

Szélsőséges időjárási jelenségek Európában és hatásuk
a nemzeti, valamint az uniós alkalmazkodási stratégiákra

A fordítás a „Trends in extreme weather events in Europe: implications for national and European Union adaptation strategies” című kiadvány alapján készült.

A jelentés a www.easac.eu honlapon is megtalálható.



Európai Akadémiák Tudományos Tanácsadó Testülete (EASAC)

További információ:

secretariat@easac.eu

www.easac.eu

Szélsőséges időjárási jelenségek Európában és hatásuk a nemzeti, valamint az uniós alkalmazkodási stratégiákra

EASAC 22. sz. szakpolitikai jelentés



Magyar Tudományos Akadémia
Budapest, 2014

A jelen kiadvány semmilyen része nem másolható, tárolható vagy továbbítható semmilyen formában vagy eszközzel a kiadó előzetes írásbeli engedélye nélkül, ide nem értve a kutatás, az egyéni tanulmányok, a kritika, valamint a véleményezés céljaira való jóhiszemű felhasználást, továbbá a megfelelő sokszorosítási jogokkal rendelkező szervezet által megadott engedély feltételeinek megfelelően terjeszthető. Az itt meghatározott feltételektől eltérő sokszorosítást illető kérdéseket az alábbi címre kell megküldeni:

EASAC Secretariat
Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina
German National Academy of Sciences
Jägerberg 1
D-06108 Halle (Saale)
Németország
Tel: +49 (0)345 4723 9833
Fax: +49 (0)345 4723 9839
E-mail: secretariat@easac.eu
Web: www.easac.eu

Címlapkép: Gátszakadás Szász-Anhalt tartományban, Németország, 2013. június
A picture alliance engedélyével

ISBN 978-963-508-708-2

© Leopoldina Német Nemzeti Tudományos Akadémia
© Magyar Tudományos Akadémia

Kiadja a Magyar Tudományos Akadémia
Kiadásért felel: Pálinskás József, az MTA elnöke
Felelős szerkesztő: Kindert Judit
Nyomdai munkálatok: Kódex Könyvgyártó Kft.

Tartalomjegyzék

Előszó	7
1. Előzmények.....	11
2. Szélsőséges időjárás és európai tendenciák	13
3. A globális felmelegedés és az időjárási szélsőségek közötti kapcsolat.....	18
4. Egyes éghajlati szélsőségek.....	22
4.1. Rendkívüli hőség és hideg	22
4.2. Szélsőséges csapadék.....	26
4.3. Viharok, szelek és vízszintemelkedések.....	29
4.4. Aszály	31
5. Jövőbeli kockázatok és alkalmazkodás	32
6. Következtetések.....	37
7. Ajánlások	40
8. Bibliográfia	43
9. EASAC-munkacsoport.....	45
EASAC	46

Előszó

Az elmúlt 50 évben a Föld felszínének átlaghőmérséklete mintegy 0,7 Celsius-fokkal emelkedett, ehhez nagy valószínűséggel hozzájárult az üvegházhatású gázok kibocsátásának a megnövekedése. Az ezzel összefüggő gazdasági és társadalmi kockázatok, a valószínűség és a bekövetkezés szorzata szintén növekedő tendenciát mutat. Ahogy egyre növekszik az emberi tevékenységgel összefüggő üvegházhatásúgáz- és szemcsésanyag-kibocsátás, ugyancsak nő a cselekvés iránti igény minden bizonytalanság ellenére. Ugyanis elsősorban nem a klimatikus változók, azaz a hőmérséklet, a csapadék vagy a szél, illetve az ezekből származtatott változók – mint a vihardagály vagy a felszíni vizek lefolyása – átlagértékének a változása az, ami komoly kockázatot jelent, hanem ezen változók szélső értékeinek a módosulása. A jövőben előforduló szélsőségek válhatnak majd a gazdasági és társadalmi hatások legfőbb előidézőivé.

Ezzel együtt a klímaváltozást előidéző tényezők enyhítésének megvan az a haszna, hogy csökkenti az alkalmazkodás költségeit. Ám az enyhítési és az alkalmazkodási intézkedéseknek együtt kell járniuk. Úgy kell a befektetéseket irányítani, hogy a kockázatok csökkenjenek, továbbá a kettő közti költség-haszon arány optimális kapcsolatot mutasson.

A jelen EASAC-jelentés annak az értékelésnek az összegzése, amely a Norvég Tudományos és Bölcsészettudományi Akadémia és a Norvég Meteorológiai Intézet vezetésével az EASAC-kal folytatott együttműködés eredményeként készült az Európában tapasztalható szélsőséges időjárás múltbeli és valószínű jövőbeli változásairól. Olyan hatásokkal foglalkozik, mint a kánikula, az árvizek, az aszályok és a viharok. A munka, amely a klímaváltozással foglalkozó kormányközi bizottság 1. munkacsoportja által készített 5. helyzetfelmérő jelentés döntéshozók számára készült összefoglalójának (Summary for Policy Makers of the 5th Assessment Report from Working Group 1 of the Intergovernmental Panel on Climate Change) megjelenése előtt készült el, európai szemszögből szolgál szakértői megerősítéssel. Kiemelten foglalkozik

a múltbeli szélsőséges időjárási jelenségekben fellelhető, éghajlat alakította változások bizonyítékainak jellegével, a további klímaváltozás potenciális hatásával e szélsőségek „szabályszerűségeinek” az átalakításában, valamint a szélsőséges időjárási hatások kezelésének a lehetséges alkalmazkodási stratégiáival.

A szélsőséges időjárási jelenségek változásai bizonyos esetekben komoly kihívást jelentenek majd az Európai Unió és tagállamai számára. Például az aszály növekedése, még több szélviharral társulva, minden bizonnyal hatással lesz a mezőgazdasági termelékenységre. Bár a mezőgazdaság jelentős alkalmazkodási képességgel rendelkezik, olyan beruházásokra lesz szükség, amelyek növelni fogják a mezőgazdaság termelési költségeit. Elengedhetetlen a gondos tervezés és a jövőbeli állapotok lehető legjobb feltérképezése azért, hogy például a növénytermesztési programok a megfelelő irányba haladjanak.

Az EASAC-munkacsoport kiemelten odafigyelt arra, hogy szétválassza azokat a kérdéseket, amelyekről nagy megbízhatósággal rendelkezünk ismeretekkel, és azokat, amelyekben kevésbé biztosak a szakemberek, továbbá azoknak az adatoknak a pontosságáról is közölnek információt, amelyek a szélsőséges időjáráshoz és a klimatikus változásokhoz való alkalmazkodással kapcsolatos tanácsokhoz fűződnek. E jelentés célcsoportját olyan európai intézmények döntéshozói és politikusai jelentik, akik elkötelezettek amellett, hogy a szakpolitikák megfogalmazása és megvalósítása során a (tudományos) bizonyítékokra alapozzanak. Az EASAC reméli, hogy a jelentés hozzá fog járulni ahhoz a vitához, amely az elkövetkezendő szélsőséges időjárás Európa népeire és gazdaságaira gyakorolt hatásáról szól, és igazolja a klímaváltozás kormányközi bizottsága által már eddig megfogalmazott számos üzenetet.

Köszönetet mondunk az Øystein Hov professzor által vezetett EASAC-munkacsoportnak szakértői gondolataiért és a részletes, teljes jelentéséért, Lars Walløe professzornak, aki ezt a munkát elsőként szorgalmazta, a Norvég Tudományos Akadémiának azért, hogy az EASAC-munkacsoport tevékenységet irányította, és a munka költségének egy

részét fedezte, valamint Michael Norton professzornak az EASAC-dokumentum összeállításáért. Hálásak vagyunk az EASAC-tagakadémiának az általuk rendelkezésre bocsátott minden adatért, valamint az anyagokat lektorálóknek és az asszisztenseknek, akik azon fáradoztak, hogy a jelentés minél pontosabb, teljesebb és hozzáférhetőbb legyen.

Sir Brian Heap professzor
az EASAC elnöke

1. Előzmények

A szélsőséges időjárásnak súlyos következményei lehetnek a társadalmakra. Európában és Oroszország egyes részein soha nem tapasztalt kánikula tombolt 2003 és 2010 nyarán. 2013-ban rekordot döntő árvizek pusztítottak Németországban, Magyarországon és más országokban. 2007 nyarán egy olyan romboló árvízszorozat pusztított szerte az Egyesült Királyság területén, amely ellen a védekezés hiábavalónak bizonyult. Ezek a rövid példák jelzik, hogyan hathat a szélsőséges időjárás az életre és az életfeltételekre, a mezőgazdaságra és az ökörendszerekre, és miként okoz hatalmas károkat a vagyontárgyakban és az emberi életben. Bármilyen tendenciától függetlenül e példák arra is rámutatnak: elkerülhetetlen, hogy a mai éghajlati anomáliákhoz alkalmazkodjunk. A rendkívüli időjárási jelenségek most már a szokásos életfeltételek részévé váltak, amelyekhez a társadalom bizonyos fokig felnőtt, és megtanult alkalmazkodni. Ennek ellenére kritikus kérdés marad, hogy a felmelegedő bolygót is figyelembe véve az ilyen szélsőséges jelenségeknek van-e valamilyen tendenciája.

A globális felmelegedés népies elképzelése gyakran egy egyenletes és fokozatos változás mentális képén alapul. Ennek ellenére egy adott hely adott időben várható és lehetséges időjárása az alig némi melegedestől az igen gyors hőmérséklet-növekedésig bármilyen képet mutat, ahogy ezt a sarkövi hőmérsékleti értékek emelkedésében jelenleg megfigyelhetjük. Így a klímaváltozás hatásaival a helyitől a regionális szintig terjedően kell foglalkozni az alkalmazkodás vonatkozásában. A klímaváltozáshoz történő alkalmazkodás nem egyszerűen az átlagos változásokhoz való alkalmazkodás kérdése, hanem sokkal inkább a szélsőségek előfordulásának gyakoriságában, intenzitásában és időtartamában várható változásokhoz történő adaptálódás. Az uniós szintű politikai elképzelések megfogalmazása 28 országot érint, amelynek együttes lakossága több mint 500 millió főt jelent. Az EU-országok több, nagyon különböző éghajlati zónában fekszenek a szubtrópusi Földközi-tengertől a sarkkörig. A szélsőséges időjárási jelenségek gyakoriságában vagy intenzitásában bekövetkező változásoknak jelentős következményei vannak a kontinens sérülékeny helyein élő lakosságra

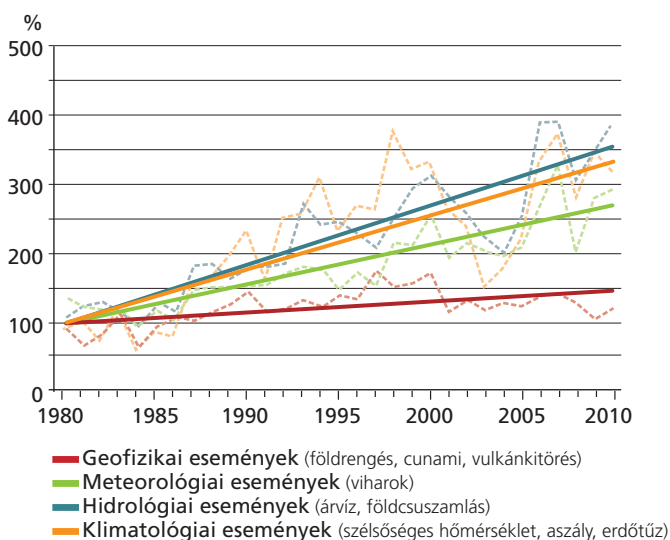
nézve. Tekintettel az éghajlati rendszer azon jellemzőjére, hogy a változások eddig még nem fejthették ki teljes hatásukat, továbbá hogy a globális felmelegedés kényszeréhez hozzájáruló üvegházhatású gázok jövőbeli kibocsátásának csökkentésére még nem születtek hatékony intézkedések, szükségszerű és elkerülhetetlen lesz a következményekhez való alkalmazkodás.

A Norvég Természettudományi és Bölcsészettudományi Akadémia, valamint a Norvég Meteorológiai Intézet az EASAC-munkacsoport támogatásával nemrég kiadott egy részletes elemzést az európai szélsőséges időjárási jelenségekről szóló tudományos szakirodalomról, valamint arról, hogy e jelenségeknek milyen lehetséges következményeit kell figyelembe venni az Európa által követhető alkalmazkodási stratégiák kidolgozásában (NAS és NMI, 2013). Ez a dokumentum hamarabb készült el, mint a klímaváltozással foglalkozó kormányközi bizottság 1. munkacsoportja 5. helyzetfelmérő jelentésének a döntéshozók számára készített összefoglalója (Summary for Policy Makers of the 5th Assessment Report from the Working Group 1 of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC, 2013), így a dokumentum az IPCC (2007) korábbi munkáira és az IPCC-nek a szélsőséges időjárásról szóló különkiadású jelentésére (IPCC/SREX, 2012) hivatkozik.

Az EASAC ezt az áttekintést az európai és a nemzeti politikai döntéshozók, valamint az európai média és a nagyközönség számára írt norvég elemzés alapján készítette (NAS és NMI, 2013). Az első rész a rendkívüli időjárási jelenségekről szól, valamint az elmúlt évtizedek tendenciáiról és a társadalmakra gyakorolt hatásairól. Ezt egy bevezetés követi a globális felmelegedésről és az időjárási szélsőségekről szóló tudományos előzményekről, majd a meteorológiai szélsőségek várható irányainak előrejelzése következik, amely az üvegházhatásúgáz-kibocsátás jövőbeli lehetséges forgatókönyvein alapuló éghajlati modellekre épül. A jelentés végül az alkalmazkodás különféle megközelítéseit tárgyalja, és javaslatokat fogalmaz meg. Azoknak, akik szeretnék hozzájutni az ábrák, táblázatok és hivatkozások forrásainak az egészéhez, azt javasoljuk, hogy olvassák el a teljes jelentést, amelyben az EU különböző alrégióiban fennálló éghajlati viszonyok részletesebb kimutatása is megtalálható (NAS és NMI, 2013).

2. Szélsőséges időjárás és európai tendenciák

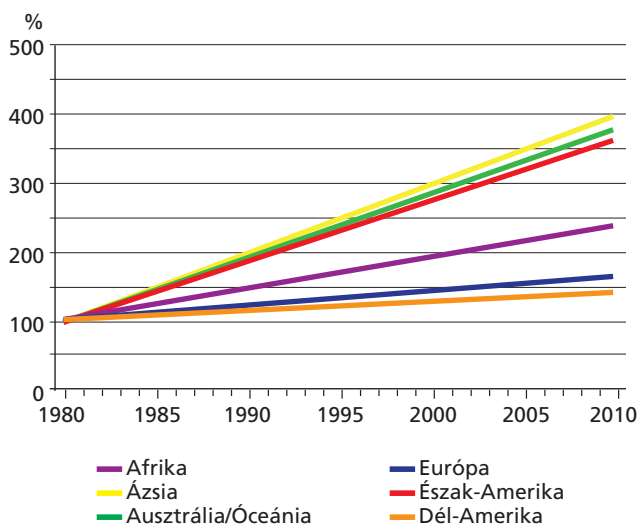
A szélsőséges időjárási jelenségeknek jelentős humanitárius (katasztrófavédelmi) hatásai lehetnek, amelyek emberi életet is követelhetnek, a gazdasági és a részlegesen biztosított károkon túlmenően. A biztosítási ágazat által 1980 óta gyűjtött adatok adják a szélsőséges események alakulásának egyik indikátorát. Bár ezek nem a szélsőséges időjárási jelenségek közvetlen, önmagában vehető mércéi, és nem is biztos, hogy a korábbi feljegyzések minden pusztító erejű eseményt tartalmaznak, mégis azt mutatják, hogy az egész világon feljegyzett időjárással összefüggő katasztrófák száma az 1980 és 1989 közötti éves átlagos 335-ről az 1990-es években 545 eseményre, majd 2002 és 2011 között pedig 716 eseményre nőtt. Az árvizek és az éghajlati eredetű pusztítások, mint a kánikula, az aszály és az erdőtüzek mutatják a legjelentősebb növekedési tendenciát, ezeket követik a viharok (2.1. ábra). Az elemzés világos különbséget tesz az összes időjárással kapcsolatos káresemény



2.1. ábra. Különböző típusú természeti katasztrófák alakulása a világon, 1980–2012 között (az 1980. év képviseli a 100%-ot; Munich Re NatCatSERVICE)

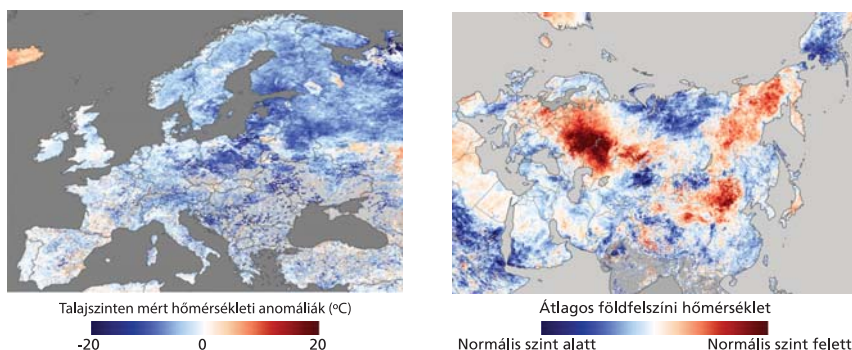
és a geofizikai események között, mint a földrengés, a vulkánkitörés és a cunami, ahol az utóbbiak csak igen csekély és statisztikailag jelentéktelen emelkedést mutatnak.

Más kontinensekkel összehasonlítva, Európában a károkkal és veszteségekkel járó szélsőséges természeti jelenségek számának növekedése közepes (2.2. ábra), de az utóbbi három évtizedben a növekedés mintegy 60%-os. A legnagyobb növekedés Észak-Amerikában, Ázsiában és Ausztráliában/Óceániában fordult elő, ahol ma kb. 3,5-szer annyi esemény van, mint a nyolcvanas évek elején volt.



2.2. ábra. A károkkal járó természeti szélsőséges események relatív tendenciái a világ különböző részein (az 1980. év képviseli a 100%-ot; adatszolgáltató Munich Re NatCatSERVICE)

A humanitárius hatásokat a rekordot döntő kánikulai napok példázzák Közép- és Nyugat-Európában 2003 nyarán, valamint Oroszországban 2010 nyarán (2.3. ábra), amelyek egész Európában több tízezer hőséggel összefüggő halálesethez, terméskieséshez, kiterjedt erdőtüzekhez és az energiapiacokon rekordmagas árakhoz vezettek – egyéb hatások

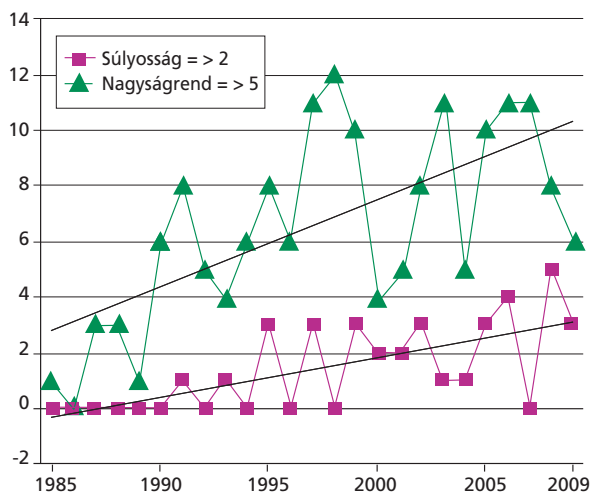


2.3. ábra. Rendkívüli hideg (2009. december 11–18., balra) és hőség (2010. július 20–27., jobbra) Oroszország területén, összehasonlítva a 2000–2008 közötti átlaggal (lásd 3.1. ábra, NAS és NMI, 2013)

mellett. 2005/2006 és 2009/2010 telén (2.3. ábra) Európa egyes részein szokatlanul hideg volt az időjárás, ami közlekedési fennakadásokat, a rendkívüli hideg miatt bekövetkezett haláleseteket és magas energiafogyasztást okozott.

Számos tényezőnek köszönhetően az árvízkárok is nagymértékben emelkedtek, és az áradások egyre sürgetőbben megoldandó problémát okoznak (2.4. ábra). Az árvízveszély és a társadalom sérülékenysége egy sor éghajlattal összefüggő és azzal össze nem függő tényező miatt növekszik, és erősen függ a helyi specifikus körülményektől és a különböző tényezők kombinációjától.¹ Az árvízkárok megnöttek, és továbbra is magas a halálos áldozatok száma, amint a 2.1. tábla mutatja.

¹ Az árvíz kockázatok változásait társadalmi-gazdasági, földfelszíni és éghajlati tényezők okozzák. A klímaváltozással össze nem függő változások közé sorolható az erdőirtás, az urbanizáció és a vizes élőhelyek területének csökkenése, amelyek a talaj meglévő vízmegkötő képességét gyengítik, és növelik a csapadék hasznosítatlan elfolyását. Ezen kívül a gazdasági növekedés miatt több vagyontárgy lehet kitéve árvíz kockázatnak.



2.4. ábra. Nagy európai árvizek 2-es súlyossági fokozattal (100 vagy annál több évenkénti ismétlődéssel) és 5-ös vagy a feletti nagyságrendi indexszel (az időtartam, a romboló hatás és a területi kiterjedés közös indexe) (NAS és NMI, 2013, 61)

2.1. tábla. A legnagyobb károkkal járó árvizek Európában (az infláció mértékével korrigált értéken)

Az árvíz időpontja	Ország	A károk inflációval korrigált értéke (€)	Emberáldozatok száma
1966. november	Olaszország	10 milliárd	70–116
1983. augusztus	Spanyolország	2–6 milliárd	40–45
1994. november	Olaszország	4,5–10 milliárd	64–83
1997. július	Lengyelország, Cseh Köztársaság, Németország	2–6 milliárd	100–115
2000. október	Olaszország, Franciaország, Svájc	7,5 milliárd	13–37

Az árvíz időpontja	Ország	A károk inflációval korrigált értéke (€)	Emberáldozatok száma
2002. augusztus	Németország, Cseh Köztársaság, Ausztria	15 milliárd	47–54
2005. augusztus	Románia, Bulgária, Svájc, Ausztria, Németország	1,1 milliárd	53
2013. május/június	Közép-Európa	13 milliárd	25

Forrás: lásd 4.1. tábla, a teljes jelentés 61. oldalán (NAS és NMI, 2013), ahol megtalálható az információk forrása; a további adatok a Dartmouth-i Árvízi Observatóriumtól származnak (Dartmouth Flood Observatory).

A szélsőséges időjárási jelenségek által okozott károk gazdasági terhei is jelentősek, becslések szerint 405 milliárd euró 1980 óta (2011. évi értéken számolva). A legköltségesebb károkat a viharok és az árvizek okozzák, az okozott összkár értéke meghaladja a 308 milliárd eurót. A leginkább érintett országok Németország (455 esemény), Franciaország (425), az Egyesült Királyság (415), Svájc (360), Olaszország (355) és Spanyolország (317).

A mezőgazdaságban a 2003. és a 2010. évi kánikula, valamint az azzal járó szárazság jelentős regionális termés kiesést okozott. A 2010. évi kánikula során az aszály és az azzal összefüggésbe hozható tűzkárok miatt Oroszország éves gabonatermése 25–30%-kal maradt el a 2009. évi mennyiséghez képest.

További figyelmet érdemlő kártényezők, amelyek kapcsolatban vannak a szélsőséges időjárási viszonyokkal:

- az infrastruktúra károsodása és pusztulása;
- a környezet visszafordíthatatlan megváltozása;
- a biodiverzitásra gyakorolt hatások;

- a termőföldkészsétek gazdaságtalan kihasználása;
- a környezeti hatások miatt elvándorló népesség;
- a beszűkült erőforrásokért folyó versengés;
- a víz minőségének romlása;
- a betegségek terjedése.

Összefoglalva: a biztosítási szakma (szakmailag nem ellenőrzött) adataira támaszkodva a káreseménynek számító időjárási szélsőségek száma világszerte jelentősen emelkedett, és bár Európában csak kisebb mértékben, de még mindig lényegesen. Egyre több bizonyíték van arra, hogy az emelkedés legalább részben a globális felmelegedéssel függ össze. Európában a nagy árvizek száma és az azokkal kapcsolatos károk mennyisége is növekedett, ennek a klímaváltozással való összefüggéséről azonban nincs meggyőző bizonyíték, részben az adatok hiánya, részben pedig a kockázatkezelés és a földhasználat gyakorlatában bekövetkezett változások miatt.

3. A globális felmelegedés és az időjárási szélsőségek közötti kapcsolat

A globális felmelegedéssel és az ezzel összefüggő éghajlatváltozással kapcsolatos alapvető tudományos ismeretek és tendenciák részletes áttekintését az IPCC-kiadványok (IPCC, 2007; IPCC, 2013) tartalmazzák. Ezeket itt nem ismételjük meg. A globális éghajlatmodellek által előrevetített erőteljes figyelmeztető jelzéseket már a globális kockázatokról szóló jelentések, mint a Világgazdasági Fórum (2013) és a Nemzetközi Kockázatkezelési Tanács (International Risk Governance Council) (Renn, 2006) kiadványai is megerősítik. Az IPCC különkiadású jelentése, amely a szélsőséges időjárási jelenségek és katasztrófák kockázatainak az éghajlat változásához való alkalmazkodást elősegítő módszereivel foglalkozik (Special Report on Managing the Risks of

Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation, IPCC/SREX, 2012), szintén globális képet ad arról, hogy milyen ismeretekkel bírunk a szélsőséges időjárási jelenségekről, a változó éghajlatról, valamint ezek társadalmi következményeiről.

A legfrissebb, 5. klímaváltozás-értékelés (IPCC, 2013) arra a következtetésre jutott, hogy „az éghajlati rendszer felmelegedése egyértelmű”, és hogy „nagy valószínűséggel az emberi befolyás a legjelentősebb oka a 20. század közepe óta megfigyelt felmelegedésnek”. A 2. fejezetben fentebb közölt statisztika azt jelzi, hogy az általános klimatológiai események gyakorisága és a keletkező kár növekszik. A legfrissebb tanulmányoknak sikerült meghatározni annak a valószínűségét, hogy milyen mértékben szerepel ebben a természet saját változékonysága, és milyen mértékben befolyásolja ezt a globális felmelegedéssel kapcsolatos klímaváltozás (3.1. jegyzet).

A 3.1. jegyzetben összefoglalt elemzések egyetlen központi üzenete az, hogy bár a szélsőséges időjárási jelenségek egyetlen előfordulását sem a globális felmelegedéssel kapcsolatos klímaváltozás okozta, kialakulásukban mégis szerepet játszik a klímaváltozás, mivel a környezet, amelyben keletkeznek, melegebb, és sok területen a páratartalom is magasabb, mint korábban.

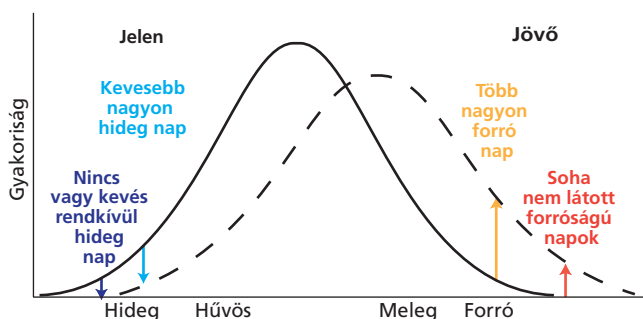
A szélsőséges jelenségek alapvizsgálatában szükség van annak megismerésére, hogy milyen hatást gyakorol az időjárási jelenség (hőmérséklet vagy csapadék) átlagos értékének megváltozása az adott esemény jövőbeli gyakoriságára és intenzitására. Ezt mutatja a 3.1. ábra a hőmérséklet példájával: az átlaghőmérséklet emelkedése (a folyamatos vonal eltolódik a jobb oldali szaggatott görbéhez) az eddigi rekordforró napok gyakoriságának emelkedését eredményezi, és egyben eddig még soha nem tapasztalt forróságú napokhoz vezet.

Egy másik kritikus tényező, hogy a szélsőségekhez kapcsolódóan potenciálisan nemlineáris hatások keletkezhetnek a regionális éghajlati rendszerek jellege miatt. Európa esetében ezek az észak-atlanti

3.1. jegyzet. Felmérés arról, hogy a klímaváltozás és a természet saját ingadozásai miként járulnak hozzá a szélsőséges időjárási jelenségekhez

- A NAS- és NMI-jelentés (2013) áttekinti azokat a legfrissebb tanulmányokat, amelyekkel meg tudjuk becsülni, hogy a globális felmelegedéssel kapcsolatba hozott éghajlatváltozás mennyiben járul hozzá a szélsőséges időjárási jelenségek bekövetkezésének valószínűségéhez. Ezek az elemzések nem arra szolgálnak, hogy bármelyik jelenséget kizárólag a klímaváltozással vagy a globális felmelegedéssel hozzanak összefüggésbe, hanem azt a valószínűséget keresik, amellyel az ilyen események előfordulhattak volna egy nem melegedő világban a jelenlegi globális felmelegedéssel jellemzett eseményekkel összehasonlítva és megbecsülve. A felmérés a következő főbb tanulságokkal szolgál.
- A felmelegedés növeli a vízpára mennyiségét az atmoszféra alsóbb ~10 km-es rétegében; ez további energiával táplálja a viharrendszereket, és felerősíti a heves esőzések intenzitását.
- A nagy és szélsőségesen heves esőzések összefüggnek a magas tengerszint-hőmérséklettel.
- Az emberi tevékenység klímára gyakorolt hatása – az éghajlat közelmúltbeli melegedésétől eltekintő forgatókönyvvel összehasonlítva – közel négyszeresére növelte annak valószínűségét, hogy a tartós anticiklonok olyan kánikulákat okozzanak Európában, mint amilyen 2003-ban volt.
- Olyan szélsőséges nyári hőmérsékleti értékeket tapasztalunk, amelyek háromszoros szórás* mutatnak a múltbeli meteorológiai megfigyelések adataiból számolt értékekhez képest. Ezek a magas hőmérsékleti értékek 1951 és 1980 között jellemzően kevesebb területet érintettek, mint a Föld szárazföldi felszínének 1%-a, a jelenlegi helyzetben azonban a bolygó szárazföldi területeinek akár 10%-át is érinthetik. A 2006–2011 közötti anomáliák egy része, Európát is beleértve, az 1951–1980 évek között megfigyelt adatokhoz képest három-, négy- és ötszörös szórás mutat.
- A természet belső változásainak a szélsőséges hőségre gyakorolt relatív hatását még mindig tanulmányozzuk. Az egyik modell szerint 2003-ban Nyugat- és Közép-Európában és 2010-ben Oroszországban nem lett volna olyan forró a nyár a globális felmelegedés hatása nélkül. E modell azt jelzi, hogy legalább 1 Celsius-fokos globális melegedéssel számolva a jövőben az ilyen anomáliák esetén háromszoros szórás lenne a megszokott, és ötszörös szórásra kellene alkalmanként számítani. Egy másik tanulmány azonban arra a következtetésre jut, hogy legalábbis a 2010. évi orosz kánikulát elsősorban a természetes belső fluktuációk okozhatták.

* A szórás azt méri, hogy a teljes átlaghoz viszonyítva a mért adatok mennyire szóródnak, milyen távol esnek attól.



3.1. ábra. A középhőmérséklet-érték eltolódásának hatása a hőmérsékleti szélsőségek gyakoriságára és intenzitására

oszilláció (North Atlantic Oscillation), valamint ennek kapcsolata az atmoszférában a sarkkör felől érkező légáramlás (poláris futóáramlás, Polar Jet Stream) helyzetével, valamint a szél hajtotta, az atlanti áramlási rendszer (Atlantic Meridional Overturning Circulation) részét képező észak-atlanti felszíni áramlatok (Golf-áramlat). Például a vihar nyomvonalának eltolódása bizonyos régiókban elvileg nagyobb viharokat okozhat, máshol kisebbeket, de globális változást nem okoz. A közelmúlt erősödő felmelegedési tendenciái a sarkvidéken (ami miatt a hőmérséklet emelkedése nagyobb a sarkvidéken, mint a közepes és az alacsony szélességi fokokon) többek között úgy mutatkoznak meg, hogy hosszú távú negatív tendencia jelentkezik a tenger jégtakarójában, a hótakaróban és a középszélességi fokokon a nyugati szélrendszer átlagos helye és ereje tekintetében. Ezen túlmenően, amint arra az IPCC 5. felmérése is rámutat (IPCC/SPM, 2013), az atlanti áramlási rendszer (atlanti termohalin szállítószalag, Atlantic Meridional Overturning Circulation) az előrejelzések szerint gyengülni fog ebben az évszázadban – válaszként az üvegházhatású gáz kibocsátás lehetséges forgatókönyveire. Ez az előrevetített gyengülés, bár ereje bizonytalan, csökkentheti a sarkvidék észak-keleti atlanti és euroatlanti szektoraiba irányuló hőszállítást, annak a lehetőségével párosulva, hogy helyi lehűlés lesz várható, és a szokásos időjárási képletek megváltoznak.

Amikor elkezdjük felmérni a jövőbeli tendenciákat és kockázatokat, azt is fel kell ismernünk, hogy egy olyan komplex rendszerben, mint amilyen a Föld éghajlata, a szélsőséges jelenségek rendszertelenül ismétlődnek: időzítésük megjósolhatatlan, és az extrém jelenségek gyakorlatilag sztochasztikusnak tekinthetők (nem determinisztikusak és szórványosak). Ezért a statisztikai modellezés módszere alkalmas a szélsőséges jelenségek bemutatására. Az így kialakuló keret lényegében kockázatelemzésen alapul, amely a szélsőséges időjárási jelenségekről és ezek következményeiről szóló információkra támaszkodik. A NAS- és NMI-jelentés (2013) részletesen bemutatja, hogy miként használják a statisztikát az események valószínűségének kiszámítására, és hogyan lehet a kockázatelemzés révén megérteni az emberi életre, egészségre, vagyoni és a környezetre gyakorolt nemkívánatos negatív következmények természetét, mint az ezek csökkentéséhez és az ezekre való felkészüléshez vezető út első lépését.

A teljes jelentés számba veszi a különböző szélsőséges jelenségek kockázatait, és a következőket vizsgálja meg részletesen:

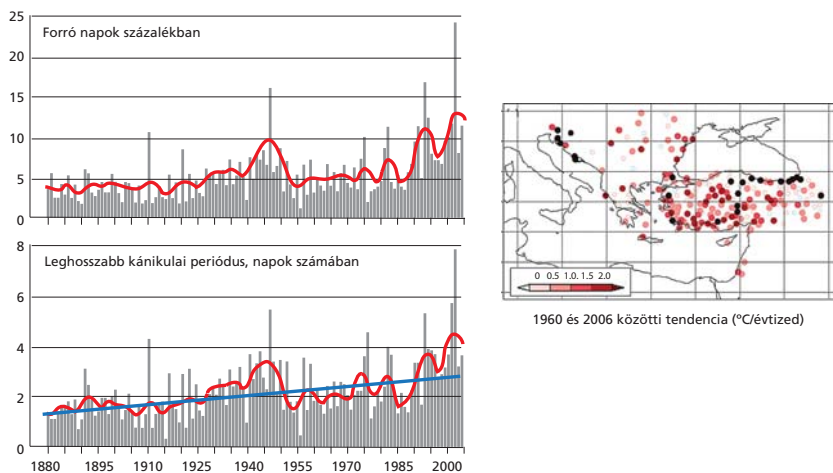
- szélsőséges hőmérsékleti értékek;
- intenzív csapadék és árvizek;
- szélviharok;
- konvekcióval kapcsolatos események, zivatarok és jégeső;
- aszályok.

4. Egyes éghajlati szélsőségek

4.1. Rendkívüli hőség és hideg

Mivel a hőség és a hideg szélső értékeihez való alkalmazkodás különösen nehéz, a szélsőséges hőmérsékletű időszakok gyakoribbá válása, időbeli és térbeli lefolyásuk megváltozása és korábban sosem tapaszt-

talt mértékű intenzitása e jelenségeket a társadalom legkomolyabb kihívásai közé emelik. Az IPCC szélsőséges időjárási jelenségekről szóló különkiadásként megjelentetett jelentése (Special Report on Extreme Events) (IPCC/SREX, 2012) arra a következtetésre jut, hogy Európában lényegesen megnőtt a szokatlanul meleg hőmérsékleti értékek előfordulásának gyakorisága. Ez a következtetés a földközi-tengeri övezetre vonatkozóan igen megbízható, Észak- és Közép-Európát illetően azonban a kánikulai napok intenzitását és gyakoriságát tekintve a megbízhatóság már csak közepes. Sorozatosak a rendkívül meleg európai nyarak, továbbá kivételesen magasak voltak a közelmúlt tavaszi és őszi hőmérsékletei is. 54 európai meteorológiai állomás homogenizált hosszú távú hőmérséklet-sorozataira alapozva, átlagban számolva, a kánikulák hossza megduplázódott, és a kánikulák gyakorisága majdnem megháromszorozódott 1880 óta (4.1. ábra).



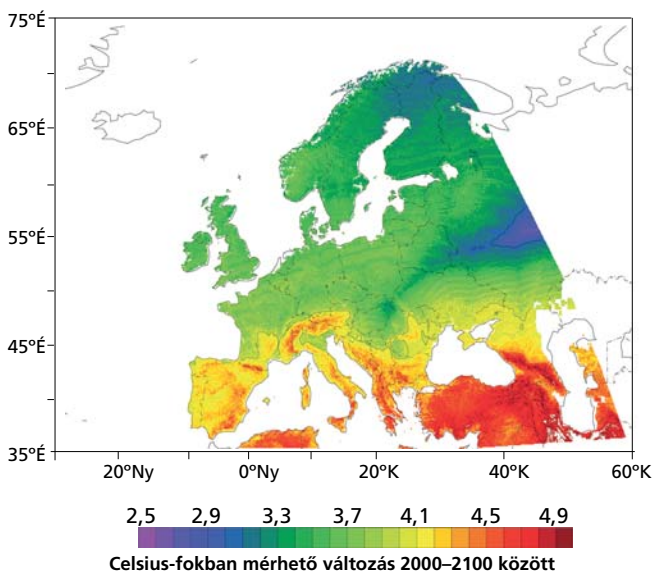
4.1. ábra. Azon nyári napok százaléka, amikor a maximális hőmérséklet meghaladta a hosszú távon mért napi átlag 95 százalékát (balra fent) és a kánikula maximális hossza napokban, 1880–2005 között Nyugat-Európában (bal oldalon lent). Jobbra: lineáris tendenciák a kánikula intenzitásában Délkelet-Európában, 1960–2006

Európa egyes részein bizonyos években a nyáron mért magas hőmérsékleti szélsőségek szokatlanul hideg téli időjárással párosultak. Ezek a hideg napok azonban gyakran ugyanolyan típusú tartósan magas nyomású rendszerekkel vannak kapcsolatban, mint a nyári kánikula. Ezek az anticiklonok akár több héten át „blokkolhatják” a levegő és az időjárási rendszerek egyébként természetes keleti irányú mozgását, éles ellentéteket keltve a longitudinális szektorok között. Ezeket a blokkoló anticiklonokat nyáron a kontinensek feletti felhőmentes levegő uralja, amelyet az erős napsugárzástól felmelegedett föld és a talajnedvesség kipárolgása jellemez. A szektorok mindkét oldalát gyakran tartós ciklonok uralják, hideg levegővel és konvektív csapadékkal. A kettő között a levegő akadálytalanul áramlik észak felé a blokkoló anticiklon nyugati, dél felé pedig a keleti szélén. Ez a hosszúsági körök menti fokozott áramlás a kulcs annak a megértéséhez, hogy miért tudnak ugyanazon típusú regionális időjárási formák, amelyek nyáron kánikulát okoznak, télen rendkívüli hideget okozni egyes szektorokban. A tartós északi áramlások messze délre is képesek sarkköri légtömegeket szállítani, míg a nyugati szektorokba gyakran érkezik délről származó enyhe levegő.²

Újabb tanulmányok azt jelzik, hogy a sarkvidéki jégtakaró visszahúzó-dása hatással lehet az efféle időjárási jelenségekre. További kutatásra van szükség e hipotézisek igazolására, ám Európában e mechanizmusok hiánya esetén is további hideg időszakokra lehet számítani annak ellenére, hogy az átlaghőmérséklet hosszú távon tovább emelkedik.

A jövőbe tekintve az energiahasználat, az üvegházhatásúgáz-kibocsátás, az aeroszokok és a földhasználat várható változásait figyelembe vevő forgatókönyvek alapján a következőket vetítik előre a klímamodellek (4.2. ábra).

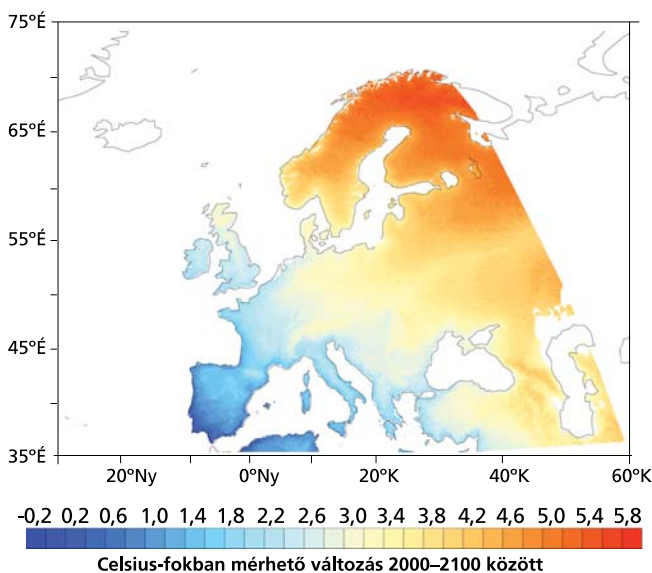
² Például az európai kontinens északi és nyugati részein a hideg telet 2013-ban az Észak-Oroszországból és a sarkvidékről származó tartósan hideg levegő hatása alatt az észak-atlanti térség északi részén enyhe időjárás kísérte viszonylag magas hőmérsékleti értékekkel egészen a Spitzbergáig.



4.2. ábra. A felmelegedés mértékének előrejelzése a 2000 és 2100 közötti időszakra (június–augusztus) a klímamodellek szerint (a részleteket lásd a teljes jelentés 35. oldalán)

- A meleg nappalok és éjszakák gyakorisága megnő: a legnagyobb mértékben Dél- és Közép-Európában, a legkisebb mértékben Észak-Európában.
- Egész Európában ritkábbak lesznek a hideg nappalok és éjszakák.
- Nagyon valószínű, hogy Európában a hóhullámok gyakoribbak, intenzívebbek és tartósabbak lesznek, követve az évszakos átlaghőmérséklet emelkedését. Ennek eredményeként a 2010-es orosz kánikulához hasonló közelmúltbeli események előfordulásának valószínűsége jelentősen, mintegy öt-tízszerezésre nőne az évszázad közepére. Becslések szerint a 2003 nyarán tapasztalt kiugró hőmérsékleti csúcstértékeket minden második vagy harmadik nyáron folyamatosan meg fogjuk haladni egészen a 21. század végéig.

- Közép- és Dél-Európában a legforróbb napok hőmérséklete várhatóan lényegesen jobban fog növekedni, mint az évszaknak megfelelő helyi átlaghőmérséklet: a hőmérsékleti szélsőértékek akár 6 Celsius-fokkal is nőhetnek.
- Az átlaghoz viszonyítva szélsőségesen hideg téli hőmérsékleti értékek várhatóan ritkábban fordulnak elő (4.3. ábra).



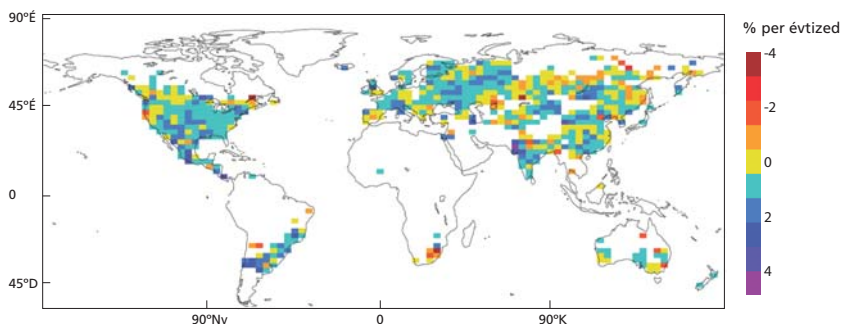
4.3. ábra. A felmelegedés mértékének előrejelzése a 2000 és 2100 közötti időszakra (december–február) a klímamodellek szerint (a részleteket lásd a teljes jelentés 35. oldalán)

4.2. Szélsőséges csapadék

A szélsőséges csapadék, amely az atmoszférikus vízpára és a lokális dinamikus folyamatok konvergenciájából származik, és amely az adott területre korlátozódó csapadékképződést indít el, lehet rövid időtartamú (néhány perctől néhány óráig, nagyon ritka esetben egy napig tartó). A szélsőséges csapadékképződés azonban lehet nagy mennyiségű,

és tarthat hosszabb ideig is (hetektől akár teljes évszakokig). Ilyenkor a csapadék intenzitása nem olyan szélsőséges, hosszúra nyúló időtartama miatt azonban a képződő csapadék mennyisége elegendő ahhoz, hogy a természetet és a társadalmat is megviselje.

A NAS- és NMI-jelentés (2013) szerint az 1970-es évek óta nő a szárazföld feletti csapadék (1901–2005 között) a 30° északi foktól északra eső és csökken a 10° déli és 30° északi szélességi fokok közt elterülő szárazulatokon. Európában az intenzív csapadékképződés bonyolult változatosságot mutat, és nem jellemzi térbeli járása, de több olyan régió is van, amely inkább pozitív, mint negatív tendenciát mutat a hirtelen lezúduló nagy mennyiségű csapadék tekintetében, ahogyan ez világszerte megfigyelhető. Ezen kívül a rövid és elszigetelt esőzések átrendeződtek tartósabb esős időszakokká, ezáltal a hosszabb esős időszakokban hulló csapadék össz mennyisége megnőtt (4.4. ábra).

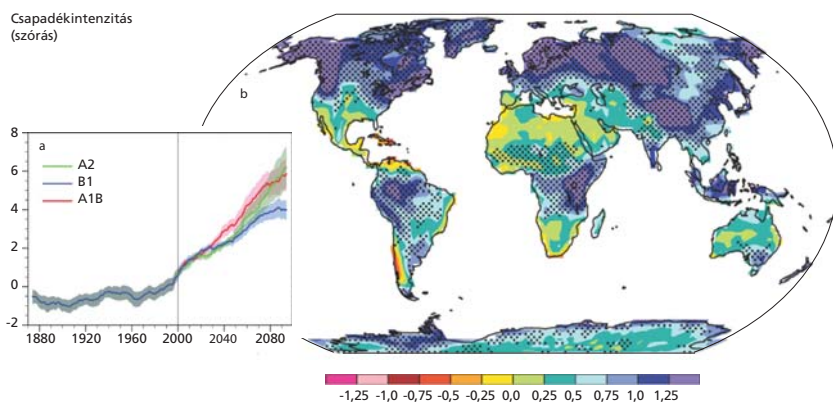


4. 4. ábra. A nagyon csapadékos napok hozzájárulása a teljes csapadék mennyiségéhez a megfigyelt tendenciák alapján (% / évtized)

A jövőt illetően az atmoszféra vízpáramegtartó képessége körülbelül 7%-kal nő Celsius-fokonként, együtt a növekvő hőmérséklettel. Ez a megnövekedett légköri nedvesség minden térbeli skálán több vízpárával táplálja a viharokat, és ha egyéb tényezők változatlanok maradnak, akkor a csapadékképződésnek növekednie kell. A viharra alakuló nedvességhez kapcsolódó felszálló levegőben ezen kívül a plusz csapadék több látens kondenzációs

hőt is felszabadít. Ez pozitív visszacsatolásként még több pára fokozottabb egyesülését okozza, és tovább növeli a csapadékmennyiségi rátát. Következésképpen a csekély és a mérsékelt mennyiségű csapadékkal járó esőzések száma átlagosan csökkenni fog, míg a nagy esőzések gyakoribbak lesznek (még olyan régiókban is, ahol csökken a csapadék összmenyisége).

Észak-Európában a csapadék jóval erősebben függ az észak-atlanti viharjárástól származó nedvességtől, mint Dél-Európában, ahol a csapadék inkább a regionális kipárolgásból származik. Az Észak-Európára vonatkozó regionális klímamodellek eredményei azt jelzik, hogy egyre gyakrabban kerül sor nagy intenzitású és szélsőséges csapadékhullásra. A gyakoriság növekedése a becslések szerint annál magasabb, minél szélsőségesebb az esemény. Jelentős eltérések mutatkoznak azonban az alrégiókban (lásd NAS és NMI, 2013). A földközi-tengeri régió kivételével csapadékosabb telek várhatók az egész kontinensen, de kevesebb hó és több eső formájában. A csapadék intenzitásának változásában erős különbség várható nyaranta Észak-Európa (amely több csapadékot kap) és Dél-Európa (szárazabbá válik) között (4.5. ábra). Ahogy



4.5. ábra. A csapadékképződés intenzitása térfel eloszlásának változása a száraz-földön (a teljes éves csapadék osztva a csapadékos napok számával), kilenc globálisan illesztett klímamodellel multimodelles szimulációja alapján

az IPCC (2013) rámutat, a vízkörforgás változásai nem lesznek egyformák, és növekedni fog az esős és a száraz régiók közötti különbség.

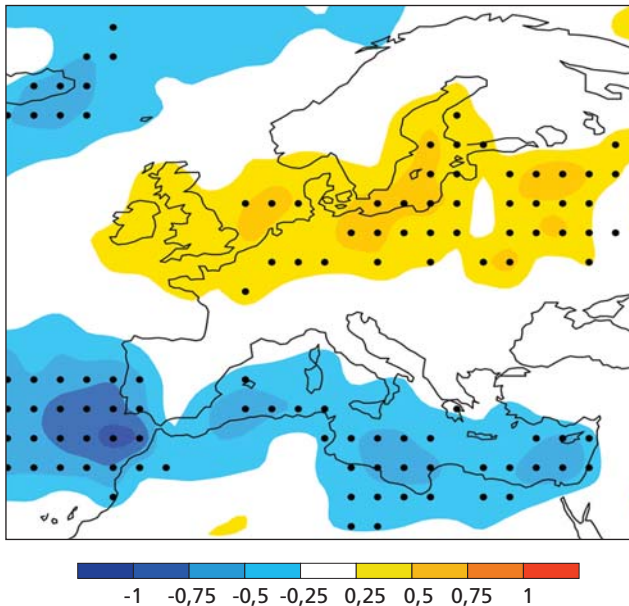
Összegezve az várható, hogy

- általában egész Európában sokkal többször fordul elő nagy mennyiségű csapadékképződés a jövőben, kevesebbszer közepes vagy alacsony vízmennyiséggel járó csapadékhullás;
- a legtöbb területre nézve a telek általában több csapadékot hoznak (a földközi-tengeri régió kivételével), a nyarak szárazabbak lesznek;
- a változások Európában különböző mértékűek lesznek: Dél-Európában szárazabb időjárás, Észak-Európában nedvesebb időjárás várható.

4.3. Viharok, szelek és vízszintemelkedések

Az európai szélviharok intenzívek, és nagyobb, alacsony légnyomású területek fölött mozgó ciklonokkal vannak összefüggésben. Leggyakrabban télen fordulnak elő. Az adatok elemzése azt mutatja, hogy az elmúlt 60 évben Európában növekszik a viharok gyakorisága, a hatvanas évektől a kilencvenes évekig jelentős emelkedés, majd némi mérséklődés volt a jellemző. Azt nem tudjuk, hogy ez a tendencia milyen mértékben tudható be a természet változékonyságának vagy az antropogén (emberi eredetű) éghajlatváltozásnak, ezért további vizsgálatokra van szükség. Az európai viharok hosszú távon megfigyelt változásairól még nem tudunk eleget.

A NAS- és NMI-tanulmányban (2013) vizsgált éghajlatmodellek az északi félteke középső szélességi fokain a ciklonok számának általános csökkenésével számolnak, de Északnyugat- és Közép-Európában a komoly viharok számának és intenzitásának növekedését jelzik előre. Szélsőséges szélsőbességnövekedés várható az Egyesült Királyságtól Lengyelországig terjedő területen (4.6. ábra).



4.6. ábra. A maximális szélesség 98 százaléknak ensemble-átlaga a klíma-modell-szimulációkban. Az ábra a változásokat az 1961–2000 közötti időszak-hoz képest az IPCC/SREX A1B forgatókönyvre szólóan mutatja a 2071–2100 közötti időszakra vonatkozóan. A színes területek a változás nagyságrendjét jelzik (m / mp); a fekete pontok a 0,95 fölötti statisztikailag jelentős értékeket mutatják

A komoly konvektív viharok nagy esőzésekkel járnak, ezeket hatalmas jégesők kísérhetik, valamint veszélyes széljelenségek, mint a tornádók és légzuhatok (zivatarok vagy záporok környezetében lecsapó, nagy sebességű légáramlatok). Ezek a viharok a hőáramlás (konvekció), a légkörben felfelé mozgó nedvesség szélsőséges megnyilvánulásai, és általában zivartarként hivatkozunk rájuk a viharok kialakulását kísérő villámlás és mennydörgés miatt. A konvektív viharok szervezett zivatarlánc-együtteseket is ki tudnak alakítani, amelyeket mezoszintű konvektív rendszereknek nevezünk. Megfigyeltek például egy ritka, *derecho* nevű szélvihart, amely egy erősen szervezett zivatarláncot alko-

tott Európában (2002. július 10-én Németországban). Jelenleg az ilyen nyári viharokra vonatkozó adatok nem elég megbízhatóak ahhoz, hogy megbecsüljük a helyileg veszélyes jelenségek gyakoriságának aktuális tendenciáit. De a klímamodellek különböző forgatókönyvei azt sugallják, hogy a jövőben több olyan alkalom lesz, amikor a feltételek kedvezőek lesznek az ilyen viharok kialakulásához.

Az Északi-tenger partvonala, a Balti-tenger part menti területeinek egyes részei, az Ibériai-félsziget nyugati partja, a Lion-öböl (Oroszlán-öböl) és az Adriai-tenger északi partjának egyes területei azok, ahol igen magas a vihardagályok előfordulásának valószínűsége. A klímaváltozás is befolyásolhatja a vihardagályokat, egyrészt az átlagos tengerszint folyamatos emelkedése révén, másrészt a ciklonok által okozott viharok számának, útvonalának és erejének a változásai révén. A globális átlagos tengerszint évi átlag 1,7 mm-rel növekedett a 20. században, és az 1980-as évek óta évente 3,4 mm-es sebességgel emelkedik. A jövőbeli tengerszint-emelkedés a legalacsonyabb szén-dioxid-kibocsátással számoló forgatókönyv becslése szerint 0,26 és 0,55 m között alakul, a legmagasabb kibocsátás mellett 0,52 és 0,98 m közötti emelkedés várható a 21. század végéig (IPCC, 2013). Néhány friss tanulmány az évszázad végéig egy méternél is magasabb emelkedéssel számol. Jelentős regionális különbségek vannak a tengerszint-emelkedésben az óceáni áramlatok és a légköri nyomás változásainak köszönhetően. A vihardagályokkal összefüggő szélsőséges tengerszint-emelkedés veszélyt jelent a tengerparti városokra. Emberek milliói és sok trillió euróra becsült vagyontárgy van veszélyben.

4.4. Aszály

Az aszály a legrombolóbb tartós természeti csapások egyike, amelynek komoly hatásai lehetnek a mezőgazdaságra, az élelmiszertermelésre és a vízkészletekre. Európában az aszályok és az abnormális csapadékhiánnyal jellemezhető elhúzódó száraz időszakok viszonylag ritkán fordulnak elő. Aszály sújtott Európában például 2005–2006 között az Ibériai-félszigetet a 2003. évi kánikula alkalmával és 1975–1976-

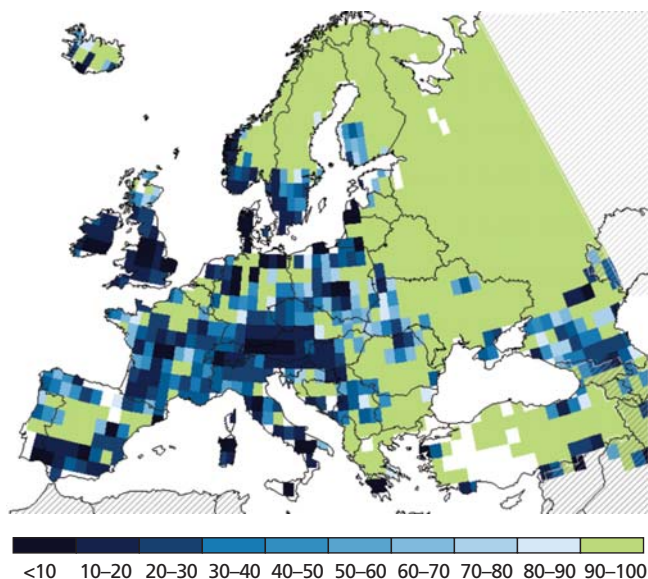
ban Nagy-Britannia déli részét, valamint Észak-Franciaországot. A rendelkezésre álló feljegyzések szerint, bár az ötvenes évek óta több nyári szárazság figyelhető meg Közép- és Dél-Európában, Európa többi részén nem láthatók konzisztens irányzatok. Az IPCC/SREX (2012) jelentés arra a következtetésre jut, hogy közepes megbízhatóságú az a feltevés, amely szerint az ötvenes évek óta az emberi eredetű hatások hozzájárulnak az aszályok alakulásában bekövetkezett változásokhoz, különös tekintettel a Dél-Európában tapasztalható intenzívebb és tartósabb aszályokra.

A NAS- és NMI-jelentés (2013) ismerteti az aszály különböző meghatározásait és mutatóit, és rávilágít arra, hogy a fizikai folyamatok ismeretére alapozott előrejelzések arra számítanak, hogy az üvegházhatású gázok légköri koncentrációjának növekedése erőteljesebb kipárolgáshoz, korábbi hóolvadáshoz és a növényzet korai ébredéséhez vezet: ez három olyan tényező, amely hozzájárul a fokozottabb nyári szárazsághoz. Így a globális jelenségeket is figyelembe vevő modellek tartós eredménye azt jelzi, hogy a nyári szárazság a jövőben növekedni fog a közepes szélességi fokokon, melegebb lesz az éghajlat, és ezzel összefüggésben nagyobb valószínűséggel fordul elő aszály. A nyári szárazság várhatóan növekszik a Földközi-tenger vidékén, valamint Közép- és Dél-Európában a 21. század során, és ez az aszály, a hosszabb forró időszakok és a nagyobb talajnedvesség-hiány fokozott kockázatához vezet. Észak-Európában e század végéig nem várható nagyobb változás a szárazságot illetően.

5. Jövőbeli kockázatok és alkalmazkodás

Az előbbi fejezetek a múltbeli tendenciák bizonyítékai és a jövőbeliek előrejelzése alapján mutattak rá a természeti katasztrófák megnövekedett gyakoriságára. Előrejelzésekben nehéz jellemezni a szélsőséges időjárási jelenségeket változatos térbeli és időbeli előfordulásuk miatt. Európa egyes részein bizonyos szélsőséges időjárási jelenségeknek nagyobb, máshol kisebb a valószínűsége. Például a 100 évenkénti gyakorisággal jelentkező árvizek várhatóan sokkal gyakoribbak lesznek

Lengyelország, Németország, Ausztria, Svájc, Franciaország és Olaszország széles területein (5.1. ábra). Ezzel szemben Oroszországban és Skandinávia széles területein az ilyen 100 éves ciklusú jelenségek ritkábban fordulhatnak elő.



5.1. ábra. A mai (1961–1990 közötti) 100 éves árvíz ismétlődési intervalluma (visszatérési ideje) a 21. század végén (2071–2100)

A NAS- és NMI-jelentés (2013) a szélsőséges időjárás lehetséges hatáseit konkrét szektorokban vizsgálja, különösen a mezőgazdaságban, az energiaiparban és az egészségügyben, a közlekedési infrastruktúrában, a vízellátásban, az olvadt hóban, árvízben, légszennyezésben, erdő- és bozóttüzekben, az infrastruktúra destabilizációjában hegyvidéki területeken, a szélerőművek és távvezetékek sérülékenységeiben, valamint a pénzügyben a biztosítási szektoron keresztül és egyéb vonatkozásokban. A szélsőséges időjáráshoz való alkalmazkodási stratégiák a gazdaság különböző szektoraiban évek óta részét képezik a tervezési

folyamatoknak. A jelenlegi energiatermelő és -átviteli infrastruktúra ellenállása például a szélsőséges csapadékképződéssel és az ebből fakadó árvizekkel szemben sokkal jobb. Ez részben kereskedelmi vagy operatív válasz a múltbéli szélsőséges eseményekre, részben pedig az az iránti igény, hogy jobban ellenálló infrastruktúrát tervezzünk.

A szélsőséges éghajlati jelenségekhez való alkalmazkodás koncepciójának évszázadokra visszanyúló gyökerei vannak; ennek ellenére, amikor az éghajlat megváltozik, már nem azok a feltételek képezik a normát, amelyekhez a társadalmak történelmileg alkalmazkodtak, hanem további alkalmazkodásra van szükség. A jövőbeli operatív feltételekről szóló feltevések a tervezés természetes részét alkotják, és a tervezési folyamatban alapvető fontosságú lett a jövőbeli éghajlat meghatározása. Nagyon kíváncsú a jövőbeli beruházásokba bizonyos fokú ellenálló képességet beépíteni, de egyensúlyt kell találni az ellenállási képesség és a megfizethetőség között, továbbá a projektek elbírálásában rögzíteni kell a kockázat elfogadható mértékét.

A tervezésben a szélsőséges jelenségek gyakorisága, valamint ezek súlyossága a kritikus tényező. Tervezési szempontból fontos, hogy megértsük: vajon ezek a jelenségek úgy fognak-e előfordulni, mint a múltban, vagy hogy a tendencia a nagyobb gyakoriság és/vagy súlyosság felé mutat-e. Az időjárási és klimatikus adatok ezért a tervezési folyamatok alapvető forrásai. A NAS- és NMI-jelentés (2013) ismerteti azokat a most folyamatban lévő európai kutatásokat, amelyeknek az a célja, hogy minél jobban megértsük az időjárási jelenségeknek az európai gazdaság különböző szektoraira gyakorolt hatásait európai és regionális léptékben. Az Európai Gazdasági Térség 28 országa (az EU-s országok, valamint Izland, Lichtenstein és Norvégia) közül csak 13-nak van nemzeti alkalmazkodási stratégiája.

Az IPCC/SREX (2012) jelentés vizsgálta az éghajlat változékonyságának a szerepét a katasztrófa-kockázatkezelésben. Ez a fajta kockázatkezelés magában foglalja a katasztrófákkal kapcsolatos azonnali választást és mentesítést a hosszú távú tervezés mellett, bár maga a válasz-

adás megtervezése a hosszú távú kockázatkezelés része. Az éghajlati tudományoknak az a szerepük, hogy információval szolgáljanak a lehetséges forgatókönyvekről és minden olyan valószínűségről, amelyet számításba kell venni, továbbá hogy tájékoztassanak a helyi katasztrófa-kockázatkezelési elvek és tapasztalatok módosításáról és kiterjesztéséről. Az étel- és élelmiszer-biztonsággal, a kereskedelemmel, az energia-termeléssel és a szállítással kapcsolatos kockázatok viszontbiztosítás révén történő földrajzi egybetételése a globális szinten zajló éghajlati változásokhoz való alkalmazkodás egyik megközelítése.

A NAS és az NMI 2013. évi jelentése is foglalkozik az éghajlati változásokhoz való alkalmazkodással és az ehhez fűződő tapasztalatokkal, de rámutat arra, hogy kevés, a témával kapcsolatos esettanulmány áll rendelkezésre. Az IPCC/SREX (2012) áttekintést ad az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodás témájáról (amelyet „klímabiztosság”-nak is neveznek [climate proofing]) mind a meglévő, mind az új infrastruktúra tekintetében (például a kikötők továbbfejlesztése annak érdekében, hogy alkalmasak legyenek a jövőbeli tengerszint-emelkedés és a vihardagály-változások fogadására).

A klímabiztosságba tartozhat az oktatásba való befektetés abból a célból, hogy a szélsőséges időjárás és az ellenében tett lépések jobban megismerhetők legyenek. Az IPCC/SREX (2012) jelentés úgy becsülte, hogy a klímabiztosság megteremtésének globális költsége egy 2030. évi időhorizontot alapul véve évi 48–171 milliárd dollár között várható. Ezek a számok azonban nagyon bizonytalanok, és az olyan elemek és szektorok beszámítása, mint az ökörendszeri szolgáltatások, az energiaipar, a gyártás, a kiskereskedelem és a turizmus további költségeket vet fel. A NAS- és NMI-jelentés (2013) áttekinti azon kevés rendelkezésre álló elemzés némelyikét, amely a helyi kockázatkezelés költségeivel foglalkozik, valamint annak költség/haszon arányát (például Koppenhága megvédése a tengerszint emelkedése és a vihardagályok ellen).

Védelem hiányában a vihardagályokkal együtt járó jövőbeli szélsőséges tengerszintmagasság, párosulva a globális tengerszint-emelkedés-

sel, jelentősen növelni fogja a vihardagályok árvíz-kockázatát Európa tengerparti zónáiban. Bár jelentős a bizonytalanság a tengerszint jövőbeli emelkedését illetően, fontos, hogy megkezdjük a legsérülékenyebb helyeken található tengerparti városokban a tartós alkalmazkodás megvalósítását. A tervezésnek és az új tengerparti infrastruktúra-beruházásoknak figyelembe kell venniük az infrastruktúrák teljes életciklusa alatt felmerülő kockázatokat, nagyobb teret kell biztosítaniuk a rugalmasságnak, és lehetővé kell tenniük a megújításukat vagy fejlesztésüket abban az esetben, ha a tengerszint emelkedése nagyobbak bizonyul a vártnál. Tovább kell fejleszteni az árvízi katasztrófa-helyzetekre vonatkozó terveket, a korai riasztási rendszereket és a kitelepítési forgatókönyveket. A védekezésre vagy az elfogadásra (az árvizekkel való együttélésre) vonatkozó hosszú távú stratégiákkal és az elköltözés alternatíváival szintén foglalkozik a NAS- és NMI-jelentés (2013).

A múltban az aszály kezelése reaktív volt, főleg a válságkezelési eszközökre szorítkozott. Ez a hozzáállás azonban nem volt hatékony, mivel a válaszadás nem a megfelelő időben történt, gyenge volt a koordináció, valamint kevésbé érték el az aszály sújtotta vidékeket, illetve csoportokat. A NAS és az NMI jelentésében (2013) rámutat arra, hogy kifinomult és megbízható aszálymonitorozó eszközökre és korán jelző, jól időzített riasztórendszerekre van szükség, amelyek az évszaki előrejelzéseket integrálják az aszály-előrejelzésekkel, valamint tanácsadói és kiterjesztő szolgáltatásokat biztosítanak fejlettebb kommunikációval.

A szélsőséges hőmérsékleti értékekhez való alkalmazkodás a következő elemekből áll:

- jól időzített riasztási rendszerek, amelyek el tudják érni a különösen veszélyeztetett csoportokat, mint az idősek és a gyermekek (valamint a velük foglalkozó orvosi személyzet);
- a sérülékenységi feltérképezése és az ezzel kapcsolatos intézkedések;

- nyilvános tájékoztatás arról, hogy mit kell tenni a kánikulai napokon, ideértve a viselkedésre vonatkozó tanácsokat;
- a szociális gondozói hálózat felhasználása a sérülékeny csoportok felderítésére.

A csapadékképződés jövőbeli növekvő változatossága az idő, a térbeli eloszlás és az intenzitás tekintetében megnöveli a mezőgazdaság termelékenységének a bizonytalanságát, mivel nagy károokra lehet számítani a szélsőséges jelenségek bekövetkezésekor. Ezenkívül ezek a jelenségek és a változó éghajlati viszonyok új kihívások elé állítják a gazdálkodókat, amikor eldöntik és megtervezik, hogy milyen növényeket ültessenek/vessenek. A szívósság általános megerősödése lenne kívánatos, például a következők révén:

- talajt megóvó földművelési rendszerek és víztakarékossági technológiák kifejlesztése (köztük az öntözés hatékonyságának a megnövelése);
- változó körülményekhez alkalmazkodni képes növényfajták termesztése és művelése;
- új technológiák kifejlesztése a klímaváltozás relatív előnyeinek kihasználása érdekében;
- megfelelő biztosítási rendszerek kidolgozása a gazdálkodók részére.

További klímabiztosságot kialakító stratégiák tárgyalása az IPCC/SREX (2012) dokumentumban található.

6. Következtetések

1. A szélsőséges időjárási jelenségek valószínűségének időbeli változásairól, azok nagyságrendjéről és mértékéről szóló tudományos információk fontosak a tájékozott társadalmi és politikai döntéshozás számára, és ez az, ami elvezet a megfelelő klímaváltozási alkal-

mazkodási stratégiákhoz Európában. Ezért fontos, hogy továbbra is rendelkezésre álljanak ilyen részletes és megbízható információk, és ezek felértékelődjenek a tervezésben és az alkalmazkodási szakpolitikában.

2. A biztosítási ipar (szakmai kontroll nélküli) adatai világosan rámutatnak, hogy a károk tekintetében releváns időjárási szélsőségek száma globális léptékben jelentősen, és Európában kisebb, de még mindig figyelemre méltó mértékben nőtt. Az időjárási jelenségek, különösen a kánikulai napok, jelentős számban emberi életet is követelnek; 1980 óta Európában a becslések szerint mintegy 140 000 ilyen haláleset történt. Egyre több bizonyíték szól amellett, hogy e tendenciáknak legalább egy része mögött a globális felmelegedés áll.
3. Több a kánikula, és hosszabb ideig tart, továbbá csökken a rendkívül hideg nappalok és éjszakák előfordulása a megfigyelések szerint. Arra lehet számítani, hogy a tendencia a még több napon át tartó és még intenzívebb kánikula irányában folytatódik a további felmelegedés mellett.
4. Dél-Európában a téli esőzés csökkent, feljebb északon növekedett. Az elmúlt néhány évtizedben nagy árvizek pusztítottak, amelyek jelentős károkat okoztak, habár jelenleg még nem világos, hogy vannak-e konzisztens tendenciák az éves árvizek maximumában. A jövőbeli projekciók szerint a kiadós esőzések gyakorisága és intenzitása növekedésének köszönhetően Európa-szerte nőni fog az árvíz kockázat.
5. Az aszályal kapcsolatos növekvő nyári szárazság az 1950-es évek óta megfigyelhető Közép- és Dél-Európában, de nincs bizonyíthatóan konzisztens tendencia Európa egyéb részein. A klímamodellek a jövőben gyakoribb aszályokat jövendölnek egész Európában, bár a helyi, intenzív záporok miatt a hirtelen áradások és városi víz-elöntések szintén gyakoribbak lesznek.

6. A jövő klímájára vonatkozó előrejelzések azt mutatják, hogy Nyugat- és Közép-Európában megnövekednek a szélviharokkal kapcsolatos kockázatok.
7. A mélyen fekvő tengerparti zónák különösen sérülékenynek számítanak a klímaváltozás tekintetében, főleg a tengerszint emelkedése és a vihardagályok miatt.
8. Az európai mezőgazdaságban számos haszonnövény termesztésénél az időjárási szélsőségek alkotják a legfontosabb tényezőt a klímaváltozás hatása terén. A szélsőséges időjárási jelenségek növekvő gyakorisága valószínűleg kárt okozna a gabonatermesztésben, a kert- és az erdőgazdálkodásban. Védő intézkedésekre van szükség e hatások ellen, és biztosítani kell az élelmiszer- és nyersanyag-előállítást a jövőben.
9. Az alkalmazkodás kritikus pontját képezi a globális felmelegedés és éghajlatváltozás fenyegetéseire adandó társadalmi válaszoknak. Ilyen stratégiák már megvalósultak bizonyos szektorok ellenálló képességének a növelésére, például az egészségügyi és a közlekedési ágazatban. Az alkalmazkodás elvét azonban egy sokkal szélesebb ágazati skálán kell követni, és figyelembe kell venni a szélsőséges időjárási események valószínűségeivel kapcsolatos legfrissebb tudományos információkat.
10. Még több tagállamnak kell megtennie a legszükségesebb alkalmazkodási intézkedéseket, de fontos szerepe van az Európai Bizottságnak és intézményeinek is abban, hogy támogassák a tagállamokat a Nemzeti Klímaváltási Alkalmazkodási Tervcsomagok (National Climate Change Adaptation Plans) kidolgozásában. Ezen kívül bizonyos alkalmazkodási intézkedések európai szintű lépéseket is igényelnek. Például azon területeken, ahol a tagországok megosztják erőforrásaikat, vagy ahol nemzeti határokat átszelő földrajzi formációk vannak. Ott is szükség van uniós cselekvésre, ahol a szektorok vagy erőforrások szoros uniós integráció részei

(például a mezőgazdaság és a halászat, víz, biodiverzitás, valamint a közlekedés és energiahálózatok esetében). Kulcsszerepe van az EU-nak az éghajlatkutató közösségek megerősítésében, a határokon és tudományterületeken átívelő hálózatok kiépítésében.

7. Ajánlások

A NAS- és NMI-jelentésre (2013) alapozva az EASAC a következő ajánlásokat teszi az EU-nak a klímaváltozás által kiváltott fenyegetésekre adandó válaszadási képességeinek megerősítéséhez.

1. **Tájékoztatás.** A hatásos és költséghatékony alkalmazkodás erősen függ attól, hogy miként fog a jövőbeli globális felmelegedés hatni az összes időjárási jelenség szélsőségeire. Ezért további kutatásra van szükség, különösen a szélsőséges időjárási képletek lehetséges változásainak előrejelzésére szolgáló regionális modellek kifejlesztésében. Az adatok és az információk iránti igények kielégítése európai és nemzeti szintű éghajlatfigyelő hálózatok³ kiépítését követeli meg.
2. **Kánikulai napok.** Mivel a kánikulai napok hatása igen eltérő Európa-szerte, a kánikula alatt kialakuló egészségügyi problémákat befolyásoló tényezők további tanulmányozására van szükség.
3. **Árvízvédelem és jól időzített riasztás.** Az árvízvédelmi készség és a védelmi területek kiosztása terén egész Európában fellelhető jó gyakorlatokat meg kell osztani, ideértve az árvízvédelmi készséggel és előrejelzéssel kapcsolatos megközelítésekre vonatkozó információkat.
4. **Mezőgazdaság.** Az európai mezőgazdaság szívósságának javítása érdekében a nemzeti vagy regionális alkalmazkodási stratégiák elfogadását követően sürgős lépéseket kell tenni a megfelelő tervek

³ A klímamegfigyelők koncepciója az 5.2. jegyzetben található a NAS- és NMI-jelentésben (2013).

elkészítésére. Útmutatót kell készíteni a szélsőséges időjárással szembeni sebezhetőségről, valamint az ellenálló képesség növelését szolgáló lehetséges intézkedésekről.

5. **Erősíteni kell a tájékozott intézkedések és az éghajlatról szóló tudásunk alapját.** A klímaváltozáshoz való alkalmazkodásnak egy olyan állandó folyamattá kell válnia, amely a klíma és a környezet állapotának folyamatos megfigyelésén alapul. Következésképpen a folytatólagos megfigyelések, a Földről szóló elemzések és éghajlat-modellezések szerves részei egy masszív, ugyanakkor rugalmas éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodási stratégiának. Az ismeretek terjesztése és az innováció szintén nélkülözhetetlen a klímaváltozással kapcsolatos kihívásokkal való szembeszállásban. Fontos az európai éghajlatkutató közösségek erősítése, a határokon és tudományterületeken átnyúló hálózatok kiépítése. Fontos, hogy a társadalom ingyen és könnyen hozzáférhessen azon információkhoz, amelyekre döntéseit alapozza. A kutatómenedzsmentnek is megfelelő erőforrásokat kell biztosítani a klímaváltozásról és hatásairól szóló teljes körű beszámolók elkészítéséhez szükséges tudományos kutatásokhoz. Az éghajlatmodellek óriási értékűnek bizonyultak az éghajlat és jövőjének megértésében. Ennek ellenére sürgősen szükség van arra, hogy a globális klímamodellekben a regionális éghajlati ismeretek jobban képviseltessenek, csökkentve a bizonytalansági tényezőket és javítva az előrejelzések minőségét, például a szélsőséges csapadékképződést vagy jégesőket és más helyi klimatikus jelenségeket illetően, amelyeket ma még mindig nem ismerünk teljes körűen.
6. **Javaslatok a társadalom, a tudományos közösségek és a tudománypolitika művelői számára.** Sokféle akadálya lehet az alkalmazkodásnak, többek között fizikai, műszaki, pszichológiai, pénzügyi, intézményi és tudásbeli. A klímaváltozáshoz való alkalmazkodásban fontos, hogy a sérülékenységet befolyásoló különböző tényezők egész sorát figyelembe vegyünk, beleértve az emberi tényezőket is, és hogy a lehető legjobb információkat használjuk fel azokról a szélsőséges időjárási jelenségekről, amelyek ezt a sé-

rülékenységet kikezdi. Bár a jelenlegi éghajlatmodellek⁴ korlátozottan használhatók a szélsőséges időjárás jövőbeli változásainak előrejelzésében, fontos, hogy a hozzáférhető információkat a lehető legjobban hasznosítsuk, és most cselekedjünk, mert a tét nagy, és az alkalmazkodásba történő befektetések most hasznosabbak, mint később. A jövőbeli klimatikus változásokkal kapcsolatos kockázatokat azonban csak a változások hatását mérséklő intézkedésekkel lehet csökkenteni. Ezekhez pedig kormánydöntések szükségesek.

⁴ A klímaszimulációk új generációi készülnek el, hogy pontosabb és földrajzilag differenciáltabb információkkal szolgáljanak.

8. Bibliográfia

A hivatkozások és idézetek teljes listája a NAS- és az NMI- (2013) kiadványban található.

IPCC (2007). Climate Change 2007: 4th Assessment Synthesis Report. Intergovernmental Panel on Climate Change. 52 pages. http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_synthesis_report.htm.

IPCC (2013). Climate Change 2013: 5th Assessment Summary for Policy-makers. Intergovernmental Panel on Climate Change, 36 pages. http://www.climatechange2013.org/images/uploads/WGIAR5-SPM_Approved27Sep2013.pdf.

IPCC/SREX (2012). Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (ed. Field CB, Barros V, Stocker TF, et al.). Cambridge University Press.

NAS and NMI (2013) Extreme Weather Events in Europe: Preparing for Climate Change Adaptation. Oslo: Norwegian Academy of Science and Letters and the Norwegian Meteorological Institute. <http://www.dnva.no/binfil/download.php?tid=58783>.

Renn O (2006). Risk Governance: Towards an Integrative Framework. Geneva: International Risk Governance Council. http://www.irgc.org/IMG/pdf/IRGC_WP_No_1_Risk_Governance__reprinted_version_.pdf.

World Economic Forum (2013). Global Risks 2013 – Eighth Edition. <http://www.weforum.org/reports/global-risks-2013-eighth-edition>.

9. EASAC-munkacsoport

A jelen beszámoló alapjául szolgáló anyagokat a következő, az EASAC tagakadémiái által jelölt szakértők válogatták össze:

Øystein Hov professzor, Norvég Meteorológiai Intézet, Norvégia (elnök)

Ulrich Cubasch professzor, Berlini Szabadegyetem, Németország

Dr. Erich Fischer, Légkör- és Klímatudományi Intézet, ETH Zürich, Svájc

Peter Höppe professzor, Geo Kockázat Kutatás/Korporatív Klímaközpont, München Re, Németország

Trond Iversen professzor, Norvég Meteorológiai Intézet, Norvégia

Nils Gunnar Kvamstø professzor, Geofizikai Tanszék, Bergeni Egyetem, Norvégia

Zbigniew W. Kundzewicz professzor, Lengyel Tudományos Akadémia, Varsó, Lengyelország

Daniela Rezacova professzor, Légkörfizikai Intézet, Cseh Tudományos Akadémia, Prága, Cseh Köztársaság

David Rios professzor, Spanyol Királyi Tudományos Akadémia, Spanyolország

Filipe Duarte Santos professzor, Lisszaboni Egyetem, Portugália

Dr. Bruno Schädler, Berni Egyetem, Svájc

Veisz Ottó professzor, MTA Agrártudományi Kutatóközpont Mezőgazdasági Kutatóintézete, Budapest, Magyarország

Christos Zerefos professzor, Athéni Egyetem, Görögország

Dr. Rasmus Benestad (a munkacsoport kutatója), Norvég Meteorológiai Intézet, Oslo, Norvégia

Mike Norton professzor, az EASAC Környezeti Programjának titkára (2012 decemberétől)

Dr. John Murlis, az EASAC Környezeti Programjának titkára (2012 novemberéig)

EASAC

Az EASAC (Európai Tudományos Akadémiák Tudományos Tanácsadó Testülete) az EU-tagállamok tudományos akadémiáinak szövetsége, amelynek célja, hogy együttműködésük eredményeként tanácsokkal lássák el az európai döntéshozókat. Eszközt biztosít arra, hogy az európai tudományosságot közös alapokon képviselje.

Az EASAC lehetővé teszi, hogy az együttműködő akadémiák független, tudományosan megalapozott szakértői tanácsokat adhassanak azoknak a döntéshozóknak, akik az európai intézmények politikáját meghatározzák, vagy arra befolyással bírnak. Az akadémiái tagságból és hálózatból adódóan az EASAC működése során az európai tudomány legfelsőbb szintjére támaszkodik. Nézetei függetlenek a gazdasági és politikai irányzatoktól, a szervezet nyitott és minden tevékenysége átlátható. Az EASAC célja az, hogy közérthető, fontos és időszerű ajánlások elkészítését segítse elő.

A tanácsnak 28 tagja van, tevékenységét a Leopoldina Német Nemzeti Tudományos Akadémián (Halle/Saale) működő központi titkárság támogatja. Az EASAC brüsszeli irodája a Belga Királyi Tudományos és Művészeti Akadémián található.

Az EASAC tagszervezetei:

Academia Europaea

Accademia Nazionale dei Lincei (Olaszország)

All European Academies (ALLEA)

Athéni Akadémia

Belga Királyi Tudományos és Művészeti Akadémia

Bolgár Tudományos Akadémia

Cseh Tudományos Akadémia

Dán Királyi Tudományos és Bölcsészettudományi Akadémia

Észt Tudományos Akadémia

Finn Akadémiák Tanácsa

Francia Tudományos Akadémia

Holland Királyi Tudományos és Művészeti Akadémia

Ír Királyi Tudományos Akadémia

Lengyel Tudományos Akadémia

Leopoldina Német Nemzeti Tudományos Akadémia

Lett Tudományos Akadémia

Lisszaboni Tudományos Akadémia

Litván Tudományos Akadémia

Magyar Tudományos Akadémia

Norvég Tudományos és Bölcsészettudományi Akadémia

Osztrák Tudományos Akadémia

Román Tudományos Akadémia

Royal Society (Egyesült Királyság)

Spanyol Királyi Tudományos Akadémia

Svájci Tudományos és Művészeti Akadémia

Svéd Királyi Tudományos Akadémia

Szlovák Tudományos Akadémia

Szlovén Tudományos és Művészeti Akadémia

Megfigyelő:

Európai Orvostudományi Akadémiák Szövetsége (FEAM)

