály, elsivatagosodás, intenzív tüzek, robbanásveszély fokozódása, kritikus infrastruktúra sérülése, közüzemi és egyéb ellátó szolgáltatások zavarai, hiányhelyzetek kialakulása, társadalmi működési zavarok a pénzügyi, gazdasági, közigazgatási szférákban stb.) szintén egyre nagyobb erőket kötnek le a védekezési munkálatokhoz.

A megváltozó klíma következményeként teret nyerő „újfajta” egészségi ártalmak, így vírusos, bakteriális fertőzések (pandémiák, járványok), gombás megbetegedések, veszélyes állatok vagy növények új fajainak várható megjelenése, az infrastruktúra védelmi szektorára is jelentős többletterhet ró a felkészülés, tervezés, szervezés és megelőzés területein.

Az éghajlat meghatározó elemeinek gyakorlatilag mindegyike jelentős hatású, a jelentkező problémák egyaránt köthetők a jövőben várhatóan gyakoribbá váló hőmérsékleti szélsőségekhez, a csapadék egyenetlenebbé váló eloszlásához, illetve a gyakoribb szélviharokhoz.

³⁸⁴ Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, foldi.laszlo@uni-nke.hu

Amennyiben a védelmi szektor kapacitása nem erősödik, illetve nem tudja követni a klímaváltozás okozta igények növekedését, az előző pontoknál felsorolt változások hatására:

- Jelentősen megnőhet a lakosságot fenyegető egészségkárosító kockázatok mértéke (fertőző betegségek, hőstressz, kiszáradás, vagy akár fagyás, kihülés, szív- és érrendszeri, idegrendszeri panaszok gyakoribbá válása stb.).
- Drasztikusan emelkedhet a szélsőséges időjárási jelenségek és következményeik (viharok, heves esőzések, havazás, áradások, erdőtüzek stb.) által okozott károk mértéke.
- Csökkenhet a létfontosságú (kritikus) infrastruktúra egyéb elemeinek (közművek, pénzügyi és informatikai rendszerek, közlekedési hálózat stb.) biztonsága³⁸⁵.

A klímaváltozás

A NASA Goddard intézetének igazgatója, J. E. Hansen első háromdimenziós, számítógépes klímamodellje óta – a világszerte megszorodott és tovább fejlődött mérési és kutatási programoknak köszönhetően is – a globális klímaváltozás több fontos bizonyítékát tárták fel. Hansen szerint: „A Föld több hőt nyel el, mint amennyit visszasugároz az űrbe.” Úgy véli, hogy a „hiányzó” hő a tengerekben halmozódik fel.³⁸⁶ Ez az állítás a kételkedők számára mindmáig nem volt más, mint hipotézis.

Levitus szerint (egy másik intézetből) az óceánok a Föld éghajlatának változásait megőrizték. Ezért hét évvel ezelőtt átfogó programot szervezett a tengerek felső 3 kilométeres rétegének hőmérsékletmérésére és a korábbi mérési adatok összegyűjtésére. A mintegy tízmillió adat elemzéséből kitűnt: a léghőmérséklet 1955 és 1995 között, azaz 40 év alatt 0,06 Celsius-fokot emelkedett. „Minden arra utal, hogy e melegedés az üvegházi hatást kifejtő gázok hőmérsékletnövelő hatásának a következménye” – jelentette ki Levitus. Majd hozzáfűzte: „De még mindig nem zárható ki teljesen, hogy a hőmérséklet emelkedése a természetes klímaingadozás következménye”³⁸⁷.

A San Diegó-i Sripps Oceanográfiai Intézet kutatói legújabbán azt az ötletet vetették fel, hogy az óceáni áramlatok 1800 éves ciklusai bizonyos időszakokban – így napjainkban is – növelhetik a globális hőmérsékletet. Ha ez igaz, a Föld hőmérséklete még további 500 évig növekedni fog. Ötszáz év múlva várható ugyanis az óceáni áramlatok olyan átrendeződése, amelynek már az egész Földre hűtő hatása lehet.

A coloradói M. Serrese és kilenc társa a – a dán Climatic Change folyóiratban – a sarkvidékek éghajlatát meghatározó komponensek évtizedes-évszázados változásaival foglalkozott. Tanulmányuk szerint például Alaszka és Eurázsia bizonyos északi részeinek telei a legutóbbi 30 év során kerekén 5 Celsius-fokkal váltak melegebbé! Ám „...az elmúlt négyszáz év éghajlati bizonyítékai (...) korántsem mutatnak ilyen drámai változást” - mondja Serrese³⁸⁸.

A fenti módon meghatározott talajfelszíni hőmérsékletek évszázadokra „kisimított” (átlagolt) ingadozásait és a műszeres léghőmérséklet-mérések évi változásait (mióta ilyen mérések egyáltalán vannak, vagyis a múlt század második fele óta) egyetlen rajzon összegezték. Eszerint az átlagos hőmérséklet-emelkedés 500 év alatt 1 K (kelvin) volt; a változás valamivel nagyobb (1,1 K) az északi és csekélyebb a déli féltekén (0,8 K). Ám ennek

³⁸⁵ Láng, István (szerk.): Időjárás-éghajlat-biztonság. In. Magyar Tudomány, 2005. 7.

³⁸⁶ National Intelligence Assessment on the National Security Implications of Global Climate Change to 2030. National Intelligence Council. Washington DC. 2008.

³⁸⁷ National Security and the Threat of Climate Change. <http://securityandclimate.cna.org/>

³⁸⁸ Wirth, E.: Földünk lázgörbéi. In. Élet és Tudomány 2000/42.

az ötszáz év alatti melegedésnek a fele a legutóbbi száz évben következett be. Mi több, a felmelegedésnek mintegy a 80 százaléka a XIX. és XX. századra esik. A Föld átlagos hőmérséklete tehát a múlt század közepéig lassan, 1850 óta gyorsabban növekedett.

1750-től napjainkig bolygónk átlaghőmérséklete több mint 0,9 Celsius-fokot emelkedett – ebből 0,6 fok az utóbbi ötven év számlájára írható. Szakemberek a jövőre nézve ennél jóval radikálisabb változással számolnak: az elkövetkező évtizedben éves szinten akár 0,1-0,2 Celsius-fokot is emelkedhet a Föld átlaghőmérséklete.

Ezt a globális jelenséget – amely minden bizonnyal az ipari forradalommal, vagyis 150-200 éve kezdődött – ma általában az „üvegházhatású” gázoknak, elsősorban a szén-dioxidnak a felszaporodásával hozzák kapcsolatba. Majdnem teljes bizonyossággal állíthatjuk, hogy a felmelegedés felgyorsulásáért az üvegházhatású gázok kibocsátásának folyamatos növekedése tehető felelőssé. Míg az ipari forradalom idején a légkörben lévő szén-dioxid-mennyiség 280 milliomod térfogatrész volt, addig napjainkra ez 380-ra növekedett. Ha ez a jelenlegi ütemben folyik tovább, 2015-re a szén-dioxid légköri koncentrációja eléri a kritikusnak tartott 400 milliomod térfogatrészes szintet, és egyes modellek szerint ez akár 5 fokos átlaghőmérséklet-emelkedést is okozhat a mostanihoz képest.

Nyilvánvalóan ezek az eredmények szerepet játszottak abban, hogy az ENSZ klímaváltozással foglalkozó bizottsága (IPCC) 2000. február 28-án közreadta annak az új beszámolónak a vázlatát, amely erősítheti a pesszimista véleményeket: „... a globális éghajlatra gyakorolt antropogén hatás ma már megfigyelhető”.

A globális átlaghőmérséklet emelkedése, mint bemenő hatás, megváltoztatja a felszálló légáramlások helyét, erejét, az óceánok feletti légtömegek páratartalmát, a kicsapódások (csapadékok) rendszerét, a trópusi hőtöbbletet a hideg sarkvidékek felé szállító általános légkörzés és óceáni vízkörzés útvonalát, intenzitását, szerkezetét. Megváltozik számos helyen a lokális és regionális fényvisszaverő képesség, aminek eredőjeként változik a planetáris albedó, a hasznosítható napsugárzás mennyisége, tovább módosítva az éghajlati rendszert.

1.1 Az éghajlati övek módosulása

Az általános légkörzésnél a zárt cirkuláció az Egyenlítőtől az északi és déli szélességnek közelítőleg a 30. fokáig terjeszkedik. A trópusoknál felszálló levegő a Ráktérítő és a Baktérítő környékén leszállva erős szárazságot, sivatagi viszonyokat teremt. E cirkuláció kiterjedését és intenzitását a globális hőmérséklet, valamint annak eloszlása egyaránt befolyásolja. Történeti adatok állnak rendelkezésre arról, hogy egykor virágzó növényi kultúrák léteztek ott, ahol ma sivatagi klíma uralkodik. Eszerint a cella leszálló ága valaha – nem is olyan régen, mintegy nyolcezer éve – másutt helyezkedett el; még hozzá az Egyenlítőhöz közelebb, azaz a jelenleginél *szűkebb* volt.

A cella változása azzal a következménnyel járhat Afrikára és Európára, hogy a szubtrópusi zóna kitágul, és részben rátelepszik a Földközi-tenger térségére (elsivatagosodás, forróság, szárazság). Ezáltal a mediterrán klímát mintegy feljebb nyomja Közép-Európa felé. Következményként a mérsékelt övi ciklonok tipikus pályája szintén északabbra tolódhat, ami által kisebb tér áll a rendelkezésükre. Ez befolyásolhatja a ciklonok méretét, számát, szokásos vonulási útvonalát és fennállásuk tipikus időtartamát is. Minthogy a magasabb földrajzi szélességeken e mérsékelt övi ciklonok az időjárás meghatározói és az időjárási frontok hordozói, az ezek létrejöttében, fennállásában, intenzitásában, kiterjedésében, mozgásában és felszívódásában beálló legkisebb változás is módosíthatja nemcsak időjárásunk átlagértékeit és szélsőségeit, de időjárásunk *jellegét* is.

1.2 A csapadékeloszlás változása

Az elmúlt ötven év rekonstrukciói arról tanúskodnak, hogy módosul a passzátszelek és az antipasszátok rendszere, aminek jelentős szerepe van nálunk az Atlanti-óceán felől érkező hűvös, csapadékos szelek előfordulásában. Ez a széljárás hozza el a Kárpát-medencébe a mezőgazdaságnak oly fontos csendes esőket. A tipikus ciklonpályák módosulása, északabbra tolódása azt okozhatja, hogy Európában a tipikus csapadékövek északabbra kerülnek, azaz Dél-Európa kevesebb, Észak-Európa több csapadékot kaphat. A kettő között, Közép-Európára nehéz pontos következtetésekre jutni; a jelen állás szerint télen több, nyáron kevesebb csapadékra számíthatunk, nagyjából változatlan, illetve valamelyest csökkenő éves átlag mellett.

1.3 A szélsőségek növekedése

A tengerfelszínek növekvő párolgása, valamint a melegebb levegő nagyobb párafeltevő képessége miatt több nedvesség lesz a légkörben, intenzívebbé válik a párolgás és az esőzés, erősödik a hidrológiai ciklus. Több termikus energia lesz a rendszerben, ezáltal megnő a csapadékhullás intenzitása: az adott mennyiség hirtelenebbül, trópusiasabban, özvívyszerűen érkezik. Megnöhet az egy-egy csapadékos napra jutó eső mennyisége, miközben az éves mennyiség nem nő. Így időjárásunk szélsőségesebbé válik: hosszú aszályok váltakozhatnak nagy viharokkal érkező rövid, de hatalmas esőzésekkel. Megnöhet a jégesők száma.

A csapadékhullás szélsőségesebbé válását a hőmérséklet megváltozása kíséri. Nyilvánvaló, hogy az átlaghőmérséklet emelkedésével nő a rendkívüli melegek száma is, egyúttal ritkábban fordulnak elő nagy hidegek. Nőhet a száraz, meleg és fülledt napok, a nyári, illetve a kánikulai napok száma, a tartósan meleg időszakok hossza.

Ezek a változások már most is éreztetik kedvezőtlen hatásukat, nem is olyan sokára pedig igazi krízisállapotot hozhatnak létre, amelyek alapvetően veszélyeztetik civilizációnkat.

A szélsőséges időjárási jelenségek és következményeik

A globális klímaváltozással kapcsolatos előrejelzések, a kiadott éghajlati modellek alapján általánosságban elmondható, hogy a kritikus infrastruktúra terhelése nagymértékben nőni fog. Magyarországon a kritikus infrastruktúra fokozott terhelését az okozza, hogy az éghajlatváltozás miatt emelkedni fog a természeti katasztrófák száma és várhatóan a következmények is súlyosak lesznek. Mindazonáltal a szélsőséges időjárási események nem minden esetben vezetnek egyben katasztrófához is. A katasztrófák meghatározásából is jól elkülöníthető a fogalmi különbség.

A globális klímaváltozás miatt a kritikus infrastruktúrák biztonságos és folyamatos működése nagyobb kihívás előtt áll, mint jelenleg a magas terrorfenyegetettségű és katasztrófaveszélyeztetett régiókban. Az elsődleges hatások és az általuk előidézett másodlagos hatások közösen vezethetnek katasztrófajellegű eseményhez, ez a méretüktől és a bekövetkezés időtartamától függ, illetve attól, hogy országos szintű összefogásra van-e szükség az elhárításukhoz.

Az elsődleges hatások azok, amelyeket a klímaváltozás közvetlenül kiválthat:

- extrém magas/alacsony hőmérséklet;
- extrém csapadék (tartós esőzés, felhőszakadás, jégeső vagy tartós, maradandó hóréteget adó és/vagy hófúvással együtt járó havazás);
- szélvihar (orkán, forgószelel).

A másodlagos hatások, amelyek – értelmezésünk szerint – a fentiekből (alkalmanként egymással kombinálva) következhetnek be:

- ár- és belvíz;
- sárfolyam, földcsuszamlás;
- aszály, elsivatagosodás;
- intenzív tüzek, robbanásveszély fokozódása;
- kritikus infrastruktúra sérülése, közüzemi és egyéb ellátó szolgáltatások zavarai, hiányhelyzetek kialakulása;
- egészségi, pszichikai, humánkomfort negatív következmények kialakulása;
- társadalmi működési zavarok a pénzügyi, gazdasági, közigazgatási szférákban stb.

Az elsődleges és másodlagos hatások indikátorokkal is jellemezhetők, ezek az ún. elsődleges és másodlagos klímaindikátorok³⁸⁹.

Elsődleges klímaindikátorok

Meteorológiai indikátorok:

- a levegő hőmérséklete (átlaghőmérséklet, maximum és minimum értékek, ezek gyakorisága, illetve hossza);
- a tengerek felületi vízhőmérséklete;
- a csapadék mennyisége (átlagos mennyiség, rövid idő alatt lehullott csapadék mennyiség maximum, a heves esőzések, havazások gyakorisága);
- a szél sebessége, iránya (átlagos szélesebességek, maximum értékek);
- viharok gyakorisága, erőssége.

Másodlagos klímaindikátorok

A klímaváltozás hatásait jellemző indikátorokat környezeti, ökológiai, egészségügyi és társadalmi-gazdasági hatások szerint csoportosítják.

A környezeti indikátorok:

- a sarki és grönlandi jég mennyisége (a jéggel fedett terület nagysága);
- tengerszint, tavak, folyók vízszintje;
- a fagyponyt bekövetkezésének időpontja, a talaj hóval való borítottságának időtartama;
- talajvízszint;
- vízminőség, levegőminőség;
- a talaj nedvességtartalma,
- erdő- és bozóttüzek kialakulása stb.

³⁸⁹ Csete, László (szerk.): Klímaváltozás, hatások, válaszok. In. Agro-21 Füzetek 2003. 31.

Az ökológiai indikátorok:

- fák lombosodási, virágzási és lombhullatási időpontja;
- pillangófajok megjelenése, illetve eltűnése;
- vándormadarak megérkezésének időpontja;
- madarak költési ideje;
- populációváltozások;
- rovarok tömeges megjelenése stb.

Az egészségügyi indikátorok:

- az extrém időjárás miatti halálozás;
- a betegséghordozók elterjedésének megváltozása;
- új betegségek megjelenése stb.

A társadalmi-gazdasági indikátorok:

- vízellátás (vízfelhasználási korlátozások);
- a mezőgazdasági kultúrákban bekövetkezett változások;
- az időjárással kapcsolatos veszteségek (biztosítási költségek);
- az életmód változása stb.

Az elmúlt 100–150 évben nemcsak a klíma változott, hanem a társadalomban is olyan folyamatok, események zajlottak, amelyek növelték az éghajlattal és az időjárással kapcsolatos kockázatokat. Ezek közül Magyarországon a legfontosabbak³⁹⁰:

- Hosszabb lett az élettartam, ami azt jelenti, hogy több az idősebb ember, akik érzékenyebbek az időjárási eseményekre.
- Megháromszorozódott a városlakók aránya és így a hőség hullámok káros hatásai szélesebb néprétegeket érintenek.
- Nagyfokú függőség alakult ki a villamosenergia-ellátástól; a szélsőséges időjárás okozta műszaki problémák megbéníthatják a tömegközlekedést, a lakások fűtését, hűtését, világítását.
- A vezetékes ivóvízellátást is veszélyeztethetik a szélsőséges meteorológiai események, a sérülékeny vízbázisok esetében.
- Megjelentek és elterjedtek az energiafallozó légkondicionáló berendezések.
- A szabad ég alatt drágább eszközök, berendezések találhatóak, mint korábban, amelyek az időjárás okozta sérülések esetén nagy kárt szenvednek.

Tehát az olyan megjegyzések, hogy „régén is voltak viharok, jégesők, hőség-periódusok és túléltek azokat”, csak részben igazak, mert a társadalomra gyakorolt (vagyoni vagy egészségi) hatása lényegesen eltérő jellegű és mértékű, mint amit korábban tapasztaltak.

A társadalom klímaérzékenysége, klímasérülékenysége napjainkban sokkal nagyobb, mint 100-150 évvel ezelőtt. Ez a tény is indokolja, hogy az időjárás okozta biztonsági kockázatokra nagy figyelmet fordítsanak. Az elmúlt évek alatt természetesen bekövetkeztek kedvező és előnyös változások is. Elegendő az időjárás-előrejelzés megbízhatóságára utalni. Továbbá korszerűsödtek a védekezési eljárások és technológiák is. Kiépültek a helyi és országos katasztrófa-elhárítást, kármentesítést végző csoportok, szervezetek. Az új távközlési rendszerek (pl. a mobiltelefonok) növelik a védekezés hatékonyságát, az észlelés, a riasztás és

³⁹⁰ Mika, János (szerk.): Klímaváltozás, hazai hatások. In. Természet Világa, 2004. II. különszám.

a kapcsolattartás segítségével. Következtetésként megállapítható, hogy egységes rendszerben célszerű szemlélni a klíma és a társadalom változását, átalakulását³⁹¹.

Hazánkban, a kritikus infrastruktúrákat illetően, a közlekedési szektort számos vonatkozásban negatívan befolyásolja az átlaghőmérséklet megváltozása. Mind a közlekedési eszközök, járművek, mind az utak szerkezeti elemeinek esetében az alapanyagok megválasztása kulcsfontosságú szerepet játszik a biztonságos és hosszú távú működés szempontjából. Az extrém hőmérséklet jelentősen ronthatja a szerkezeti anyagok stabilitását, kopásállóságát, a felületek minőségét. A vasúti, a közúti, a légi közlekedés zavartalanságát érinthetik az időjárási viszonyok, amelyek akár a teljes közlekedés lebénulásával, ezzel párhuzamosan pedig az alapvető szolgáltatások (egészségügy, élelmiszer- és vízellátás stb.) akadozásával járhatnak.

A vízzel kapcsolatos kritikus infrastruktúra elemek között említhető az ivóvíz- szolgáltatás, illetve ennek műszaki egységei, amelyekre negatívan hathatnak a már felsorolt jelenségek (pl. csővezetékek). A szennyvízelvezetés és a szennyvíztisztítás folyamatában az extrém hőmérsékletek kiemelten fontosak, hiszen a biológiai szennyvíztisztítók működési hatékonysága egy meghatározott hőmérsékleti intervallumban a legnagyobb, túl hidegben befagyhat a bioreaktor, valamint lelassul a mikroorganizmusok tevékenysége, míg túl melegben oxigénhiány léphet fel. Az árvízvédelmi töltések és gátak állapotát nagyban befolyásolják az időjárási jelenségek, például a heves esők fokozzák a rézsűk erózióját.

Az élelmiszer, mint kritikus infrastruktúráterület tekintetében problémák adódhatnak a termeléssel a szikesedés, vagy éppen viharok, jégverések okozta terménypusztulás következtében, valamint a fogyasztókhöz történő eljuttatás során a közlekedési szektor akadozása esetén. Az egészségügyi ellátás folyamatosságát, a megfelelő gyógyszer- és vérkészletek fenntartását szintén nehezítik az extrém időjárási jelenségek, valamint az ezek következtében az egészségügyi ellátást igénybe vevők tömegének megjelenése, például kánikulában az ájulások esetek, ónos esők esetén a zúzódást és törésest szenvedett betegek száma megsokszorozódik. Az ipari egységek fizikai biztonságát veszélyeztetik a nagy viharok, tornádóerejű szél, a heves esőzések hatására kialakuló ár- és belvízi jelenségek, illetve sárlavinák, földcsuszamlások. A jogrend és a kormányzat, valamint a közbiztonság és a védelem szektorait közvetetten érinthetik a klímaváltozás másodlagos hatásai, elsősorban a komplex problémák okozhatnak fennakadást ezen ágazatok munkájában.³⁹²

A kritikus infrastruktúrát sújtó hatások megelőzésének vagy a következmények enyhítésének lehetőségei

Az éghajlatnak a kritikus infrastruktúrákra nézve kockázatot jelentő változásait több aspektusból is elemezni szükséges. Ezek egyrészt a funkciói teljesítéséből eredően általa összekapcsolt erőforrások keletkezési helyét, valamint a rendelkezésre állás végpontjait jelentik. Az üzemzavarok, leállások másikkal, a biztonságot nem elhanyagolható módon veszélyeztető területe, magának a technológiai rendszernek az összeomlása és az annak következményeként a környezetben előálló kár. A harmadik – és egyben a legmélyebb vizsgálódást igénylő – kérdés az interdependenciák következtében felmerülő kockázatok mibenlétének a felderítése.

Mindezek alapján tehát fel kell tárnunk, hogy milyen hatást gyakorolhatnak az ellátás biztonságára, ha:

³⁹¹ Láng, István (szerk.): A globális klímaváltozás: hazai hatások és válaszok, a VAHAVA jelentés. Szaktudás Kiadó, Budapest, 2007.

³⁹² Lindmayer, Judit: A klímaváltozás másodlagos hatásai a Kárpát-medence biztonságára

- a rendelkezésre állást biztosító létfontosságú infrastruktúrán nem juttatható el a nyersanyag, termék vagy szolgáltatás (továbbiakban: erőforrás) a felhasználókhöz, mivel a környezet időjárási körülményeinek megváltozása ezt megakadályozza;
- a létfontosságú infrastruktúra igénybevételel ugyan biztonságosan elérhető a forrásoldal, de már a funkciójában sérült rendszer nem tudja azt továbbítani a felhasználóhoz az időjárási szélsőségek miatt bekövetkező leállásnak köszönhetően;
- a létfontosságú infrastruktúra üzemeltetése során alkalmazott veszélyes technológia vagy erőforrás környezetkárosító hatásától védő rendszer sérülését kiváltani képes időjárási feltételek állnak elő; illetőleg
- a működésében más infrastruktúrától függő, létfontosságú infrastruktúra működésében zavar keletkezik az előbbi extrém időjárási elemeknek való kitettség miatt.

A kritikus infrastruktúra védelmével kapcsolatban új és egyre súlyosabb szempontként jelentkeznek az éghajlatváltozás növekvő hatásai, amelyek fokozzák annak sérülékenységét. Várhatóan nő a szélsőséges időjárási események folytán bekövetkező zavarok valószínűsége elsősorban a közúti és kötőtpályás közlekedésben, az áramellátás (távvezetékek sérülése), az ivóvízellátás (vízbázis sérülése) és ezekkel összefüggésben a közellátás, valamint az infokommunikáció terén³⁹³.

A szélsőséges időjárási események a közúti és vasúti közlekedésben dominószzerű hatást válthatnak ki. Egy néhány perces áramkimaradás következményei nemcsak a lokális térben hatnak majd, hanem a regionális, országos és nemzetközi szintet is elérhetik. Ennek feladataira vonatkozóan a korábbi évek nyugat-európai áramkimaradásai hasznosítható tapasztalatokkal szolgálhatnak. 2003-ban 30 000 utas rekedt a nyílt vonalakon, és gondoskodni kellett a legközelebbi állomásra történő vontatásukról. Az ilyen rendkívüli helyzetek kezelését megnehezíti, hogy a hatások közvetlen és közvetett módon egyszerre több szektorban jelentkeznek majd.

A rendkívüli időjárási helyzetek okozhatják az előzőleg felvetett eseményeket azáltal, hogy az időjárási tényezők:

- közvetlenül hatnak a létfontosságú infrastruktúrák fizikai elemeire;
- olyan környezeti változást idéznek elő, amelynek kivédésére sem a létesítést megelőző tervezés, sem pedig a krízishelyzetek kezelését szolgáló biztonsági rendszer nem képes.

Ennek alapján az időjárás prognosztizált változásaiból kiindulva vizsgálandók, hogy a kritikus infrastruktúrák üzemfolytonosságának veszélyeztetésében milyen szerepet játszhat:

- a szélsőségesen nagy mennyiségű csapadék;
- a viharos szél;
- a rendkívüli hőmérsékletváltozás;
- a különlegesen intenzív, természetes forrásból származó egyéb sugárzás (pl.: napkitörések).

Kiemelt figyelmet érdemel az a tény, hogy ezek az önmagukban is veszélyes időjárási paraméterek – más környezeti elemekben rendkívüli mértékű változásokat keltve – újabb veszélyeket gerjeszhetnek.

³⁹³ Horváth, Attila: Hogyan értessük meg a kritikus infrastruktúra komplex értelmezésének szükségességét és védelmének fontosságát, http://www.hadmernok.hu/2010_1_horvatha.pdf, In. Hadmérnök V:(1) pp. 377–386. (2010).

Például egy-egy intenzív csapadékzóna a felszíni vizeken levonuló töltésállékonyságot is fenyegető árhullámokat indíthat el, súlyos esetben árvizekhez vezetve. Hasonlóan jelentékeny lehet a helyenként a nagy esőzéseket kísérő földcsuszamlások létfontosságú infrastruktúrákat érő hatása is.

A tartós hőhullámok nem kevésbé veszélyesek azokra a létfontosságú infrastruktúrákra, amelyek szerkezeti károsodás révén válhatnak használhatatlanná. A hőhullámokat kísérő vízhiány nemcsak a nagy hőelvonást igénylő infrastrukturális létesítményeknél szükséges technológiai vízkivételt lehetetlenít hetik el, de az ivóvízkészleteket is csökkenthetik.

A magyarországi kritikus infrastruktúrák elsősorban lakosságellátásra és településbiztonságra koncentráló vizsgálatával az Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság 2001 óta foglalkozik. A belső normája részévé tett éves rendszerességű, kiemelt feladatban a lakosság ellátása szempontjából meghatározó áram-, gáz- és ivóvíz- (szennyvíz-) szolgáltatást, valamint a közlekedés különböző ágait (közúti, vasúti, vízi, légi), a távközlést, az informatikai hálózatokat, az energiaellátást (elektromos áram-, üzemanyag-, szén-, gáz- és távhőellátás), valamint az árvízi védművek állapotát vizsgálják.

Az éghajlatváltozás a vázolt jelenségeket felerősítheti, és által fokozhatja a létfontosságú infrastruktúrák sérülésének kockázatát. Az éghajlatváltozás Magyarországon várható hatásai az alábbiakban valószínűsíthetők³⁹⁴ :

- a nyarak forróbbá és szárazabbá válnak;
- a telek mérsékeltébbek és esősebbek lesznek;
- szélsőségek és rendkívüli időjárási jelenségek;
- több hőségnap, kevesebb fagyos nap várható;
- egyszerre várható a súlyos aszályok és árvizek kockázatának növekedése;
- gyakoribb és súlyosabb viharokra számíthatunk.

Megállapítható tehát, hogy az éghajlatváltozás a létfontosságú infrastruktúrák zavarai bekövetkeztének gyakoriságát növelő jelenség. Ezt azonban bizonyos körülmények felerősíthetik. Ilyen az időjárási körülmények mind gyakoribb hektikus változásaiból, nagy intenzitású események bekövetkeztéből eredő károsodások megelőzésére, helyrehozására szolgáló költséges fenntartási munkák elmaradása. A biztonsági struktúrák működőképességének költségtakarékosságból történő háttérbe szorulása az üzemfolytonosság megőrzésének oldalról gyengítik az infrastruktúrák létfontosságú elemeit, amelyek ezáltal nem minden esetben tudnak eleget tenni az ismételt krízishelyzetek jelentette fokozott igénybevételnek és a folyamatos rendelkezésre állás elvárásainak.

A létfontosságú infrastruktúrák más elemeinek üzemeltetése jelenleg is többnyire maximum közeli kapacitás mellett folyik, ami az időjárási anomáliák okozta kritikus helyzetekben megnövekedett igényeket nem minden esetben képes kielégíteni.

Egyes esetekben az igények növekedési ütemétől elmaradó fejlesztések az interdependenciák révén más, kellő anyagi háttérrel rendelkező kritikus infrastruktúrák modernizálását is lassítják, ezáltal a társadalmi fejlődés, vagy akár működőképesség akadályozó tényezőjévé válva.

A forrás-, illetve a fogyasztói oldalon feltárt kockázatok csökkentésére irányuló intézkedések elmaradása miatt mind gyakrabban kell majd szembenézni az üzemfolytonosság megszakadásából eredő krízishelyzetek kezelhetőségének nehézségeivel.

³⁹⁴ Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia 2008–2025, 75. o., <http://www.kvvm.hu/cimg/documents/nes080214.pdf>

A már most is látható problémák egy részének kezelésére:

- A létfontosságú infrastruktúrák esetében az üzemfolytonosságot és a rendelkezésre állást befolyásoló tényezők esetében minimum követelményeket kell felállítani.
- Megfelelő pénzügyi háttérrel biztosító finanszírozási rendszert kell kialakítani a kritikus infrastruktúrák működőképességét csökkentő körülmények javításához.
- A létfontosságú infrastruktúrák éghajlatváltozásnak kitett szegmensei esetében az üzemfolytonossági tervezésben az időszaki felülvizsgálatok elemévé kell tenni az időjárási hatások változását.
- A kritikus infrastruktúrák védelmére szolgáló intézkedésekbe, programokba be kell építeni az éghajlatváltozás jelentette módosító hatásokat.
- Azonosítani kell azokat a kritikus infrastruktúraelemeket, amelyeket érinthetnek az éghajlatváltozás károsító hatásai.
- Az éghajlatmodelleknek megfelelően, kockázatelemzést kell végezni arra vonatkozóan, hogy a kritikus infrastruktúraelemek folyamatos és biztonságos működéshez milyen intézkedéseket kell foganatosítani.
- A globális és regionális interdependenciákkal bíró kritikus infrastruktúrák védelmében közös mechanizmusokat kell kialakítani, a nemzeti védelmi struktúrákhoz igazodva.
- A lakosság élet- és vagyónbiztonságának megóvását célzó tervezés során bővíteni kell a szükségessé váló tartalékokat, az alternatív megoldások igénybevételének lehetőségét.
- Az éghajlatváltozás által sújtott térségekből érkező jelentős számú népesség – az ún. klímamenekültek – okozta esetleges kapacitáshiánnyal is számolni kell a létfontosságú infrastruktúrák tekintetében.
- A veszélyhelyzet-kezelési rendszerek intézményi és technikai fejlesztési koncepcióba be kell építeni a globális klímaváltozás kihívásait.
- Meg kell határozni a kritikus infrastruktúra fenntartásával, működtetésével és védelmével kapcsolatos állami, önkormányzati, tulajdonosi és üzemeltetői feladatokat, valamint jog- és hatásköröket.
- Gondoskodni kell a lakosság felkészítéséről annak érdekében, hogy a rendkívüli helyzetek előfordulásakor minimalizálni lehessen az áldozatok számát és a bekövetkező anyagi károkat.

Hatékony válaszlépések a klímaváltozás kihívásaira

Kutatásom elsődleges célja a klímaváltozás által a katasztrófavédelemben, elsősorban a kritikus infrastruktúrák védelmében jelentkező új kihívásokra adható válaszok, megoldások feltérképezése. Ezek között elsődleges fontosságú, javító intézkedések lehetnek az alábbiak:

- A képességek erősítése a védelmi szektor szervezeteinél a finanszírozás javításával, a személyi állomány létszámának és képzettségének növelésével, oktatással, korszerű technikai eszközökkel történő ellátással, vezetési és szervezési átalakításokkal.
- A védelmi igazgatás elemeinek (szervezeteinek, vezetésének) alapos felkészítése a klímaváltozás jelentette új (magnövekedett) kockázatok kezelésére.
- A klímaváltozás jelentette megváltozott feltételrendszer szükségessé teszi a biztonság intézményrendszerének felülvizsgálatát, kiemelten a katasztrófavédelmi specializációkat. A társadalom veszélyérzete a klímaváltozás következményeivel

szemben növekvő tendenciát mutat, amelyre válaszképpen a katasztrófavédelem területén is megfelelő szolgáltatásokat kell kialakítani.

Érdemes feltérképezni a katasztrófavédelem rendszerét magában foglaló hazai és tágabb (régiós, nemzetközi) környezetet, ezen belül konkrétan azt, hogy a belső és külső környezet milyen segítő, esetleg gátló tényezőket jelent a rendszer fejlesztése számára:

Belső segítő tényezők:

- A problémák tudományosan ismertek, a meghozandó intézkedések metodikája kidolgozott.
- Magyarország katasztrófa-veszélyeztetettsége a világtálaghoz képest alacsonyabbnak mondható (kivéve árvizek, belvizek).
- A veszélyhelyzetek elhárítására ma Magyarországon jól felépített, szakmailag felkészült védelmi szervezetek működnek.

Belső gátló tényezők:

- pénzügyi nehézségek;
- nem elegendő létszámú személyi állomány;
- korszerű technikai eszközök hiánya;
- az erők nem megfelelő diszlokációja;
- a megfelelő tervezés, illetve preventív intézkedések hiánya;
- a változások jövőbeli megjelenéséről és időbeli felfutásáról csak modellek állnak rendelkezésre, a tapasztalatok hiánya megnehezíti a felkészülést, és magában hordozza annak veszélyét, hogy bizonyos következményekkel ma még nem számolunk;
- A társadalom biztonságérzete. A magyar társadalom egésze, beleértve az értelmiséget is, nem érzi valóságos biztonsági kockázatnak a klímaváltozással járó veszélyeket.

Külső segítő tényezők:

- A védelmi szféra területén Magyarország nemzetközi kapcsolatrendszere jól kiépített, a világ legjelentősebb katonai (és politikai) szervezetének tagországa vagyunk.

Külső gátló tényezők:

- A klímaváltozás környezeti hatásaiként egyre hevesebben jelentkező természeti (és civilizációs) katasztrófák különösen súlyosan érintik a térség egyes szűkös erőforrásokkal és fejletlen gazdasági rendszerrel rendelkező országait.
- Magyarországra földrajzi adottságainál fogva fokozottan hatnak a Kárpát-medence szomszédos országaiban keletkező környezeti és civilizációs ártalmak, a víz- és levegőszennyezés, valamint az esetleges katasztrófák.
- Az infrastruktúra és a katasztrófavédelem területén még mindig nem rendelkezünk elégséges határmenti kapcsolatrendszerrel, elsősorban a kistérségi, kétoldalú segítségnyújtási egyezmények vonatkozásában.

Kiemelt fontossággal bír a területen a kibocsátások (emisszió) csökkentési lehetőségeinek kutatása. Az infrastruktúra és a katasztrófavédelem területén az üvegházhatású gázok kibocsátása határozottan problémás, hiszen az elemek működtetése jelentős mennyiségű energiát igényel, amelynek előállítása (amennyiben fosszilis energiahordozó felhasználásával történt) áttételesen hozzájárul az üvegház-gázok koncentrációjának növekedéséhez. A megvalósítandó célok³⁹⁵ :

- az energiaszükséglet egyre nagyobb hányadának kiváltása megújuló energiák felhasználásával;
- az energiaszükséglet csökkentése korszerűbb, környezetkímélőbb felhasználói technológiákra történő átállással;
- a logisztikai ellátó rendszerek korszerűsítése a fajlagos üzemanyag-felhasználás csökkentésének érdekében.

Összegzés

A klímaváltozás folyamatának, a következmények jövőbeni alakulásának kutatása napjainkban éles vitákra okot adó tudományterület. Újabb és újabb tanulmányok, elemzések és értékelések jelennek meg világszerte, melyek egy része vészharangot kongat, másik része viszont igyekszik bizonyítani, hogy a folyamat nem jelent tartós veszélyt az emberiség számára.

A közelmúlt adatai mindenképpen azt támasztják alá, hogy az időjárási szélsőségek gyakrabban és hevesebben jelentkeztek Magyarországon, mint azt az elmúlt száz év átlagos értékei alapján várhatnánk. Hozzákapcsolva ehhez azt a tényt, hogy a társadalmi-gazdasági fejlődés jelenlegi szintjén sokkal „klímaérzékenyebbek” vagyunk, mint mondjuk néhány évtizeddel korábban, könnyen belátható, hogy akkor cselekszünk leghelyesebben, ha felkészülünk a hevesebbé váló meteorológiai eredetű katasztrófa-helyzetek hatékonyabb kezelésére.

A klímaváltozás következményeképpen felerősödő negatív jelenségek pontosabb feltérképezése, alaposabb ismerete egyértelmű segítséget jelent a hatékonyabb megelőzés kialakításához és az esetleges következmények súlyosságának csökkentéséhez.

A cikkben röviden felvázolt természeti jelenségek, azok következményeinek elemzése jó kiindulást adott arra nézve, hogy milyen erősödő negatív hatásokkal kell számolnunk a kritikus infrastruktúrák védelmének területén, és mely területeken kell erősítenünk a meteorológiai jellegű katasztrófák elleni védekezést. Az erre tett javaslataim, továbbá a felvázolt segítő és gátló körülmények feltérképezése, csak a kezdeti lépés a jelenlegi helyzet javítására. A téma további, részletes kutatása jelentős eredményeket adhat, ami közvetlenül is segítheti a kritikus infrastruktúra hazai elemeinek, a lakosság, az anyagi javak és erőforrásaink jobb védelmét.

³⁹⁵ VAHAVA projekt www.vahava.hu, Láng, István (2003): Bevezető gondolatok „A globális klímaváltozással összefüggő hazai hatások és az arra adandó válaszok” című MTA-KvVM közös kutatási projekthez. In. AGRO-21 Füzetek 31.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- Csete, László (szerk.): Klímaváltozás, hatások, válaszok. In. Agro-21 Füzetek 2003. 31.
- Horváth, Attila: Hogyan értesük meg a kritikus infrastruktúra komplex értelmezésének szükségességét és védelmének fontosságát, http://www.hadmernok.hu/2010_1_horvatha.pdf, In. Hadmérnök V:(1) pp. 377–386. (2010).
- Láng, István (szerk.): A globális klímaváltozás: hazai hatások és válaszok, a VAHAVA jelentés. Szaktudás Kiadó, Budapest, 2007.
- Láng, István (szerk.): Időjárás–éghajlat–biztonság. In. Magyar Tudomány, 2005. 7.
- National Intelligence Assessment on the National Security Implications of Global Climate Change to 2030. National Intelligence Council, Washington DC. 2008.
- National Security and the Threat of Climate Change. <http://securityandclimate.cna.org/>
- Lindmayer, Judit: A klímaváltozás másodlagos hatásai a Kárpát-medence biztonságára. In. Repüléstudományi Közlemények 2012. 2. szám, 260-272. o., <http://www.szrfk.hu/rtk/index.html>
- Mika, János (szerk.): Klímaváltozás, hazai hatások. In. Természet Világa, 2004. II. különszám.
- Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia 2008-2025, 75. o., <http://www.kvvm.hu/cim/documents/nes080214.pdf>;
- VAHAVA projekt www.vahava.hu, Láng István (2003): Bevezető gondolatok „A globális klímaváltozással összefüggő hazai hatások és az arra adandó válaszok” című MTA-KvVM közös kutatási projekthez. AGRO-21 Füzetek. 31.
- Wirth, E.: Földünk lázgörbéi. In. Élet és Tudomány 2000/42.