



NÖVEKEDÉSI JELENTÉS



2019

*„A tudományos emberfő mennyisége
a nemzet igazi hatalma.”*

*Hitel 178.
Gróf Széchenyi István*



NÖVEKEDÉSI JELENTÉS

2019

Kiadja: Magyar Nemzeti Bank

Felelős kiadó: Hergár Eszter

1054 Budapest, Szabadság tér 9.

www.mnb.hu

ISSN 2416-3635 (nyomtatott)

ISSN 2416-3643 (on-line)

A Magyar Nemzeti Bankról szóló 2013. évi CXXXIX. törvény a Magyar Nemzeti Bank elsődleges céljaként az árstabilitás elérését és fenntartását jelöli meg. Az alacsony infláció hosszabb távon tartósan magasabb növekedést és kiszámíthatóbb gazdasági környezetet biztosít, mérsékli a lakosságot és vállalkozásokat egyaránt terhelő gazdasági ingadozások mértékét. Az MNB elsődleges céljának veszélyeztetése nélkül támogatja a pénzügyi közvetítőrendszer stabilitásának fenntartását, ellenálló képességének növelését, a gazdasági növekedéshez való fenntartható hozzájárulásának biztosítását és a rendelkezésére álló eszközökkel a Kormány gazdaságpolitikáját.

A gazdaság növekedési folyamatai közvetlenül és közvetve is befolyásolhatják a monetáris politika jegybanktörvényben kitűzött céljainak elérhetőségét és így a monetáris politika működését. A gazdasági növekedés dinamikájának és szerkezetének változása rövid távon meghatározhatja a kialakuló inflációs környezetet, míg a hosszabb távú növekedési képesség és annak tényezői a gazdaság pénzügyi stabilitásának megítélését alapvetően érinthetik. Ezért a Magyar Nemzeti Bank a jövőben évi rendszerességgel áttekinti a gazdasági növekedést rövid, közép- és hosszabb távon leginkább meghatározó folyamatokat, amely értékeléseket a Növekedési jelentésben mutatja be a hazai és nemzetközi szakmai közönség számára.

Az elemzések Virág Barnabás, Monetáris politikáért és közgazdasági elemzésekért felelős ügyvezető igazgató általános irányítása alatt készültek. A jelentések elkészítésében a Közgazdasági előrejelzés és elemzés és a Költségvetési és versenyképességi elemzések igazgatóságok munkatársai vettek részt. A publikációt dr. Matolcsy György elnök hagyta jóvá.

A jelentés készítése során értékes tanácsokat kaptunk az MNB más szakterületeitől is.

Tartalom

A legfontosabb megállapítások összefoglalása	7
1. A növekedés természeti költségei	11
1.1. Az elmúlt évszázadok példátlan fejlődése	12
1.2. A fejlődés környezeti költségei	13
1.3. A természeti erőforrások aktuális állapota	15
2. A termelési lehetőségek ökológiai korlátai és a kezelésük által elérhető növekedési pálya	25
2.1. A termelési lehetőségek ökológiai korlátai	26
2.2. Mire számíthatunk, ha minden így marad?	28
2.3. A technooptimista irányzat – A környezeti Kuznets-görbe	30
2.4. A zöld növekedési pálya	32
3. Közgazdasági gondolkodások és politikai ajánlások a környezeti fenntarthatóság érdekében	38
3.1. Klímaváltozás mint a legnagyobb piaci kudarc	39
3.2. Milyen klímapolitika segíti a fenntartható növekedést?	40
3.3. Irányított technológiai változás és zöld növekedés	45
4. Adatforradalom és környezeti fenntarthatóság	56
4.1. Az adatok termelékenységre gyakorolt hatása	57
4.2. Big data alkalmazási lehetőségei a legjelentősebb ágazatok esetében	61
5. A digitalizáció és a technológiai fejlődés árakra gyakorolt hatása	76
5.1. A digitalizáció hatása a mindennapi életünkre	76
5.2. A digitalizáció hatása a hagyományos statisztikára	78
5.3. A digitalizáció és a technológiai fejlődés inflációs hatása	79
5.4. Összefoglalás	84
6. A jövő demográfiai folyamatai	86
6.1. Demográfiai folyamatok a világban	87
6.2. Fenntartható-e a jelenlegi globális népességnövekedés hosszú távon?	95
Ábrák és táblázatok jegyzéke	101

Keretes írás

3-1. keretes írás: A körforgásos gazdaság keretrendszere és gyakorlati megvalósítási lehetőségei	43
3-2. keretes írás: A német zöld növekedési programcsomag bemutatása	48
3-3. keretes írás: Az energiaadók szén-dioxid intenzitásra gyakorolt hatásának empirikus vizsgálata	51
4-1. keretes írás: A közgazdasági kutatáshoz és módszertanhoz való hozzájárulás	60
4-2. keretes írás: A smart grid, mint az energiaszektor jövője	63
4-3. keretes írás: Az autómegosztás jövőbeli hatásai	66
4-4. keretes írás: Smart city mint az urbanizációra adott leghatékonyabb válasz	70

A legfontosabb megállapítások összefoglalása

A Növekedési jelentés a magyar gazdaság hosszabb időhorizonton mutatott és várható fejlődési pályájáról, illetve az azt meghatározó legfontosabb tényezőkről nyújt átfogó képet.

A Magyar Nemzeti Bank számos rendszeres kiadványában – mint például az Inflációs jelentésben, a Fizetési mérleg jelentésben, a Pénzügyi stabilitási jelentésben, illetve a Versenyképességi jelentésben – elemzi a gazdasági növekedés alakulását. Ezen publikációk jellemzően a gazdaság rövid- és közép távú folyamataira fókuszálnak, ezek közül is kiemelten elemezve a monetáris politika vitelét meghatározó változók alakulását. A Növekedési jelentés éves rendszerességgel megjelenő számainak célja, hogy bemutassák hazánk hosszabb távú – esetenként egy teljes üzleti ciklust is felölelő – növekedési pályáját és annak meghatározó tényezőit, közvetlenül, sztenderd és alternatív mutatókat is felhasználva. Elemzéseinket az elérhető hazai adatok részletes vizsgálata mellett nemzetközi és historikus összevetésekkel is mélyítjük.

A 2019-es Növekedési jelentésben egy olyan tényezőt helyeztünk a fókuszba, **ami nagyon hosszú távon (több tíz, illetve akár százéves horizonton), több generációt felölelve képes befolyásolni a gazdasági növekedés lehetőségeit. Ezen termelési tényező a környezet állapota, a természeti tőke minősége és mennyisége.** Az elmúlt több mint két évszázadban az emberiség soha nem látott gazdasági fejlődésen ment keresztül. Ennek eredményeként Európában és Amerikában a 19. század során, míg a távol-keleti országokban a 20. század második felében korábban elképzelhetetlen tömegek emelkedtek ki a mélyszegénységből, csökkent a gyermekhalandóság, nőtt a várható élettartam. Az elmúlt évtizedek ugrásszerű növekedésének azonban komoly ára volt, mivel a szénhidrogén-felhasználás alapú, fogyasztáscentrikus gazdasági növekedés maradandó károkat okozott a földi éghajlatban és a biológiai sokféleségben. Mindezek hatására az aktuális becslések alapján a 24. órában vagyunk, ezért itt az ideje másképp gondolkodni a világgazdaság működéséről.

A világgazdaság környezeti terheinek elnyelése már közel kétszer ekkora bolygót igényelne (az emberiség ökológiai lábnyoma 1,7), **mindez jelentős ökológiai deficitet eredményez globálisan.** Ennek megfelelően a jelenlegi struktúrában a növekedés nem fenntartható, mivel a jövő generációk szembesülnek majd a természeti tényezők kisebb mennyiségével (biodiverzitás csökkenése, egyes ritkaföldfémek készletének csökkenése) és minőségének romlásával (légszennyezés, klímaváltozás miatti természeti katasztrófák stb.). A természeti tényezők nemcsak közvetlenül felhasznált inputként jelenthetnek szűkös erőforrást a jövőben, hanem a degradációjuk (légszennyezés, szélsőséges időjárási jelenség) a többi termelési tényező rendelkezésre álló volumenét és minőségét is csökkentheti. A globális felmelegedés és az extrém időjárási anomáliák kedvezőtlen hatást gyakorolnak a tőke mennyiségére és minőségére, a légszennyezés pedig csökkenti az egészségesen eltöltött várható éveket, növeli a betegségek kialakulásának kockázatát, ezzel negatívan hat a munkaerőre és annak termelékenységére is.

A 2019-es Növekedési jelentésben azt az alapvető kérdést járjuk körül, hogy milyen kapcsolat található a tartós gazdasági növekedés és a természeti környezet fenntarthatósága között. Optimista irányzat szerint a gazdasági növekedés pályáján a környezetszennyezés mértéke egy fordított U alakot követ, amit környezeti Kuznets görbének hív a szakirodalom. Bár egyes országokban csökken a szennyezés mértéke a fejlődés előrehaladtával (Magyarország ezen országok csoportjába tartozik), de ez sokszor inkább a környezetszennyező tevékenységek határokon átvéltől kiszervezésével magyarázható, azaz **globálisan nem beszélhetünk környezeti Kuznets görbéről. A jelenlegi technológiai feltételek mellett a gazdasági növekedés tovább emelkedő környezeti terheléssel járhat.**

A klímaváltozás hatásait elemző közgazdasági megközelítések és hatásvizsgálatok eredményei széles skálán mozognak. Míg a Nordhaus-féle klasszikus közgazdaságtan eredményei szerint a növekedés akár aktív klímapolitika nélkül is fenntartható, és álláspontja alapján mérsékelt szén-dioxid csökkentés is megoldhatja a problémákat, addig a **manapság konszenzusnak tekinthető Stern-féle megközelítést alkalmazó irányzat a gazdasági károkat óriásinak látja, és új zöld ipari forradalmat javasol a fenntartható növekedés érdekében (green growth).** A klímaváltozásra a legradikálisabb választ az ún. makroökológiai nem-növekedés (degrowth) elméletek adják, melyek szerint a fenntarthatóság csak a gazdasági kibocsátás szignifikáns visszafogása mellett valósulhat meg, mely a fogyasztói szokások megváltoztatását és a piaci verseny mérséklését is magában hordozza. **A zöld növekedési politika hangsúlyos eleme, hogy a kibocsátás-korlátozások kapcsán globális megoldás szükséges.**

A zöld növekedési pályán elérhető egy környezetileg fenntartható gazdasági bővülés, mely nem követeli meg a gazdasági növekedés későbbi drasztikus visszafogását. Egy ilyen pályán globális szinten 2050-ig éves átlagban 4 százalékos gazdasági növekedés jelezhető előre, ami magasabb, mint a jelenlegi trendek folytatódását bemutató alternatív scenárióban szereplő 2,5–3 százalékos érték, és felülmúlja az elmúlt 30 év átlagát is (3 százalék körüli GDP növekedés). Mindezt az időszak átlagában egy 2 százalékos termelékenység-bővülés támogathat. Mindeközben a zöld iparágak előretörése miatt a gazdaság szén-dioxid-kibocsátása a jelenlegi közel 37 milliárd tonna közeléből 20 milliárd tonnára mérséklődhet. A zöld növekedési pályán az ökológiai lábnyom 2050-ben 1,2 Földre csökken, a jelenlegi 1,7-ről. Így, bár az emberiség ökológiai szükséglete még mindig magasabban alakul, mint a Föld eltartóképessége, de érdemi javulás lenne elérhető a megfelelő lépések következtében. **Ezen scenárió alapfeltétele a zöld beruházások felfutása, így ebben a forgatókönyvben éves szinten 650 milliárd dollárt kellene kizárólag az energiahatékonyságot előmozdító és a szén-dioxid intenzitást csökkentő beruházásokra költeni globálisan** (emellett további investíciók szükségesek többek között a közlekedés, mezőgazdaság, stb. ágazatokban). A számítások alapján összességében a zöld beruházások éves növekedési ütemének 5 százalék körül kellene alakulnia, és átlagosan a GDP 2 százalékát kellene kitennie; míg a felzárkózó gazdaságokban ennél is többet, akár a GDP 5 százalékát is. Az elérhető adatok tanulsága alapján ezzel szemben **2018-ban az energiahatékonyság növelésére fordított összeg csak 240 milliárd dollárt tett ki, míg a zöld beruházási ráta nem érte el a GDP 1 százalékát.** Összességében tehát a globális elköteleződések elmaradtak a megkívánt szintektől, de **a Dél-Koreai Köztársaság, valamint Kína üdvözítő kivételt jelentenek,** és egyben példaként szolgálnak a többi gazdaság számára is. **Az említett országok a GDP-jük közel 5 százalékát fordítják a zöld ágazatok fejlesztésére, és hosszú távú vízióval rendelkeznek.**

A 2019-es Növekedési jelentésben azt is körbejárjuk, hogy mindez hogyan érhető el. A zöld növekedési pályára való áttérésben az úgynevezett irányított technológiai váltás segíthet mind a gazdaságpolitika, mind az üzleti vállalkozások esetében. Az irányított technológiai váltás olyan komplex gazdaságpolitikai lépéssorozat, amely magában foglalja a termelési tényezőket (tőke és a munka) és az innovációk zöld gazdaság irányába való terelését. Az állam szerepvállalása korrigálja a piaci kudarcokat, adópolitikával gátolja a magasabb károsanyag-kibocsátást eredményező innovációkat, és komplex támogatási rendszer kialakításával elősegíti a zöld ágazatok fejlődését.

Egy másik fontos lehetőség a zöld növekedési pálya elérésére a nagy mennyiségű adatgyűjtés és azok okos felhasználása, azaz a big data. **A big data a vállalati termelékenység növelése mellett elősegíti a környezeti szempontból fenntartható, alacsony szén-dioxid-kibocsátású és társadalmilag elfogadható fejlődést, amely támogatja a környezetbarát termékek, iparágak és üzleti modellek létrehozását tovább javítva ezzel az élet minőségét. A digitális világ expanziója és az így keletkező nagy mennyiségű adat új kihívást jelent a gazdasági folyamatokat megérteni akaró elemzők, a döntéshozók illetve a statisztikai hivatalok számára is.** Az adatforradalom felgyorsítja az adatok mennyiségének növekedését és keletkezését; bővíti az adatokkal vizsgálható és bemutatható jelenségek körét; elősegíti, hogy az adatok egyre hamarabb rendelkezésre álljanak; bővíti az adatforrások körét, és növeli az adat-előállítók, -feldolgozók és -elemzők számát. Ezek a változások **arra ösztönzik a statisztikai hivatalokat, hogy a hagyományos mérési módszertanokat modernizálják, illetve lehetőség szerint integrálják a big data jelentette másodlagos adatforrásokat.** A digitalizáció és a technológiai fejlődés hatása jelentkezik a vállalati stratégiákban és árazási döntésekben, így az inflációban is. Ezekkel az új kihívásokkal áll tehát szemben a hagyományos mérési módszertan, melynek lehetőségként kell tekintenie a változásokra.

Az általunk fenntarthatónak vélt makrogazdasági pálya bemutatásának egyik alapvető feltétele a jövő várható demográfiai trendjeinek felvázolása. Ha pusztán a globális népességszámra vonatkozó jelenlegi kivetítéseket vizsgáljuk, akkor a 7,7 milliárd fős lélekszám további, lassuló emelkedése várható, így a populáció 10,9 milliárd fővel érheti el a csúcspontját 2100-ban. Ha azonban részleteiben vizsgáljuk meg a folyamatot, akkor két eltérő trend rajzolódik ki, amelyek közül egyik sem fenntartható. **A gazdaságilag fejlettebb országokban a termékenységi ráta alacsony, ami a népességszám csökkenéséhez vezet.** A folyamat amellett, hogy növeli az eltartottak számát és arányát, komoly terhet ró a nagy ellátórendszerekre. **Eközben az alacsonyabb jövedelmű országokban magas a termékenységi ráta, ami a népesség számának rendkívül gyors, több régióban az erőforrások bővülésének ütemét meghaladó növekedését eredményezi.** Az eltérő demográfiai trendek miatt az egyes régiók súlya a jelenlegi tendenciák folytatódása mellett számottevően megváltozik, ami átrajzolja a geopolitika ma ismert térképeit. Erre példa, hogy a világ népességén belül

tovább fog csökkenni az európai népesség részaránya: 1950-ben a világ népességének több mint egyötödét tette ki, 2015-ben már csak 10 százaléka volt európai, és az arány 6 százalékra mérséklődhet 2100-ig. A probléma megoldására a szakpolitikák is igyekeznek választ adni. **A fejlett és a közepesen fejlett országokban támogatja a kormányzat a gyermekvállalást, illetve a családokat (erre Magyarország is példa), míg a fejlődő országokban a fenntartható népességbővülés elérése a cél.** Szintén fenntarthatósági kérdéseket vet fel, hogy a jelenlegi előrejelzések szerint éppen azokban az országokban, régiókban nőhet majd a népesség a legnagyobb ütemben, amelyeket leginkább érint a klímaváltozás negatív hatása. Éppen ezért kiemelten fontos, hogy azok a gazdaságok, amelyek nagy népességnövekedés előtt állnak, olyan fenntartható növekedési ökoszisztémákat alakítsanak ki, amely biztosítja a környezetterhelés csökkenését.

1. A növekedés természeti költségei

Az elmúlt több mint két évszázadban az emberiség soha nem látott gazdasági fejlődésen ment keresztül. Ennek eredményeként Európában és Amerikában a 19. század során, míg a távol-keleti országokban a 20. század második felében korábban elképzelhetetlen tömegek emelkedtek ki a mélyszegénységből, csökkent a gyermekhalandóság, nőtt a várható élettartam. Az elmúlt évtizedek ugrásszerű – szénhidrogén-felhasználás alapú, fogyasztáscentrikus – növekedésével párhuzamosan a természeti terhelés számottevően nőtt, ami komoly károkat okozott a földi éghajlatban és a biológiai sokféleségben.

Napjaink hőmérsékleti felmelegedése a civilizációs időszak legnagyobb kilengése, mely a hosszú távú fenntartható növekedés egyik legfontosabb akadályává vált nemzeti és globális szinten egyaránt. Az üvegházhatású gázok légköri koncentrációjának növekedése napjainkra a globális átlaghőmérséklet – a 19. századi iparosodás korszakához viszonyított szintjének – több mint 1 Celsius fokos emelkedését eredményezte. A felmelegedés következtében olvadásnak indultak a gleccserek és a sarkkörti jégsapkák, ami felgyorsította az óceánok és tengerek szintjének emelkedését, több száz millió ember életét és számos fontos világgazdasági központ létét veszélyeztetve. Az éghajlatváltozás következtében egyre sűrűbben alakulnak ki, és egyre nagyobb károkat eredményeznek az extrém időjárási jelenségek (hurrikánok, áradások, aszályok).

A növekvő népesség (lásd részletesebben a 6. fejezetben) élelmiszerszükségleteinek kielégítése egyre nagyobb terhet ró a vízgazdálkodásra és az élelmezésre. A mezőgazdasági termelés bővítése érdekében kiirtott egyre több erdő a környezet további eróziójához, erdőtüzekhez, fajok kipusztulásához vezethet. Az ipari energiafelhasználásban a megújuló források arányának emelkedése ellenére továbbra is a fosszilis energiahordozók szerepe a meghatározó. Az emberiség ökológiai lábnyoma soha nem látott mértékűre duzzadt, és mivel a jelenlegi gazdasági rendszerben a fejlődéssel párhuzamosan szükségszerűen növekszik a természet kihasználása és a szennyezés mértéke, a fejlődő országok folytatódó felzárkózása a jövőben további környezeti degradációt eredményezhet.

A jelenlegi trendek fennmaradása mellett a tudományos kutatások szerint a 2016-os párizsi egyezményben vállalt kibocsátás-csökkentési célok elérése sem elegendő ahhoz, hogy a 21. század végére a globális átlaghőmérséklet emelkedése ne haladja meg az iparosodás előtti szinthez viszonyított 2 Celsius fokos határértéket. A legfrissebb eredmények pedig arra mutatnak rá, hogy a légkörben lévő szén-dioxid a korábbi becsléseknél gyorsabban melegítheti a Föld felszínét, így radikális változások és megfelelő klímavédelmi intézkedések hiányában a század végére akár 7 fokkal is melegebb lehet a hőmérséklet. Mindezek hatására az aktuális becslések alapján a 24. órában vagyunk, ezért itt az ideje másképp gondolkodni a világgazdaság működéséről.

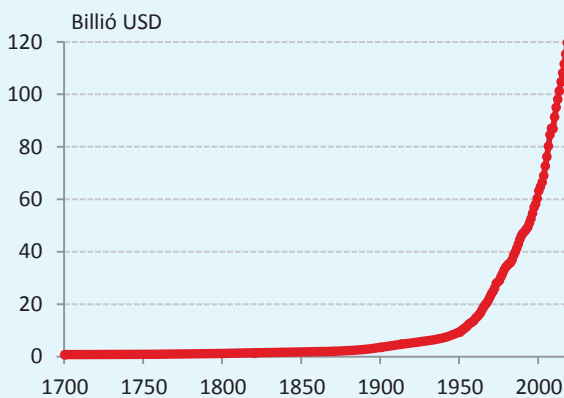
1.1. Az elmúlt évszázadok példátlan fejlődése

Az elmúlt több mint két évszázadban az emberiség soha nem látott gazdasági fejlődésen ment keresztül. Az 1800-as évek ipari forradalmi sorra hívták életre a legújabb technológiai vívmányokat, illetve innovációkat, aminek hatására gyökeresen átalakult a világgazdaság működése, a társadalom szerkezete és az emberek életmódja is.

A gazdaság strukturális átalakulásának eredményeként Európában és Amerikában a 19. század során, míg a huszadik század második felében különösen a távol-keleti országokban korábban elképzelhetetlen tömegek, százmilliók emelkedtek ki a mélyszegénységből (Sala-i-Martin, 2006).

Az elmúlt évszázadban a világgazdaság mérete harmincszor nagyobb lett, mint korábban volt (Maddison, 2010) (1-1. ábra). Eközben a világ népessége megnégyszereződött, és 2019-re elérte a 7,7 milliárd főt.

1-1. ábra: A globális GDP alakulása 1700 óta



Megjegyzés: 2011-es árakon.
Forrás: Világbank.

A fejlődés következményeként, a népességrobbanás ellenére az egy főre jutó GDP is drasztikusan emelkedett. A Maddison adatbázis alapján a világon az átlagos egy főre jutó GDP 1870 és napjaink között több mint tízszeresére nőtt: míg 1870-ben 2011-es árakon számolva 1263 dollár volt, addig napjainkra durván 15 000 dollár az egy főre jutó jövedelem értéke. Bár a régiós trendek eltérnek egymástól, a gazdaság növekedése az összes kontinensen megfigyelhető jelenség. Az elmúlt 60 év során a szubszaharai afrikai régióban másfélszeresére, a kelet-ázsiai térségben (főként Kínában) több mint hétszeresére nőtt az egy főre jutó GDP (1-1. táblázat).

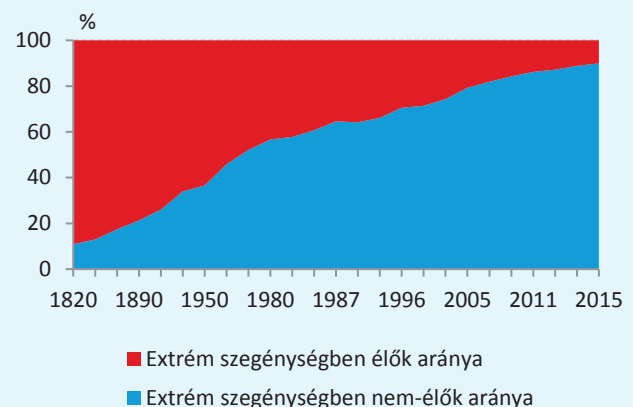
1-1. táblázat: Az egy főre jutó GDP változása 1960* és 2018 között

	1960	2018	Változás
Közép-Európa és a Balti államok	7152,7	15558,6	2,2
Kelet-Ázsia és Óceánia	1283,8	9915,5	7,7
Eurozóna	10808,5	40248,6	3,7
Latin-Amerika	3674,4	9377,6	2,6
Közél-Kelet és Észak-Afrika	3415,9	7741,2	2,3
Észak-Amerika	17563,1	53155,2	3,0
Szubszaharai Afrika	1103,7	1652,2	1,5

Megjegyzés: *Illetve onnan, ahonnan rendelkezésre állnak adatok.
Forrás: Világbank.

A gazdasági fejlődéssel párhuzamosan drasztikusan lecsökkent a mélyszegénységben élők aránya. A Világbank szegénység-definíciója alapján – mely szerint az számít szegénynek, aki a 2011-es árakon számolt napi 1,9 dollár jövedelemnél kevesebből él – az 1800-as évek eleje óta közel 90 százalékról mára mintegy 10 százalék alá csökkent a nélkülözők aránya a globális népességben belül (1-2. ábra). A szegénység globális csökkenése nagy mértékben köszönhető annak, hogy a világ, különösen Dél- és Kelet-Ázsia egyre nagyobb része kapcsolódott be a világgazdaság vérkeringésébe, és ezáltal képes volt érdemi gazdasági növekedést elérni (Sala-i-Martin, 2006). Kínában, Indiában, vagy éppen Indonéziában egy-két generációval korábban még a népesség fele mélyszegénységben élt, azonban közel 30 év távlatában az arányuk megfeleződött. A szegénység korábban lényegében ázsiai jelenség volt, és a világ szegényeinek 80 százaléka Ázsiában élt, napjainkra ez mintegy 20 százalékra csökkent. Az ázsiai fejlődéssel ellentétes irányba mozdult el ugyanakkor az afrikai kontinens, és mára a világ szegényeinek 75 százaléka Afrikában él.

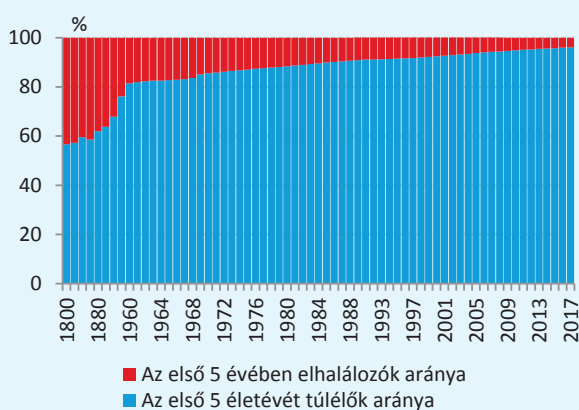
1-2. ábra: A mélyszegénységben élők aránya



Forrás: Világbank.

A fejlettség növekedésével, az egészségügyi ellátás és oktatás fejlődésével párhuzamosan a globális gyermekhalandóság is évtizedek óta mérséklődik. A korábbi évszázadokban a gyermekhalandóság számottevő probléma volt: a 19. század során Németországban csupán minden második újszülött élte meg az 5. életévét, míg Svédországban ez az arány háromból kettő volt. Az 1800-as évek elején a világon az újszülöttek több mint 40 százaléka nem élte meg az 5. életévét, azonban ez az arány 1960-ra 20 százalék alá mérséklődött – tehát már kevesebb mint minden ötödik gyermek halálozott el 5 éves kora előtt. Napjainkra ez az arány 4 százalék alá csökkent, így 200 év alatt közel tizedére csökkent a gyermekhalandóság aránya, ráadásul a fejlett országokban ez a szám 1 százalék alatti (1-3. ábra).

1-3. ábra: A globális gyermekhalandóság alakulása

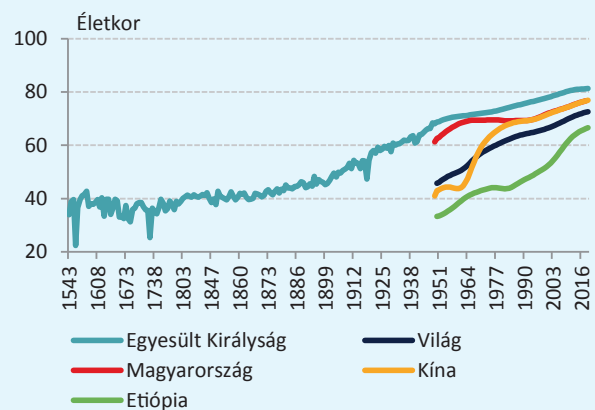


Megjegyzés: Az életének első 5 évében elhalálozók-túlélők aránya.
Forrás: Világbank.

A legnagyobb javulást a nagy méretű fejlődő országok érték el, Kína és Brazília esetében például 40 év alatt a gyermekhalandóság a tizedére esett vissza. Más fejlődő országok esetében – kiemelten Afrikában – a halandóság aránya még továbbra is magas, de előrelépés ezen országok esetében is megfigyelhető.

Hasonló tendencia azonosítható a várható élettartam esetében is. Az Egyesült Királyság esetében például – ahol a leghosszabb idősorok állnak rendelkezésre – a 16. századi 40 év körüli várható élettartam megduplázódott, és manapság 80 év felett alakul. De az említett folyamat globálisan, sőt, külön a fejlődő világ esetében is azonosítható. A világon átlagosan 72 év körül alakul, míg Kína esetében már ennél is magasabb, közel 77 év a várható élettartam (1-4. ábra). Etiópiában, ahol a 20. század közepén még csupán 30 év körül alakult, napjainkra meghaladja a 65 évet is a várható élettartam. Nemenként vizsgálva a várható élettartamot megállapítható, hogy mind a férfiak, mind a nők esetében számottevően emelkedett a vizsgált érték. 1960-hoz képest a nők esetében az évek száma 54-ről 74 évre, míg a férfiak esetében 50-ről 70 évre növekedett.

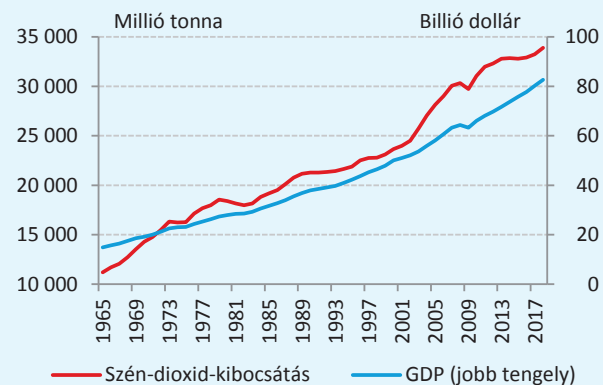
1-4. ábra: A várható élettartam alakulása



Forrás: ENSZ Gazdasági és Szociális Tanács.

Az elmúlt évtizedek ugrásszerű növekedésének, illetve a fejlődő országok világgazdaságba való integrálásának azonban komoly ára volt. A radikális növekedés letéteményesei a strukturális átalakulás következtében először az ipari, majd a szolgáltató szektor voltak, melyek kiteljesedése a szénhidrogén-alapú gazdaság bővülésével járt együtt (1-5. ábra) Az iparosodás alapú, fogyasztáscentrikus gazdasági növekedés maradandó károkat okozott a Föld és az éghajlat működésében.

1-5. ábra: A globális GDP és a globális szén-dioxid kibocsátás alakulása



Forrás: EEA, Világbank.

1.2. A fejlődés környezeti költségei

Napjaink felmelegedése a civilizációs időszak legnagyobb hőmérsékleti kilengése: soha nem volt még ilyen jelentős a klímaváltozás, mióta a *homo sapiens* létezik. Utoljára mintegy 3 millió évvel ezelőtt volt 2-3 Celsius fokkal magasabb hőmér-

séklet a Földön, miközben a tengerszint mintegy 10-20 méterrel volt magasabb. **A civilizációs időszak elmúlt 10 ezer éve során a hőmérséklet az ipari korszakhoz képest mindig +/- 1 Celsius fokkal ingadozott.** Egyes elemzések szerint a jelenlegi gazdasági működésünk, termelési és fogyasztási szokásaink alapján a jelen évszázad végére, 2100-ig elérjük a 3 Celsius fokkal magasabb hőmérsékletet (Oswald és Stern, 2019). **A klímaváltozás a hosszú távú fenntartható fejlődés egyik legfontosabb akadályává válhat nemzeti és globális szinten egyaránt.**

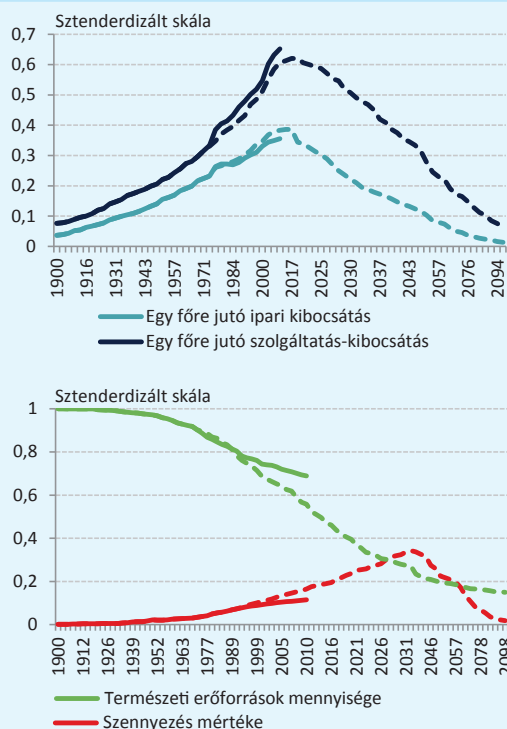
Az emberiség ökológiai lábnyoma soha nem látott mértékűre duzzadt, az üvegházhatású gázok légköri koncentrációja növekszik. **Az összehasonlítás alapként használt iparosodás korszakához képest a globális átlaghőmérséklet napjainkra több mint 1 Celsius fokkal emelkedett,** ami felgyorsította a jégsapkák és a gleccserek olvadását, elősegítette a tengerszintek emelkedését, és növelte a viharok, aszályok és áradások gyakoriságát és intenzitását. **A klímaváltozás számos lokális hatást is eredményez.** Az egyre gyakoribbá váló viharok, extrém időjárási körülmények erdők kihalásához, rekordszámú erdőtüzhez, vagy korábban nem látott mértékű áradásokhoz vezet a nyugati világban. Az elviselhetetlenné váló hőmérséklet, az aszályok és a mezőgazdasági termelés ellehetetlenülése a Közel-Keleten és Afrikában elsivatagosodást eredményez, és járul hozzá a világ biztonságának destabilizálásához.

Az ENSZ már az 1980-as években felismerte, hogy a környezeti erőforrások végeessége, és a természet degradációja hosszú távon a fejlődés korlátját jelenti. Az életre hívott Brundtland-bizottság 1987-ben kiadott „Közös jövőnk” című jelentésében a gazdasági növekedés új korszakát sürgette, és egy olyan fejlődést tűzött ki célul, mely „a jelen igényeinek kielégítése mellett nem fosztja meg a jövő generációját saját szükségleteik kielégítésének lehetőségétől”.¹ A kiadványban hangsúlyozzák, hogy a klímaváltozás legfőbb kiváltója az emberi tevékenység, de ennek ellenére a legtöbb országban továbbra is a hagyományos értelemben vett gazdasági növekedés áll a fókuszban.

A kérdéskörre vonatkozóan az **1970-es évektől kezdve rendelkezésre állnak közgazdasági kivetítések is,** melyek eredményei azonban igen nagy bizonytalanságot tartalmaznak, és nagyban függenek az alkalmazott feltevésektől. Az exponenciális gazdasági és népességnövekedés természeti erőforrásokra gyakorolt hatásának első technikai kivetítése a Donella H. Meadows és szerzőtársai által szerkesztett „A növekedés határai” (eredeti nyelven „The limits to growth”) című jelentés volt. **Szimulációik alapján amennyiben az akkori (és globálisan jelenleg is mainst-**

reamnek számító) – természetet kizsákmányoló – növekedési modell folytatódik, úgy a Föld 2072-re beleütközik termelési korlátaiba, és hirtelen kontrollálatlan hanyatlás indul meg mind a népességszám, mind a termelőkapacitások esetén (1-6. ábra). Három évtizeddel később Turner (2008) 30 év addicionális adatát felhasználva becslésként újra a Meadows és szerzőtársai által alkotott modellt, és a **korábbi kivetítést megerősítve azt kapja, hogy a világgazdaság a 70-es években megfigyelt erőforrásfelhasználási és szennyezési pályán halad tovább** (1-6. ábra). **Kenneth Boulding brit közgazdász nagyszerű „The Economics of the Coming Spaceship Earth” című 1966-ban megjelent könyvében kétféle gazdasági típusról ír. Az első típusú a cowboy,** mely értelmezés szerint az erőforrások nem kimerülöek, hiszen csak lokációt kell váltani, és folytatni a korábbi tevékenységeket. Ezen elmélet szerint, mely az iparosodott országok filozófiájaként értelmezhető, a fogyasztás, valamint a termelés minden körülmények között pozitív jelenség. **Ezzel szemben az űrhajós gazdaság korlátokkal bír mind a kitermelés, mind a szennyezés vonatkozásában,** így az emberiségnek az ökológiai rendszert figyelembe véve nem maximalizálnia, hanem optimalizálni kell a kibocsátását, a káros externáliák és az erőforrások kimerülésének függvényében.

1-6. ábra: Az 1972-ben és a 2008-ban készült környezeti terhelésre vonatkozó scenáriók összevetése



Megjegyzés: A szaggatott vonal az 1972-es, míg a teljes vonal a 2008-as becslés eredményeit ábrázolja.

Forrás: Meadows 1972, Graham 2008.

1 Our Common Future, 1987

A környezeti fenntarthatóság eredményeként egyre égetőbb probléma a társadalmi fenntarthatóság kérdése is. A klímaváltozás következtében egyre több régióban válik lehetetlenné az élelmiszertermelés. Az átlaghőmérséklet emelkedése, az extrém időjárási körülmények egyre gyakoribbá és intenzívebbé válása, az esőzések és szárazságok mintázatának változása, a bioszféra megváltozása következtében elsivatagosodó területeken jelentősen csökkenhetnek a mezőgazdasági hozamok. Az előrejelzések alapján **pont azokat a régiókat érinti legjobban az elsivatagosodás, ahol a legjelentősebb a populáció növekedése** (erről részletesen értekezünk a 6. fejezetben).

A népesedés és az erőforrások (klasszikus esetben élelmiszertermelés kapacitásainak) összekapcsolódása Malthus (1798) írása óta foglalkoztatja a demográfusokat és a közgazdászokat. A „*Tanulmány a népesedés törvényéről*” elmélete szerint a népesség exponenciálisan minden 25 évben megkétszereződve – emelkedik, ugyanakkor az élelmiszerek előállítására csak lineárisan növekedhet. Az elégtelen élelmiszertermelés globális éhínséget okoz, ami először a népesség csökkenését, majd a növekedés leállítását eredményezi. Malthus előrejelzése ugyanakkor a 19. század ipari forradalmainak vívmányai, és az új mezőgazdasági technológiák térnyerése miatt nem vált valóra.

A világ fenntarthatatlan növekedése, valamint a klímaváltozás hatására átalakuló bioszféra mellett azonban az egyéb ökológiai tényezők (tiszt ivóvízhez, tiszta levegőhöz való hozzáférés) egyre inkább a gazdasági tevékenység korlátjává válhatnak. A gyors népességnövekedés és a környezet erodálásának kapcsolatát írja le a fejlődő világ egyik legsűrűbben lakott országának, Ruandának az esete alapján Jared Diamond (2005) világhírű „*Összeomlás*” című könyve. Diamond az 1990-es évek ruandai népirtását ezen keretek között értelmezi: a mezőgazdasági termelés modernizációjának elmaradására miatt a világ egyik legsűrűbben lakott országában 1993-ra a farmok medián mérete 0,7 holdra csökkent, míg ugyanebben az időszakban Montana államban egy család elégséges eltartásához szükséges farmméret mindegy 40 hold lehetett. A csökkenő egy főre jutó termőterülettel párhuzamosan a népességgrobbanás miatt a napi átlagos kalóriabevitel a népesség több mint 40 százaléka körében csökkent – az éhínségi küszöböt jelentő – 1600 kalória alá. A klímaváltozás, a kiszámíthatatlan terméshozamok tovább erősítették a fentebbi okok mellett a törzsi ellentéteket, ami a 20. század egyik legvéresebb népirtásához vezetett.

A továbbiakban először áttekintjük a környezeti degradáció eddigi mértékét, illetve ennek fenntarthatósági kérdéskörét, rámutatva a jelenlegi társadalmi-gazdasági rendszer növekedési modelljének hosszú távú fenntarthatatlanságára.

1.3. A természeti erőforrások aktuális állapota

A Földön egy átlagos ember évente megközelítőleg 5 tonnányi szén-dioxidot termel, melynek mintegy negyede több mint ezer éven keresztül a légkörben marad, és az üvegházhatású gázokkal együtt jelentősen torzítja a bolygó energiamérlegét (Le Quéré és szerzőtársai 2018, Archer és szerzőtársai 2009). A szén-dioxid az emberi élet és az élővilág fejlődésének elengedhetetlen kelléke. Egyensúlyi állapotban a Föld szén-dioxid-kibocsátásának és megkötésének az aránya megegyezik. A Föld felszínét elérő napfény később hőként sugárzik vissza az űrbe. Az atmoszférában jelenlevő üvegházhatású gázok azonban blokkolják a visszasugárzás egy részét, így az infravörös fények ismét a Föld felszínére verődnek vissza, megnövelve annak hőmérsékletét. Az üvegházhatású gázok jelenléte elengedhetetlen a földi élethez, mely nélkül a földfelszín hőmérséklete túl hideg, életre alkalmatlan lenne. Az emberi tevékenységek következtében az üvegházhatású gázok légköri koncentrációja azonban már olyan magas szintet ért el, ami felborítja az egyensúlyi állapotot.

A légköri szén-dioxid koncentráció 1 százalékos növekedésének következtében két másodpercenként mintegy 27 billió Wattnyi energia sugárzik vissza a Föld felszínére, amely megegyezik egy Hiroshima-méretű atombomba energiájával. A visszaverődő hőből fakadó éghajlati változások befolyásolják a földfelszín hőmérsékletét, és meghatározzák azt is, milyen magasan lesz a tenger szintje, hogyan formálódnak a felhők, hol lesznek hurrikánok, vagy éppen mikor lesznek esőzések és áradások.

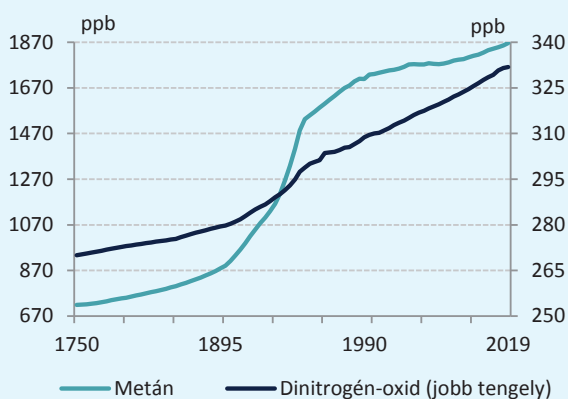
A 20. századra gyakorlatilag minden gazdaságilag értékes tevékenység közvetlenül vagy közvetetten üvegházhatású gázok kibocsátással jár együtt, ami döntően meghatározza az éghajlat alakulását. Az emberiség számtalan beavatkozás révén kockáztatja a természet és környezetünk egészségét. A légkörbe kerülő üvegházhatású gázok – mint a szén-dioxid, a metán, a dinitrogén-oxid, valamint a fluortartalmú gázok – kibocsátásán keresztül, a vegyi anyagok használata vagy a földhasználat megváltoztatása és az erdőirtások által vagy éppen számtalan élőlény és faj élőhelyének megsemmisítésével mind-mind nő a légkörben lévő káros anyagok koncentrációja, valamint a talaj és a vizek szennyezettsége. **Az emberi gazdasági aktivitás miatt környezetünk egyensúlya bomlik meg, pedig elsődleges fontosságú lenne, hogy az emberi életéhez szükséges biológiai és geofizikai erőforrásainkat megőrizzük.**

A továbbiakban áttekintjük a legfontosabb természeti erőforrások jelenlegi állapotát. Emellett kitérünk az ENSZ által készített klímaváltozás-előrejelzésére is, mely alapján – amennyiben a mostani növekedési mintázat fennmarad – a szén-dioxid kibocsátás szignifikánsan tovább emelkedik, míg a globális átlaghőmérséklet 4 fokkal nőhet.

1.3.1. LEVEGŐ

Az üvegházhatású gázok légköri koncentrációja a második ipari forradalmat követően meredek emelkedésnek indult. A légkörben lévő dinitrogén-oxid több mint 20 százalékkal növekedett 1750 óta, míg a metán szintje már 1975-re megduplázódott, és azóta is emelkedik (1-7. ábra).

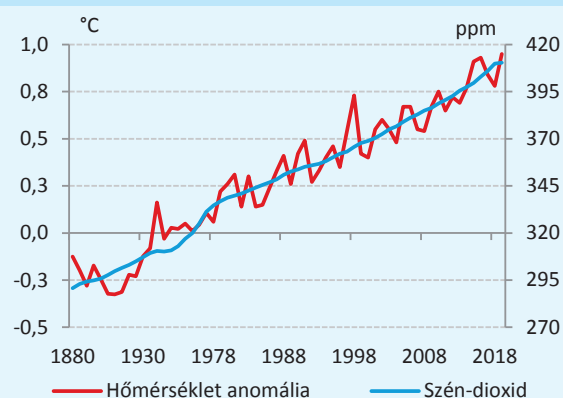
1-7. ábra: A metán és a dinitrogén-oxid légköri koncentrációjának alakulása



Megjegyzés: Adatok milliommód per térfogategységben (parts per billion, ppb).
Forrás: European Environment Agency (EEA), 2 Degrees Institute.

Az üvegházhatású gázok legnagyobb részét azonban a szén-dioxid-kibocsátás adja. A szén-dioxid légköri koncentrációja szintén a 19. század második felében indult növekedésnek, és egyértelműen hozzájárul az átlaghőmérséklet emelkedéséhez. A globális átlaghőmérséklet évtizedek óta felfelé tér el a 20. század átlagától, és az eltérés mértéke egyre nagyobb méreteket ölt (1-8. ábra).

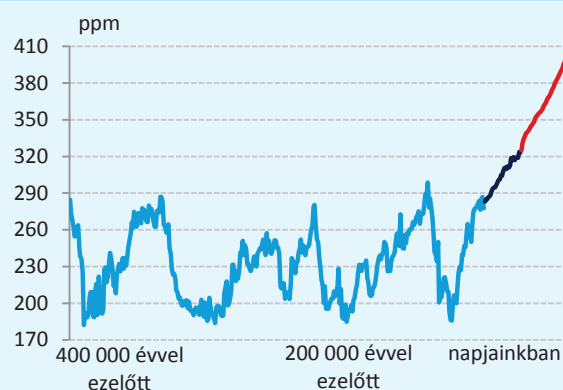
1-8. ábra: A hőmérséklet anomáliának és a szén-dioxid légköri koncentrációjának alakulása



Megjegyzés: A hőmérséklet anomália a 20. század átlagától való eltérést jelenti. A szén-dioxid légköri koncentrációjára vonatkozó adatok milliommód térfogategységben (ppm).
Forrás: EEA, 2 Degrees Institute, National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA).

A légkör szén-dioxid koncentrációja historikus összehasonlításban is rendkívül magas szintekre emelkedett. Az elmúlt több mint 400 ezer évben az atmoszférában jelenlévő szén-dioxid szintje nem érte el a 300 milliommód térfogategység (parts per million, ppm) szintjét, napjainkban azonban már a 400 milliommód térfogategységet is meghaladta (1-9. ábra). Amikor legutoljára napjainkhoz mérhetően magas volt a légkör szén-dioxid koncentrációja, akkor a Föld felszíne teljesen máshogy nézhetett ki: átlagosan 3 Celsius fokkal volt melegebb, Grönlandon nem volt jég, és az Antarktisz egy részét erdők borították. Az ezen területeket fedő jég vízként volt jelen az óceánokban, mely napjainkhoz képest durván 20 méterrel magasabb tengerszinttel párosult (The Economist, 2019b). A légköri szén-dioxid ilyen magas szintjének következményeit tehát nehéz megjósolni, és könnyen elképzelhető, hogy a hatásai visszafordíthatatlanok lesznek.

1-9. ábra: A szén-dioxid légköri koncentrációjának historikus alakulása

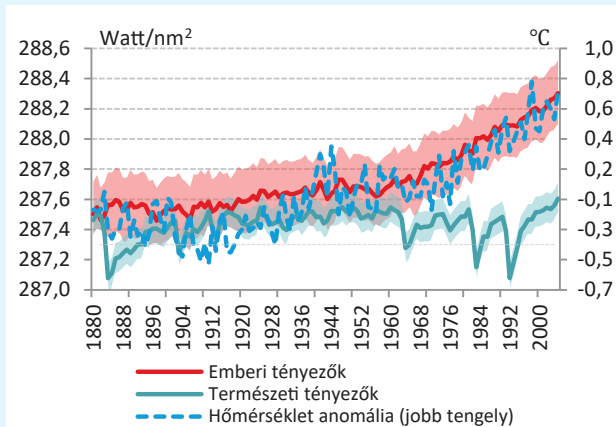


Megjegyzés: Adatok milliommód térfogategységben (ppm).
Forrás: CDIAC, NOAA.

Korábban voltak kétségek a klímaváltozás kiváltó okait illetően, azonban napjainkra a tudományos közösség egyetért abban, hogy a **globális felmelegedés alakulását legnagyobb mértékben az emberi tevékenység befolyásolhatja**² (1-10. ábra). A Nemzeti Óceán- és Légkörkutató Hivatal adatai alapján számolható a globális átlaghőmérséklet változását okozó természeti tényezők szerepe. Az 1880 óta eltelt másfél évszázad idősrát vizsgálva látható, hogy bár a felmelegedés az egész időtávon megjelenik, igazán csak 1970-től gyorsul fel a hőmérséklet emelkedése, és azóta minden évtized melegebb, mint a megelőző volt (League és szerzőtársai, 2019). Mivel a természeti tényezők energiakibocsátása szinte a teljes időtávon konstans, így feltételezhető az emberi tevékenység klímaváltozásra gyakorolt meghatározó szerepe (The Economist, 2019b).

Az ENSZ legfrissebb adatai alapján 2019 júliusa a valaha mért legmelegebb hónap volt, míg a 2015–2019 közötti öt éves időszak az összehasonlítható adatok rendelkezésre állása, tehát 1850 óta minden eddigi periódus legmelegebbike lehet, mely az iparosodás előtti átlagot 1,1 Celsius fokkal, a 2011–2015 közötti időszakot pedig 0,2 Celsius fokkal haladja meg (League és szerzőtársai, 2019).

1-10. ábra: A globális átlaghőmérséklet változása



Megjegyzés: A sávok a +/- egy szórásnyi bizonytalanságot mutatják. A Watt/nm^2 a sugárzásos fűtési index mértékegysége, ezzel méri az üvegházhatású gázok felmelegedést fokozó hatását.
Forrás: Bloomberg, NOAA.

Az előrejelző modellek alapján legnagyobb valószínűség szerint a globális felmelegedés addig folytatódik, amíg az üvegházhatású gázok légköri koncentrációjának emelkedése nem áll meg. Ahhoz, hogy a globális átlaghőmérséklet-emelkedése ne haladja meg a 1,5 Celsius fokos határértéket – mely a 2016-ban hatályba lépett párizsi éghajlatvédelmi egyezmény célja – a légkörben lévő szén-dioxid mennyisége maximum 2,8 billió metrikus tonna

lehet. Ennyi az emberiség ún. „szénköltségvetése”. 2018-ra ennek mintegy 80 százalékát már felhasználtuk. Az emisszió csak az elmúlt évtizedben közel 400 milliárd metrikus tonnát tett ki. Ahhoz, hogy a globális felmelegedés mértékét 1,5 fok alatt tartsuk a 21. század közepére nullára kell redukálni a szén-dioxid-kibocsátást (Borunda, 2018), ami azt jelenti, hogy az aktuális emisszió szintjének a felére kell csökkennie 2030-ig. A jelenlegi kivetítések alapján egyik ország sem képes ezt teljesíteni (The Economist, 2019b). **Ráadásul még a nullás emisszió sem eredményezi a légkörben jelenlévő szén-dioxid csökkenését, ehhez olyan technológiákra lenne szükség, melyek képesek arra, hogy az atmoszférából kivonják a szén-dioxidot.**

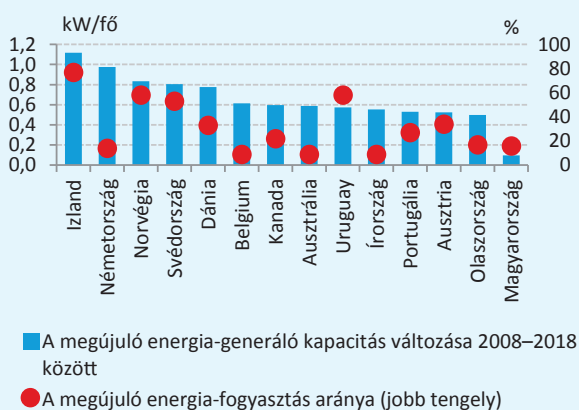
Az üvegházhatású gázok, elsősorban a szén-dioxid, valamint a légkörbe kerülő por és egyéb szennyezőanyagok kibocsátásának csökkentése nem lehetséges az energiafelhasználás átalakítása nélkül.

Napjainkban az energiafelhasználás több mint 80 százalékát a fosszilis energiahordozók adják. Aengenheyster és szerzőtársai (2018) számításai szerint ahhoz, hogy a globális átlaghőmérséklet emelkedése ne haladja meg a 1,5 Celsius fokot 2100-ra, a megújuló energiaforrások arányának évente 2 százalékponttal kellene növekednie, és az energiafelhasználás felét megújuló erőforrásokból kellene biztosítani 2038-ra. Azonban az elmúlt évtizedekben átlagosan csak 0,1 százalékpontos növekedés volt megfigyelhető.

A fosszilis energiahordozók helyettesítése nem egyszerű feladat. Az Európai Unió kiemelt figyelmet fordít a környezetvédelemre. Németország az elmúlt évtizedben egy főre vetítve több mint 1 kilowatt megújuló energia-generáló kapacitást telepített a szél- és napenergia széleskörű bevezetésének köszönhetően, és több más uniós ország is élen jár a megújuló kapacitások kiépítésében (1-11. ábra). **Ezek között Magyarország is kiemelhető, mely a legfrissebb adatok alapján már teljesítette a 2020-as vállalásait, miközben az energiafelhasználás közel 15 százaléka megújuló energiaforrásból származik.**

² Bár továbbra is vannak, akik vitatják a klímaváltozás antropogén eredetét (Miskolczi, 2010; NIPCC, 2013), a tudományos közösség nagy többsége egyetért abban, hogy az éghajlatváltozás az emberiség által kibocsátott üvegházhatású gázok felmelegítő hatására vezethető vissza (Benestad és szerzőtársai, 2016).

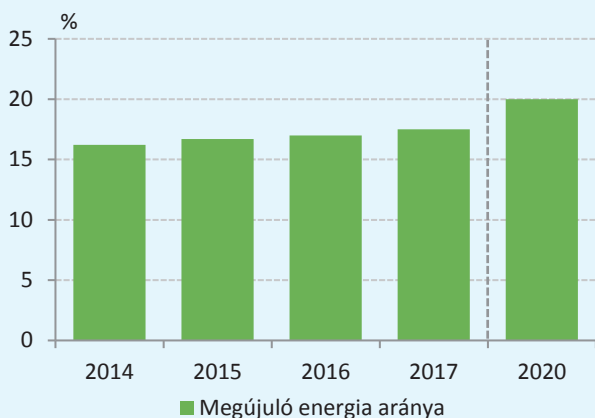
1-11. ábra: A megújuló energia-generáló kapacitás alakulása



Forrás: IRENA (2019), WDI.

A megújuló erőforrások aránya folyamatosan emelkedik az EU-tagállamok energia felhasználásában (1-12. ábra). Azonban a kapacitás-telepítések ellenére a növekedés üteme elmarad az említett 2 százalékos értéktől.

1-12. ábra: A megújuló energia arányának alakulása az EU energia-felhasználásában



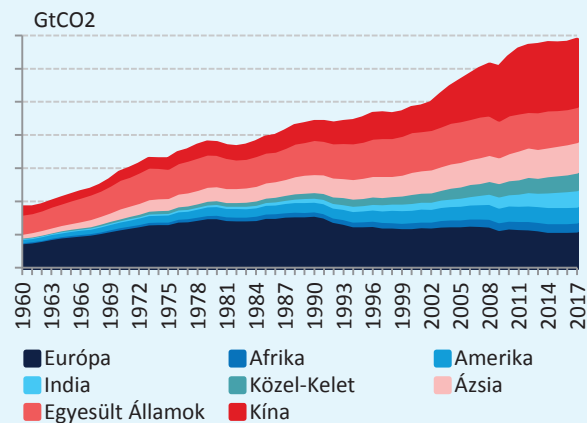
Forrás: Eurostat (2019).

Ágazati felbontás alapján az energiaszektor a legnagyobb szén-dioxid kibocsátó, 2016-ban több mint 15 milliárd tonna gázt juttatott a légkörbe, így a teljes szén-dioxid kibocsátás közel 40 százalékaért felel. Bár világszinten az energiaszektor GDP arányos szén-dioxid-kibocsátása lényegében változatlanul, 0,2 kg CO₂/US\$ GDP körüli szinten alakult, jelentős különbségek azonosíthatók a világ régiói között. Az Európai Unió országaiban a szektor szén-dioxid intenzitása több mint 30 százalékkal csökkent. A csökkenő tendencia a fejlett világ országaiban általánosan megfigyelhető, melyet azonban a feltörekvő országok növekvő energiaintenzitása ellensúlyoz globális téren. Ugyanakkor a szállítás, valamint az ipar szintén nagymértékben hozzájárul a szén-dioxid-kibocsátás folyamatos növekedéséhez (IEA, 2018). A közlekedési szektor

a világ szén-dioxid-kibocsátásának 20-24 százalékát tette ki. Ráadásul a szektor szén-dioxid-kibocsátása 1970 óta több mint kétszeresére emelkedett, és minden más energia végfelhasználói ágazatnál gyorsabban nőtt. 2016-ban már a 8 gigatonna szén-dioxid-kibocsátás értéket is elérte, amelynek 74 százalékát csak a közúti forgalom, 12 százalékát a repülőforgalom és 11 százalékát a hajóközlekedés tette ki. Az ipari termelés a fosszilis tüzelőanyagok égetésével kén-dioxidot és egyéb mérgező füstöt juttat környezetünkbe. A világ szén-dioxid-kibocsátásának közel 20-25 százalékát tette ki az ipar, továbbá ezen szektor felelős a globális villamosenergia-felhasználás több mint egyharmadért.

Országok szerint a legnagyobb kibocsátó Kína, akit az Egyesült Államok, India, Oroszország és Japán követ (1-13. ábra). Ez az öt ország együtt a világ szén-dioxid kibocsátásának több mint a felét adta 2017-ben, míg a 15 legnagyobb kibocsátó ország a globális emisszió több mint 70 százalékáért felelt (Fleming, 2019). Magyarország szén-dioxid kibocsátása közel 65 millió tonna volt 2018-ban (csökkenő trendet mutatva), mely a teljes EU-s kibocsátás 1,4 százaléka.

1-13. ábra: A szén-dioxid kibocsátás alakulása országok/ régiók szerint



Megjegyzés: Amerika az Egyesült Államok nélkül, Ázsia Kína és India nélkül.
Forrás: Carbon Dioxid Information Analysis Centre (CDIAC), United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), BP (2017).

A légszennyezés csökkentése nemcsak a globális felmelegedés mérséklése, hanem az egészségvédelem szempontjából is fontos, mivel a szennyezőanyagok kibocsátásának visszafogása csökkentheti a légszennyezéssel összefüggő halálozások és megbetegedések számát. A WHO adatai alapján a városi népesség több mint 80 százaléka a megengedett határértéknél magasabb légszennyezésnek van kitéve, és évente 4,2 millióan halnak meg a kültéri légszennyezésre visszavezethető

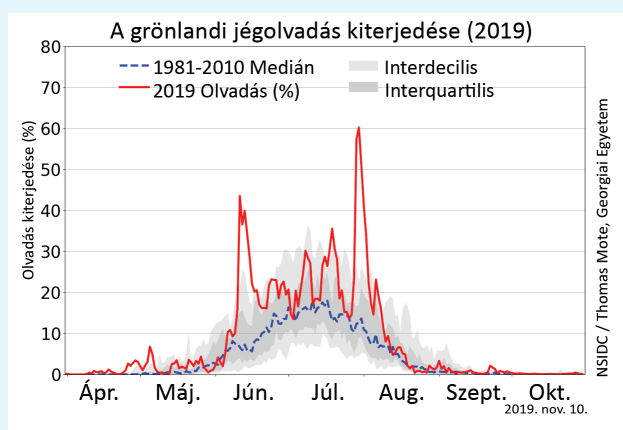
okok következtében (WHO, 2019). Ráadásul becsléseik alapján **világon él 1,8 milliárd gyermek 93 százaléka él szennyezett levegőjű környezetben, akik közül 630 millió 5 éven aluli.** Ez alól mindazonáltal a fejlett országok sem kivételek, hiszen a WHO alapján a gyermekek több mint fele él nem megfelelő levegőjű életkörülmények között.

1.3.2. VÍZ

A víz minden bizonnyal az egyik legfontosabb természeti erőforrás, amely nélkülözhetetlen az emberiség fennmaradásához. Bár bolygónk legnagyobb részét víz borítja, ennek mindössze 2-3 százaléka édesvíz, és ennek a nagy része hó, jég vagy gleccserek formájában van jelen a Földön.

Az átlaghőmérséklet emelkedésével párhuzamosan a sarki jégtakarók olvadása minden korábbinál gyorsabb ütemben zajlik. Idén **a grönlandi jégtakaró olvadása a korábbi évtizedek mediánjánál nagyobb területet érintett** (1-14. ábra). Az idén olvadásnak indult területek nagysága, a teljes jégtömeg-veszteség az enyhe tél és a korai olvadás következtében megközelíti a 2012-es rekordszintet.³

1-14. ábra: A grönlandi jégtakaró olvadásának kiterjedése



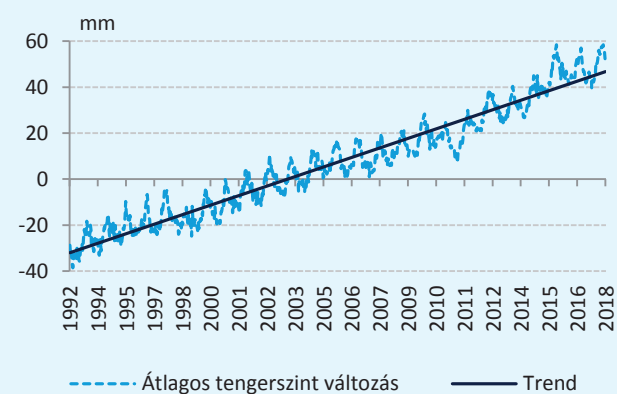
Forrás: National Snow & Ice Data Center (NSIDC).

A jégtakarók olvadása hozzájárul az óceánok vízszintjének emelkedéséhez. A globális tengerszint átlagos eltérése az 1900-as tengerszinthez képest évek óta pozitív tartományban mozog, és folyamatosan felfelé ívelő trendet mutat (1-15. ábra). Az iparosítás előtti szintnél **4 Celsius fokkal melegebb globális átlaghőmérséklet akár 2 méteres tengerszint-emelkedést is eredményezhet,** ami a sűrűn lakott part menti területeken több mint 180 millió ember lakhatását sodorhatja veszélybe.⁴ Az óceánok vízszintjének emelkedése nemcsak a kisebb szigeteket veszélyezteti, hanem az olyan

jelentős kereskedelmi és pénzügyi központokat is, mint New York vagy Tokió. Az Egyesült Államok partmenti területein él az amerikai népesség 40 százaléka, és az ország GDP-jének több mint 45 százalékát itt termelik meg (NOAA, 2017).

Az olvadás azonban nem csak a tengerszint-emelkedés miatt veszélyes, ugyanis **a tartósan fagyott talaj felolvadása során metán szabadul fel, vagyis növekszik az üvegházhatású gázok légköri koncentrációja, ami hozzájárul a globális átlaghőmérséklet emelkedéséhez.**

1-15. ábra: Az átlagos globális tengerszint változása



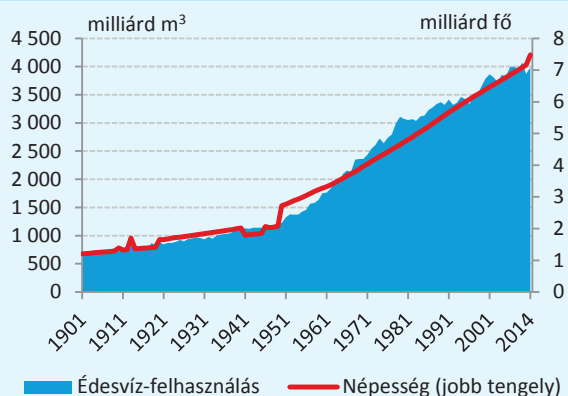
Megjegyzés: Az 1900-as tengerszinthez viszonyítva.
Forrás: 2 Degrees Institute.

Végezetül, a klímaváltozás befolyásolja a csapadékmennyiséget, és a tengerek mellett a folyók vízszintjére is hatással van. Az átalakuló éghajlat következtében **gyakoribbak lehetnek az árvizek, és nagyobb területeket érhetnek,** hirtelen nagy mennyiségű csapadék eshet, ami szintén hozzájárul az áradásokhoz. **Az árvizek és a több csapadék következtében fokozódhat a talajerózió,** ami számos területen veszélyeztetheti a mezőgazdasági termelést és ezáltal az élelmiszer-ellátást és milliók megélhetését.

Az édesvíz-felhasználás 671 milliárd köbmétert tett ki 1901-ben, ami a népesség növekedésével párhuzamosan emelkedett, 2007-ben elérte az évi 4 000 milliárd köbmétert, és azóta is hasonló szinten alakul (1-16. ábra).

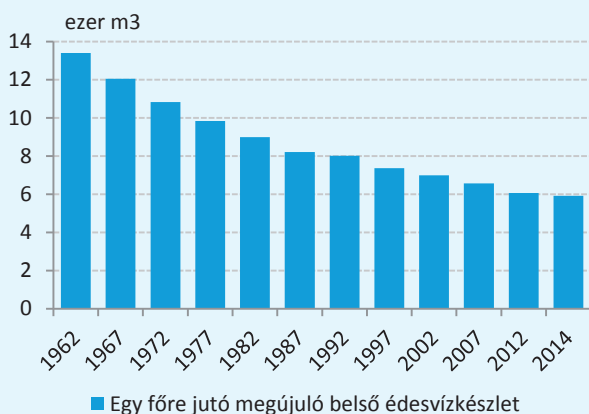
³ NSIDC (2019)

⁴ Nicholls és szerzőtársai (2011)

1-16. ábra: Az édesvíz-felhasználás és a népességszám alakulása

Forrás: WDI, Maddison.

A döntően a fejlődő világban exponenciálisan növekvő népesség szükségleteivel azonban az édesvízkészlet növekedése nem tud lépést tartani, így az egy főre jutó megújuló belső édesvízkészlet folyamatosan csökken. 1962-ben ez az érték még több mint tizenháromezer köbméter volt, 2014-ben viszont már ennek kevesebb mint a felét, a hatezer köbmétert sem érte el (1-17. ábra).

1-17. ábra: Az egy főre jutó megújuló belső édesvízkészlet alakulása

Forrás: WDI, Global International Geosphere-Biosphere Programme (IGB).

A vízhiány már napjainkban is komoly kihívást jelent a Föld számos pontján. A WHO és a UNICEF adatai alapján a globális népesség több mint negyede nem fér hozzá tiszta ivóvízhez. Bár jelentős fejlődést sikerült elérni, azonban 2,2 milliárd ember tiszta ivóvízzel történő ellátása továbbra sem biztosított (Ritter, 2019).

A vízhiány nemcsak a fejlődő országokat sújtja, és nem korlátozódik az elmaradottabb területekre. Egy 2014-es felmérés, mely a világ ötszáz legnagyobb városát vizsgálta, arra az eredményre jutott, hogy **négyből egy várost fenyeget a**

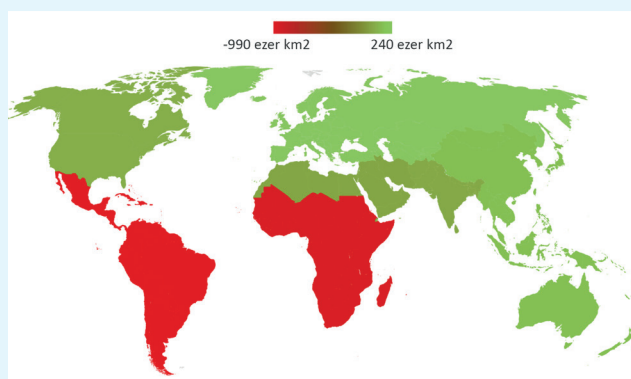
vízhiány. A leginkább veszélyeztetett helyek között megtalálható Sao Paulo, Peking és Kairó, de olyan fejlett nagyvárosok, mint London, Tokió vagy Miami is (BBC, 2018).

A globális vízkereslet kielégítése erőteljesen függ a felszín alatti vízkészletek nem fenntartható módon történő kiaknázásától is. A túlzott mértékű vízfelhasználás veszélyeztetheti a víztartó rétegeket, és növelheti a sósvíz-beszívargást az édesvizekbe a partmenti területeken, melynek hatására a víz minőségének radikális romlásával lehet számolni. A vízkészletek csökkenésével összhangban a nemzeti és globális konfliktusok gyakorisága nőhet (The Economist, 2019a).

1.3.3. ERDŐ, ÉLŐHELY ÉS BIODIVERZITÁS

Az erdők meghatározó szerepet töltenek be a bioszféra globális folyamataiban. Szén-megkötő és oxigén-termelő képességük mellett számos fajnak biztosítanak élőhelyet, és elősegítik az árvizek és a talajerózió mérséklését. Az erdők hozzájárulnak a víz, a levegő és a talaj tisztaságának megőrzéséhez. Továbbá, a növényzet képes szabályozni a talaj vízraktározó képességét, és elősegíti a folyók öntisztulását is (Bakó, 2018), tehát az erdők az éghajlat és az ökoszisztémák védelmének szempontjából is meghatározó jelentőséggel bírnak.

Ugyanakkor fontos szerepük ellenére számos területen nagymértékű erdőirtás zajlik. Az erdővel borított területek kiterjedése 1990 és 2016 között globálisan több mint egymillió négyzetkilométerrel csökkent. Bár több kontinensen (Észak-Amerika, Európa, Ázsia, Ausztrália) növekedett az erdők kiterjedése, a dél-amerikai és afrikai erdőirtások, és -tüzek olyan nagy területeket érintettek, ami globális szinten csökkenést eredményezett (1-18. ábra).

1-18. ábra: Az erdővel borított területek kiterjedésének változása 1990 és 2016 közöttMegjegyzés: adatok négyzetkilométerben.
Forrás: WDI.

Az erdők megóvását nehezíti, hogy a fa értékes alapanyag, melyet a gazdaság számos területén nagy mennyiségben használnak fel. Napjainkban a műanyag-szennyezés csökkentése érdekében több üzletben is papírra cserélték le a csomagolóanyagokat, ami ugyanakkor az erdőállományra bír negatív hatással. Alternatív módon készülhetnek újrahasznosított papírból is, ennek az előállításában azonban nagy mennyiségű víz felhasználását igényli, így szintén nem tekinthető környezetbarát csomagolóanyagoknak.

Az erdővel borított területek kiterjedésének csökkenése jelentős mértékben a világ étel- és keresletének emelkedésére vezethető vissza. A fejlődő világban exponenciálisan növekvő népesség az élelmiszerek iránti kereslet növekedését eredményezi, melynek kielégítéséhez egyre több területet kell mezőgazdasági művelés alá vonni. Az amazóniai esőerdőben pusztító tüzek egy része az égetéses erdőirtás következtében keletkezik, mivel a farmerek így jutnak újabb területekhez, ahol növényeket természetnek és állatokat tartanak. Azonban ezek a területek nem jó minőségűek, mezőgazdasági művelésre kevésbé alkalmasak, így hamar kimerülnek.

A mezőgazdaság területén a technológiai innovációk fókuszában a talaj minőségének javítása, megőrzése mellett az ugyanakkora vagy kisebb területen elérhető magasabb terméshozamok biztosításának is meg kellene jelennie, mivel csak így lehetséges az erdős területek megóvása.

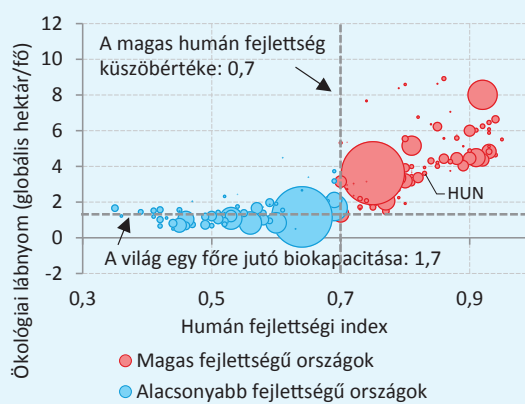
Az emberi tevékenység (túlvadászás, túlhalászás), az élőhelyek pusztítása (erdőirtás), a szennyezés, illetve a klímaváltozás és az inváziós fajok terjedése mind olyan tényező, melyek közrejátszanak abban, hogy **jelenleg a Föld történetének hatodik, minden eddiginél intenzívebb kihalási hulláma zajlik.** Minden évben több száz faj tűnik el végleg a bolygóról, és kihalásuk a korábban feltételezettnél sokkal gyorsabb ütemben megy végbe. A szakemberek a gerincesek felét kitevő 27 600 madár, kétéltű, emlős és hüllőfaj egyedszámcsökkenését vették górcső alá, és külön vizsgálták 177 emlősfaj populációjának alakulását 1990 és 2015 között. Megállapították, hogy a gerincesek több mint 30 százaléka csökkent mind a populációt, mind a földrajzi megoszlást tekintve. A szakemberek szerint leginkább az Ázsia déli és délkeleti részén élő állatokat érinti az egyedszámcsökkenés. **A biológiai sokszínűség jelentős csökkenése súlyos ökológiai, gazdasági és társadalmi következményekkel jár, ugyanis az emberiség létezése nagymértékben függ a biológiai folyamatoktól** (Ceballos – Ehrlich – Dirzo, 2017).

1.3.4. ÖKOLÓGIAI LÁBNYOM

Az ökológiai lábnyom azt méri, hogy egy adott népességnek mekkora mennyiségű földre és vízre van szüksége önmaga fenntartásához és a megtermelt hulladék elnyeléséhez. Napjaink népesedési folyamatai és fogyasztási szokásai mellett átlagosan 1,7 hektár lenne az egy főre jutó optimális, fenntarthatóságot jelentő érték, azonban fejtenként átlagosan 2,8 hektárt, tehát jóval a fenntarthatósági küszöbérték fölött használ átlagosan egy ember. **Az ökológiai lábnyom mértéke alátámasztja, hogy a jelenlegi globális növekedés olyan mértékben károsítja a kimerülő erőforrásainkat, ami hosszútávon nem folytatható, azaz nem fenntartható.**

Az országok fejlettsége és az ökológiai lábnyom között pozitív kapcsolat figyelhető meg (1-19. ábra). Elsősorban a humán fejlettségi index (HDI) alapján fejlettnek minősülő országok ökológiai lábnyoma haladja meg a fenntarthatósági küszöbértéket, míg a fejlődő országok többsége az 1,7 globális hektár/fő határérték alatt helyezkedik el. Sajnálatos módon hazánk ökológiai lábnyoma messze meghaladja a globális átlagot, és 3,6-es értéken alakul.

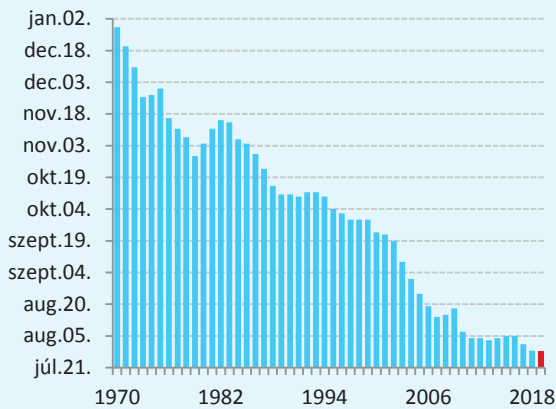
1-19. ábra: Az ökológiai lábnyom és a gazdasági fejlettség kapcsolata



Megjegyzés: A buborék mérete a népesség méretét mutatja.
Forrás: Global Footprint Network (2019).

Az ökológiai lábnyom mérésének másik módszere a túlfogyasztás napjának meghatározása. Ez az a nap, amikor az emberiség elhasználja a Föld által biztosított, egy évre elegendő természeti erőforrásait. **A túlfogyasztás napja az 1970-es évek óta egyre korábbi dátumra esik, idén július 29-e volt, mely két nappal kevesebb, mint a 2018-as érték** (1-20. ábra). **Ezt követően a fogyasztás már az ökoszisztéma degradációját eredményezi.**

1-20. ábra: A túlfogyasztás napja



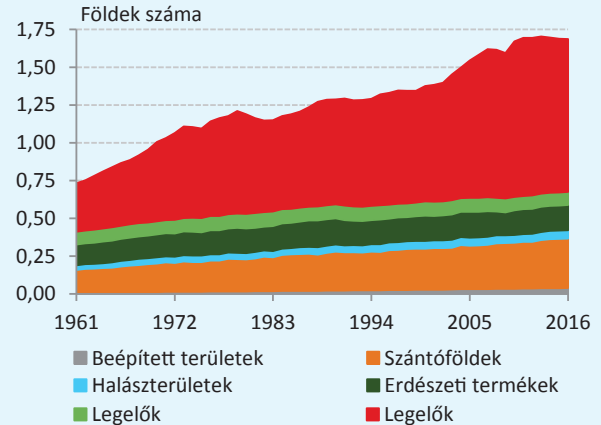
Forrás: Global Footprint Network (2019).

Az ökológiai lábnyom alapján meghatározott fenntarthatósági küszöbérték 1 lenne, ez esetben pont annyi erőforrást használna fel az emberiség, mint amennyit a bolygó nyújtani tud, azonban **a jelenlegi emberi tevékenység fenntartásához annyi erőforrásra lenne szükség, amennyit egy 1,7-szer nagyobb Föld tudna biztosítani.**

Az ökológiai lábnyom felbontása alapján egyértelműen megállapítható, hogy **a nagymértékű szén-dioxid-emisszió következtében lépjük át a fenntarthatósági küszöbértéket.** 2016-ban a fosszilis energiahordozók felhasználásával keletkezett **szén-dioxid-kibocsátás elnyeléséhez már egy teljes Földnyi területre volt szükség,** ami meghaladja az összes további tevékenység (például mezőgazdasági termelés vagy halászat) folytatásához szükséges terület mennyiségét (1-21. ábra).

1970-ig az emberiség ökológiai tartalékot képzett, kevesebb erőforrást használt fel, mint a Föld biokapacitása. Ezt követően azonban **folyamatosan ökológiai deficit képződik,** vagyis a jelen generációk saját szükségletüket a jövő generációinak kárára elégítik ki. **Ez a gyakorlat a természeti erőforrások kimerülését eredményezi,** aminek eredményeként az elmúlt évtizedekben tapasztalt számottevő gazdasági növekedés a jövőben nem maradhat fenn.

1-21. ábra: Az ökológiai lábnyom felbontása



Forrás: Global Footprint Network (2019).

Felhasznált irodalom:

- Aengenheyster, M. – Feng, Q. Y. – Van Der Ploeg, F. – Dijkstra, H. A. (2018). *The point of no return for climate action: effects of climate uncertainty and risk tolerance*. *Earth System Dynamics*, 9(3), 1085 – 1095.
- Archer, D. – Eby, M. – Brovkin, V. – Ridgwell, A. – Cao, L. – Mikolajewicz, U. – Tokos, K. és szerzőtársai (2009): *Atmospheric lifetime of fossil fuel carbon dioxide*. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 37, 117–134.
- Bakó, G. (2018): *Az erdők és a gyepterületek klímazerepe*, National Geographic. <https://ng.hu/fold/2018/02/05/az-erdok-es-a-gyepteruletek-klimazerepe/>
- BBC (2018): *The 11 cities most likely to run out of drinking water – like Cape Town*. <https://www.bbc.com/news/world-42982959>
- Benestad, R. E. – Nuccitelli, D. – Lewandowsky, S. – Hayhoe, K. – Hygen, H. O. – Van Dorland, R. – Cook, J. (2016). Learning from mistakes in climate research. *Theoretical and Applied Climatology*, 126(3-4), 699–703.
- Borunda, A. (2018): *High stakes for the planet as carbon emissions rise again*, National Geographic. <https://www.nationalgeographic.com/environment/2018/12/climate-geoengineering-series-intro/>
- Boulding, K. (1966): *The economics of the coming spaceship earth*. New York.
- Brundtland, G. H. – Khalid, M. – Agnelli, S. – Al-Athel, S. – Chidzero, B. (1987). *Our Common Future*. New York.
- Ceballos, G. – Ehrlich, P. R. – Dirzo, R. (2017). *Biological annihilation via the ongoing sixth mass extinction signaled by vertebrate population losses and declines*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(30), E6089–E6096.
- Diamond, J. (2005): *Collapse: How societies choose to fail or succeed*. Penguin.
- Fleming, S. (2019): *Chart of the day: These countries create most of the world's CO₂ emissions*, World Economic Forum. <https://www.weforum.org/agenda/2019/06/chart-of-the-day-these-countries-create-most-of-the-world-s-co2-emissions/>
- Le Quéré, C. – Andrew, R. M. – Friedlingstein, P. – Sitch, S. – Hauck, J. – Pongratz, J. – Arneeth, A. és szerzőtársai (2018): *Global carbon budget 2018*. *Earth System Science Data*, 10(4).
- IEA (2018): *CO₂ Emissions from Fuel Combustion 2018*. Letölthető: https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/co2_fuel-2018-en.f?expires=1568297897&id=id&accname=o-cid56004653&checksum=69A-EAB6303821774A7E4F54870238094
- Letöltve: 2019. szeptember 3.
- League, E. – Kabat, P. – Egerton, P. – Baddour, O. – Paterson, L. – Nullis, C., – Walsh, M. és szerzőtársai (2019). *United in Science: High-level Synthesis Report of Latest Climate Science Information convened by the Science Advisory Group of the UN Climate Action Summit 2019*. <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/30023/climsci.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Maddison, A. (2010): *Statistics on World Population, GDP and Per Capita GDP, 1e2008 AD*. Groningen Growth and Development Centre, University of Groningen
- Malthus, T. R. (1798). *An Essay on the Principle of Population*. Oxfordshire, England: Oxford World's Classics.
- Meadows, D. H. – Meadows, D. L. – Randers, J. – Behrens, W. W. (1972). *The limits to growth*. New York.
- Miskolczi, F. M. (2010): *The stable stationary value of the Earth's global average atmospheric Planck-weighted greenhouse-gas optical thickness*, *Energy & Environment*, 21(4), 243–263.
- Nicholls, R. J. – Marinova, N. – Lowe, J. A. – Brown, S. – Vellinga, P. – De Gusmao, D. – Tol, R. S. és szerzőtársai (2011): *Sea-level rise and its possible impacts given a 'beyond 4 C world' in the twenty-first century*. *Philosophical transactions of the Royal Society A: Mathematical, physical and engineering sciences*, 369 (1934), 161-181.
- NIPCC (2013): *Climate change reconsidered II: physical science*, The Heartland Institute, Chicago.
- NOAA (2017). *NOAA Coral Reef Watch's 5km satellite coral bleaching heat stress monitoring product suite version 3 and four-month outlook version 4*. *Reef Encounter*, 32(1), 39–45.
- NSIDC (2019): *Europe's warm air spikes Greenland melting to record levels*, <http://nsidc.org/greenland-today/2019/08/europes-warm-air-spikes-greenland-melting-to-record-levels/>
- Oswald, A. J. – Stern, N. (2019): *Why does the economics of climate change matter so much, and why has the engagement of economists been so weak?*, *Royal Economic Society Newsletter*, October.

Ritter, K. (2019): *2.2 billion people still don't have access to clean drinking water*. World Economic Forum. <https://www.weforum.org/agenda/2019/06/hotspots-h2o-new-un-report-details-global-progress-and-problems-with-access-to-safe-water-and-sanitation/>

Sala-i-Martin, X. (2006): *The world distribution of income: falling poverty and... convergence, period*. The Quarterly Journal of Economics, 121(2), 351-397.

The Economist (2019a): *Disputes over water will be an increasing source of international tensions*, The Economist. <https://www.economist.com/special-report/2019/02/28/disputes-over-water-will-be-an-increasing-source-of-international-tension>

The Economist (2019b): *The past, present and future of climate change*. The Economist. <https://www.economist.com/briefing/2019/09/21/the-past-present-and-future-of-climate-change>

Turner, G. M. (2008): *A comparison of 'The Limits to Growth with 30 years of reality'*. Global Environmental Change, 18(3), 397-411.

WHO (2019): *Ambient air pollution: Health impacts*. <https://www.who.int/airpollution/ambient/health-impacts/en/>

2. A termelési lehetőségek ökológiai korlátai és a kezelésük által elérhető növekedési pálya

Napjainkra a globális gazdaság növekedési lehetőségeit egyelőre nem akadályozta meg a környezeti elemek romló állapota. Az 1,7 Föld méretű ökológiai lábnyomunk azt sejteti, hogy vagy nem jól mérték fel az ökoszféra képességeit és nem-megújuló erőforrások szintjét, vagy a kedvezőtlen hatások időben később jelentkeznek, és gyermekeink, unokáink élete válik ezáltal nehezebbé. Egy olyan ökológiai, társadalmi és gazdasági rendszerben, mint amelyben a Földön az emberi (gazdasági) tevékenység működik, a visszacsatolások időigénye hosszúra nyúlik, így a közeljövőben a termelés során egyre nagyobb korlátot fog jelenteni a természeti tőke visszaesése. A természeti tényezők nemcsak közvetlenül felhasznált inputként jelenthetnek szűkös erőforrást, hanem a degradációjuk (légszennyezés, globális felmelegedés miatt több szélsőséges időjárási jelenség) a többi termelési tényező rendelkezésre álló volumenét és minőségét is csökkentheti.

Előretekintve egy optimista irányzat szerint a gazdasági növekedés pályáján a szennyezés mértéke egy fordított U alakot követ, amit környezeti Kuznets görbének hív a szakirodalom. Ezt alapvetően három tényező okozza: a nagyobb volumenű termelés önmagában növeli a szennyezést, azonban a folyamatot elvben előbb-utóbb ellensúlyozza a gazdaság szerkezetének az átalakulása, vagyis a szolgáltatászektor előretörése, az innovációk révén pedig csökken a károsanyag kibocsátás. Sajnos az adatok azt mutatják, hogy bár egyes országokban csökken a szennyezés mértéke a fejlődés előrehaladtával (köztük Magyarországon is), de ez inkább a szennyező tevékenységek határukon átívelő kiszervezésével magyarázható, azaz globálisan nem beszélhetünk környezeti Kuznets görbéről.

A szakirodalmak és a rendelkezésre álló becslések alapján a jelenleg globálisan megfigyelhető gazdasági növekedési pálya ökológiailag nem fenntartható, hiszen a természet drasztikus degradációja mellett megy végbe. A zöld scenárió bekövetkezése esetén elérhetővé válik egy fenntartható, zöld gazdasági mintázat, mely nem követeli meg a gazdasági növekedés visszafogását. Alapvető feltétele azonban a tiszta technológiákba való szignifikáns beruházási aktivitás felfutása, mely a GDP legalább 2 százalékát éri el. A zöld növekedési pályán a reál GDP 2050-ig évi átlagos 4 százalékos növekedést érhet el, melyet egy 2 százalék körüli termelékenység-bővülés támogathat. Mindeközben a zöld iparágak kialakulása miatt a gazdaság szén-dioxid-kibocsátása a jelenlegi közel 37 milliárd tonna közeléből 20 milliárd tonnára mérséklődhet. A zöld növekedési pályán az ökológiai lábnyom 2050-ben 1,2 Földre csökken, a jelenlegi 1,7-ről. Így, bár az emberiség ökológiai szükséglete még mindig magasabban alakul, mint a Föld eltartóképessége, de érdemi javulás lenne elérhető a megfelelő lépések következtében.

2.1. A termelési lehetőségek ökológiai korlátai

A globális ökológiai lábnyom 1 fölé emelkedése fontos kérdéseket vet fel a gazdasági fejlődés fenntarthatóságával kapcsolatban. **A környezeti tényezők degradációja, illetve annak reálgazdasági, jóléti hatása rendkívül lassan kibontakozó folyamat.** Sokszor csak évtizedek, akár egy teljes évszázad után érzékelhető az emberre, társadalomra, gazdaságra gyakorolt teljes hatása. Fontos kérdés, hogy a **természeti erőforrások a jövő generációi számára is rendelkezésre állnak-e**, annak érdekében, hogy ők is megfelelő jólétben és prosperitásban tudjanak élni.

Másrészt a **természeti tényezők**, azaz a természeti tőke nemcsak fontos input a termelésben, hanem **az emberi élet, a gazdasági tevékenység közege is.** Ennek megfelelően a **természeti elemek degradációja, romlása ronthatja más termelési tényezők** (fizikai tőke, munka, termelékenység) **növekedési hozzájárulását.**

2.1.1. A TERMÉSZETI TŐKE TÍPUSAI

A természeti erőforrások fenntartható gazdálkodása növeli a környezet eltartóképességét, így járulva hozzá hosszú távon a termelés fenntartható bővüléséhez. A természeti erőforrások azonban különbözőek, így célszerű megkülönböztetni az egyes kategóriákat (2-1. ábra).

2-1. ábra: A természeti tőkék csoportosítása gazdálkodás szerint

Kimeríthető,
de megújuló
energiaforrások

Mezőgazdasági
megújuló
energiaforrások

Nem megújuló
energiaforrások

Nem ellátási
szolgáltatások

Forrás: Világbank (2012), MNB-szerkesztés.

A kimeríthető, de megújuló energiaforrások (halászat, a természetes erdők, a talaj és a víz) általában közös jószágnak számítanak, azaz nem lehetséges kizárni senkit a természeti erőforrás fogyasztásából, és a fogyasztásuk a többiek fogyasztását befolyásolja. Emiatt az erőforrás **fogyasztása az optimálisnál magasabb** (közlegelő tragédiája), így nem

marad elég idő a természeti erőforrás megújulására, ami végül az erőforrás kimerüléséhez vezethet.

A világ növekvő népessége miatt várhatóan emelkedni fog az élelmiszerfogyasztás. Emiatt a mezőgazdasági megújuló energiaforrások (haszonnövények, haszonállatok, akvakultúrák és ültetvény-erdők) szerepe nőni fog a jövőben, így kezelésük elengedhetetlen.

A nem megújuló energiaforrások (olaj, gáz, szén és ásványok) szintén ökológiai korlátot jelenthetnek. A közgazdasági modellek az 1970-es évek Meadows-jelentése – a Római Klub számára készült jelentés – óta vizsgálják, hogy a természeti erőforrások mint korlátos termelési tényezők figyelembevételével lehetséges-e fenntartható növekedést elérni. A kimerülő erőforrásokat a technológiai fejlődés eredményeként **lehetővé válik megújulóval erőforrásokkal kiváltani a nem-megújuló természeti erőforrásokot, csupán az a kérdés, hogy a technológiai átállás időpontja mikor következik be (Solow, 1974; Stiglitz, 1974).** Ezekhez az elemzésekhez képest szélsőségesen pesszimista jövőképet vázol **Stokey (1998) és Lieb (2001), akik szerint az erőforrások kimerülésével párhuzamosan csökken a gazdaság kibocsátása, amit hosszú távon az innováció sem tud ellensúlyozni. Ezzel szemben Smulders (1994), valamint Bovenberg és Smulders (1995, 1996) szerint jövőbeli zöld innováció, valamint az erőforrások kimerülési rátája kellően alacsony, akkor a szigorú környezeti politika hosszú távon biztosítani tudja a természetet figyelembe vevő fenntartható fejlődést. Míg a Meadows-jelentés idején a tudomány azon az állásponton volt, hogy elsődlegesen az energiaforrások végeessége határozza meg a természet korlátait, napjainkra a növekvő népesség és a töretlen világgazdasági fejlődés ellenére az erőforrásszűkösség kérdése háttérbe szorult. Egyes, korábban kimerülőnek tartott erőforrások, mint például az olaj vagy a gáz esetében a feltárás volumene a technológiai újítások révén lépést tud tartani növekvő felhasználással (Kaderják és szerzőtársai, 2011). Ugyanakkor más természeti erőforrások, így például a ritkaföldfémek, a bioszféra, vagy éppen az ivóvíz esetében a természet eltartóképessége végesnek látszik.**

Az előzőekben felsorolt természeti erőforrások közvetlen módon járulnak hozzá az emberek ellátásához (élelem, víz, energia stb.). Emellett léteznek **a nem ellátási szolgáltatások**, amik közvetett módon jelentkeznek. Ezek alapvetően **szabályozási és támogatási feladatokat töltenek be, de kulturális szolgáltatásokhoz is hozzájárulhatnak.** Ide tartoznak a vízgyűjtő területek, a klíma-szabályozó szolgáltatások és a természeti turizmus. A nem ellátási szolgáltatásokkal kapcsolatban az alapvető feladat az, hogy minél

mélyebben megismerjük ezeknek a szolgáltatásoknak a valódi értékét, ezekkel tisztában legyünk. Így a valós politikai döntéshozatalokban is figyelembe vegyék, törekedjenek megőrzésükre, helyreállításukra.

2.1.2. A KÖRNYEZETI TÉNYEZŐK DEGRADÁCIÓJÁNAK HATÁSA A TÖBBI TERMELÉSI TÉNYEZŐRE

A természeti tőke mint termelési tényező nem csak közvetlenül képes szűk keresztmetszetet képezni a termelésben. **A környezeti degradáció számos közvetett csatornán keresztül csökkentheti más termelési tényezőket (tőke, munka, hatékonyság) volumenét és minőségi jellemzőit.** Ezeket vesszük sorra, különböző példákon keresztül illusztrálva a jelenséget.

A természeti környezet degradációja érdemben korlátozza a fizikai tőkét is. **A klímaváltozás hatására gyakoribbá váló extrém időjárási körülmények** (hurrikánok, árvizek, erdőtüzek stb.) **a globális tőkeállomány mennyiségét és minőségét is számottevően csökkentik.**

A jövőben egyre nagyobb számban várhatók természeti katasztrófák, melyek hatalmas pusztítást végeznek a lakóépületekben, a gyárakban, a közintézményekben, az ott használt gépekben és eszközökben. Így érdemes, főként az ezekre érzékenyebb területeken felkészülni.

Az extrém időjárási események megszorodásával egyre több példa található a világban a fizikai tőke megrongálódására, sőt a klímaváltozással a jövőbeli kockázatok is nőnek. **A Sandy hurrikán 2012-ben hatalmas pusztítást végzett New Yorkban,** ám az előrejelzések szerint 2050-re már alsó Manhattan 37 százaléka lesz kitéve árhullámoknak. Ebből kifolyólag a városvédelem több milliárd dollárt tervez városvédelemre költeni, melynek keretében mobil védőgátakat építenének, illetve Staten Island-et 5 km hosszú tengeri fallal vennék körül.

Ázsia több – növekvő populációval rendelkező – partmenti városában, köztük **Jakartában is egyre gyakrabban fordulnak elő áradások.** Ráadásul a globális népességrobbanás ázsiai koncentrációja miatt az **Ázsiai Fejlesztési Bank szerint 2000 és 2060 között megkétszereződhet a népességszám az áradásokkal sújtott területeken.** A helyzetet súlyosbítja, hogy egyre több területet aszfaltoznak és betonoznak le, ezáltal csökken a talaj természetes vízelnyelő képessége is. Emellett Jakarta partmenti területe évente 25 cm-rel süllyed, miközben a tengerszint 0,8 cm-rel nő. Minderre reakcióként a közelmúltban jelentette be az indonéz kormányzat, hogy az

ország fővárosát új helyre költöztetik, ami távolabb található az óceántól, így kevésbé sebezhető a természet által.

Szintén fontos tényező az ökológiai korlátok között a környezet aktuális állapotának a munkára gyakorolt hatása. **A rossz környezeti tényezők rontják a munkavállalók terhelhetőségét, egészségügyi állapotát, aminek következtében kevesebbet tudnak dolgozni,** illetve a hatékonyságuk is romolhat. A WEF elemzése felhívja a figyelmet, hogy az **egyik legjelentősebb egészségügyi kockázat jelenleg a levegő szennyezettségének mértéke,** ami elemzésük alapján a Föld népességének több mint 90 százalékát érinti. A rossz levegőminőség komoly gazdasági hatásokkal bír, melynek összköltsége dollár milliárdokban mérhető (WEF 2019). Az említett tényező hatására a **megbetegedések száma érdemben emelkedik – köhögés, torokfájás; rosszabb esetekben tüdőrákhoz és szívbetegezéshez vezethet –,** ami a munkaerő termelékenységének csökkenéséhez vezet. **A WEF előrejelzése alapján a rossz levegőminőség 2060-ra olyan mértékűre nőhet, hogy éves szinten 3,8 milliárd betegsádságot okozhat.** A klímaváltozás enyhítésével az ezekből eredő veszteségek csökkenthetők, ami a termelés növeléséhez vezethet.

A környezet munkaerőre gyakorolt hatásának vizsgálatára vonatkozóan számos tanulmány áll rendelkezésre. 1991 márciusában az akkori mexikói elnök, Carlos Salinas a Mexikóváros agglomerációjában működő óriásvállalat, az Azcapotzalco olajfinomító, azonnali bezárását rendelte el azért, hogy csökkentsék a fővárost sújtó légszennyezettséget. A bezárást megelőző télen tetőzött a légúti fertőzések, orrvérzések és tüdőátágulatok száma. Az ország kapacitásának 35 százalékát kitevő finomító évente 85 ezer tonna légszennyező anyagot, főként kén-dioxidot bocsátott ki. Ez összesen 2 százalékát tette ki az egész fővárosban és vonzáskörzetében kibocsátott mennyiségnek. Hanna és Oliva (2011) az időszak adatai alapján megvizsgálta, hogy a levegőben lévő kén-dioxid miként hat a munkakínálatra. A szerzőpáros azt találta, hogy **1 százalék kén-dioxid emelkedés 0,4–0,7 százalék csökkenést eredményezett a következő heti munkaórákban.**

Észak-Nyugat Indiában éves szinten 39 millió tonna rizsszalmát égetnek el a következő évi vetési munkákhoz a termőföldek megtisztítása érdekében. Ezen égetési folyamat az egyik legfontosabb forrása a Delhit és a legtöbb indiai nagyvárost – a világ 10 legrosszabb légminőségű városából 9 Indiában található – érintő légszennyezettségnek. **A Nemzetközi Élelmiszerpolitikai Kutatóintézet (IFPRI) számításai alapján a szennyezettség évente 30 milliárd dollárnyi költségnövekedést okoz Indiának.**

A környezet degradációja, illetve a klímaváltozás számos csatornán hat negatívan a globális termelékenységre. A kérdéskör sokáig nem tartozott a közgazdászok fő kutatási területei közé, azonban **az elmúlt időszakban egyre gyakoribbá váló extrém meleg napok, valamint az extrém csapadékos/csapadékmentes időszakok a vizsgálatok középpontjába helyezték a problémát.** Az ILO (2019) konzervatív becslése alapján a **hőstressz** (olyan magas hőmérsékleti környezet, melyet a szervezet már nehezen tolerál; általában nagy páratartalom melletti 35 Celsius fok feletti hőmérséklet) **emelkedése a globális munkaórák 2,2 százalékos csökkenését okozza 2030-ra, ami 80 millió munkahely megszűnésével vagy 2400 milliárd dollár elvesztésével ekvivalens.**

Az extrém időjárási körülményeknek természetesen a **leginkább kitett ágazat a mezőgazdaság.** A csapadékmennyiség érdemi ingadozása, illetve mintázatának megváltozása, a hőmérséklet jelentős emelkedése szignifikánsan csökkenti a terméshozamokat. Deryugina és Hsiang (2014) alapján az említett tényezők **az USA esetében a farmerek napi jövedelmét átlagosan 3 dollárral csökkentették 1969–2011 között.** Ráadásul előrejelzésük alapján a megfelelő alkalmazkodás hiányában **ezen érték előretekintve tovább fog nőni.** A búza, a rizs, a kukorica és a szója az emberi kalória-bevitel kétharmadát biztosítja, **a melegebb átlaghőmérséklet azonban a terményhozamok csökkenését eredményezheti. Ha a globális átlaghőmérséklet 1 Celsius fokkal emelkedik, akkor a búza hozama átlagosan 6 százalékkal, a rizsé 3,2 százalékkal, a kukoricáé 7,4 százalékkal, míg a szójáé 3,1 százalékkal csökken.**⁵ Magasabb hőmérsékletemelkedés esetén a terményhozamok még nagyobb mértékben esnek vissza, veszélybe sodorva a növekvő népesség élelmiszerral történő ellátását.

Graff Zivin és Neidell (2012) Kaliforniában vizsgálta meg a Központi-völgy egy farmján dolgozó mezőgazdasági munkások termelékenységét. A munkások teljesítményének mérése és bérezése egy elektronikus rendszer segítségével történik. A rendszer valós idejű adatokkal nyomonköveti a munkájukat, és ez alapján kerül a bérezés elszámolásra. A szerzők ezen adatokat vetették össze a légkör alsó részének ózon koncentrációjával.⁶ Arra jutottak, hogy **az ózon koncentráció 10 ppb⁷-os csökkenése a mezőgazdasági munkások 4,2 százalékos termelékenység-növekedéssel járt együtt.**

Emellett a magasabb hőmérséklet természetesen az **energiahatékonyságot is érdemben visszaveti,** hiszen jelentős

erőforrásokat emészt fel az extrém időjárási körülményekkel szembeni védekezés. Elég csak az utóbbi évtizedekben elterjedő légkondicionáló berendezésekre gondolni.

2.2. Mire számíthatunk, ha minden így marad?

Az ENSZ Környezetvédelmi Programjának zöld gazdaságról szóló 2011-es riportja⁸ különböző feltevések teljesülése mellett vizsgálja gazdasági, társadalmi és környezeti változók alakulását. **A jelentés alappályája a jelenlegi trendek folytatódásával számol, tehát magas energiafelhasználással és üvegházhatású gáz-kibocsátással, valamint a környezeti erőforrások kimerítésével.** A feltevések alapján pedig **nem következik be technológiai váltás,** tehát a jelenleg is elérhető, szennyező technológiák alkalmazása marad a jellemző. Ebben a scenárióban folytatódik a népesség növekedése, és bővül a foglalkoztatottak száma is, amely 4,8 milliárd főre emelkedik 2050-re. A reál GDP durván 151,3 billió dollár⁹ körül alakulhat, míg az egy főre eső GDP 17 ezer dollárra emelkedhet 2050-re. A gazdasági növekedés eredményeként a szegénységi küszöb alatt élők aránya tovább mérséklődik. A hozzáadott érték különböző mértékben, de mindhárom szektorban (mezőgazdaság, ipar, szolgáltatások) emelkedik. **A bemutatott növekedési pályának azonban ára van, hiszen a környezet degradációja tovább gyorsul, így a gazdaság végső soron beleütközik termelési korlátaiba, mely hirtelen hanyatlást von maga után hosszabb távon.**

A népesség és a GDP növekedése a világ energiakeresletének további emelkedését eredményezi (19 733 Mtoe, millió tonna olajegyenértékes), amelynek nagyrészt (81 százalékát) továbbra is a fosszilis energiahordozók adják. A magasabb népességszámmal és GDP-vel összhangban a teljes vízfelhasználás több mint 70 százalékkal emelkedik 2050-re a 2011-es szintjéhez képest, mely a vizek további savasodását vonja magával. A bővülő élelmiszer iránti kereslettel összhangban a mezőgazdasági művelés alá vont területek: szántóföldek és legelők kiterjedése növekszik, részben ezzel összhangban az erdős területek aránya tovább csökken (3,7 milliárd hektárra 2050-ben), ami a szénmegkötés mérséklődését eredményezi. **A nagyobb népesség és magasabb jövedelem magával vonja a hulladéktermelés fokozódását is.**

5 Zhao és szerzőtársai (2017) <https://www.pnas.org/content/114/35/9326>

6 Az ózon a szmog egyik összetevője, és emellett egy önmagában is az egészségre káros anyag.

7 Rész per milliárd egységnyi gázcsepecske.

8 UNEP (2019).

9 Fix USD 2010.

A fent bemutatott folyamatok eredményeként a **világ szén-dioxid-kibocsátása folyamatosan emelkedik, és 2050-re 81 százalékkal haladja meg a 2009-es értéket.** Ilyen kibocsátási szint mellett az **üvegházhatású gázok légköri koncentrációja 1 000 milliommód térfogategység (ppm) körül alakul 2100-ban, ami körülbelül 4 Celsius fokkal melegebb globális átlaghőmérséklettel** konzisztens az iparosítás előtti szinthez viszonyítva. **Az ökológiai lábnyom tovább emelkedik, és 2050-ben az emberi tevékenység fenntartásához kétszer annyi erőforrásra lesz szükség, mint amennyit a Föld egy év alatt biztosítani tud.**

Egy ilyen scenárió számos negatív hatással jár együtt a vízkínálat, az élelmiszer-termelés, az emberi egészség, a földterületek elérhetősége, valamint az ökoszisztémák vonatkozásában. 2050-re több százmillió embert érint majd a vízhiány, a tengerszint emelkedése, a viharok felerősödése, a talajerózió, valamint a sósvíz-beszivárgás. Számítalan élőlény, állatfaj 15–40 százalékát már 2 Celsius fokos felmelegedés esetén is a kihalás veszélyezteti. A terményhozamok csökkenése pedig százmilliók élelmezésének biztosítását fogja fenyegetni, különösen Afrikában.

A témával foglalkozó mainstream irodalom alapján az iparosítás előtti szintnél **4 Celsius fokkal vagy annál melegebb átlaghőmérséklet esetén** a bolygó képe radikálisan megváltozhat, amit Stern (2013) foglal össze:

- Dél-Európa nagy része és Mexikó **elsivatagosodhat**, továbbá a Szahara kiterjedése is növekedhet, ami a népesség elvándorlását idézheti elő.
- A Himaláján lévő **hó és jég elolvadhat**, ami nagymértékű áradásokhoz és talajerózióhoz vezet.
- Az Andokban és a Sziklás-hegységben lévő hó és jég elolvadása drámai módon megváltoztathatja Dél- és Észak-Amerika nyugati régiói, valamint az Amazonas vízellátását. A csapadék inkább eső, semmint hó formájában hullhat, ami áradásokhoz vezethet és **több milliárd ember vízhez való hozzáférése kerülhet veszélybe.** Továbbá valószínűsíthetők ezáltal a mezőgazdaságra gyakorolt szignifikáns hatások is.
- **Az észak-indiai monszun radikálisan megváltozhat**, több százmilliók életét befolyásolva.
- Az **amazóniai esőerdő kipusztulhat**, ami nagy mennyiségű szén-dioxid légkörbe jutását eredményezi.

- Az **extrém időjárási jelenségek**, mint például a ciklonok még intenzívebbé válhatnak.
- A **szélviharok** nagy területek szikesedéséhez vezethetnek, melyek a mezőgazdasági művelésre alkalmatlanná válnak.
- A **globális tengerszint jelentősen megemelkedhet**, különösen ha a szárazföldi jég az óceánba kerül.

Földrajzi elhelyezkedésükből fakadóan a **felmelegedésnek leginkább a fejlődő országok vannak kitéve**, melyeknek kevesebb erőforrás is áll rendelkezésükre a klímaváltozás – társadalmi, technológiai és pénzügyi – kezeléséhez. Ezek az események jelentős mértékű népességvándorlást indíthatnak el, ami súlyos konfliktusokhoz vezethet.

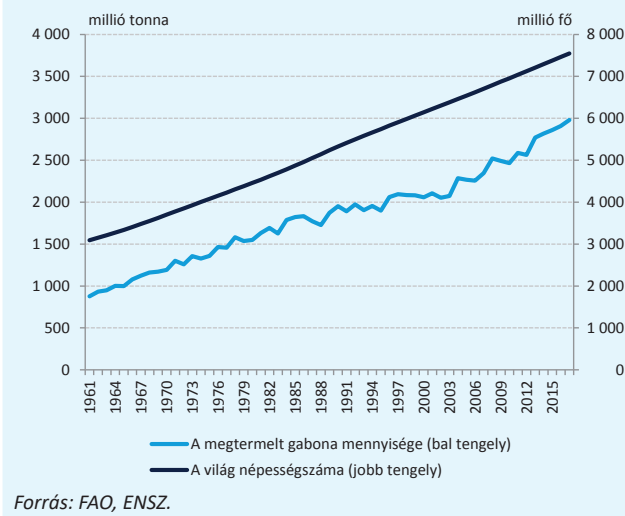
A tudomány és a klímaváltozás hatásait előrejelző modellek folyamatosan fejlődnek, azonban **az új eredmények még a korábbiaknál is aggasztóbb képet festenek.** Az éghajlatváltozással foglalkozó kormányközi panel (International Panel on Climate Change, IPCC) ötödik értékelő jelentésének a legrosszabb esetre vonatkozó forgatókönyve szerint a század végére 5 Celsius fokkal emelkedhet az átlaghőmérséklet az ipari forradalmak előtti szinthez képest. Azonban két vezető francia kutatóközpont új klímamodelljei szerint – melyek az ENSZ projekcióihoz jelenleg használt modelleket fogják felváltani – **az átlaghőmérséklet 2100-ra 7 Celsius fokkal lehet magasabb az iparosítás előtti szintnél, ha a szén-dioxid-kibocsátás nem csökken.** Az új modellek egyik legfontosabb eredménye, hogy **a megnövekedett légköri szén-dioxid koncentráció gyorsabban fogja melegíteni a Föld felszínét, mint ahogy a korábbi számítások alapján feltételezték¹⁰.**

A 20. század során korábban soha nem tapasztalt mértékben emelkedett a világ népességszáma, 1,7 milliárd főről 6,1 milliárd főre, azaz közel négyszeresére gyarapodott a Föld lakosainak száma. **Az elmúlt évtizedekben az élelmiszertermelés összességében lépést tudott tartani a népességszám gyors növekedésével.** 1961 és 2017 között közel 2,5-szeresére emelkedett a globális népességszám, eközben a megtermelt gabona mennyisége több mint háromszorosára növekedett (2-2. ábra). A megtermelt gabona mennyiségének jelentős mértékű növekedését nagyjából a termelékenység emelkedése tette lehetővé (például az öntözés, a növényvédőszeres és a műtrágya használata), és csak kis szerepet játszott benne a művelés alatt álló területek növelése (OECD és FAO, 2019). Előretekintve azonban a fejlődő országok fenntarthatatlan népességnövekedése szempontjából egyre effektívebb korlátot jelenthetnek a természeti erőforrások.

10 AFP (2019)

A következő évtizedekben számos kihívás kísérheti a világ élelmezési folyamatait: a fejlődő országok fenntarthatatlan népesedési politikája miatt – növekvő számú globális népesség számára megfelelő mennyiségű és minőségű élelmiszer biztosítása, az éhezők számának csökkentése, miközben a környezeti szempontok is egyre jobban előtérbe kerülnek (2-2. ábra). A mezőgazdasági termelés korlátokba ütközhet a termeléshez felhasznált természeti erőforrások szűkössége és a klímaváltozás terméshozamra gyakorolt kedvezőtlen hatásai miatt is (FAO, 2019).

2-2. ábra: A megtermelt gabona mennyisége és a világ népességszámának alakulása, 1961–2017



Az élelmiszer iránti kereslet a jövőben jelentősen emelkedhet három tényező miatt: a globális népességszám növekedése, az egy főre jutó jövedelmek emelkedése és a fogyasztói kosár szerkezetének változása miatt (FAO, 2018). Az egy főre jutó jövedelem emelkedésével párhuzamosan az időszak elején nő a súlya az élelmiszereknek, majd a jövedelem további bővülésével párhuzamosan csökkenésnek indul. A jövedelmek bővülése a fogyasztói kosarat is átalakítja, az élelmiszerfogyasztási preferenciákon belül emelkedik a fehérjében gazdag (hús, tej, tojás) táplálékok aránya (FAO, 2018). Az állati eredetű élelmiszerek előállításához ugyanakkor több természeti erőforrást igényel és nagyobb ökológiai lábnyommal jár.

Az élelmiszertermelést kínálati oldalról korlátozhatja a rendelkezésre álló erőforrások (föld és víz) minősége és szűkössége. A mezőgazdasági termelés több mint háromszorosára emelkedett 1960 és 2015 között (OECD és FAO, 2019), ami a környezeti terhelést is növelte az erdők pusztításával és a földművelés során felhasznált vegyszerek talajba jutásával. A mezőgazdaság a vízkészletek egyik legnagyobb felhasználója, a rendelkezésre álló víz 70 százalékát használja fel az agrárszektor (FAO, 2018).

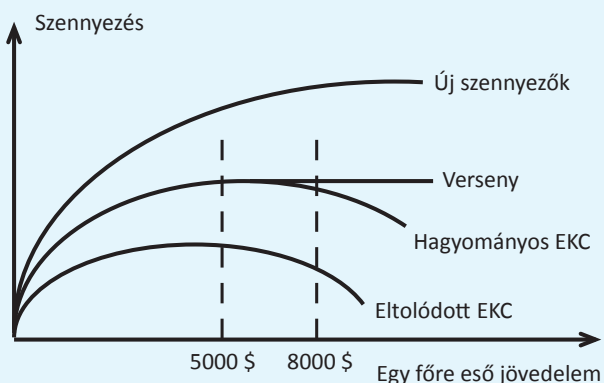
Az aktuális becslések alapján a 24. órában vagyunk, így a klímakatasztrófa elkerüléséhez mielőbbi beavatkozásra van szükség.

2.3. A technooptimista irányzat – A környezeti Kuznets-görbe

A szennyezés és a gazdasági fejlettség kapcsolatát elsőként Grossman és Krueger (1991) vizsgálta az országok kén-dioxid és szilárd részecske (füst) kibocsátásán keresztül. **Feltételezésük szerint fordított U-alakú összefüggés van az egy főre eső jövedelem és a szennyezés között, melyet környezeti Kuznets-görbéként (Environmental Kuznets Curve, EKC) jellemeztek.** Az EKC alakját három tényező együttes hatása alakítja. **A termelés bővülésével arányosan nő a szennyezés, ami a görbe emelkedő részét magyarázza. Egy bizonyos fejlettségi szintet követően tetőzik a károsanyag-kibocsátás.** A gazdaságok strukturális átalakulása, és a szolgáltatószektor térnyerése a görbe visszafordulását okozza, emellett a folyamatot a tisztább termelésre irányuló technológiai fejlődés és beruházások is támogatják. E szerint az elemzés szerint a környezetszennyezés és a környezeti értékek degradációja a fejlődéssel párhuzamosan jelentősen csökken, azaz a folyamat önmagát képes fenntartható pályára állítani.

Gazdaságpolitikai szempontból vizsgálják az EKC alakját Dasgupta és szerzőtársai (2002), és arra jutnak, hogy a globalizáció hatására a versenyben az aktuális minimális környezeti standardokhoz igazodik a termelés, illetve az ipari, szennyező gyárak elhelyezkedése, aminek hatására a görbe visszaforduló vége eltűnik. Megkérdőjelezzük ugyanakkor a fejlődő országoknak a szerepét abban, hogy milyen hatásuk van az aggregált görbe alakulására, hiszen a rendelkezésre álló elérhető zöld technológiák alkalmazásával kevesebb károsanyagot bocsáthatnak ki, aminek hatására a környezeti Kuznets-görbe balra és lefelé tolódhat el (2-3. ábra). Ehhez azonban a környezeti politikák globális koordinációja, a technológiák megosztása szükséges.

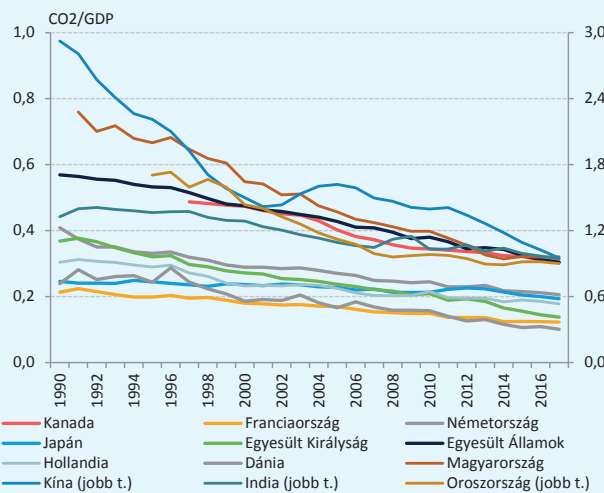
2-3. ábra: A környezeti Kuznets-görbe és a kritikája



Forrás: Dasgupta és szerzőtársai (2002), 148. oldal.

A legfrissebb elérhető adatok alapján minél fejlettebbek az országok, annál energiahatékonyabb a termelésük. Ennek két oka van, egyrészt a strukturális átalakulás következtében a fejlettebb országok gazdasági kibocsátása szolgáltatásintenzívebb, míg a hagyományos ipari termelés szerepe a kiszervezés következtében lecsökken. Másrészt a gazdaság fejlődési pályáján jellemzően egyre kevésbé káros, és egyre nagyobb arányban tisztább innovációk valósulhatnak meg (2-4. ábra).

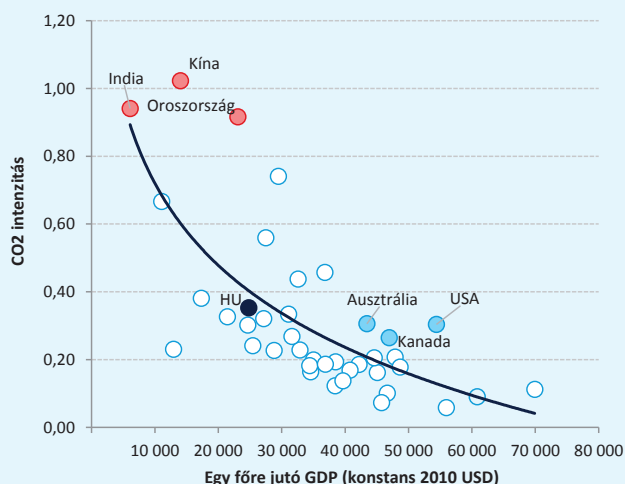
2-4. ábra: Az energiatenzitáció alakulása 1990 óta egyes országokban



Forrás: Saját szerkesztés OECD alapján.

Ezzel összhangban az OECD országai és néhány nagy fejlődő ország (Kína, India, Oroszország, Indonézia, Kolumbia) keresztmetszeti adatai negatív kapcsolatot mutatnak az egy főre jutó kibocsátás és a gazdaság szén-dioxid intenzitása között. Magyarországot a gazdasági fejlettségéhez viszonyítva enyhén alacsonyabb CO₂ intenzitás jellemzi (2-5. ábra).

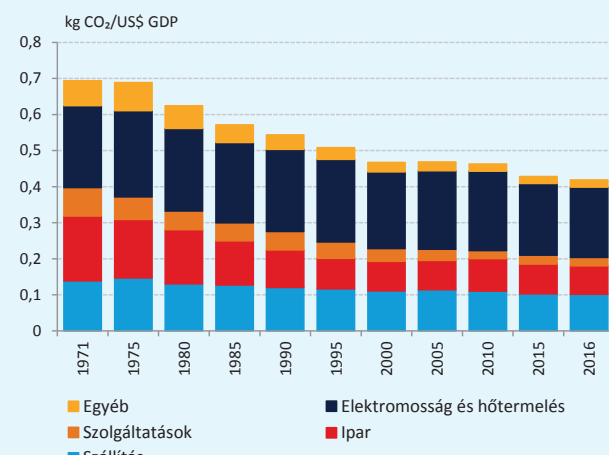
2-5. ábra: Az energiatenzitáció és a gazdasági fejlettség kapcsolata 2017-ben



Forrás: Saját szerkesztés OECD alapján.

Az energiatenzitációt iparági szinten vizsgálva az látható, hogy a GDP-arányos érték érdemben csökkent, amihez leginkább a nagy CO₂ kibocsátású ipari termelés járult hozzá (2-6. ábra). Azonban az aggregált kibocsátás közel 70 százalékáért felelős energia- és szállítási szektor intenzitása alig változott az elmúlt 50 év során.

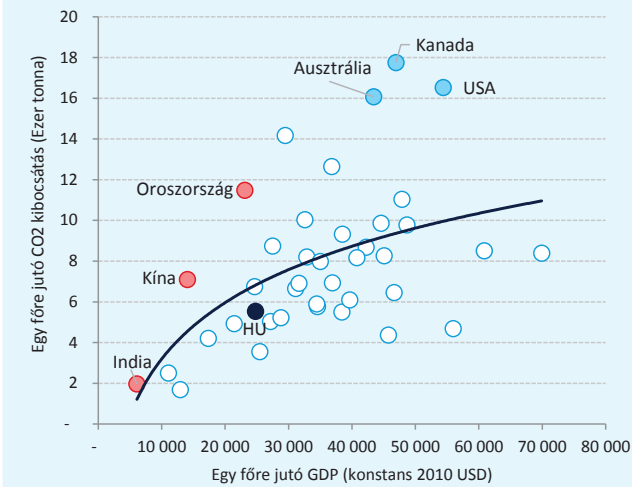
2-6. ábra: Szektoronkénti GDP arányos CO₂ kibocsátás 1971–2016 között



Forrás: IEA, MNB-számítás.

A csökkenő energiatenzitáció ellenére azonban a környezeti Kuznets-görbe vége nem fordul vissza az elmélet által feltételezett módon, így a gazdasági növekedés jelenlegi formája környezetileg nem fenntartható (2-7. ábra). Ennek elsődleges oka az, hogy a szennyezés visszaszorítása érdekében az országok nem költenek eleget. Az erre fordított költségek (GDP arányosan) az Egyesült Államokban 1975-ig a GDP 1,3 százalékáról 1,7 százalék köré nőttek, majd 1975 és 1995 között viszonylag állandó szinten, a GDP 1,6-1,8 százaléka körül alakultak.

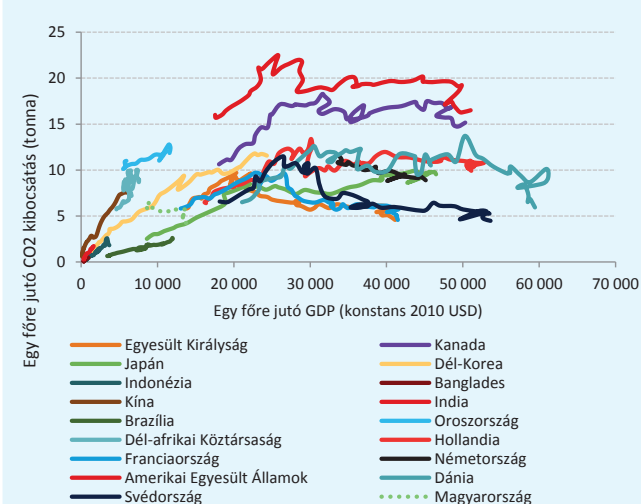
2-7. ábra: Az egy főre jutó CO₂ kibocsátás és a gazdasági fejlettség kapcsolata 2017-ben



Forrás: OECD alapján szerzők szerkesztése.

Az elmúlt 50 évben radikális fejlődésen átment ázsiai országok (Japán, Dél-Korea) esetében jól látható, hogy a fejlődés korai fázisában meredeken emelkedő szennyezésnövekedést követően a Kuznets-görbe a fejlettebb stádiumban ellaposodik. A fejlett országok egyes tagjainak szennyezéskibocsátása magas szinten stabilizálódott, vagy egyes esetekben a szennyezése a fejlődéssel párhuzamosan kismértékben visszafordult, amit a kiotói egyezmény is támogatott. Ez utóbbi csoportba tartozik hazánk is. Míg a fejlődő világ országai jelenleg még a görbe emelkedő szakaszán találhatók (2-8. ábra).

2-8. ábra: Az egy főre vetített környezeti Kuznets-görbe egyes országok esetén



Forrás: Világbank alapján szerzők szerkesztése.

Globálisan tehát nem látható, hogy a gazdasági fejlődés egyértelműen a szennyezés-kibocsátás csökkenését eredményezné. **Amennyiben a magas növekedési rátát globálisan**

fenn szeretnénk tartani, úgy az eddigieknél jóval nagyobb mértékű pénzügyi, tudományos és szabályozói erőforrásokat kell a szennyezés visszaszorítására fordítani. Ezért elengedhetetlen egy új, zöld ipari forradalom megvalósulása, mely a zöld technológiák térnyerését, és az energiahatékonyabb termelést eredményezi.

2.4. A zöld növekedési pálya

A szakirodalmak és a rendelkezésre álló becslések alapján a jelenleg globálisan megfigyelhető gazdasági növekedési pálya ökológiailag nem fenntartható, hiszen a természet drasztikus degradációja mellett megy végbe.

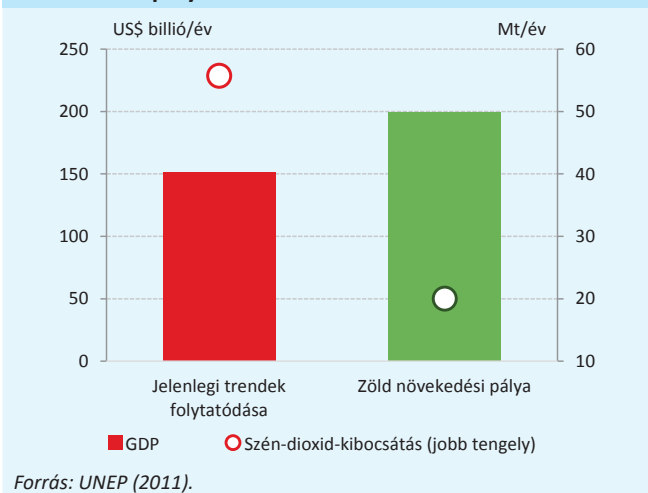
A zöld innováció előretörése elérhetővé teszi a világban egy fenntartható, zöld növekedési pálya elérését, mely nem követeli meg a gazdasági növekedés visszafogását. Az új növekedési pálya biztosítja a természeti erőforrások minőségének javulását és regenerálódását, ami közvetlen módon, kedvezően hat a többi termelési tényezőre is (tőkére, munkára, technológiára és hatékonyságra).

A zöld növekedési pályára vonatkozó kivetítések alapján az ENSZ számításai¹¹ szerint évente a globális GDP 2 százalékát olyan beruházásokra kell fordítani, amelyek javítják az energiahatékonyságot és csökkentik a szén-intenzitást, miközben hozzájárulnak a munkahely-teremtéshez és támogatják a növekedést. **Rövid és középtávon a növekedés alacsonyabb, mint a jelenlegi trendek folytatódását feltételező pálya esetében, ugyanakkor hosszú távon a zöld scenárió magasabb jólétet és fenntartható növekedést eredményez.**

A zöld növekedési pályán a reál GDP 2050-ben közel 200 billió dollár lehet, ami évi átlagos 4 százalékos növekedésnek felel meg. Ezzel párhuzamosan a termelékenység éves átlagban 2 százalék körül emelkedhet, így a horizont végén (2050) 40 000 dollár fölött alakulhat globálisan. Mindeközben a zöld iparágak kialakulása miatt a gazdaság szén-dioxid-kibocsátása a jelenlegi közel 37 milliárd tonna közeléből 20 milliárd tonnára mérséklődhet (2-9. ábra).

11 UNEP (2019).

2-9. ábra: A reál GDP és a szén-dioxid-kibocsátás alakulása a jelenlegi trendek folytatódása esetén és a zöld növekedési pályán 2050-ben



A mezőgazdaságban a zöld beruházások elsősorban a kutatás-fejlesztés, a növényvédelem és az élelmiszerfeldolgozás területeire koncentrálódnak. A beruházások a kialakuló hatékonyabb növényvédelemnek, valamint a talajminőség mesterséges javításának köszönhetően **magasabb hektáronkénti terméshozamot eredményeznek**. A fejlesztések különösen azokban az országokban fontosak, ahol a mezőgazdaság járul hozzá legnagyobb mértékben a növekedéshez. A legkevésbé fejlett országok többségében a **mezőgazdasági termelés fenntarthatóvá tétele** nemcsak nagyobb teljesítményt és magasabb terméshozamot eredményezhet, hanem javíthatja a táplálkozást, és **elősegítheti az élelmezésbiztonságot is**.

A zöld növekedési pályán az erdős területek kiterjedése **4,5 milliárd hektárra nőhet**, az erdőirtások mértékének csökkentése és az erdőtelepítések fokozása következtében. Így a UNEP számításai szerint 2050-ben 502 milliárd tonna szén maradhat az erdei ökoszisztémákban, ami 21 milliárd tonnával haladja meg a 2011-es értéket. Az erdőtelepítés hosszabb időt vesz igénybe, így ezen a területen a beruházások nem biztosítanak azonnali látványos eredményeket, azonban **hosszú távon az erdők kiterjedésének növekedése javíthatja a talaj minőségét, és hozzájárulhat a víz-elérhetőség fejlesztéséhez**, ami pozitív hatást gyakorol a mezőgazdasági termelésre.

A halászati ágazatban a beruházásokat három fő területre – a túlhalászás megelőzésére, az ágazatban foglalkoztatottak átképzésére, valamint a halállomány regenerációjának támogatására – allokálják. A rövid távon csökkenő halászati kapacitás szükséges a kimerülő halállomány helyreállításához. Ugyanakkor a **beruházások hosszú távon hozzájárulnak a fenntartható halgazdálkodás megteremtéséhez**.

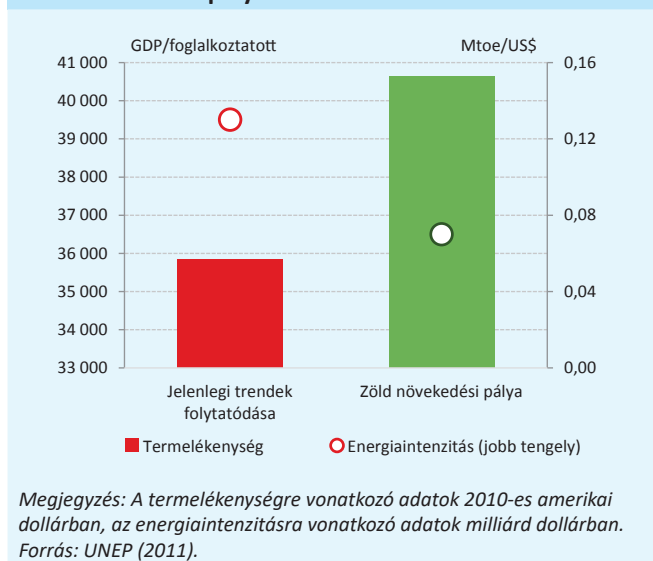
A magasabb jövedelem nagyobb energia és víz iránti keresletet eredményezne, azonban a **zöld beruházások lehetővé teszik az erőforrások megóvását az energiahatékonyság növelésével és a megújuló energiaforrásokra való áttéréssel**. Az energiaszektorba történő beruházások a kínálati oldalon hozzájárulnak a bioüzemanyagok előállításához, a megújuló forrásokból történő energia-termeléshez, valamint a technológiai fejlődéshez (2-10. ábra).

A zöld növekedési pályán az energiafelhasználás egyre nagyobb hányadát fedezik a megújuló energiaforrások. Keresleti oldalon a zöld beruházások fókuszában az energiahatékonyság növelése áll, különösen az ipar és a közlekedés területén. Az energiamegtakarításra irányuló erőfeszítések alacsonyabb elsődleges energiakeresletet eredményeznek a jelenlegi trendek folytatódásával számoló pályához képest. **A zöld növekedési pályán a fosszilis üzemanyagok iránti kereslet a közösségi közlekedési hálózatok fejlődésének, a növekvő energiahatékonyságnak és a megújuló erőforrások emelkedő felhasználásának következtében csökken**.

A zöld szcenárió szerint évente globálisan mintegy 650 milliárd dollárt kellene kizárólag az energiahatékonyságot előmozdító és a szén-dioxid intenzitást csökkentő beruházásokra költeni – emellett további befektetési szükségessé válnak a többi kiemelten fontos ágazatban is –, **amiből mind az állami, mind a privát szektor részt vállalna**. Hasonló ajánlásokat tesz a Világbank aktuális kivetítése is, mely szerint a következő évtizedekben 89 ezer milliárd dollár összegű infrastrukturális beruházást kellene végrehajtani, mellyel elérhetővé válna a párizsi klímaegyezményben kitűzött klímacél. **A szimulációk alapján összességében a zöld növekedési pálya bekövetkezése érdekében a zöld technológiákba történő beruházásoknak a globális GDP minimum 2 százalékát kell kitenniük**. Az elemzések alapján ráadásul a fejlődőknek az átlagosnál többet, míg a fejlett gazdaságoknak az átlagosnál kevesebbet kellene költeniük; emellett az ágazatok közötti eloszlásnak is arányosan kellene mozogni a szektorok károsanyag kibocsátásával. A beruházások hatékonyságnövekedését kiváltó hatásai közvetlen és közvetett formában is megjelennek. Közvetlen formában az energiafelhasználás szempontjából hatékony infrastrukturális befektetések és az erőforrás-megővő technológiák adaptációja jelenthetik a megoldást, míg közvetett csatornákon keresztül a természeti erőforrások megőrzését célzó kutatás-fejlesztési beruházások lehetnének előremutatók. A számítások alapján összességében a beruházások éves növekedési ütemének 5 százalék körül kellene alakulnia, azt viszont az összes elemzés kiemeli, hogy a zöld beruházások megtérülése (ROI) jóval hosszabb távon mutatható ki, így a gazdaságpolitikai döntéshozóknak mindezeket számításba kell venniük döntéseik során. Az elérhető adatok tanulsága alapján ezzel szemben **2018-ban az**

energiahatékonyság növelésére fordított összeg csak 240 milliárd dollárt tett ki (IEA, 2019), ami nagyságrendileg megegyezik a 2017-es értékkel. A stagnálást elsősorban az energiahatékony épületekre fordított beruházások csökkenése eredményezte. Összességében tehát a globális elköteleződések elmaradtak a megkívánt szintektől (a 2 százalékos zöld beruházási rátához képest globálisan átlagban az országok csupán 0,7 százalékot költöttek), de a Dél-Koreai Köztársaság, valamint Kína üdvözítő kivételt jelentenek, és egyben példaként szolgálnak a többi gazdaság számára is. Az említett országok a GDP-jük közel 5 százalékát fordítják a zöld ágazatok fejlesztésére, és hosszú távú vízióval rendelkeznek.

2-10. ábra: A termelékenység és az energiaintenzitás alakulása a jelenlegi trendek folytatódása esetén és a zöld növekedési pályán 2050-ben



A természeti erőforrások végeessége miatt a terméshozamok növelése jelenthet megoldást a növekvő élelmiszerkereslet teljesítésére. Ugyanakkor 1990 és 2018 között a terméshozamok csak 1 százalék körüli ütemben tudtak növekedni, ami előrevetítve nem lesz elegendő a termőterület extenzív növelése vagy a fogyasztásban megfigyelhető trendektől való eltérés nélkül a növekvő szükségletek kielégítésére. Az Élelmezésügyi és Mezőgazdasági Világszervezet jelentése alapján **a jelenlegi tendenciákkal számolva 2050-ig 2,5 százalékos terméshozamra lenne szükség** (FAO, 2018). Az Élelmezésügyi és Mezőgazdasági Világszervezet előrejelzése szerint a mezőgazdasági kibocsátás 2030-ig 32 százalékkal, 2050-ig összesen 50 százalékkal emelkedhet a jelenlegihez képest (FAO, 2018).

A terméshozam alapján legmagasabban rangsorolt 12 ország átlagos termelékenysége tízszeresen meghaladja a legalacsonyabb hozamú államok termelékenységét, ami jelentős teret ad a termelés hatékonyságából eredő terméshozam elérésére (McKinsey, 2015). A

hatékony agrárpolitikák segíthetik az élelmiszer-igényekhez igazodó termelést. Kínában például 31 tartományban működő raktározással rizs, búza, szójabab, kenyér, növényi olaj és húskészleteket halmozta fel az ellátási és piaci zavarok, valamint az élelmiszerár-infláció kordában tartása érdekében. Az élelmiszer importra utalt Arab Emirátusokban hasonló raktárakban 12 hétre elegendő tartalékot halmozta fel, továbbá létrehozta egy kereskedőházat is a beszállítók diverzifikálásának érdekében (McKinsey, 2015). Az ehhez hasonló **intézkedések segítenek csökkenteni azokat a veszteségeket, amelyek abból adódnak, hogy a beszállítói láncok mentén megromlik az élelmiszer.**

Az élelmiszerkereslet jövőbeli emelkedését részben mérsékelheti az élelmiszerpazarlás csökkentése. Az Élelmezésügyi és Mezőgazdasági Világszervezet adatai alapján az előállított élelmiszer mennyiség egyharmadát, azaz világszerte évente 1,3 milliárd tonna élelmiszert nem használnak fel (FAO, 2011). Míg a közepes és a magas jövedelmű országokban jellemzően a fogyasztói szakaszban nem kerül felhasználásra az élelmiszer, az alacsony jövedelmű országokban az élelmiszerlánc korai és középső szakaszában romlik meg az élelmiszer (FAO, 2011). **Európában és Észak-Amerikában évente és személyenként 95–115 kilogramm élelmiszer kerül kidobásra,** míg a Szubszaharai Afrikában 6–11 kilogramm körül alakul évente a fel nem használt élelmiszer mennyisége. **A fel nem használt élelmiszerek egyben a természeti erőforrások pazarlását is jelentik,** mivel a termeléshez felhasznált föld, víz és energia feleslegesen került elfogyasztásra (FAO, 2011).

A vízgazdálkodás területén szintén a hatékonyság kerül a középpontba, továbbá kiemelt figyelmet kap a felszíni és felszín alatti vizek megőrzése. A szektorban a zöld beruházások növelik az ivóvízhez és vízellátáshoz való hozzáférést, a vízfelhasználás hatékonyságát, valamint a vízkészleteket sókivonás által. A víz iránti kereslet alacsonyabb, mint a jelenlegi trendek folytatódásával számoló pályán, a mezőgazdaságban megvalósuló hatékonyságnövelés és az ipari beruházások következtében. A fenntartható vízgazdálkodás és a nagyobb vízkészletek lehetővé teszik a felszíni és felszín alatti vizek megőrzését. Az ágazatba történő beruházások különösen fontos hatásokkal bírnak a fejlődő országokban, ahol a fejlesztések hozzájárulhatnak a mezőgazdasági terméshozamok növekedéséhez és ezáltal közvetve a szegénység csökkentéséhez is. Ugyanakkor a vízhiány még a zöld növekedési pályán is fokozódik, és a népesség több mint 60 százalékát érinthetik a vízzel kapcsolatos problémák 2050-ben.

A hulladékkezelés területén a zöld beruházások hatékonyabb hulladékgyűjtést, újrahasznosítást és komposztálást

eredményeznek. Az újrahajlítást hozzájárul az energiakereslet, a károsanyag-kibocsátás, valamint a termelési költségek csökkenéséhez.

Az éghajlatváltozás hatásainak számszerűsítésére „fordított logikát” alkalmaztunk (2-1. táblázat). **Célváltozóként a globális felmelegedés mértékét jelöltük meg.** Ez alapján a zöld pálya mentén elérhető, ENSZ által kitűzött 2 Celsius-fokot adtuk meg mint elérendő végeredményt.¹² Számításaink alapján – mely a UNEP riportjára épül – a kívánt cél eléréséhez **a szén-dioxid kibocsátást drasztikusan le kell csökkenteni 2050-re.** A zöld növekedési pályán a szén-dioxid-kibocsátás évi 20 milliárd tonna körül alakulhat, szemben a jelenlegi 37 milliárd tonnával (éves átlagban tehát 0,4–0,5 milliárd tonnával csökken a kibocsátás). Így a légkör szén-dioxid-koncentrációja tovább emelkedik a 2018-as 410 milliomod térfogategység (ppm) mértékéről 500–600 milliomod térfogategység szintekig, de a növekedés üteme jóval lassabb lehet a korábbi időszakokban tapasztaltaknál.

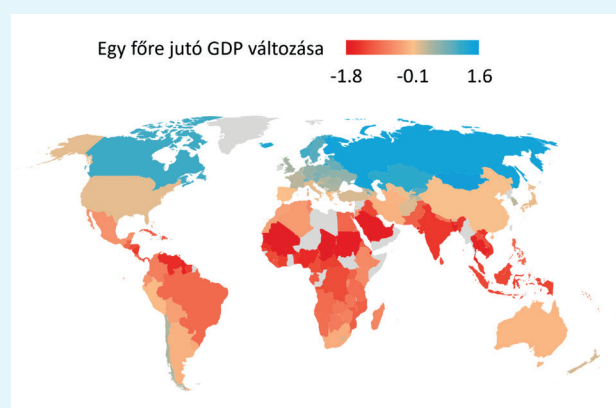
A New Climate Institute és a Climate Analytics elemzése (2019) alapján **a nemzeti klímavédelmi intézkedések nem elegendők ahhoz, hogy a globális felmelegedés mértéke ne haladja meg a 2 Celsius-fokot az évszázad végére.**¹³ Az országok jelenlegi vállalásainak teljesülése esetén a globális átlaghőmérséklet 2,9 Celsius-fokkal lehet melegebb 2100-ra. Az országok többsége napjainkban nem teljesíti a szükséges vállalásokat, de megfigyelhetők pozitív tendenciák is. Számos fejlett gazdaságban – különösen ott, ahol kibocsátásszabályozás lépett életbe – érdemben csökkent a kibocsátott szén-dioxid mennyisége (Le Quéré és szerzőtársai, 2018). Az emisszió mérséklődéséhez továbbá hozzájárult a megújuló energiaforrásokra való áttérés, illetve az energiateljesítmény csökkenése is, ami az energiahatékonyság növelésével érhető el.

A zöld ipari forradalom innovációinak köszönhetően növekszik a globális GDP, ám a foglalkoztatás kisebb mértékben bővül, ezért **a termelékenység érdemben emelkedik.** A termelékenység növekedése, valamint a fenntartható növekedés mint alapfeltétel betartása azt implikálja, hogy **a foglalkoztatottak átlagos munkaórája lecsökken, aminek következtében a szabadideje nő.**

A zöld növekedési pályán az ökológiai lábnyom 2050-ben 1,2 Földre csökken, a jelenlegi 1,7-ről. Így, bár az emberiség ökológiai szükséglete még mindig magasabban alakul, mint a Föld eltartóképessége, érdemi javulás lenne elérhető a megfelelő lépések következtében.

Az éghajlatváltozásból fakadó hátrányok regionális eloszlása azonban nem szimmetrikus a világ régiói között. **Ha a globális átlaghőmérséklet az iparosítás előtti szintnél 2 Celsius fokkal magasabb,** akkor a Föld északi részén fekvő országokban az egy főre jutó GDP növekedhet, mivel a melegebb éghajlat lehetővé teszi olyan gazdasági tevékenységek megjelenését vagy kiterjesztését, amire a hidegebb klíma miatt az adott terület korábban nem volt alkalmas. Ugyanakkor **a fejlődő országok többségében az egy főre jutó GDP csökken** (2-11. ábra), az elviselhetetlenné váló klímaváltozás következtében.

2-11. ábra: Az egy főre eső GDP változása 2 Celsius fokkal magasabb globális átlaghőmérséklet esetén

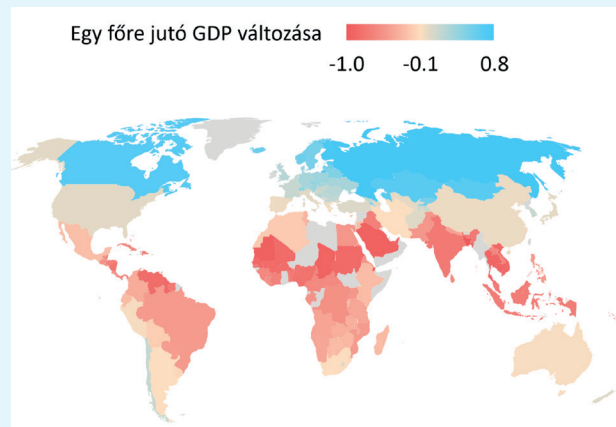


Megjegyzés: A szürke színnel jelölt országokra vonatkozóan nem áll rendelkezésre adat.

Forrás: Pretis és szerzőtársai (2018) alapján MNB-szerkesztés.

A jelenlegi helyzet alapján gyors és drasztikus intézkedések hiányában kevés az esély arra, hogy sikerül a felmelegedést 1,5 Celsius fok alatt tartani, pedig ebben az esetben a jóléti veszteségek a 2 Celsius fokkal magasabb hőmérséklethez képest is mérsékeltebbek (2-12. ábra).

2-12. ábra: Az egy főre eső GDP változása 1,5 Celsius fokkal magasabb globális átlaghőmérséklet esetén



Megjegyzés: A szürke színnel jelölt országokra vonatkozóan nem áll rendelkezésre adat.

Forrás: Pretis és szerzőtársai (2018) alapján MNB-szerkesztés.

12 Fontos kihangsúlyozni, hogy a legfrissebb becslések a 2 Celsius-fokos hőmérsékletemelkedést egyre nehezebben elérhető célként jelölik meg.

13 https://climateactiontracker.org/documents/644/CAT_2019-09-19_BriefingUNSG_WarmingProjectionsGlobalUpdate_Sept2019.pdf

2-1. táblázat: 2050-re vonatkozó előrejelzések a scenáriók feltételeinek teljesülése esetén

	Globális felmelegedés mértéke	Szén-dioxid-kibocsátás (mrd tonna/év)	Energia-intenzitás (Mtoe/mrd US\$)	GDP (US\$ mrd/év)	Termelékenység (GDP/foglalkoztatott, US\$)	Foglalkoztatás (mrd fő)
Jelenlegi trendek folytatódása	~ 2,7 – 4,5 °C	55,7	0,13	172 049	35 844	4,8
Zöld növekedési pálya	~ 2 °C	20	0,07	199 141	40 641	4,9

Megjegyzés: Az adatokat 2010-es amerikai dollárban bemutatva.
 Forrás: UNEP (2011) és IPCC (2019) alapján MNB-számítás.

Felhasznált irodalom:

Aengenheyster, M.– Feng, Q. Y.– Van Der Ploeg, F.– Dijkstra, H. A. (2018): *The point of no return for climate action: effects of climate uncertainty and risk tolerance*. Earth System Dynamics, 9(3), 1085–1095.

AFP (2019): *Earth warming more quickly than thought, new climate models show*, AFP. <https://www.afp.com/en/news/3954/earth-warming-more-quickly-thought-new-climate-models-show-doc-1kd00i1>

Bowen, A. (2012): *'Green' growth, 'green' jobs and labour markets*. Centre for Climate Change Economics and Policy. Working Paper No. 88.

Bovenberg, A. L. – Smulders, S. A. (1995): *Environmental Quality and Pollution-augmenting Technological Change in a Two-sector Endogenous Growth Model*, Journal of Public Economics, 57, 369–391.

Bovenberg, A. L. – Smulders, S.A. (1996): *Transitional Impacts of Environmental Policy in an Endogenous Growth Model*, International Economic Review, 37/4, 861–893.

Climate Action Tracker (2019): *Warming projections global update. September 2019*. Letöltve: https://climateactiontracker.org/documents/644/CAT_2019-09-19_BriefingUNSG_WarmingProjectionsGlobalUpdate_Sept2019.pdf

Dasgupta S. – Laplante, B. – Wang, H. – Wheeler, D. (2002): *Confronting the Environmental Kuznets Curve*, Journal of Economic Perspectives, 16/1, 147–168.

Deryugina, T.– Hsiang, S. M. (2014): *Does the environment still matter? Daily temperature and income in the United States* (No. w20750). National Bureau of Economic Research.

FAO (2011): *Global Food Losses and Food Waste – Extent, causes and prevention*. <http://www.fao.org/3/a-i2697e.pdf>

FAO (2018): *The Future of Food and Agriculture – Alternative Pathways to 2050*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Róma. Letölthető: <http://www.fao.org/3/CA1553EN/ca1553en.pdf> Letöltve: 2019. szeptember 18.

- FAO, IFAD, UNICEF, WFP, WHO (2019): *The State of Food Security and Nutrition in the World 2019. Safeguarding against economic slowdowns and downturns*. Rome, FAO.
- Graff Zivin, J. – Neidell, M. (2012): *The impact of pollution on worker productivity*. American Economic Review, 102(7), 3652–3673.
- Grossman, G. M. – Krueger, A. B. (1991): *Environmental impacts of a North American Free Trade Agreement*, NBER Working Paper Series, No. 3914.
- Hanna, R. – Oliva, P. (2011): *The effect of pollution on labor supply: evidence from a natural experiment in Mexico city*. NBER Working Paper No. 17302.
- IEA (2019): *Renewable energy sources used for electricity generation*. Letölthető: <https://www.iea.org/s/?country=WORLD&year=2016&category=Renewables&indicator=RenewGenBySource&mode=chart&dataTable=RENEWABLES>. Letöltés dátuma: 2019. szeptember 3.
- Höhne, N. – Fransen, T. – Hans, F. – Bhardwaj, A. – Blanco, G. – den Elzen, M. – Kuriyama, A. (2019): *Bridging the Gap: Enhancing Mitigation Ambition and Action at G20 Level and Globally*. Pre-release version of a chapter in the forthcoming UNEP Emissions Gap Report 2019. The Emissions Gap Report 2019.
- ILO (2019): *Working on a warmer planet: The impact of heat stress on labour productivity and decent work* International Labour Office – Geneva, ILO, 2019.
- Kaderják, P. – Kiss A., Szabó L. – Mezősi A. – Kerekes L. – Andzsans-Balogh K. – Pató Zs. – Ungvári G. – Kotek P. (2011): *Az energiapolitika és a klímavédelem stratégiai kérdései*. NFFT Műhelytanulmányok 8. Nemzeti Fenntartható Fejlődési Tanács.
- Lieb, C. M. (2001): *The environmental Kuznets curve and satiation: A simple static model*. Environment and Development Economics, 7, 429–448.
- Lieb, C. M. (2004): *The Environmental Kuznets Curve and Flow versus Stock Pollution: The Neglect of Future Damages*. Environmental and Resource Economics, 29, 483–506.
- McKinsey (2015): *From Liability to Opportunity: How to Build Food Security and Nourish Growth*. March 2015. <https://www.mckinsey.com/industries/chemicals/our-insights/from-liability-to-opportunity-how-to-build-food-security-and-nourish-growth>
- Meadows, D. H.– Meadows, D. L.– Randers, J.– Behrens, W. W. (1972): *The limits to growth*. New York.
- OECD és FAO (2019): *OECD–FAO Agricultural Outlook 2019–2028*. OECD Publishing, Paris/Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Smulders, J. A. (1994): *Growth, market structure and the environment: Essays on the theory of endogenous economic growth*. Tilburg: Tilburg University.
- Solow, R. (1974): *Intergenerational Equity and Exhaustible Resources*. The Review of Economic Studies, 41, 29–45.
- Stiglitz, J. (1974): *Growth with Exhaustible Natural Resources: Efficient and Optimal Growth Paths*. The Review of Economic Studies, 41, 123–137.
- Stern, N. (2013): *The structure of economic modeling of the potential impacts of climate change: grafting gross underestimation of risk onto already narrow science models*. Journal of Economic Literature, 51(3), 838–59.
- Stokey, N. L. (1998): *Are there limits to growth?* International Economic Review, (39)1, 1–31.
- The World Bank (2012): *Inclusive Green Growth: The Pathway to Sustainable Development*. The World Bank, Washington, D. C.
- UN Environment (2019): *Global Environment Outlook – GEO-6: Healthy Planet, Healthy People*. Nairobi.
- UNEP (2011): *Towards a green economy: Pathways to sustainable development and poverty eradication*. United Nations Environment Programme. https://www.cbd.int/financial/doc/green_economyreport2011.pdf
- WEF 2019: *The Global Competitiveness Report*
- Zhao, C. – Liu, B. – Piao, S. – Wang, X. – Lobell, D. B. – Huang, Y. – Durand, J. L. és szerzőtársai (2017): *Temperature increase reduces global yields of major crops in four independent estimates*. Proceedings of the National Academy of Sciences, 114(35), 9326–9331.

3. Közgazdasági gondolkodások és politikai ajánlások a környezeti fenntarthatóság érdekében

A klímaváltozást napjainkra a világon megjelenő legnagyobb piaci kudarcnak nevezhetjük, mely negatív externáliákat, információs aszimmetriát, időbeli inkonzisztenciát, a közlegelők tragédiáját és hálózati hatásokból eredő kudarcot egyaránt eredményez. A piaci kudarcot okozó klímaváltozás alátámasztja az állam környezetvédelmi szerepvállalásának szükségességét, a klímavédelem gazdasági növekedéshez viszonyított kapcsolata ugyanakkor nem egyértelmű.

A klímaváltozás hatásait elemző közgazdasági megközelítések és hatásvizsgálatok eredményei széles skálán mozognak, és merőben eltérő válaszokat adnak a klímapolitika szükségességére. Míg a Nordhaus-féle klasszikus közgazdaságtan eredményei szerint a növekedés akár aktív klímapolitika nélkül is fenntartható, és álláspontja alapján mérsékelt szén-dioxid csökkentés is megoldhatja a problémákat, addig a manapság konszenzusnak tekinthető Stern-féle megközelítést alkalmazó irányzat a gazdasági károkat óriásinak látja, és új zöld ipari forradalmat javasol a fenntartható növekedés érdekében (green growth). A zöld növekedési politika hangsúlyos eleme, hogy a kibocsátás-korlátozások kapcsán globális megoldás szükséges. A klímaváltozásra a legradikálisabb választ az ún. makroökológiai nem-növekedés (degrowth) elméletek adják, melyek szerint a fenntarthatóság csak a gazdasági kibocsátás szignifikáns visszafogása mellett valósulhat meg, mely a fogyasztói szokások megváltoztatását és a piaci verseny mérséklését is magában hordozza.

A célzott misszióval rendelkező állam sikeresen jelenhet meg a környezeti fenntarthatóságot szem előtt tartó nagy piaci kockázatú és nagy tőkeintenzitású részpiacokon, így orientálva a piacot az általa kívánatosnak tartott későbbi, fenntartható zöld fejlődési pálya felé. A zöld növekedési pályára való áttérésben az úgynevezett irányított technológiai váltás segíthet mind a gazdaságpolitika, mind az üzleti vállalkozások esetében. Az irányított technológiai váltás olyan komplex gazdaságpolitikai lépéssorozat, amely magában foglalja a termelési tényezők (tőke és a munka) és az innovációk zöld gazdaság irányába való terelését. Az említett modellben az állam szerepvállalása korrigálja a piaci kudarcokat, adópolitikával gátolja a magasabb károsanyag-kibocsátást eredményező innovációkat és komplex támogatási rendszer kialakításával elősegíti a zöld ágazatok fejlődését. Az irányított technológiai fejlődés empirikus eredményei alapján kirajzolódik, hogy vállalati oldalról az adóknak a káros technológiák visszaszorítására, a támogatásoknak a tiszta innovációk elterjedésére van pozitív hatása. A lakosságot célzó szabályozói intézkedéseknek általában nagy az össztársadalmi költsége, és nem célozza elegendően jól a kiválasztott rétegeket. Ha a szabályozó nem ismeri eléggé a lakosság ár rugalmasságát és fogyasztási hajlandóságát, akkor a program könnyen hatástalanná válhat.

3.1. Klímaváltozás mint a legnagyobb piaci kudarc

A klímaváltozást napjainkra a világon megjelenő legnagyobb piaci kudarcnak nevezhetjük (3-1. ábra). A gazdasági termelés és a fogyasztói igények kielégítése számtalan káros mellékhatással bír, melynek hatására a kívánt társadalmi optimum nem jön létre.

Az üvegházhatású gázok kibocsátása az emberi tevékenységek káros hozadéka, azaz externáliája. A kibocsátás megszüntetésének költsége nem terheli a tevékenységet végző vállalatokat és háztartásokat, hiszen a piaci kudarcok elméletének megfelelően a magán ösztönzők kisebbek a környezeti károk enyhítésére, mint az ösztönzők a társadalmi érdek lenne. A profitmaximalizáló üzleti szféra, vagy éppen a saját jólétét maximalizáló fogyasztók oldaláról tehát maximum etikai, nem pedig gazdasági logika diktálhatja azt, hogy visszafogják a kibocsátásukat.

Az éghajlatváltozást leíró modellek bizonytalansága és az időtáv évszázados hosszúsága a társadalom tagjai között jelentős információs aszimmetriát eredményez. A politikai és a gazdasági élet vezető szereplői, a fosszilis tüzelőanyagokat támogató érdekcsoportok, és számtalan más külső szereplő az éghajlatváltozási modellekben rejlő bizonytalanságokat kihasználva kérdőjelezi meg az éghajlatváltozás okozta veszélyeket, vitatja az annak kezelésére szükséges törvények bevezetését és azok erősségét.

3-1. ábra: A klímaváltozás piaci kudarcának elemei



Forrás: szerzők szerkesztése.

A klímaváltozás mérséklődését számtalan, már most is rendelkezésre álló technológiai újítás segíthetné, melyek elterjedéséhez szükséges kritikus tömeg hiánya azonban a hálózati hatásokhoz kapcsolódó kudarcokat eredményez. Az

új típusú okos mérőhálózatok installálása, a háztartási napelemek elterjedése, a közmujszolgáltatások digitalizációja, az elektromos autó töltőállomások hálózata, vagy a közösségi autómegosztás kiterjesztése egyértelműen hozzájárulna az alacsonyabb fogyasztói szénhidrogén-felhasználáshoz. A hálózati alapú iparágak és termékek elterjedéséhez azonban szükséges a kritikus tömeg megléte, ezek nélkül a hálózatok nehezen alakíthatók ki, és működtetésük sem gazdaságos. Ennek következtében a társadalom környezettudatosságának emelése elengedhetetlen (részletesen lásd a 4. fejezetet).

Az állam gazdasági beavatkozásának szükségességére a piaci kudarcok létezése az egyik legfontosabb magyarázat. A klímaváltozást okozó gazdasági tevékenységek externáliái, az információs aszimmetria és a hálózati kudarcok mind szükségessé teszik az állam környezetvédelmi szerepvállalását. Az externáliák kezelésének legfőbb módja a károsanyag-kibocsátás költségeinek internalizálása, mely például a szén-dioxid kibocsátás esetében azt jelentené, hogy a szén globális társadalmi költségéből mindenki egy adott egységár mellett az általa kibocsátott mennyiségnek megfelelően értékarányosan adózik. Az állam azonban nem csak adót vehet ki, hanem kibocsátási kvótákat is meghatározhat, valamint szabályozhatja annak kereskedelmét is. Ennek hatására a fogyasztók kevésbé szennyező vagy kevesebb káros melléktermékkel járó fogyasztás irányába mozdulhatnak el, míg a vállalatok tisztább termelési folyamatokat követnének. A közpolitikai beavatkozások tehát elsősorban olyan adóztatást jelentenek, melyek növelik az üvegházhatású gázokat kibocsátó tevékenységek árát, a tiszta termelés és fogyasztás felé mozdítanak el, emellett pedig ösztönzik az alacsony kibocsátású technológiai innovációit.

A gazdasági tevékenység okozta természeti erőzión piaci kudarcra innovációs kudarcral is jár. A piaci ösztönzők nem támogatják az alacsony szén-dioxid-kibocsátású, nem környezetszennyező zöld innovációkat, hiszen azok költsége feltételezhetően nagyobb, mint a jelenlegi technológiai határon mozgó szennyező folyamatok továbbfejlesztése. Az innovációs kudarc miatt nem elegendő a káros termelést megadóztatni, annak a tiszta termelés, és a zöld innováció támogatásával együtt kell megjelenni.

A klímavédelem és a környezetvédelmi szabályozás gazdasági növekedéshez viszonyított kapcsolata ugyanakkor nem egyértelmű. Ennek alapvető oka, hogy a klímaváltozás hatásainak mértékében sincs széles körben elfogadott eredmény. Kérdéses, hogy mennyire súlyos a környezet károsodása, a jelenlegi gazdasági aktivitás mellett mennyivel lesz melegebb a Föld hőmérséklete a következő

évtizedekben, a felmelegedés hogyan hat a bioszféra többi részére, vagy éppen, hogy milyen időtávon fejt ki hatását a klímaváltozás. **A számtalan bizonytalan tényező mellett ezért különösen nehéz azt is megbecsülni, hogy vajon a környezetvédelmi szabályozás eredménye lassabb növekedés lesz, vagy zöld reformokkal elérhető pozitív növekedés a szennyezés leállítása mellett is.**

3.2. Milyen klímapolitika segíti a fenntartható növekedést?

3.2.1. A NORDHAUS-FÉLE MEGKÖZELÍTÉS

Kezdetekben Nordhaus (1975, 1977) is az innováció és a technológiai fejlődés növekedési hatását vizsgálta. Úgy vélte, hogy a hosszú távú növekedést nem korlátozza az erőforrások kimerülése, mert a szűkösség kikényszeríti a hatékonyabb termelést, illetve alternatív, megújuló erőforrások használatát. A szén-dioxid körforgását és a kibocsátás korlátozásának gazdasági hatását vizsgálva Nordhaus a geofizikai kapcsolatok egyre összetettebb megjelenítése felé fordult. Az így felépített, geofizikai kapcsolatokkal kibővített neoklaszikus Ramsey modellt, a DICE modellt (Dynamic Integrated Climate–Economy, Nordhaus, 1992b) a klímaváltozás gazdasági hatását írja le anyagáramlási és elszámolási egyenletekkel kiegészítve. A modellegyenletek között megjelennek a károsanyag-kibocsátást és -koncentrációt, illetve annak klímára gyakorolt hatását megragadó, valamint a klímaszennyezés káros gazdasági – növekedést korlátozó – hatását leíró egyenletek. Nordhaus a gazdasági hatások között szerepelteti a mezőgazdasági és az egészségügyi hatásokat, illetve a rekreációs szolgáltatásokra gyakorolt hatásokat is.

A klímaváltozás hatásait, lefutását és gazdasági következményeit leggyakrabban a Nordhaus DICE-modellje alapján kialakított *integrált értékelő modellekkkel* (Integrated Assessment Models) ragadják meg a közpolitikai elemzések során. Az elemzések legfontosabb eleme a klímaváltozás hatásainak megbecslése, melynek egyik indikátora az egyes becslések által adott, a fogyasztás vagy termelés során kibocsátott szén társadalmi költsége¹⁴ (social cost of carbon).

A teljes társadalmi-gazdasági környezetet integráló növekedési modellek meghatároznak egy károsanyag-kibocsátási pályát, melyekből számolódik a részecskék légköri koncentrációja, megadva a jövőbeli hőmérséklet, csapadék és tengerszint alakulását. A környezeti eredményekből származtatott ún. kárfüggvény alapján mind regionális, mind globális szinten kiszámolható a gazdasági kár mértéke, és a várható növekedés dinamikája. **A szén társadalmi költsége adja meg azt az optimális szénadó-pályát, amellyel a környezetvédelmi politika a káros kibocsátás költségeinek internalizálására ösztönözhet.** Így a kormányzat nemcsak a szén-dioxid kibocsátást kezeli a globális felmelegedés korlátok között tartása érdekében, hanem a tisztább technológiákban megvalósuló innovációkat is elősegíti.

Az 1990-es évek elméletei alapján a környezetszennyezés ugyan káros, de az üvegházhatású gázok kibocsátása nem bír hosszú távú hatással a növekedés fenntarthatóságára. Nordhaus (1991, 1992a, 2008) számításai szerint bár a gazdasági növekedés szén-dioxid kibocsátással jár, egy 3 Celsius fokos felmelegedés csak mintegy negyed, de maximum egy százalékponttal csökkentené az Egyesült Államok nemzeti össztermékét. A globális gazdaságra vonatkozó károkat 2018-as árakon számolva mintegy 80 billió dollárra, a globális GDP alig 1 százalékára becsülte, így szerinte a felmelegedés csak kismértékben hátráltatja a későbbi gazdasági növekedést a fejlett ipari országokban. A DICE-modellek eredményei alapján egy tonna szén kibocsátási költségének a jelenértékét alig 21 dollárra becsüli, így az externáliák megoldására csak mérsékelt szénadó bevezetését javasolja. Későbbi elemzésében felülvizsgálja korábbi eredményeit, de a szén társadalmi költségét még mindig csak 31 dollárra becsüli (Nordhaus, 2017). A Nordhaus-féle megközelítés tehát elismeri a klímaváltozás negatív hatásait (bár mértékét nem értékeli számottevőnek), de erőteljes környezetvédelem nélkül is fenntartható növekedés mellett érvel.

Az optimista megközelítést azonban az elmúlt évtizedekben több kritika is érte. Többek között kifogásolták a jövő fontosságának alulbecslését, a kárfüggvény specifikációjának elmaradottságát, valamint a katasztrófák valószínűségének alultervezését, valamint az általa okozott károk nagyságát is.

¹⁴ A szén társadalmi költsége egy addicionális tonna kibocsátott szén-dioxid diszkontált jelenértéke, mely időben növekvő, hiszen a légkörben jelenlévő üvegházhatású gázok növekvő szintje miatt minden addicionális kibocsátás egyre növekvő károkat okoz. Szemléltetésképpen: egy tonna kibocsátott szén-dioxid mértéke megegyezik egy személyautóval megtett Madrid–Kijev, vagy éppen San Francisco–Chicago közötti mintegy 3500 kilométeres autópályán a károsanyag-kibocsátással.

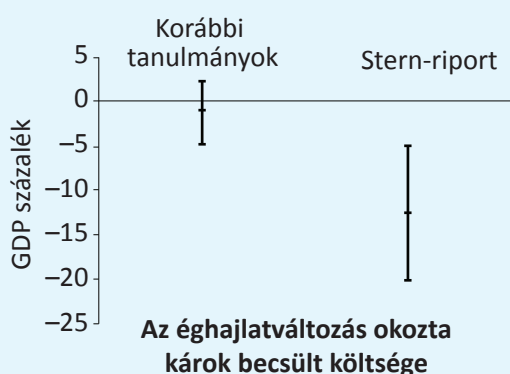
3.2.2. A GREEN GROWTH IRÁNYZAT

Az Egyesült Királyság pénzügyminisztériuma 2006-ban adta ki a korábbi évtizedek elemzéseit értékelő, a globális felmelegedés hatásait tárgyaló Nicholas Stern-féle riportot, mely Nordhaus és a korai integrált modellek megállapításaitól gyökeresen eltérő méretű problémát rajzolt fel az éghajlatváltozás kapcsán (Stern, 2006). A Stern-csapat által alkalmazott, módosított PAGE-modell elemzése szerint a természeti és gazdasági károk a korábbiakban becsülnél sokkal nagyobbak, és visszafordíthatatlanok lehetnek.

Elemzésük szerint a jelenlegi tendenciák fennmaradása mellett az éghajlatváltozás általános költségei és kockázatai eredményeként a globális GDP szintje mostantól évente legalább 5 százalékkal lesz alacsonyabb, míg **a katasztrófa-kockázatok és hatások szélesebb körű figyelembevétele esetén akár a globális GDP 20 százalékára is rúghatnak a károk** (3-2. ábra).

Stern alapján az üvegházhatású gázok kibocsátását évente mintegy 3 százalékkal szükséges csökkenteni, hogy a globális hőmérséklet ne emelkedjen több mint 2 Celsius fokkal, míg a **szén társadalmi költsége a DICE-modellekből származó 20-30 dollár helyett annak sokszorososa, 200 dollár fölött lehet.** Mivel az erőteljes és korai beavatkozás hasznai meghaladják a késlekedés várható jövőbeli költségeit, ezért **a jelentés javaslatai szerint gyors és határozott klímapolitikai lépések szükségesek az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentésére és egy globális szénadó bevezetésére a növekedés zöldebbé tétele és a hosszú távú fenntarthatóság érdekében.**

3-2. ábra: Az éghajlatváltozás hatása a globális GDP alakulására az integrált értékelő modellek, valamint a Stern-riport alapján



Forrás: Stern-jelentés (2006) alapján a szerzők szerkesztése.

A szén költsége kapcsán a legradikálisabb becslést Ackerman és Stanton (2012) adják, akik szerint 2050-re a szén társadalmi költsége mintegy 1500 dollárra emelkedhet. Makrogazdasági szinten – Sternhez hasonlóan, a DICE-modellek optimista

becslésével szemben – az ENSZ Éghajlat-változási Kormányközi Testületének riportja 2018-ban már alacsonyabb, csak 2 Celsius fokos felmelegedés esetén is mintegy 70 billió dollárra, azaz a globális GDP közel 10 százalékára becsülte a világgazdasági károkat (IPCC, 2018).

A zöld növekedés érdekében hozott környezetvédelmi politika sikeressége ugyanakkor nem okoz azonnal magasabb gazdasági növekedést. A szennyezés megszüntetéséhez a beavatkozás ösztönzői haszna meg kell haladja a közpolitika költségét. A zöld innovációs tevékenységek támogatásával későbbi rendelkezésre állhat az a technológia, melynek megléte esetén magas költségek mellett is megéri a közpolitikai beavatkozás megvalósítása. Bár a beavatkozás növekedési hatásai csak később, egy átmeneti időszak után valósulnak meg, a közpolitika a teljes horizonton elősegítette a fenntartható növekedést.

A zöld növekedési politika hangsúlyos eleme, hogy a kibocsátás-korlátozások kapcsán globális megoldás szükséges. Koordinált nemzetközi adózási politika esetén a kibocsátást minden országban azonos mértékű szénadókkal sújtják. A lokális politikák hátránya, hogy a gazdasági tevékenység mobil, így koordináció hiánya esetében könnyen tud országok között mozogni, amivel aláássa a környezetvédelmi politika hatékonyságát.

A klímaváltozás súlyosságának mértéke és a környezetvédelmi politikai szigorúsága kapcsán a **Nordhaus (1991, 2017), valamint Stern (2006) és elméleti követők által becsült, gyökeresen eltérő eredményeknek több oka van.**

Mivel a klímaváltozás hosszú távon, évszázadok alatt zajlik, ezért különösen fontos a jövő megítélése (3-3. ábra). **A korai DICE-modellek esetében a jövő fontosságát számszerűsítő diszkontfaktor értéke túl magas, azaz alulértékeli a jövő fontosságát, melynek hatására a modellek a klímaváltozás hatásait jelentősen alulbecsülik** (Stern, 2013).

Az integrált modellekben **a gazdasági növekedést exogén tényezők vezérik** egytermékes aggregált növekedési modellekben, melyek figyelmen kívül hagyják az innováció, és a növekedés zöld innovációk általi fenntarthatóságának szerepét is (Stern, 2013).

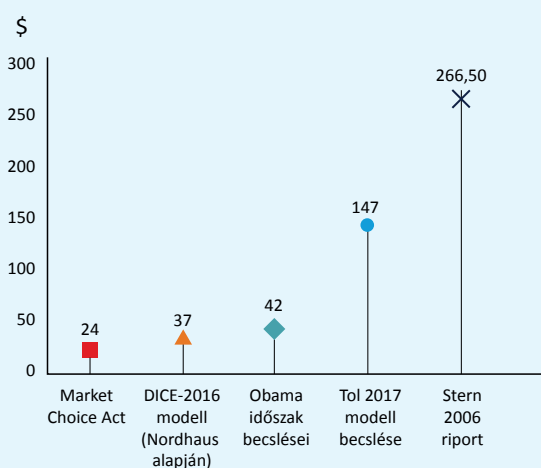
A kárfüggvény specifikációjának elmaradottsága, valamint az inputok közötti egyidejű függvénykapcsolat miatt a hőmérséklet és a környezet állapota nem hat a későbbi időszakokra, valamint teljes környezeti ágazatokat (például bioszféra szolgáltatások, esőerdők mérete stb.) hogy ki az elemzésből (Pindyck, 2017).

A korai modellek a katasztrófák valószínűségét és az általa okozott károkat is alulbecslik, a kockázatoknak csak alacsony valószínűséget adnak: figyelmen kívül hagyják a katasztrófák okozta többkörös károk mértékét, a társadalmi és környezeti tőkében okozott töréseket, a fizikai tőke megsemmisülését, a tömeges migrációt, a háborús konfliktusokat (Weitzman, 2012, Pindyck, 2013). Önmagában az extrém meleg napok számának kárfüggvénybe helyezése megduplázza a szén társadalmi költségének a becsült értékét (Moore és szerzőtársai, 2017).

Az integrált modellek hiányossága, hogy az éghajlatváltozás okozta változásokat extenzív és intenzív határon egyaránt vizsgálni kellene: a fogyasztók ugyanis a melegebb időjárás hatására egyrészt több légkondicionálót szerelnek be, a mezőgazdasági vállalatok pedig több öntözőberendezést állítanak használatba (extenzív határ), valamint azokat többet is használják (intenzív határ) (Auffhammer, 2018).

Fontos különbség a földrajzi fókusz, hogy nemzeti szinten, lokálisan, esetleg globálisan vizsgálják a károk mértékét. Míg Nordhaus a fejlett ipari országokra koncentrált elemzésében, addig Stern modellje a fejlett és fejletlen gazdaságokra gyakorolt hatások közötti különbséget elemezve bemutatja, hogy egyoldalú gazdasági szerkezetük, a mezőgazdaságtól való függésük, az alacsony szintű technológiai fejlettségük és a gyenge adaptációs képességük miatt a klímaváltozás elsősorban a fejletlen gazdaságokat érinti súlyosan, melynek a tovaterjedő biztonsági kockázata ugyanakkor már a fejlett világra is hatással lesz.

3-3. ábra: A szén társadalmi költségei a különböző becslési eredmények alapján



Forrás: Stern-jelentés (2006) alapján a szerzők szerkesztése.

Az elmúlt évtizedek elemzései a klímaváltozás, a fenntartható növekedés, és a környezetvédelmi politika hármasa kapcsán jelentősen különböznek tehát egymástól, azonban abban a legtöbb kutatás egyetért, hogy valamilyen mértékű szénadó szükséges az externális hatások mérsékléséhez.

3.2.3. RADIKÁLIS VÁLASZ: KÁROS KIBOCSÁTÁS HELYETT NEM-NÖVEKEDÉS?

A zöld növekedési igényekkel szemben a fenntartható növekedés és a klímaváltozás kapcsolatára a legfrissebb és legradikálisabb választ a 2000-es évek végén kialakult *növekedés utáni közgazdaságtan* (post-growth) egyik irányzata, a makroökológia tudományterülete adja. A nem-növekedés Victor (2008) és Jackson (2009) elméletével formalizálttá váló irányzata alapjaiban elveti a környezetvédelmi politikákkal elérhető fenntartható gazdasági növekedés lehetőségét.

A nem-növekedés elmélete új ökológiai közgazdaságtani modelleket és felfogást pártol, mely szerint az emberiségnek életünk és kultúránk fundamentális megváltoztatása, a fogyasztói szokások és a piaci verseny mérséklése mellett a szolidaritás és az együttműködés erősítésére van szüksége.

A nem-növekedés elméleteinek alapját az a közgazdasági megfontolás adja, hogy a GDP és a fogyasztási kiadások a modern gazdaságok fejlődésével egyre jobban mellőzik a szubjektív jólét és a fenntarthatóság több elemét, miközben számos olyan teljesítményt befogadnak, amelyek jólétre gyakorolt pozitív hatása kétséges. Jackson (2009) értelmezése szerint az egy főre jutó 15 ezer dolláros szintje után a jövedelemnövekedés nem emeli tovább az egyének jólétét, és alig bír hatással például a várható élettartamra vagy a gyermekhalandóságra. A termelést és fogyasztást közelítő adatok nem tartalmazzák például az emberek szociális igényeit, a szórakozási és kikapcsolódási lehetőségek jólétre gyakorolt hatását, az információhoz és digitális javakhoz való hozzáférést, az egészségi állapot fontosságát, a megbecsülést és tanulás jólétre gyakorolt hatását sem.

Victor és Jackson számításai szerint a jelenlegi népesség- és gazdasági növekedési dinamikák mellett a GDP karbonintenzitásának évente 7 százalékkal kellene csökkennie, hogy 2050-re elérjük a 2000-es évek károsanyag-kibocsátási szintjét. Következtetéseik szerint ezért semmilyen típusú zöld növekedési keretrendszer és klímavédelmi politika nem képes a növekedés fenntartása mellett a klímaváltozást ellensúlyozni (Jakob és Edenhofer, 2014). Ezért olyan gazdaságot szükséges alkotni, ahol a biofizikai készletek és folyamatok stabilak, és a nyersanyag- és energiaáramlások az ökológiai határokon belül maradnak (Schneider és szerzőtársai, 2010).

Victor (2011) *Alacsony Növekedés* (LowGrow) nevű modellje alapján a növekedés „tiszteli” a globális természet globális határait, tehát beleütközik egy kemény természeti

korlátba. **A fenntartható nem-növekedés olyan állapot, amelyben egy átmeneti időszakot követően a gazdasági kibocsátás** – egy a jelenleginél jóval alacsonyabb energia- és nyersanyagfelhasználási igény mellett – **alacsonyabb egyensúlyi szinten stabilizálódik.** A nem-növekedés dinamikája ugyanakkor nemcsak az alacsonyabb beruházási aktivitásban és az üvegházhatású gázok alacsonyabb kibocsátásában jelenik meg, hanem a globális egyenlőtlen-ségek csökkenésében is. **A nem-növekedés keretrendszerében is elengedhetetlen ugyanakkor a szénadó bevezetése, melynek mértéke akkora, hogy teljesen megszünteti a káros gazdasági termelést.** A zöld növekedési reformokhoz képest ez ugyanakkor nem párosul nagymértékű állami kiadásnöveléssel, így újfajta innovációkat sem eredményez.

A jelenlegi társadalmak azonban olyan mértékben a folyamatos gazdasági növekedés céljára fókuszálnak, hogy Kallis és szerzőtársai (2012) szerint egy nem-növekedési periódus akár a társadalmak összeomlásához is vezethet. Az ökológiai közgazdaságtannak ezért olyan kérdésekre is választ kell adnia, hogyan lehet megteremteni a növekedés nélküli világ társadalmi egyensúlyát. Elemzéseikben a csökkenő termeléssel és fogyasztással járó károkat a megnövekedett szabadidő és jólét eredményezte társas kapcsolatok, a társadalmi tőke növekedése ellensúlyozza. Ezek hasznainak a visszaadására azonban a napjainkban használt jóléti mérőrendszer – a nemzeti számlák rendszere – kialakításánál fogva képtelen (Bilancini és D’Alessandro, 2012).

Ezen elméletek radikális módon közelítenek a klímaváltozás megállításához: a környezettudatos fenntartható világ felé elmozdulás az erőforrásfelhasználás és a szén-dioxid kibocsátás korlátozásával, kitermelési korlátozások bevezetésével, a káros beruházások megszüntetésével és csak zöld beruházások engedélyezésével, a munkaszervezés és a jövedelemelosztás átalakításával, valamint a kereskedelem és a pénzügyi rendszer szerepének újragondolásával jár (Kallis és szerzőtársai, 2012).

Összességében a fenntartható növekedés és a klímaváltozás kapcsolatát elemző közgazdasági megközelítések széles skálán mozognak: Nordhaus optimista megközelítése mára meghaladott, míg a legújabb nem-növekedés elméletek radikális megközelítése egyelőre nem tekinthető kellően kidolgozott alternatív keretrendszernek.

A Stern-féle sokkal pesszimistább, jelentős környezeti veszteségeket feltételező, de tiszta növekedést és innovációösztönző állami beavatkozást támogató zöld növekedési keretrendszer általánosan elfogadottá vált. A piaci kudarcokat kijavító új, zöld ipari forradalom elemzésük szerint csak tartós kormányzati jelenlét mellett valósulhat meg: az állam adópolitikával, nagy mértékű alacsony szén-dioxid-kibocsátású beruházásokkal, valamint a megfelelő zöld innovációk támogatásával tudja a hosszú távon fenntartható növekedést támogatni. Az így elérhető zöld növekedés az erőforrások felhasználásának hatékonyabbá tétele mellett, egy új innovatív üzleti világban valósulhat meg.

3-1. keretes írás: A körforgásos gazdaság keretrendszere és gyakorlati megvalósítási lehetőségei

Az új típusú nem-növekedés (de-growth) elméletek egyik gyakorlati megvalósulása a körforgásos gazdaság kialakítása. A hosszú távú fenntarthatóságot gátolja, hogy együttműködés helyett a verseny dominálja a gazdasági tevékenységeket, míg a jelenlegi társadalmi, gazdasági és gondolati keretben a lineáris gazdasági modell nem veszi figyelembe az erőforrások kiaknázásának, átalakításának és eltávolításának magas gazdasági, társadalmi és környezeti költségeit. **A körforgásos gazdaság azonban nem a piaci működés tagadása és egy soha meg nem térülő „zöld” rendszer, hanem egy újszerű gazdasági és üzleti modell.** A körforgásos gazdaság célja az, hogy tudatos és pontos tervezéssel a felhasznált termékek életciklusának a köre „szivárgásmentesen” záruljon, ne keletkezzen hulladék a termékek gyártása és elfogyasztása során.

A körforgásos gazdaság előnyeit jól foglalja össze az Európai Környezetvédelmi Ügynökség (EEA, 2016). A cirkuláris gazdaság az importigény csökkenése és az elsődleges nyersanyagok iránti kereslet csökkenése miatt **javuló erőforrás-biztonságot** eredményez, míg ezzel egyetemben **csökken a környezetterhelés,** és mérséklődik az üvegházhatású gázok kibocsátása is. A körforgásos gazdaság **a növekedés és az innováció új lehetőségeit** nyújtja, valamint a jobb erőforrás-hatékonyság miatt pozitívan hat a pénzügyi megtakarítások alakulására is, míg az új foglalkoztatási lehetőségek társadalmi előnyökkel is járnak.

A **cirkuláris gazdaság megközelítése szükségessé teszi a kormányzás innovatív megoldásait is a gazdaság működtetése érdekében**. A körforgásos felfogásban helyi szinten fenntarthatóbb, reziliensebb és nyitottabb rendszerek jönnek létre; a helyi hatóságok pedig meghatározó szerepet játszanak a gazdasági működés mindegyik fázisában. **A helyi önkormányzatok ösztönözhetik az egyes gazdasági szektorok, szakterületek közötti együttműködés új formáit**. A körforgás célja ugyanis pont az, hogy a gazdaság szereplőinek gondolkodása alakuljon át a gazdasági termelés minden egyes pontján. A **termékek fejlesztése** során nemcsak az esztétikum és az ergonómia számít, hanem a későbbi javíthatóság, átalakítás és visszaforgathatóság is, hiszen a gazdaságosság mellett újrahasznosíthatónak és környezetkímélőnek is kell lennie. A kormány ösztönözi tudja a piacot forráshatékony és tartós, lokális megoldások kifejlesztésére, míg a **termék-előállítás során** együttműködhetnek a többi érdekelttel a nyersanyagok fenntartható módon történő beszerzésében és az erőforrások körforgásának különféle módjaiban is (ipari szimbiózis, vegyipari kölcsönzési eljárás, újragyártás). A szabályozónak lehetősége van a háztartások, cégek és egyéb szervezetek **fogyasztási szokásainak befolyásolására** az oktatás, képzés, tudatformálási kampány, a megosztó gazdasági elvek támogatása, az újrahasználat és javítás ösztönzése által. Végül az **újrahasznosítás** során kritikus a hulladékgyűjtés rendszerének fejlesztése, valamint a gyártók környezetvédelmi felelősségének növelése, a biofinomítás, komposztálás szükségességének elterjesztése is.

3-4. ábra: A körforgásos gazdaság



Forrás: MNB-szerkesztés.

Egyes nagyvállalatok komoly üzleti lehetőségeket láttak a körforgásos gazdaságban, így például a belga *Umicore* vállalat egy évszázada még a belga gyarmatok legnagyobb rézbányászati vállalata volt, mára viszont a világ egyik legnagyobb másodnyersanyag-gazdálkodója lett, míg a holland világítástechnikai és elektronikai vállalat, a *Phillips* „pay per lux” világítási ajánlata leveszi a beszerzési, karbantartási, javítási, minőségellenőrzési és hulladékgazdálkodási terheket a nagy cégek válláról: nekik csak az elhasznált fénymennyiséget (lux) kell kifizetniük, minden egyéb a világcég zárt, „körforgásos” rendszerében történik. Az egyik legnagyobb amerikai gépgyártó vállalat, a *Caterpillar* mostanra direkt úgy tervezi a gyártmányait, hogy azokat leselejtezés helyett idővel korszerűsíteni lehessen, míg a francia *Schneider Electric* kizárólag újrahasznosított anyagokból dolgozik, és napjainkra bevételeinek több mint 12 százaléka a cirkuláris működésből származik. Az *Adidas* egyre több termékében használ fel óceánból kihalászott újrahasznosított műanyagot, míg nem régen a *Coca-Cola* jelentette be, hogy több termékét is kizárólag újrahasznosított PET-palackokban fogja árulni.

Nem csak a nagyvállalatok tudnak azonban tenni a kevesebb melléktermékért, a körforgásos gazdaság komoly üzleti potenciált rejt magában a kis- és középvállalatok előtt is. Egy brit kisvállalat, a *Batoko*, kizárólag óceáni műanyagból készít úszódresszeket és fürdőruhákat, a 4ocean nevű floridai cég szintén óceáni műanyagból gyárt karkötőket. A *DyeCoo* nevű holland startup textilipari innovációja a ruhaneműk festését víz és különösen káros kemikáliák nélkül éri el, ezzel pedig nemcsak kevesebb káros anyagot használ fel, hanem kevesebb energia felhasználásával gyorsabban is elő tudja állítani a végtermékeket. A *Close the Loop* ausztrál vállalat használt nyomtatópatronok és műanyagok, valamint üveg újrahasznosításával a hagyományos aszfaltnál 60 százalékkal tartósabb útfelületet gyárt: egy kilométer aszfaltúthoz 530.000 műanyagzacskót, 168.000 darab üveget és 12.500 kiürült nyomtatópatront használnak fel. Az amerikai *Lehigh Technologies* gumihulladék felbontásából készít építőipari alapanyagokat, a dán *RGS90* porcelán- és üvegszemétekből készít építőipari szigetelőanyagokat, míg az *Enerkem* kanadai startup a hulladékból kivont szénhidrogének segítségével bioüzemanyagot gyárt. A *Kaffeeform* nevű berlini startup begyűjti a fővárosi kávézók szemetét, és kávézaccból készít újrahasznosított kávéspoharakat, míg a dán *ecoXpac* lebomló sörösüvegeket gyárt.

A körforgásos gazdaság koncepcióját azonban csak a lakosság kollektív környezettudatosságára, valamint a megváltozó vállalati üzleti modellekre lehet alapozni. A fenntarthatóság, a zöldenergia, a hulladékmentesség gondolatköre Európa nyugati felén és a világ magasan fejlett országaiban gyorsan terjed, aminek hatására Németországban, Hollandiában és a skandináv államokban már olyan szintre jutott a meggyőzés-meggyőződés, hogy a lakosság nagy része hajlandó a drágább termékeket, energifajtákat felhasználni, ha mögöttük bizonyítottan a fenntarthatóság, illetve a globális klímavédelem áll. Jövedelmi különbségekből fakadóan ez a fajta megközelítés még nem terjedt el széles körben a kelet-európai országokban. **Számtalan példa mutatja azonban, hogy a körforgásos gazdaság megközelítése jövedelmező üzleti modell és érdemi kitörési lehetőség egy ország kis- és középvállalatainak a számára, melyek hasznait igazán csak a jövőben fogja majd értékelni a világ.**

3.3. Irányított technológiai változás és zöld növekedés

A 2008-2009-es pénzügyi válság óta egyre nagyobb teret kapnak azon közgazdasági modellek, melyek a korábbiaknál határozottabban építenek a hatékony állami szerepvállalásra. Mivel a tisztán piaci koordináción alapuló növekedési modellek alapján nem, vagy csak nagyon erős feltételezések mellett érhető el fenntartható gazdasági növekedés a környezet figyelembevételével, ezért **egyre elterjedtebbek az állam környezetvédelmi politikája által elért zöld növekedési elméletek** (Bowen, 2012, 2014; Jacobs, 2012). A zöld növekedési elméletek szerint az innováló állam a piaci folyamatoknál előrébb tekintve orientálni is tudja a növekedés irányát az általa kívánatosnak tartott későbbi fejlődési pálya felé, így a zöld innovációk támogatása az egész gazdaság innovációs képességét is serkenti.

Elemzéseibe először Nordhaus (1973) vezeti be termelési tényezőként a „backstop technológiákat”, melyek a kimerülő erőforrások káros előállítását, de akár magát az

erőforrást is ki nem merülő erőforrással és tiszta kitermeléssel tudják helyettesíteni. A természeti erőforrások számára már rendelkezésre álló backstop technológiákra példa a napenergia és a szélenergia. A helyettesítő technológiák tehát jelenleg is rendelkezésre állnak, elterjedésüket azonban korlátozza, hogy gyakran még nem elég versenyképesek ahhoz, hogy széles körben megvalósuljanak (Chakravorty és szerzőtársai, 1997; Pittel és szerzőtársai, 2014). **Amennyiben a backstop technológiák kitermelési költségei alacsonyabbak a piaci árak alapján számított bevételeknél, úgy elkezdődik azok alkalmazása.**

A káros technológiák háttérbe szorításával és a helyettesítő, nem környezetszennyező technológiák növekedési motorrá emelésével építik fel irányított technológiai változáson alapuló zöld növekedési modelljeiket Acemoglu és szerzőtársai (2012, 2016), mely a termelési tényezők relatív árainak (Hicks, 1932), a technológiai nyomás és innovációs hatás (Kennedy, 1964), valamint az irányított technológiai változások elméletének (Acemoglu, 1992) összehangolása.

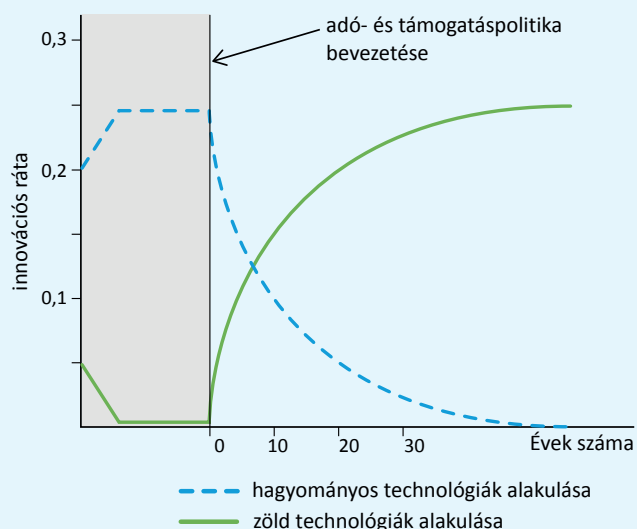
A kétszektoros gazdaságban **a környezetre káros (szennyező) gazdasági termelés felhasználja a természeti erőforrásokat, míg a tiszta (zöld) termelés megőrzi azokat.** A piac struktú-

rájából fakadóan a munkaerő oda áramlik, ahol nagyobb bért kap, ami viszont a munka határtermékétől, tehát a munkatermelékenységtől függ. Mivel a káros termelés olcsóbb, ezért nagyobb bért tud kínálni, mint a tiszta iparágak, így kiinduló helyzetben a gazdaság szereplőinek nem éri meg a tiszta iparágba befektetni, vagy munkát vállalni. A modellben a természet csak indirekt módon van jelen: túlzott erőforrás-felhasználás esetén csökken a termelés, majd környezeti katasztrófába torkollik a természetileg fenntarthatatlan növekedés.

A káros, jövőbeli fenntartható növekedést gátló egyensúlyból a környezetvédelmi politika billenti ki a gazdaságot: a kormányzat a kibocsátott mennyiség alapján adót vet ki a szennyező iparág termékére, megváltoztatva ezzel a közbülső javakat termelő vállalatok termelési költségeit. A káros termelés munkatermelékenysége csökken, melyeket már nem éri meg a korábbi béreken foglalkoztatni. A munkaerő ezért a zöld iparágakba áramlik, így a káros termelés kibocsátása lecsökken, megszűnik (3-5. ábra).

A gazdaság aggregált kibocsátása hosszú távon a koszos iparágban kivetett adó és termelés-visszaesés miatt alacsonyabb szintre kerül, csökken azonban a klímakatasztrófa valószínűsége. A gazdasági növekedés ugyanakkor pozitív marad, mivel a kormányzati beavatkozás csak az iparágak közti munkaerő és innovációs hajlam eloszlását módosította. Az aggregált innovációs aktivitás nem változik, csak sokkal több újítás jelenik meg a tiszta iparágakban, mint a szennyezőkben. A növekedéshez szükséges innováció ezt követően a zöld iparágakban valósul meg.

3-5. ábra: Fenntartható növekedés az irányított technológiai változás modelljei esetében



Forrás: Acemoglu és szerzőtársai (2012) alapján szerzők szerkesztése.

Az állam szerepvállalása korrigálja a piaci kudarcokat, megakadályozza a szennyező iparági innovációkat, és elősegíti a zöld ágazatok fejlődését, ezáltal pedig fenntartható gazdasági növekedést eredményez a hosszú távon.

Fontos kérdés az adók kivetésének időzítése, valamint azok érvényességi időtartama is. A túl korai kormányzati beavatkozás a vártnál kevésbé szennyező beruházások leértékeléséhez vezethet, míg a késleltetés jelentős társadalmi jóléti veszteséggel járhat, ha a vártnál szennyezőbb a termelés. Az adó érvényben tartásának időtartamát a zöld és a szennyező iparági termékek közötti helyettesíthetőség határozza meg. Amennyiben a szennyező és a tiszta termelés végtermékei helyettesíthők, akkor az adókat csak addig szükséges fenntartani, amíg a teljes termelés át nem áll a tiszta innovációra és kibocsátásra. Ha a tiszta és a szennyező iparágak és végtermékek kiegészítők a végső fogyasztásban, akkor az adót örökre fenn kell tartani, különben visszaáll az eredeti, társadalmilag nem optimális egyensúly.

A fejlesztő, innovatív állam gyakorlatát elemzi Mazzucato (2013) és Mazzucato és Semieniuk (2017), akik történelmileg sikeres, fejlett nyugati világból származó példákon keresztül ábrázolják, hogy a nagy technológiai forradalmak esetén az állam hogyan járult hozzá a fejlődéshez. Bemutatják, hogy Finnországban hogyan finanszírozta az állam a Nokia, míg az Egyesült Államokban a kormányzat az Apple, a Google, a Facebook felépülését, a Tesla kialakulását, vagy éppen a GPS, illetve az internet mint

eredendő haditechnikai eszközök feltalálását. A célzott, misszióval rendelkező állam nagy piaci kockázatú, nagy tőkeintenzitású, bizonytalan kifizetésű részpiacokon jelenik meg az elektronikai, a gyógyszeripari, vagy a biotechnológiai fejlesztések esetén is, így orientálja a piacot az általa kívánatosnak tartott későbbi fejlődési pálya felé. **Az állam tehát jelentős szerepet tud vállalni a fejlődés alakításában a nyugati világ esetében is, ha a zöld növekedés hasznait nézve, a piaci folyamatoknál előrébb tekintve orientálni kívánja a növekedés irányát.**

Ráadásul az adók kivetésének, valamint az innovációs hajlam erősítésének optimális kombinációja révén elérhető mindaz, hogy hosszú távon a fenntartható növekedés magasabb aggregált kibocsátással járjon. A tiszta technológiákra vonatkozó szabadalmak felfutása, valamint az új technológiák térnyerése olyan tovagyrúzó hatásokkal bírhat, ami a teljes nemzetgazdaságra is kihat.

Az állam mind az adóztatás, mind a támogatások kapcsán számtalan eszközzel rendelkezik annak függvényében, hogy a fogyasztást vagy a termelést kívánja befolyásolni.

A szénadó, a szén-dioxid kibocsátói kvóták rendszere, valamint az emissziós büntetőadók bevezetése a szennyező technológiák visszaszorítását célozza, míg a benzinárak vagy a repülőjegyek szén-dioxid adójának növelése a fogyasztókra kíván hatni. **A hazai vállalatok zöld innovációját és a tiszta technológiák elterjedését számtalan eszközzel, így beruházási adókedvezményekkel vagy kutatási-fejlesztési támogatásokkal segítheti, míg a fogyasztóknak szja-kedvezményeket, adójóváírásokat, készpénztranszfereket adhat.**

A szennyező iparágak lokális megadóztatásának ugyanakkor számos nemzetközi vonatkozása van, hiszen az egyedileg bevezetett adó eredményeként a káros termelés könnyen áttelepülhet egy másik, szabályozási rendszerrel nem bíró országba. Az irányított technológiai változás két régiós kiterjesztését mutatja be Hemous (2012) modellje, melyben a *Globális Észak* régióban a károsanyag-kibocsátásra kivetett szénadó miatt a szennyező iparágak a *Globális Dél* régióba települnek át, ahol megnő a szennyező innovációk mértéke, míg Van den Bijgaart (2017) az országok innovativitásával bővíti ki a modellt, melyben a méret mellett az is számít, hogy a szennyező és a zöld innovációk iparági szinten milyen távol állnak az innovációs határtól. A modell empirikus vizsgálatában Van den Bijgaart (2017) ugyanakkor azt találja, hogy nem elegendő, ha pusztán a fejlett gazdaságok (Egyesült Államok, vagy az Európai Unió) kötelezik el magukat a zöld innováció fellendítésének irányába. **Ez alapján az irányított technológiai**

változás globális sikerességéhez a Kiotói protokollt aláíró országok többségének részt kell benne vennie, mert az országok méretéből fakadóan csak így érhető el olyan gazdasági lefedettség, amely biztosítja a fenntartható zöld növekedést.

A világ kevésbé fejlett államai ugyanakkor jelenleg még a károsanyag-kibocsátás intenzív növekedési szakaszokban vannak, mely megnehezíti a klímavédelemre adott globális válasz elfogadását. Aghion és Jaravel (2015) a feltörekvő országok szemszögéből vizsgálja a kérdést, és azt javasolja, hogy a gazdasági felzárkózás lehetőségét féltő, és így a globális szén-dioxid kvóták bevezetését elutasító kevésbé fejlett országoknak a már kifejlesztett technológiák lemásolása, imitálása is lehetőséget nyújt a fejlődésre, ami egyúttal technológia ugrást is eredményezne számukra.

Aghion és szerzőtársai (2016) alapján **jelentős az útfüggőség és a lokális tudásáttérjedés hatása a vállalatok zöld innovációjában:** azok a vállalatok, akik már valaha innováltak, később sokkal nagyobb valószínűséggel jegyeznek be újra zöld szabadalmakat, mint azok, akik nem. Ráadásul azon vállalatok, akik mellett tiszta innovációban sikeres vállalatok működnek, ők maguk is jóval nagyobb valószínűséggel fognak tiszta technológiában újításokat létrehozni.

A szabadalmak nyílt elérhetősége ugyanakkor negatívan is hathat a vállalati innovációra, hiszen, ha a technológiai tudáshoz bárki könnyen hozzáférhet, akkor az innováló nem tudja beruházását termőre fordítani, így nem éri meg fejlesztenie sem. **A klímaváltozás kezeléséhez szükséges a vállalatok innovációs tevékenységének megőrzésére kialakított klasszikus szabadalmi rendszer átgondolása is.** A vállalati innovációk megőrzése helyett a zöld növekedés keretében szükséges a tudásmegosztás előtérbe kerülése. Hall és Helmers (2013) a 2008-ban létrejött Eco-Patent Commons, egy **díjmentesen használható szabadalmi portfólió** rendszer pozitív hatásait vizsgálja több nagyvállalat – mint például az IBM, a Nokia, a Sony – esetében. **A környezetvédelmet felgyorsító, és további innovációkat elősegítő kezdeményezés 2016-ban megszűnt,** aminek oka Contreras és szerzőtársai (2018) szerint a szabadalmak felhasználásának nem átlátható nyomonkövetése, és így a részvétel át nem láthatósága volt. Napjainkban a Tesla autógyártó vállalat osztja meg nyilvánosan az általa fejlesztett elektromotor szabadalmát a világgal, hogy így segítse az autógyártás minél gyorsabb, környezetbarát autók gyártására való átállását.

3-2. keretes írás: A német zöld növekedési programcsomag bemutatása

2019 szeptemberében a német nagykoalíció pártjai megállapodtak egy átfogó, állam által irányított, növekedésserkentő klímacsomag elfogadásáról. A német kormány célja, hogy 2030-ra az 1990-es szinthez viszonyítva 866-ról 563 millió tonnára, azaz 55 százalékkal csökkenjen az üvegházhatású gázok kibocsátása. A kormányzat 2023-ig 54 milliárd eurót, míg a teljes időszakban 2030-ig több mint 150 milliárd eurót tervez a programra fordítani adótámogatások, jóváírások és állami beruházások keretében.

A **lakosság fogyasztási szokásaira hat** a csomag azon része, ami a magasabb szén-dioxid kibocsátással járó energiaforrások, így a gáz és a fűtőolaj, valamint az üzemanyagok árainak emelkedését okozza, míg az áram árának csökkenését implikálja. 2026-tól betiltják az olajkályhák üzembe helyezését, és a régi fűtőtestek lecserélésének költségéhez 40 százalékos támogatást biztosít az állam.

A **vállalatok termelésének károsanyag-kibocsátását célozza**, hogy az Európai Unió szén-dioxid kibocsátás-kereskedelmi rendszeréhez (EU ETS) hasonló **lokális kvótakereskedelmi rendszert hoznak létre a káros termelés „megadóztatására”,** kizárólag a német vállalatok számára. Ez alapján minden vállalat a saját károsanyag-kibocsátásának megfelelően a rá vonatkozó kvóták kihasználása alapján a fel nem használt kvótáit eladhatja, vagy szükség esetén további kvótákat vásárolhat a piacon. A szén-dioxid egységára várhatóan folyamatosan emelkedő rendszerben az európai árakhoz fog igazodni, melyek 2021-ben 10 euróról indulva 2025-re lépcsős rendszerben 35 eurós célárra nőnek. Ezt követően 2025-től a piaci viszonyoknak megfelelően 35–60 euró között alakulhatnak.

A program alapján 2030-ra a német energiamix 65 százaléka megújuló erőforrásból származna, ezért az állam **támogatja a tiszta technológiák térnyerését:** jelentős állami támogatást nyújt a megújuló energia elterjedésére, a nagy teljesítményű szélerőmű-farmok, valamint napelemparkok létesítéséhez.

A legnagyobb szén-dioxid kibocsátású szektor, a **közösségi és távolsági közlekedés jelentős átalakítását célozza meg a vizsgált program.** Fogyasztói oldalon megemelik az ingázó fogyasztók közösségi közlekedéssel való utazási költségtérítésének a támogatását, aminek eredményeként a lakhely és munkahely közötti ingázók jövedelemadójukból kilométerenként 35 cent támogatásban részesülnek. 2025-ig meghosszabbítják a 40 ezer eurónál olcsóbb elektromos autók vásárlásához járó adókedvezményeket, valamint azt követően a folyamatos támogatásokat is. 2020. január 1-től megemelik a légitársaság forgalmi adóját, míg a vasúti közlekedés forgalmi adóját 19 százalékról 7 százalékra csökkentik.

Állami oldalon a Deutsche Bahn állami vasúttársaság évente egy milliárd eurós (330–340 milliárd forintos) állami tőkeinjekciót kaphat 2030-ig a vasúti rendszer korszerűsítésére és bővítésére, ami a forgalmiadó-csökkentéssel együtt versenyképessé teheti a vasutat. Emellett a teherautók útdíját 2023-tól megemelik, hogy a legnagyobb kibocsátó közúti szállítmányozás költségein keresztül ösztönözzék a szektor tisztább meghajtások felé fordulását. Jelentős összegeket költenek a **zöld innovációk támogatására**, így például 1 milliárd euróval támogatják az energiasejt-gyártást, de különböző más, fenntartható vízházartással, okos elektronikai fejlesztésekkel és célzott kvótátámogatásokkal is bővítik az év végéig a programcsomagot.

Az irányított technológiai változás empirikus dokumentációja rendkívül kiterjedt, az elmúlt évtizedekben számtalan elemzés vizsgálta a világpiaci olaj- és energiaárak, a szabályozói előírások és adóváltoztatások, a fogyasztói adókedvezmény-programok, a direkt pénzügyi támogatások, valamint a kereskedhető szén-dioxid kvóták bevezetésének zöld innovációkra gyakorolt hatását.

Vállalati reakciók

Newell és szerzőtársai (1999), valamint Popp (2002) a **világpiaci áraknak a vállalatok energiahatékonysági innovációira gyakorolt hatását vizsgálják.** Kimutatják,

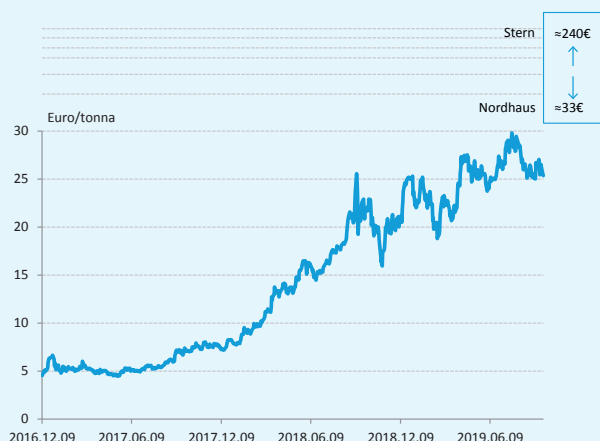
hogy a világpiaci energiaárak növekedése esetén gyorsan megnő az energiahatékonyságot célzó szabadalmak száma. Több különböző iparág mellett például jelentős az olajár emelkedésének hatása a légkondicionáló iparág energiahatékonysági innovációira. Newell és szerzőtársai (1999) azt is megmutatják, hogy **a szabályozói nyomásra bevezetett energiahatékonysági címkézés** hatására nőtt az energiahatékonyságot célzó innovációk szerepe a légkondicionáló iparágban.

A világpiaci olajárak autóipari innovációira gyakorolt hatását vizsgálja Crabb és Johnson (2010), valamint

Hassler és szerzőtársai (2012), akik azt találják, hogy az üzemanyagárak emelkedése a kibocsátást csökkentő technológiai innovációkat segíti elő. Hašič és szerzőtársai (2009) kimutatják, hogy míg az üzemanyagárak a kibocsátást csökkentő technológiai innovációkat segítik elő, addig a kormányzati szabályozás az új típusú innovációkra is hat. Aghion és szerzőtársai (2016) vállalati szintű adatokon vizsgálják **a kormányzat által megszabott üzemanyag adótartalmának a belsőégésű és a hibrid/elektromos hajtású járművekhez kapcsolódó innovációkra gyakorolt hatását** a világ három vezető gazdaságában (EU, Japán, USA) 1985–2005 között. Azt találják, hogy 10 százalékkal magasabb üzemanyagárak hatására 10 százalékkal több szabadalmat jegyeznek be az elektromos és hibrid meghajtás esetén, míg 6 százalékkal kisebb innovációt mérnek a belsőégésű motorok kapcsán. Az innováció szabályozói eszközökkel való orientálására jó példa **a személygépjármű-gyártók flottaszintű szén-dioxid-kibocsátásának maximálása** is.

A **kormányzat környezetvédelmi politikájának innovációra gyakorolt hatását elemzik a megújuló energia esetében** Johnstone és szerzőtársai (2010) 25 ország paneladatai alapján. Eredményeik szerint az aktív állami klímapolitika pozitívan hat a zöld szabadalmakra: a széleskörű politikák, így például a **kereskedhető energia-tanúsítványok** a fosszilis tüzelőanyagokkal versengő iparágakban hatékonyak, míg a célzott támogatások, mint például a **kezdeti zöld beruházási támogatások** a nagyobb fix költségű technológiák, mint a napenergia esetében lehetnek hatásosak.

3-6. ábra: A szén-dioxid árának alakulása



Forrás: Bloomberg.

Az elsősorban az **ipari termelés szén-dioxid kibocsátását korlátozni hivatott ETS rendszere** alapján az abban részt vevő gyárak egy előre meghatározott bizonyos szintig

bocsáthatnak ki károsanyagokat, míg a fel nem használt kibocsátást aukción értékesíthetik, akinek pedig a meghatározottnál nagyobb kibocsátása keletkezik, ugyanitt vásárolhat addicionális szén-dioxid kvótákat (3-6. ábra). Az Európai Unió kereskedhető emissziós kvótáinak (ETS, azaz Emissions Trading System) hatékonyságát elemzi Cael és Dechezlepretre (2016), és azt találják, hogy az **ETS-en keresztül szabályozott vállalatok körében a tiszta innovációs szabadalmak addicionálisan 10 százalékkal nőttek, és nem szorítottak ki egyéb innovációkat**. Hasonló következtetésre jutnak Martin és szerzőtársai (2011) is több száz európai vállalat menedzsereivel végzett interjúsorozat alapján. **Cui és szerzőtársai (2018) a kínai kvótakereskedelmi rendszer alapján bizonyítják az irányított technológiai változás relevanciáját:** 2003–2015 közötti adatokat vizsgálva azt találják, hogy az alacsony szén-dioxid-kibocsátást eredményező új szabadalmak mintegy 19 százalékkal növelik a tiszta innovációk számát az emissziós kvótákkal kereskedő területek esetében, ami a kínai gazdaság karbonintenzitásának mintegy 1,5 százalékos csökkenését eredményezi. Generálisan ezt az eredményt kapják Costantini és szerzőtársai (2017) is. Becslésük szerint 1 százalékpontnyi emelkedés a zöld innovációban a szén-dioxid kibocsátás intenzitásának 0,08 százalékos csökkenését eredményezi.

Fogyasztói reakciók

A **termelés szabályozása helyett a fogyasztói választás irányítása nagyban függ a program kialakításától**. A programok hatásosságához elengedhetetlen szabályozói oldalról a fogyasztók viselkedésének, a fogyasztók árugalmaságának és a támogatások szükséges mértékének pontos ismerete. Túl nagyvonalú támogatások vagy túlzott adóztatás könnyen alááshatják a program hatásosságát.

Az **autóvásárlás fogyasztói szokásainak állami szabályozással való orientálását** elemzik d'Haultfoeuille és szerzőtársai (2014) a 2008-as francia *Bonus/Malus écologique* rendszer alapján. A kevésbé szennyező új autó vásárlására adott 1000 euró **árengedmény** mellett a legszennyezőbb autókra 2600 eurós plusz adót vetettek ki. **A programnak mind az extenzív, mind az intenzív határon negatív hatása volt az összesített károsanyag-kibocsátás tekintetében:** a program eredményeként az autóvásárlások száma több mint 13 százalékkal nőtt, valamint az alacsonyabb fogyasztású autókkal többet is utaztak a vásárlók. Ehhez hasonló megállapításokra jut Sallee (2011) is: egy 2005-ös amerikai programot vizsgálva azt találja, hogy a hibrid autók vásárlását célzó, **mintegy 800 millió dollár összköltségű programnak összességében nem volt károsanyag-kibocsátás csökkentő hatása, mivel a fogyasztók időzítették**

vásárlásukat, és a kereslet annyira megnőtt, hogy ellensúlyozta az eredeti környezetvédelmi célokat. Chandra és szerzőtársai (2010) egy 2005–2007 közötti kanadai hibrid autókra vonatkozó **adókedvezmény-programot** vizsgálva kapnak hasonló eredményt. A támogatási időszak során eladott járműveknek csak mintegy 26 százaléka tudható be a kedvezményeknek, tehát a program sok olyan fogyasztót is elért, akik egyébként is hibridet vettek volna, vagy egyébként is lecserélték volna az autójukat. Mian és Sufi (2012) a 2008-2009-es gazdasági válság éveiben bejelentett nagyszabású **használtautó-csere** program hatását vizsgálják: a fogyasztók időztik vásárlásukat a program várható hasznainak ismeretében, aminek eredményeként 370 ezer olyan új autót vettek a támogatási időszak két hónapja során, amelynek a megvásárlása csak a következő egy évben történt volna meg. **A fogyasztóknak juttatott direkt támogatások tehát bár gyorsítják az autópiac tisztulását, a várt strukturális hatást sokszor nem érik el.**

Gerlagh és szerzőtársai (2018) 15 EU ország 2001–2010 közötti adatain végzett elemzésükben, valamint Ciccone (2018) egy norvég közpolitikai program mikrodadatai alapján egyaránt azt találták, hogy **a magasabb üzemanyag-adótar-talom, valamint a gépjármű regisztrációs adó szén-dioxid-szenzitivitásának emelkedése** hatékonyabb üzemanyagfelhasználású autók vásárlásához vezet, azaz a benzines meghajtás helyett az első tanulmány esetében 6,5 százalékponttal nagyobb dízelvásárlást eredményez, míg az utóbbi esetben a dízelek piaci részesedése mintegy 20 százalékponttal emelkedik a szabályozói adóváltoztatás hatására.

Több elemzés is vizsgálja, hogy **melyik a leghatásosabb kormányzati támogatási forma az elektromos és hibrid autó vásárlások növeléséhez.** Amerikai adatokon Gallagher és Muehlegger (2011) azt találja, hogy 2000 és 2006 között a hibrid autók vásárlásának ösztönzése esetén a **forgalmi-adó-mentesség** több mint tízszer nagyobb hatással bírt a jövedelemadó jóváírásokhoz viszonyítva. 1999–2005 közötti adatokon Beresteanu és Li (2011) egy strukturális egyensúlyi modell becsülésével arra jutott, hogy a **jövedelemadó-ked-vezmények** a hibrid autó eladások 5 százalékát, míg az adójóváírások a 2006-os évben az új eladások 20 százalékát magyarázzák. Strukturális egyensúlyi modell becsülésével arra a következtetésre jutnak, hogy ha az olajárak 2006-ban is az 1999-es szinteken lettek volna, akkor 37 százalékkal lenne alacsonyabban az eladott hibrid járművek száma Amerikában. Sallee (2011) a **jövedelemadó-jóváírások** rendszerét tartja hatékonynak, míg Diamond (2009) amerikai adatok, Chandra és szerzőtársai (2010) pedig kanadai adatok végzett elemzése alapján a vásárláskori **egyszeri árkedvez-ményeket** tartják a leghatásosabb ösztönzőnek.

Mivel a fosszilis tüzelőanyagok elégetésével dolgozó iparágak még mindig sokkal költséghatékonyabban működnek, mint a megújuló energiát termelő ágazatok, ezért napjainkra egyre több országban nyújtanak a kormányzatok kezdeti instal-lálási támogatást (így például Kaliforniában), vagy későbbi termelési alapú támogatást (mint például Németországban) a szolárpanelek kiépítéséhez. **A szolárpanelek kiépítésére nyújtott kormányzati támogatások hatását** vizsgálja Burr (2014), aki arra jut, hogy a napelemek kapacitásától függő **előzetes beruházási támogatások** hatásosabbak, több telepítést eredményeznek és kevesebb jóléti veszteséget okoznak, mint a **későbbi termelésfüggő támogatások**. Egy kaliforniai program, a California Solar Initiative 2007–2012 közötti hatását vizsgálja Hughes és Podolefsky (2015). A 437 millió dollár összköltségű program során a telepítés 5–25 százalékát állta a regionális kormányzat, 7 százalék árengedmény 11–15 százaléknyi új üzembehelyezést eredményezett, míg a mintegy 100 ezer új üzembehelye-zésből 57 százaléka kizárólagosan a program eredményeként valósult meg. Az alacsonyabb emissziójú új panelek a CO₂-kibocsátást 2,98-3,15 millió metrikus tonnával, míg az NO_x kibocsátást 1,100-1,900 tonnával csökkentti 20 éves időhorizonton. De Groot és Verboven (2019) egy 2006–2012 közötti belga szolárpanel-építési program hatásait vizsgálva jut hasonló eredményre: a későbbi termeléstől függő támogatásokat nyújtó programban a háztartásoknak csupán alig több mint 8 százaléka szerelt fel napelemet a program végére. A napelemek installálása kapcsán fontos szerepet játszik az azonnali beruházási költségek és a jövőbeli hasznok közötti átváltás súlya: becslésük szerint a fogyasztók jelen-tősen alulbecsülték a megújulókból származó jövőbeli hasznokat, így a program végül nem lett sikeres. Gerarden (2018) globális modelljében azt becsüli, hogy a 2010 és 2015 közötti globális napelem-telepítések 49 százaléka a kormányzati szubvencióknak köszönhetően valósult meg, míg csak a német szubvencióknak köszönhetően a teljes napelem-telepítés mintegy 32 százaléka. **A napelemekre vonatkozó állami támogatások esetében tehát a kezdeti, telepítési támogatások mindenképpen hatékonynak tekint-hetők.**

Az irányított technológiai fejlődés empirikus eredményei alapján kirajzolódik, hogy vállalati oldalról az adóknak a káros technológiák visszaszorítására, a támogatásoknak a tiszta innovációk elterjedésére van pozitív hatása. A lakos-ságot célzó szabályozói intézkedéseknek általában nagy az össztársadalmi költsége, és nem célozza elegendően jól a kiválasztott rétegeket. Ha a szabályozó nem ismeri eléggé a lakosság ár rugalmasságát és fogyasztási hajlandóságát, akkor a program könnyen hatástalanná válhat. Nem mutatható ki továbbá olyan tovagyrűző hatás sem, hogy tisztább

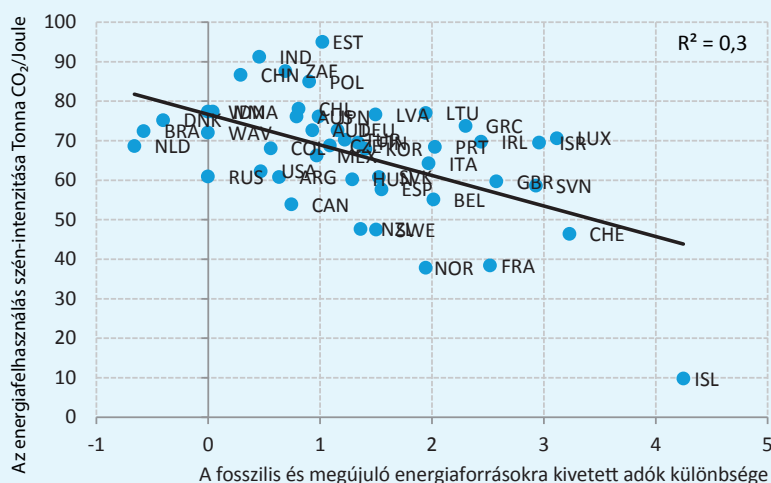
termékek vásárlása esetén a vállalatok is tisztább termékeket kínálnának. **Össességében a kormányzat környezetvédelmi politikája csak egy kombinált eszközrendszer alkalmazása esetén lehet sikeres:** a hatékony fiskális politikai lépések mellett szükséges a normák orientálása, az információ generálása és terjesztése, az oktatás és a morális ráhatás, de a környezetvédelemhez kapcsolódó ipar- és innovációs politika is.

Optimális gazdaságpolitikai eszközrendszer megvalósulása esetén elérhető mindaz, hogy a szennyező technológiák háttérbe szorulásával párhuzamosan a tiszta technológiák előtérbe kerüljenek, ami összességében a széndioxid kibocsátás lecsökkenését és végső soron fenntartható, zöld növekedést eredményez.

3-3. keretes írás: Az energiaadók szén-dioxid intenzitásra gyakorolt hatásának empirikus vizsgálata

Az elméletek alapján a fosszilis energiaforrásokra kivetett relatíve magasabb adó – a szél, nap, vagy vízenergiával összevetve – elősegítheti mindazt, hogy a technológiai váltás bekövetkezzen. Egy differenciált adórendszer hatékony eszköz lehet annak érdekében, hogy a nem-megújuló erőforrások által termelt energia esetében a megfelelő felár alakuljon ki. Ez megfelelő ösztönzőként hathat az állami és a magánszektor számára, hogy erőforrásaikat a megújuló erőforrások kiaknázására fordítsák. Az elérhető adatok azonban nem minden esetben támasztják alá a fent megfogalmazottakat. Az OECD legfrissebb kiadványában keresztmetszeti adatokon vizsgálja a fejlett országokban jelenleg érvényben lévő energiaárak esetében kivetett szén-dioxid adók hatásait. Az elemzés alapján az adó mértékét illetően a legnagyobb különbség Izland, Svájc, Luxemburg és Izrael esetén áll fenn. Ezen országok esetében a megújuló források felhasználásával előállított energiára kivetett adó közel 0 euro közelében, míg a fosszilis forrásokot illetően 3,5–5 euro között alakul. Ezzel szemben a lista végén szereplő Indonézia, Kína, Egyesült Államok, Kolumbia esetében a két adó közötti különbség elenyésző. Az elemzésben megvizsgálták a pótdíj és a gazdaság CO₂ intenzitásának kapcsolatát. Az eredmények az elméleti összefüggéseket igazolták, nevezetesen amennyiben a kormányzat megnöveli a fosszilis és megújuló energiaforrásokra kivetett adók különbségét, úgy az aggregált szén-dioxid intenzitás is csökken. Azonban az eredmények mellett azt is kihangsúlyozzák, hogy a legtöbb ország esetében – melyek között sok fejlett gazdaság is megtalálható – a kormányzatoknak még érdemi tere volna a kellő ösztönzőrendszerek kialakítására.

3-7. ábra: A szén-dioxid intenzitás és a fosszilis energiaforrásokot érintő pótdíj közötti kapcsolat



Megjegyzés: Szén-dioxid intenzitás esetén a mértékegység Tonna CO₂/Joule.
 Forrás: OECD 2019.

Felhasznált irodalom:

- Acemoglu, D. (2002): Directed Technical Change. *The Review of Economic Studies*, 69(4), 781–809.
- Acemoglu, D. – Aghion, P. – Bursztyn, L. – Hémous, D. (2012): *The Environment and Directed Technical Change*. *American Economic Review*, 102(1), 131–66.
- Acemoglu, D. – Akcigit, U. – Hanley, D. – Kerr, W. (2016): *Transition to Clean Technology*. *Journal of Political Economy*, 124(1), 52–104.
- Ackerman, F. – Stanton, E. A. (2012): *Climate Risks and Carbon Prices: Revising the Social Cost of Carbon*. *Economics: The Open-Access, Open-Assessment E-Journal*, 6, 2012–10.
- Aghion, P. – Jaravel, X. (2015): *Knowledge spillovers, innovation and growth*. *The Economic Journal*, 125(583), 533–573.
- Aghion, P. – Dechezleprêtre, A. – Hémous, D. – Martin, R. – Van Reenen, J. (2016): *Carbon Taxes, Path Dependency and Directed Technical Change: Evidence from the Auto Industry*. *Journal of Political Economy*, 124(1), 1–51.
- Anthoff, D. – Tol, R. S. (2009): *The impact of climate change on the balanced growth equivalent: An application of FUND*. *Environmental and Resource Economics*, 43(3), 351–367.
- Archer, D. – Eby, M. – Brovkin, V. – Ridgwell, A. – Cao, L. – Mikolajewicz, U. – Tokos, K. és szerzőtársai (2009): *Atmospheric lifetime of fossil fuel carbon dioxide*. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 37, 117–134.
- Auffhammer, M. (2018): *Quantifying economic damages from climate change*. *Journal of Economic Perspectives*, 32(4), 33–52.
- Bekker Zsuzsa (szerk.): *Gazdaságelméleti olvasmányok – Alapművek, alapirányzatok*, Aula Kiadó 2002.
- Beresteanu, A. – Li, S. (2011): *Gasoline prices, government support, and the demand for hybrid vehicles in the United States*. *International Economic Review*, 52(1), 161–182.
- Bilancini, E. – D’Alessandro, S. (2012): *Long-run welfare under externalities in consumption, leisure, and production: A case for happy degrowth vs. unhappy growth*. *Ecological Economics*, 84, 194–205.
- Bowen, A. (2012a): *‘Green’ growth, ‘green’ jobs and labour markets*. Centre for Climate Change Economics and Policy. Working Paper No. 88.
- Bowen, A. (2012b): *Green growth: what does it mean*. *Environmental Scientist*, 6–11.
- Bowen, A. (2014): *Chapter 15: Green Growth*. In: Atkinson, G. – Dietz, S. – Neumayer, E. – M. Agarwala (Ed.s) (2014): *Handbook of Sustainable Development*, 2nd edition, Edward Elgar, Cheltenham, UK.
- Calel, R. – Dechezleprêtre, A. (2016): *Environmental policy and directed technological change: evidence from the European carbon market*. *Review of Economics and Statistics*, 98(1), 173–191.
- Chakravorty, U. – Roumasset, J. – Tse, K. (1997): *Endogenous substitution among energy resources and global warming*. *Journal of Political Economy*, 105(6), 1201–1234.
- Chandra, A. – Gulati, S. – Kandlikar, M. (2010): *Green drivers or free riders? An analysis of tax rebates for hybrid vehicles*. *Journal of Environmental Economics and management*, 60(2), 78–93.
- Ciccone, A. (2018): *Environmental effects of a vehicle tax reform: empirical evidence from Norway*. *Transport Policy*, 69, 141–157.
- Contreras, J. L. – Hall, B. H. – Helmers, C. (2018): *Green Technology Diffusion: A Post-Mortem Analysis of the Eco-Patent Commons*. NBER Working Paper No. 25271. National Bureau of Economic Research.
- Costantini, V. – Crespi, F. – Marin, G. – Paglialunga, E. (2017): *Eco-innovation, sustainable supply chains and environmental performance in European industries*. *Journal of Cleaner Production*, 155, 141–154
- Crabb, J. M. – Johnson, D. K. (2010): *Fueling innovation: the impact of oil prices and CAFE standards on energy-efficient automotive technology*. *The Energy Journal*, 199–216.

- Cui, J. – Zhang, J. – Zheng, Y. (2018): *Carbon Pricing Induces Innovation: Evidence from China's Regional Carbon Market Pilots*. AEA Papers and Proceedings, 108(May), 453–457.
- De Groot, O. – Verboven, F. (2019): *Subsidies and time discounting in new technology adoption: Evidence from solar photovoltaic systems*. American Economic Review, 109(6), 2137–72.
- d'Haultfoeuille, X. – Givord, P. – Boutin, X. (2014): *The environmental effect of green taxation: the case of the French bonus/malus*. The Economic Journal, 124(578), F444–F480.
- Diamond, D. (2009): *The impact of government incentives for hybrid-electric vehicles: Evidence from US states*. Energy Policy, 37(3), 972–983.
- Diderot, D. (1751–1766): *Laboureur*. In *Encyclopédie, ou Dictionnaire raisonné des Sciences, des Arts et des Métiers*, par une Société de Gens des Lettres. 193–196.
- Gallagher, K. S. – Muehlegger, E. (2011): *Giving green to get green? Incentives and consumer adoption of hybrid vehicle technology*. Journal of Environmental Economics and Management, 61(1), 1–15.
- Gerarden, T. (2018): *Demanding Innovation: The Impact of Consumer Subsidies on Solar Panel Production Costs*. Working paper, Harvard Discussion Paper 18–77, Harvard University.
- Gerlagh, R. – Van Den Bijgaart, I. – Nijland, H. – Michielsen, T. (2018): *Fiscal Policy and CO₂ Emissions of New Passenger Cars in the EU*. Environmental and Resource Economics, 69(1), 103–134.
- H. Benckroun – C. Withagen (2008): *Global dynamics in a growth model with exhaustible resource*
- Hall, B. H. – Helmers, C. (2013): *Innovation and Diffusion of Clean/Green Technology: Can Patent Commons Help?*. Journal of Environmental Economics and Management, 66(1), 33–51.
- Hašič, I. – de Vries, F. P. – Johnstone, N. – Medhi, N. (2009): *Effects of environmental policy on the type of innovation: the case of automotive emissions control technologies*. OECD Journal: Economic Studies, 2009(1), 49–66.
- Hassler, J. – Krusell, P. – Olovsson, C. (2012): *Energy-saving technical change*. NBER Working Paper No. 18456. National Bureau of Economic Research.
- Hemous, D. (2012): *Environmental policy and directed technical change in a global economy: The dynamic impact of unilateral environmental policy*. Working paper, INSEAD.
- Hicks, J. (1932): *The Theory of Wages*. Macmillan, London.
- Hope, C. (2006): *The marginal impact of CO₂ from PAGE2002: an integrated assessment model incorporating the IPCC's five reasons for concern*. Integrated Assessment, 6(1).
- Hughes, J. E. – Podolefsky, M. (2015): *Getting green with solar subsidies: evidence from the California solar initiative*. Journal of the Association of Environmental and Resource Economists, 2(2), 235–275.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2018): *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*
- Jackson, T. (2009): *Prosperity without growth: Economics for a finite planet*. Routledge.
- Jacobs, M. (2012): *Green growth: economic theory and political discourse*. Working Paper No. 92, Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment.
- Jakob, M. – Edenhofer, O. (2014): *Green growth, degrowth, and the commons*. Oxford Review of Economic Policy, 30(3), 447–468.
- John, A. – Pecchenino, R. – Schimmelpfennig, D. – Schreft, S. (1995): *Short-lived agents and the long-lived environment*. Journal of Public Economics, 58, 127–141.
- John, A. – Pecchenino, R. (1994): *An overlapping generations model of growth and the environment*. Economic Journal, 104, 1393–1410.
- Kaderják, P. – Kiss A., Szabó L. – Mezősi A. – Kerekes L. – Andzsans-Balogh K. – Pató Zs. – Ungvári G. – Kotek P. (2011): *Az energiapolitika és a klímavédelem stratégiai kérdései*. NFFT Műhelytanulmányok 8. Nemzeti Fenntartható Fejlődési Tanács

- Kallis, G. – Kerschner, C. – Martinez-Alier, J. (2012): *The economics of degrowth*. Ecological Economics, 84, 172–180.
- Kennedy, C. (1964): *Induced Bias in Innovation and the Theory of Distribution*. The Economic Journal, 74(295), 541–547.
- Le Quéré, C. – Andrew, R. M. – Friedlingstein, P. – Sitch, S. – Hauck, J. – Pongratz, J. – Arneeth, A. és szerzőtársai (2018): *Global carbon budget 2018*. Earth System Science Data, 10(4).
- Lieb, C. M. (2004): *The Environmental Kuznets Curve and Flow versus Stock Pollution: The Neglect of Future Damages*. Environmental and Resource Economics, 29, 483–506.
- Maddison, A. (2010): *Statistics on World Population, GDP and Per Capita GDP, 1e2008 AD*. Groningen Growth and Development Centre, University of Groningen.
- Martin, R. – Muûls, M. – Wagner, U. (2011): *Climate change, investment and carbon markets and prices—evidence from manager interviews*. Climate Strategies, Carbon Pricing for Low-Carbon Investment Project.
- Mazzucato, M. (2013): *The Entrepreneurial State: Debunking Public vs. Private Sector Myths*. Anthem Press.
- Mazzucato, M. – Semieniuk, G. (2017): *Public Financing of Innovation: New Questions*. Oxford Review of Economic Policy, 33(1), 24–48.
- Mian, A. – Sufi, A. (2012): *The effects of fiscal stimulus: Evidence from the 2009 cash for clunkers program*. The Quarterly Journal of Economics, 127(3), 1107–1142.
- Moore, F. C. – Baldos, U. – Hertel, T. – Diaz, D. (2017): *New science of climate change impacts on agriculture implies higher social cost of carbon*. Nature Communications, 8(1), 1607.
- Newell, R. G. – Jaffe, A. B. – Stavins, R. N. (1999): *The induced innovation hypothesis and energy-saving technological change*. The Quarterly Journal of Economics, 114(3), 941–975.
- Nordhaus, W. D. (1973): *The allocation of energy resources*. Brookings Papers on Economic Activity, 1973(3), 529–576.
- Nordhaus, W.D. (1975): *Can We Control Carbon Dioxide?* Working Paper of the International Institute for Systems Analysis, Laxenburg, Austria, WP-75–63.
- Nordhaus, W.D. (1977): *Economic Growth and Climate: The Carbon Dioxide Problem*. The American Economic Review, 67(1), 341–346.
- Nordhaus, W. D. (1991): *To slow or not to slow: the economics of the greenhouse effect*. The Economic Journal, 101(407), 920–937.
- Nordhaus, W. D. (1992a): *An optimal transition path for controlling greenhouse gases*. Science, 258(5086), 1315–1319.
- Nordhaus, W.D. (1992b): *The "DICE" Model: Background and Structure Of a Dynamic Integrated Climate-Economy Model of the Economics of Global Warming*, Cowles Foundation Discussion Paper No. 1009.
- Nordhaus, W. D. (2008): *A question of balance: economic modeling of global warming*. Yale University Press, New Haven.
- Nordhaus, W. D. (2017): *Revisiting the social cost of carbon*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(7), 1518–1523.
- Nordhaus, W. D. – Sztorc, P. (2013): *DICE 2013R: Introduction and User's Manual* Elérhető: http://www.econ.yale.edu/~nordhaus/homepage/homepage/documents/DICE_Manual_100413r1.pdf
- OECD (2019): *Taxing energy use*.
- Oswald, A. J. – Stern, N. (2019): *Why does the economics of climate change matter so much, and why has the engagement of economists been so weak?*, Royal Economic Society Newsletter, October.
- Pindyck, R. S. (2013): *Climate change policy: what do the models tell us?*, Journal of Economic Literature, 51(3), 860–872.
- Pindyck, R. S. (2017): *The use and misuse of models for climate policy*. Review of Environmental Economics and Policy, 11(1), 100–114.

- Pittel, K. – van der Ploeg, F. – van der Ploeg, R. – Withagen, C. (Szerk) (2014): *Climate policy and nonrenewable resources: The Green Paradox and beyond*. MIT Press.
- Weitzman, M. L. (2012): *GHG targets as insurance against catastrophic climate damages*. *Journal of Public Economic Theory*, 14(2), 221–244.
- Popp, D. (2002): *Induced Innovation and Energy Prices*. *American Economic Review*, 92(1), 160–180.
- Quesnay, F. (1766): *Analyse du Tableau économique. Analyse de la formule arithmétique du Tableau économique de la distribution des dépenses annuelles d'une nation agricole*.
- Rezai, A. – Stagl, S. (2016): *Ecological macroeconomics: introduction and review*. *Ecological Economics*, 121, 181–185.
- Sala-i-Martin, X. (2006): *The world distribution of income: falling poverty and... convergence, period*. *The Quarterly Journal of Economics*, 121(2), 351–397.
- Sallee, J. M. (2011): *The surprising incidence of tax credits for the Toyota Prius*. *American Economic Journal: Economic Policy*, 3(2), 189–219.
- Schneider, F. – Kallis, G. – Martinez-Alier, J. (2010): *Crisis or opportunity? Economic degrowth for social equity and ecological sustainability. Introduction to this special issue*. *Journal of Cleaner Production*, 18(6), 511–518.
- Stern, N. (2006): *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge, UK: Cambridge University Press. Elérhető: http://www.hm-treasury.gov.uk/stern_review_report.htm
- Stern, N. (2013): *The structure of economic modeling of the potential impacts of climate change: grafting gross underestimation of risk onto already narrow science models*. *Journal of Economic Literature*, 51(3), 838–859.
- Stokey, N. L. (1998): *Are there limits to growth?* *International Economic Review*, (39)1, 1–31.
- Van den Bijgaart, I. (2017): *The unilateral implementation of a sustainable growth path with directed technical change*. *European Economic Review*, 91, 305–327.
- Victor, P. A. (2008): *Managing Without Growth: Slower by Design, Not Disaster*. Edward Elgar Publishing.
- Victor, P. A. (2012): *Growth, degrowth and climate change: A scenario analysis*. *Ecological Economics*, 84, 206–212.

4. Adatforradalom és környezeti fenntarthatóság

A zöld növekedési pályára való áttérésben a közeljövő csúcstechnológiái segíthetnek mind a gazdaságpolitika, mind az üzleti vállalkozások esetében. A nagy mennyiségű adatgyűjtés és azok okos felhasználása számos előnyt jelent a gazdasági szektorok számára: empirikus eredmények szerint a big data és annak elemzésével kapcsolatos tevékenységek érdemben növelik a vállalatok termelékenységét.

A big data szerepe nem csak a technológiai fejlődésben fontos, közvetlen gazdasági relevanciával is rendelkezik. Az utóbbi évtizedben kiemelt hangsúlyt kapott a zöld és fenntartható növekedés (a természeti erőforrásaink védelme mellett), valamint a big datán keresztüli technológiai fejlődés. A big data a vállalati termelékenység növelése mellett elősegíti a környezeti szempontból fenntartható, alacsony szén-dioxid-kibocsátású és társadalmilag elfogadható fejlődést, amely támogatja a környezetbarát termékek, iparágak és üzleti modellek létrehozását tovább javítva ezzel az élet minőségét. A rendelkezésünkre álló adatoknak köszönhetően a túltermelés és a túlfogyasztás csökkenthető. A termelési folyamatok optimalizálásával és a túlfogyasztás csökkentésével egyaránt magasabb termelékenység, és nagyobb megtakarítások érhetők el.

A fejezetben áttekintjük a legnagyobb szén-dioxid-kibocsátású ágazatok aktuális állapotát, megvizsgáljuk, hogy milyen technológiák állnak már jelenleg is rendelkezésre, és melyek válnak a közeljövőben meghatározóvá, melyek segítségével a vizsgált szektorok zöld növekedése elérhető. A zöld ipari forradalom által indukált ágazati átalakulás során egyre nagyobb teret nyer a természeti erőforrások hatékony felhasználása és a környezet megóvása mellett a részben vagy teljes egészében megújuló energiaforrásokon alapuló modern technológia az energiaszektorban, a szállítás és közlekedésben, a feldolgozóiparban, a mezőgazdaságban és végül a szolgáltató szektorban is.

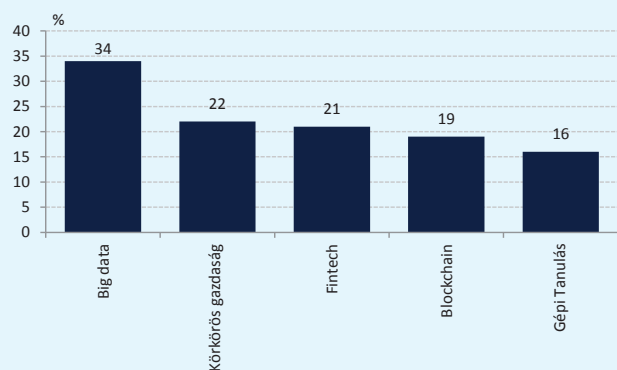
A fejezetben három technológiát kiemelten vizsgálunk. Az első a smart grid vagy okos hálózat, mely csökkenti az elektromos hálózat túlterhelését, valamint nagyobb ellátásbiztonságot nyújt, és alacsonyabb működési költségeket eredményez. A car sharing (autómegosztás) elterjedése érdemben képes csökkenteni a károsanyag-kibocsátást az autótulajdonlás visszaszorítása, valamint a forgalom csökkentése révén. A Morgan Stanley előrejelzése alapján ráadásul 2030-ra a közutakon használt megosztott autók aránya elérheti a 20 százalékot. Az urbanizációs megatrend folytatódásával a prognózisok alapján 2050-re a városlakók aránya megközelíti a 70 százalékot. Ennek következtében a városok fejlesztése elengedhetetlen, melyet az okos városok koncepciója segíthet elő. A smart city a modern technológiák implementálása révén intelligensebb, fenntarthatóbb és hatékonyabb városi környezet kialakítását teszi lehetővé, ami végső soron az életszínvonal emelkedését okozza.

4.1. Az adatok termelékenységére gyakorolt hatása

A **big data** sokat hallott fogalom, még sincs egységesen elfogadott definíciója. A gartner.com a fogalmat a 3V megközelítésben definiálja, mely szerint a big data olyan nagy mennyiségű (volume), változatos (variety) és nagy sebességű (velocity) adatok összessége, amelyeket a döntéshozatal és a folyamatok jobb átlátása érdekében használnak, de ehhez szükség van költséghatékony és innovatív módszerekre az információ kinyerésére. De Mauro és szerzőtársai (2016) pedig olyan információs eszközként írja le a fogalmat, mely kezelése különleges technológiát és módszertant kíván meg. Az ő definíciójukban megjelenik a negyedik V, az érték (value) is.

A zöld növekedési pályára való áttérésben a közeljövő csúcstechnológiái segíthetnek mind a gazdaságpolitika, mind az üzleti vállalkozások esetében. A Bond¹⁵ 2019-es, 37 ország nemzetközi fejlesztéséért felelős munkavállaló véleménye alapján készült kérdőíve alapján a **nemzetközi fejlődést és (környezeti) fenntarthatóságot legjobban elősegítő technológia a big data** (4-1. ábra). Fontos szerepe van ugyanakkor a körkörös gazdaságnak, a fintech fejlesztéseknek, a blockchain technológiáknak, valamint a gépi tanulás alkalmazásának is a növekedés fenntarthatósága szempontjából (Wilkinson, 2019).

4-1. ábra: A top 10 technológia, mely hozzájárul a fejlődéshez, 2019-es eredmények



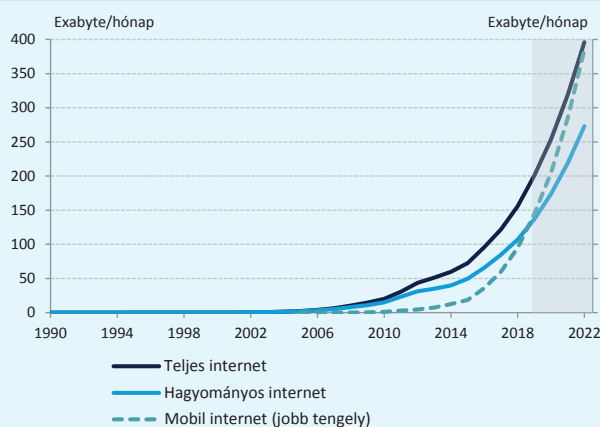
Megjegyzés: a megkérdezettek hány százaléka említette meg az adott technológiát válaszában.

Forrás: Bond, MNB-szerkesztés.

Napjainkban az adatlavina korszakát éljük (Wilkinson, 2019). Az adatok az idő előrehaladtával exponenciálisan nőnek, az IBM 2017-es becslése alapján az addig létező

adatok 90 százaléka a megelőző két évben keletkezett (Techjury, 2019). A globális internetforgalom a 2000-es évek elején kezdett exponenciális emelkedésbe, és napjainkra megközelítette a 200 exabyte/hónap forgalmat (4-2. ábra). Ez nagyjából 50 milliárd DVD-nyi filmnek, 54 800 milliárd MP3 formátumú dalnak vagy 960 000 milliárd, átlagosan 200 oldalas könyvnek feleltethető meg.

4-2. ábra: A globális internetforgalom alakulása



Megjegyzés: A szürke terület a 2019–2022 közötti internetforgalom előrejelzését jelöli.

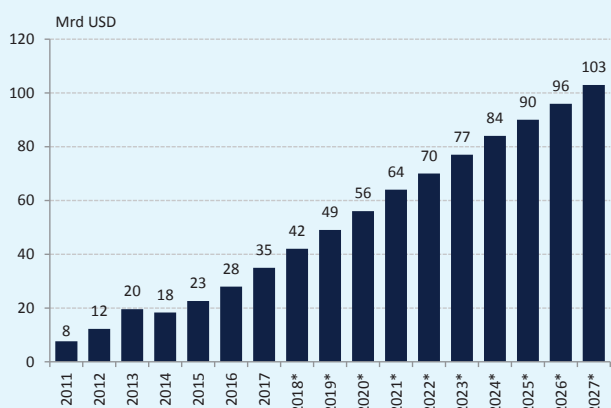
Forrás: Cisco VNI, 2018 Update.

Világszinten a rendszeres internethasználók lakosságon belüli aránya 2000-hez viszonyítva több mint hétszeresére, 48,6 százalékra nőtt. Ugyanez az arány az OECD-országok körében közel 80 százalék a Világbank számításai szerint, ami háromszoros növekedés az évezred elejéhez képest. A BroadbandSearch kutatása szerint a Google 40 000 keresést bonyolít le másodpercenként, ami napi szinten 3,5 milliárd keresést jelent. 1999-hez képest ez óriási mértékű fejlődés, hiszen a Google keresőjének akkor 1 teljes hónapig tartott 50 millió weboldal átböngészése. Előrejelzések szerint 2020-ra az emberiség több mint 40 billió gigabájt adattal fog rendelkezni, míg 2022-re a globális internet hálózatán havonta a mai érték duplája fog lebonyolódni, a mobil internetforgalom pedig megháromszorozódik. Az online adatforgalom megnövekedése jól illusztrálja az internet térnyerését, mely a digitalizációval és az automatizációval kiegészülve alapjaiban változtatja meg a gazdaság szereplőinek viselkedését.

Az adatrobbanás eredményeként a big data piac bevétele a legfrissebb előrejelzések alapján 2027-re megtriplázódik: míg 2017-ben a bevétel 35 milliárd dollár volt, az előrejelzések szerint 2027-re meghaladhatja a 100 milliárd dollárt is, ami több mint 11 százalékos éves átlagos növekedési ütemet jelent (4-3. ábra).

15 *Brit hálózat, mely a nemzetközi fejlesztésért felelős szervezeteket köti össze. <https://www.bond.org.uk/about-us>

4-3. ábra: A big data piac bevételének növekedése, világszintű előrejelzés, 2011–2027 (milliárd USD)

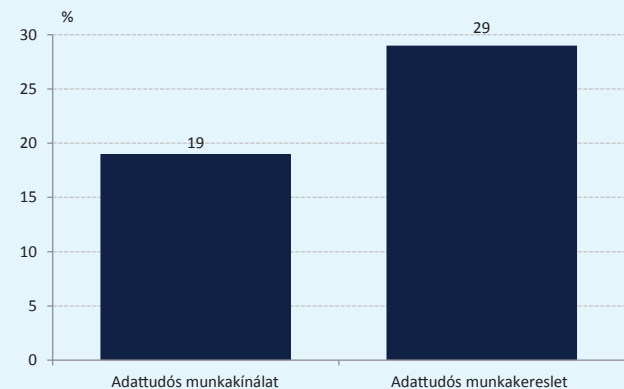


Megjegyzés: *előrejelzés.

Forrás: Forbes, Statista, Wikibon, MNB-szerkesztés.

A big data jelenség jelentősen átalakítja a vállalatok munkaerőpiaci keresletét is: új állásokat teremt a magas képzettséget igénylő kvantitatív szakmai területeken. Az adatok rendelkezésre állásának függvényében, illetve az adathálózatok összekapcsolásával érdemben nő a kereslet az informatikában szakképzett munkavállalók iránt. Az Indeed álláskereső oldalon 2018-ban az előző évhez képest 29 százalékkal több adattudóst kerestek az öt évvel ezelőtti, 2013-as adatokhoz képest, azonban mintegy 350 százalékkal nőtt a nagy adatrendszerekkel foglalkozó munkaerő kereslete.¹⁶ Ezzel szemben 2018-ban éves viszonylatban az adattudósok kínálata csak 19 százalékkal emelkedett (4-4. ábra), így a szakemberek alacsony aránya érdemi kockázatként azonosítható.

4-4. ábra: A big data munkaerőpiac keresleti és kínalmi változása 2018-ban, meghirdetett állások és álláskeresők alapján



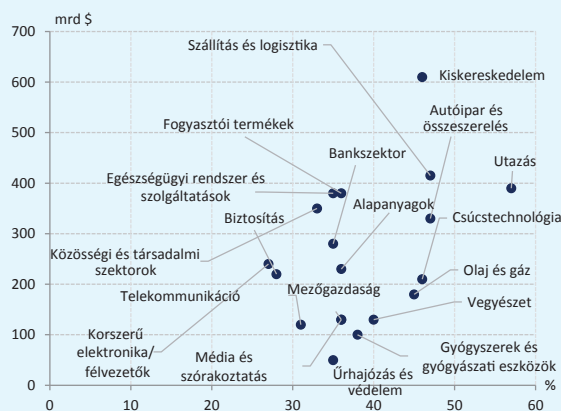
Forrás: searchbusinessanalytics.techtarget.com, Indeed, MNB-szerkesztés.

A nagy mennyiségű adatgyűjtés és azok okos felhasználása számos előnyt jelent a gazdasági szektorok számára: a

kormányzati, a vállalati és a háztartási szektor egyaránt részesül a pozitív hatásokból. Azok a vállalatok, melyek fontosnak tartják az adatbázis-építést, és felhasználják a belőlük származó értéket és információkat az üzleti folyamataikban, termelékenyebbek. Azok a vállalatok, melyek viszont nem építenek a big datából származó tudásra, lemaradnak a versenyben, és piaci részesedést veszítenek.

A nagy mennyiségű adat feldolgozásának feltétele a mesterséges intelligencia (AI) felhasználása. **Makroszinten a mesterséges intelligencia 2030-ra globális szinten az éves GDP 16 százalékát adja majd** (Economist, 2019b). A 4-5. ábrán megfigyelhető, hogy a kiskereskedelem és a szállítás és logisztika iparágak hatékonyságára hat leginkább pozitívan az AI. Előbbi esetén több mint 600, utóbbinál több mint 400 milliárd dollárnyi hatékonysági nyereséggel számolnak az előrejelzésben. Tőlük nem sokkal marad le az utazás, az egészségügyi rendszer és szolgáltatások, a közösségi és társadalmi szektor, illetve a bankszektor. Az AI a legmagasabb arányú nyereséget az utazásban és a szállítás és logisztikában generálja, 57 és 47 százalékot elérve. A csúcstechnológia, az autóipar és összeszerelés, a kiskereskedelem, illetve az olaj és gázipar is kiemelkedő arányú AI hatékonysággal bír.

4-5. ábra: Potenciális éves hatékonyság nyereség a mesterséges intelligenciából (AI),* globális, iparáganként, az AI/big data és adatelemzés százalékában



Megjegyzés: *A becslés 18 létező technikán alapul. Y tengely: az AI-ból származó nyereségek, X tengely: az AI-ból származó nyereségek a data analytics százalékában.

Forrás: McKinsey, The Economist, MNB szerkesztés.

Az empirikus eredmények szerint a big data és annak elemzésével kapcsolatos tevékenységek növelik a vállalatok termelékenységét. Az adatvezérelt vállalati döntéshozatalt vizsgálva Müller és szerzőtársai (2018) alapján a big datával kapcsolatos eszközök használata **3–7 százalékos**, Brynjolfsson és szerzőtársainak (2011) számításai szerint pedig átlagosan **5–6 százalékos vállalati termelékenységnö-**

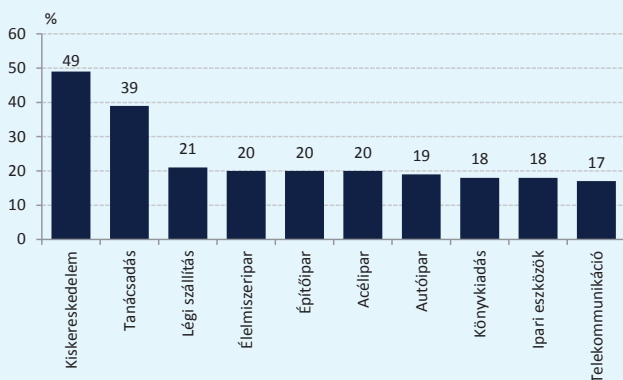
vekedést eredményez. Bakhshi és szerzőtársai (2014) szerint a vállalati termelékenység **8 százalékkal nő az online adatok használatának hatására**, míg a McKinsey (2016) saját globális kérdőíves felmérése a big data beruházások profitnövekedésre gyakorolt kezdeti hatását 6 százalékosra, az öt éves hatását pedig átlagosan 9 százalékosra mérte.

Az adatok termelési függvénybe integrálását mutatja be Bughin (2016) tanulmánya. Modelljében a gazdasági kibocsátás az adatoktól független tőkeállománytól és munkaerőtől, valamint a big datát használó tőkeberuházásoktól és munkaerőtől különböző módon függ. Eredményei szerint **a big data beruházások az IT és a munkaerő területén kiegészítő jellegűek, és átlagosan 5,9 százalékkal növelik a termelékenységet.**

Egy másik megközelítés alapján a **GDP- és a termelékenység-növeléshez a big data valójában immateriális eszközként, a belőle származó tudással járul hozzá** (Goodridge és Haskel, 2015). A nyers adatból először az adatelőállító szektorban keletkezik információ, amely tudássá alakul a tudástermelő szektorban, végül pedig a termelésben használják fel. Eredményeik szerint **az Egyesült Királyságban 2005–2012 között a big data csak 0,02 százalékkal növelte a piaci szolgáltatások növekedését, azonban előrejelzéseik alapján 2025-ig évi 0,1–0,3 százalékos növekedést hozhat.**

A Fortune 1000 vállalatait vizsgálva Barua és szerzőtársai (2010) arra a következtetésre jutott, hogy **az adatok felhasználhatóságának 10 százalékos növekedése átlagosan 14,4 százalékos árbevétel/fő növekedést eredményez. A legnagyobb hatás a kiskereskedelmi szektorban fedezhető fel, melyet a tanácsadó szektor követ** (4-6. ábra). Átlagon felüli hatás jelenik meg továbbá a légi szállítás, az élelmiszeripar, építőipar, acélipar, autógyártás, könyvkiadás, ipari eszközök és a telekommunikáció területén is.

4-6. ábra: 10 százalékos adatfelhasználhatóság növekedés hatása a termelékenységre (árbevétel/fő)



Forrás: Barua és szerzőtársai, MNB szerkesztés.

Nem csak az adatok felhasználhatósága, de a munkaerő képességei is fontosak. A LinkedIn adatbázis alapján azoknak **a vállalatoknak, amelyek big datával kapcsolatos képességekkel rendelkező munkavállalókat alkalmaztak, átlagosan 3 százalékkal magasabb volt a termelékenységük** (Tambe, 2014).

Általánosan megállapítható, hogy a szakirodalom alapján a big data termelékenységre gyakorolt hatása 5–10 százalék között alakul (OECD, 2015).

Az adatvezérelt innováció azonban romboló jelleggel bír, melyet „kreatív rombolásként” is hívhatunk (OECD, 2015). A kreatív rombolás strukturális átalakulást okoz a gazdaságokban, mely jelentősen érinti a munkaerőpiacot. **A nagy, fejlett gazdaságoknak több okból kifolyólag is kihívás lesz a kreatív rombolásból származó előnyöket kihasználni.** Egyrészt a középosztály feladatainak jelentős mennyisége automatizálódik, amely nem csak a kétkezi munkát, de a magas intellektuális képességet megkövetelő feladatokat is érinteni fogja (például az algoritmus meg tudja állapítani a betegséget a tünetek és más komplex adatok alapján, vagy a hitelbírálatot automatizált modellel végzik el).

A big data felhasználása ugyanakkor nem csak a kormányzat vagy az üzleti szféra számára jelent számos optimalizálási lehetőséget. Az adatok a fogyasztók számára is számos előnyt jelenthetnek: csökkentik a tranzakciós költségeket, megkönnyítik a számunkra megfelelő termékek és szolgáltatások keresését és megtalálását személyre szabott ajánlatokon keresztül. Másrészt, a **megnövekedett versenynek köszönhetően az árak közelednek egymáshoz, és általánosságban csökkennek, továbbá növekszik a termékek minősége a visszajelzéseknek köszönhetően.** Jellemzően **jobb életminőséget is érhetünk el, például jobb egészségügyi ellátást kapunk a magunkról vezetett adatoknak köszönhetően** ('quantified self'), vagy a valós idejű közlekedési adatok segítségével optimalizálhatjuk útvonalunkat, és rövidíthetjük a közlekedési dugókban elpazarolt idő mennyiségét.

4-1. keretes írás: A közgazdasági kutatáshoz és módszertanhoz való hozzájárulás

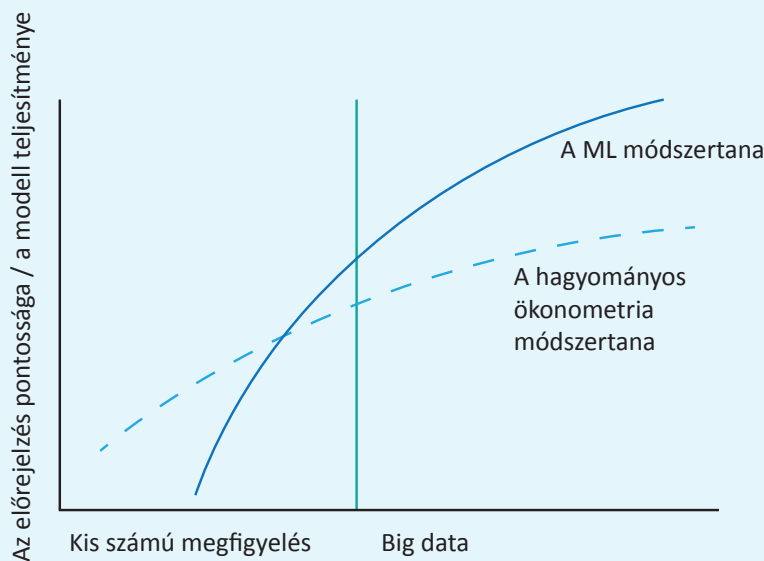
A nagy, komplex adathalmazok, melyekből képesek vagyunk értékes információt kinyerni, bővítik a tudásunkat a világról. A big data közgazdaságtanhoz való hozzájárulása szignifikáns. Azáltal, hogy az aggregált adatok lebonthatóvá válnak, a döntéshozók számára számos kérdés világosabbá válik. Mivel hatékonyabban tudjuk megfigyelni a gazdasági jelenségeket, egyre könnyebb lesz megbecsülni a szakpolitikák hatását. Nemcsak a létező közgazdasági elméletek tesztelését teszi lehetővé, de az újak kidolgozása is egyszerűbbé válik (Harding – Hersh, 2018).

A kérdések is megváltoznak a kutatásokban – a miért helyett a mit kérdése kerül előtérbe. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy átértékelődik a szakértői szerep, már nem fontos megérteni, hogy például a fogyasztók miért szeretik az adott terméket jobban, leginkább csak az a fontos, hogy mit szeretnek. Az adattudósok rengeteg helyen viszont előtérbe kerülnek, ami bár nem jelenti azt, hogy a szakmai tapasztalat már egyáltalán nem számít a jövőben, de háttérbe szorul a szaktudás (Cukier – Mayer, 2014).

Az új elemzési módszertanok, mint a gépi tanulás (ML), egyre inkább elterjednek. **A ML módszerek javítják a mintán kívüli becsléseket, azaz javítják az előrejelzéseket.** Ez részben a fent említett jelenségből fakad, az oksági kapcsolatok keresése (vagyis a miért kérdése) háttérbe kerül az egyszerű korrelációk javára (mit kérdés).

Az ökonometriai módszerek teljesítménye a kismintás, hagyományos adathalmazokon felülmúlja a gépi tanulási technikákat (4-7. ábra). **Azonban ahogy nő a mintaelemszám, úgy teljesít egyre jobban a gépi tanulás módszertana, míg nem felülteljesíti az ökonometriai módszereket.**

4-7. ábra: A Machine Learning és az ökonometria teljesítménye a mintaelemszám növekedése esetén



Forrás: Harding - Hersh 2018, MNB szerkesztés.

Az ökonometria megközelítése elsősorban statisztikai, az adatgeneráló folyamatra koncentrál (4-1. táblázat). Ezzel szemben a machine learningnek nem célja az adatgeneráló folyamat feltárása, hanem algoritmusokra épül. Az ökonometria az elméletre, míg a ML az adatillesztésre fókuszál. Az előbbinél a modellválasztás a mintán belüli illeszkedés és a paraméterszignifikancia alapján történik, utóbbinál a mintán kívüli becslés cross validációja mentén. Tehát az ökonometria a kauzális kapcsolatok feltárásában és a kismintás elemzésekben erős, a ML technika pedig az előrejelzésekben és a nagy mintás elemzésekben.

4-1. táblázat: Az ökonometria és a Machine learning összehasonlítása

	Ökonometria	Machine Learning
Megközelítés	Statistikai: adatgeneráló folyamat	Algoritmus: nem tudjuk az adatgeneráló folyamatot
Motiváció	Elmélet	Adatillesztés
Fókusz	Hipotézis tesztelés, magyarázat	Előrejelzési pontosság
Modellválasztás	Paraméter szignifikancia és mintán belüli illeszkedés	Előrejelzési pontosság crossvalidációja különböző adatszeleten
Erősség	Kauzális kapcsolatok	Előrejelzés
Minta nagysága	Kis mintán jobban teljesít	Nagy mintán hatékonyabb

Forrás: Skrainka (2016) alapján a szerzők szerkesztése.

A big data jelentősége azonban túlmutat a közgazdasági előnyökön. Nemcsak az iparági fejlesztésekben jelenik meg, és a közgazdasági metodológiát változtatja meg, hanem számos egyéb területen is hasznosan járul hozzá a fejlődéshez. A tudományos kutatásokban az elméleti elemzések és a szimuláció módszertanát az adatbányászat is kiegészíti. Az interdiszciplináris kutatásokat is elősegíti, maga az adattudomány is egy határokon átívelő terület, több tudományág elméletét és módszertanát ötvözi. Érdemes kiemelni a nemzeti fejlesztésekben foglalt szerepét, **a mai globalizált és digitalizált világban a nemzetbiztonsági kibertér kifejlesztése stratégiai kulcsfontosságú lehet.** Hozzásegít a jelen megfelelőbb érzékeléséhez, ezáltal például egyszerűbbé válik egy körözött személy lenyomozása vagy valós időben történő követése, emellett elérhetővé válik egy marketing kampány valós idejű értékelése is. **A jövő előrejelzését is elősegíti, a jövőbeli trendek mindazonáltal nemcsak a gazdasági fejlesztések területén, hanem a járványok terjedésének megfékezésében is hasznosak** (Jin és szerzőtársai, 2015).

4.2. Big data alkalmazási lehetőségei a legjelentősebb ágazatok esetében

A gazdasági fejlődés és az ágazati átalakulás a gazdasági fejlődés mentén évtizedek óta dokumentált jelenség, mellyel a 2017-es Növekedési jelentésben kiemelten foglalkoztunk. **A gazdaság fejlődési pályáján az agrárszektor súlya jellemzően csökken, az ipar részaránya fordított U-alakú görbét ír le, míg a szolgáltatási szektor folyamatos növekedést mutat.**

Az irányított technológiai változás következtében megvalósuló zöld ipari forradalom hatására tovább folytatódik az ágazati átalakulás. A mezőgazdaság és a feldolgozóipar szerepe várhatóan kismértékben csökken, miközben az energiaszektor és a szolgáltató szektor súlya tovább nőhet.

A természeti erőforrások megóvása mellett a big data és az új megatrendek következtében létrejövő technológiák felhasználása erősítheti a strukturális átalakulást. Mindezt tovább támogathatja az anyaghatékonyabb technológiák fokozott alkalmazása, az automatizálás, valamint a szigorúbb környezetvédelmi politikák, szabályozások is.

A következőkben áttekintjük a legnagyobb szén-dioxid-kibocsátású ágazatok aktuális állapotát, megvizsgáljuk, hogy milyen technológiák állnak már jelenleg is rendelkezésre, és melyek válnak a közeljövőben meghatározóvá, melyek segítségével a vizsgált szektorok zöld növekedése elérhető.

4.2.1. ENERGIASZEKTOR

Az energiaszektor átalakulása aktuálisan is zajlik: az olaj, a szén, és a gáz kitermelési és felhasználási arányának emelkedése ellenére **a technológiai innovációkkal párhuzamosan dinamikusan emelkedik a megújuló energiaforrások**

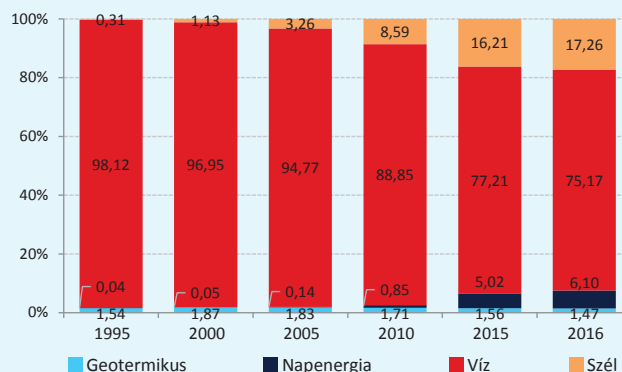
részaránya is (4-8. ábra). Az energiaszektor esetében érdemi hatékonyságnövelő potenciál azonosítható, amire az intelligens fogyasztásmérés és a big datahoz kapcsolódó technológiai fejlesztések jelenthetnek megoldást. Az energiafogyasztás pontosabb előrejelzése, a hatékonyság növelése, illetve a veszteség csökkentése által a szektor energiaintenzitása jelentősen csökkenthető lenne.

Előrejelzések alapján 2025-re 75 milliárd elektronikus eszköz installálására kerülhet sor az energiaszektorban, amelyek egymáshoz való kapcsolódásuk révén értékes információhoz juttatják a felhasználókat, a vállalatokat, valamint a közszolgáltatásokat nyújtókat. A szektor digitalizációja érdemben elősegítheti a megújuló energiaforrások térnyerését, hiszen a big data alkalmazása lehetővé teszi a nagyobb befektetési biztonságot, a professzionális kockázatkezelést, valamint a sztenderdizált portfóliókezelést. Mindezek hatására 2030-ra megduplázódhat a megújuló energiaforrások részaránya, ami a Nemzetközi Megújuló Energia Ügynökség (IREA) számításai alapján a globális GDP 1 százalékos emelkedését okozná. Mindemellett előretekintve kulcsfontosságú lesz az energiátárolás hatékonysága. Jelenleg az akkumulátorok technológiai-átalakulása zajlik, amit jól jelez többek között a hazánkban is megjelenő, egyre nagyobb összegekre rúgó FDI beruházások alakulása.

A megújuló energiaforrások alkalmazása tekintetében a legnagyobb energiatermelők közé Kína, az Egyesült Államok, Brazília, Kanada, India és Németország tartozik. Amíg 1995 és 2005 között a vízenergia dominált a megújuló energiaforrások közül, addig 2010 óta a szél- és napenergia felhasználása mutat jelentős növekedést. 2016-ban a felhasznált megújuló energiaforrások közül a vízenergia 75, a szélenergia 17, míg a napenergia 6,1 százalékot tett ki (4-8. ábra). Napjainkban India és Kína alkalmaz a legmagasabb arányban megújuló energiaforrásokat az összenergiaforrások közül. Indiában ez az arány közel 20 százalékot, míg Kínában 10 százalékot tesz ki (IEA, 2019a).

A megújuló természeti erőforrásokhoz kapcsolódó kitermelés aránya azonban nemcsak a legnagyobb energiafelhasználású országokban emelkedik, hanem a fejlődő államok esetében is érdemi fejlődés tapasztalható, így például Braziliában és Kolumbiában (vízenergia-kitermelés), Mexikóban (víz- és szélenergia-kitermelés) és Kenyában is (vízenergia és geotermikus energiakitermelés) (REN21, 2019).

4-8. ábra: A megújuló energiaforrások megoszlása a villamosenergia-termelésben



Forrás: IEA.

A világ első karbon-semleges, valamint teljes egészében megújuló energiaforrásokon alapuló villamosenergiával működő városa 2025-re Kopenhága lehet. Emellett München városa egy 2018-ban elfogadott kezdeményezésben célul tűzte ki, hogy 2040-ig létrehoz egy 100 százalékban megújuló energiaforrásokon alapuló távfűtési rendszert, amihez Amszterdam, Helsingborg, Osnabruck és Bécs városok is csatlakoztak, míg az Egyesült Királyságban 2050-ig több mint 80 város tervez 100 százalékban tiszta energiára való átállást. A 2005-ben alapított C40 kezdeményezés (amely több mint 90 várost fog össze) kimondja, hogy a városok tegyenek lépéseket egy egészségesebb és környezeti szempontból fenntarthatóbb jövő felépítése érdekében, ha a nemzetállamok, kormányok nem bizonyulnak elég hatékonyak. A C40 egyben elkötelezett a 2016-os Párizsi Egyezmény céljainak megvalósításában.

A technológiai váltás és a zöld növekedésre való áttérés esetén az előrejelzések alapján a **globális energiaintenzitás 2030-ra 36 százalékkal csökkenhet**, amely a szén-dioxid-kibocsátás csökkenésével párhuzamosan menne végbe. Az energiatakarékossági erőfeszítések és hatékonyságnövekedés, valamint a megújuló energiaforrások magasabb arányú felhasználása miatt az előrejelzések szerint hosszabb távon 25–34 százalékkal csökkenhet a világgazdaság energiaigénye, amelyet döntően a **fosszilis tüzelőanyag-kereslet visszaesése magyarázna. A megújuló energiaforrások 2050-ig a teljes villamosenergia-termelés 29-45 százalékát tehetik majd ki**, míg a fosszilis tüzelőanyagok, különösen a szén részesedése 34 százalékra csökken (UNEP, 2019 és McKinsey, 2019). A prognózisok szerint továbbá az alacsonyabb energiafogyasztás évente átlagosan 400–750 milliárd dollár energiamegtakarítást generál 2010 és 2050 között (UNEP, 2019 és McKinsey, 2019).

A megújuló erőforrások szerepének további növekedése az energiahatékonyság növekedése mellett azonban számos egyéb, az ágazati átalakulásra gyakorolt hatással jár. **A napelemek és szélérőművekhez szükséges elemek gyártása átalakítja az ipari struktúrákat, de a növekvő automatizáció és adatvezérelt működés az energiaszektor foglalkoztatására is érdemi hatással bír.**

4-2. keretes írás: A smart grid, mint az energiaszektor jövője

Az Office of Electricity (2019) definíciója szerint a smart grid vagy okos hálózat olyan elektromos hálózat, mely az **információs és kommunikációs technológiák segítségével információkat gyűjt a szolgáltatók és a fogyasztók energiafogyasztási szokásairól, és ennek megfelelően alkalmazkodik az energiaellátás és -igény változásaihoz**, csökkentve ezzel az energiainportot. Ezeket felhasználva automatikusan képes növelni a hálózat hatékonyságát, megbízhatóságát, gazdaságosságát és fenntarthatóságát, valamint a teljes nemzetgazdaság energiafelhasználásának tervezhetősége is számottevően nő (4-9. ábra).

4-9. ábra: Az okos hálózat által nyújtott lehetőségek



Forrás: PWC.

Az okos hálózat technológiának köszönhetően a hálózatok „okossá” és rugalmasá válnak, hiszen így az energiahálózat nem csak megbízhatóbb, de hatékonyabb is lesz (amit érzékelőkkel ellátott transzmissziós vezetékek tesznek lehetővé), és képes csökkenteni az időjárásból fakadó hatásokat (például vihar esetén). Ilyen esetben automatikusan jelentést tesz az áramkimaradásokról a rendszer, a fogyasztókat pontosabb és megfelelő információval látja el. Továbbá automatikusan elhárítja a fennakadásokat, és úgy gondoskodik a kieső áram helyettesítéséről az akkumulátorokon tárolt többlet energia megosztásával, hogy a fogyasztói igényekhez igazodik, és közben jelentős megtakarításokat eredményez (OE, 2019 és smsplc, 2017). Az elektromos járművek esetében továbbá elérhetővé válik, hogy a felhasználó automatikusan beállíthatja az eszköz napsütés idején történő feltöltődését, vagy akár a mosógép, mosogatógép használatát beprogramozhatja a működéshez kapcsolódó energiaigény és energiaár függvényében (smsplc, 2017).

A fogyasztók a smart griddel keresletüknek megfelelően alakítják saját energiafelhasználásukat és költségeiket, így visszaszorítva a túlfogyasztásukat, ami végső soron a rendelkezésre álló jövedelmük emelkedését okozza. A végső fogyasztók tudatosak, elkötelezettek, és aktívan keresik a legjobb megoldásokat (PWC, 2018). A közműveknek, szolgál-

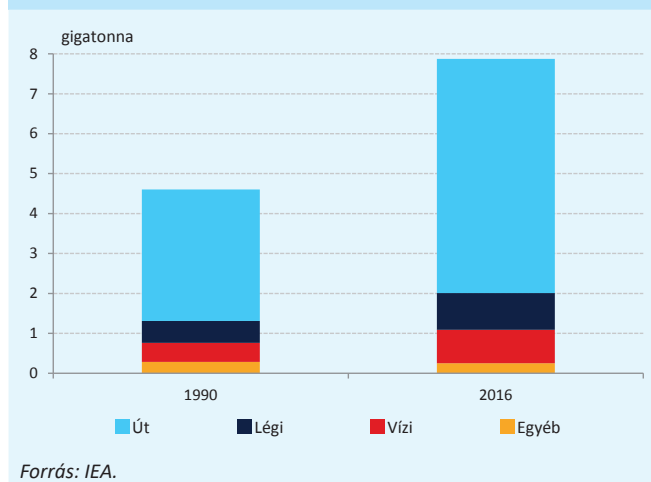
tatóknak is előnye származik a korszerűsített hálózatból. A megújuló energiaforrások folyamatos integrációjának (elsősorban szél- és napenergiának) köszönhetően **csökken a hálózat túlterhelése, valamint a modern technológia nagyobb ellátásbiztonságot nyújt és alacsonyabb működési költségeket eredményez** (Munuera, 2019).

Az Európai Unió célkitűzése, hogy 2020-ig a hagyományos mérőórák legalább 80 százalékát okos mérőórák váltsák fel. Azonban 2020-ig várhatóan az okos mérőórák aránya csak 23 százalékot tesz ki (European Commission, 2014). Az Eurostat (2019) számításai alapján **az okos fogyasztásmérő (smart meter) és az okos hálózat (smart grid) üzembe helyezése akár 9 százalékkal csökkentheti az Európai Unióban a szén-dioxid-kibocsátást,** valamint hasonló mértékben a háztartások éves energiafogyasztását. Ez által a big data alkalmazása megoldást jelenthet az energiadiverzitás javítására és a megfizethető villamosenergia-ellátás magas szintű biztosítására (Mordor Intelligence, 2019).

4.2.2. SZÁLLÍTÁS ÉS KÖZLEKEDÉS

A szállítási és közlekedési szektor az elmúlt évtizedek során érdemi növekedési szakaszt produkál. A növekedéséhez a 2010 óta évente átlagosan 5–8 százalékkal emelkedő légi utasforgalom járult hozzá a leginkább. A bővülés legfőbb oka az olcsóbb repülőgéptársaságok piaci részesedésének növekedése, valamint a globális középosztály jövedelmi helyzetének javulása, különösen Kínában (Statista, 2019).

4-10. ábra: A világ CO₂ kibocsátása a szállító szektorban alszektoronkénti bontás szerint



A szállítás szektorban – hasonlóan az energetikai szektorhoz – **is gyorsan növekszik az adatforrások száma, valamint az adatok mennyisége.** Egyre több helyszínen, például repülőtereken, tengeri kikötőkön, vasút- és buszállomásokon, a logisztikai csomópontokon és a raktárakban alkalmaznak érzékelőket. A teherautók esetében már rendelkezésre áll a rakodási, valamint kirakodási időre, az utazási időre, a járművezetői órákra, az útinaplókra, a raklapokra vagy a tranzit- és tartózkodási időkre, sztrájkokra és más egyéb adatokra vonatkozó információ (Rusitschka és Curry, 2016). Dublinban például **20 másodpercenként közel 1 000 buszt monitorozva továbbítanak adatot a buszmenetrendről, a detektorokról, zártkörű kamerákról és GPS frissítésről.** Ezzel már

elkészíthető a város digitális térképe, így a térinformatikai adatok felhasználásával valós idejű képet kaphatunk a város autóbuszainak helyzetéről. Az így kapott eredményeknek köszönhetően összességében körülbelül **10–15 százalékkal csökkent az utazási idő, ami hozzájárult a szén-dioxid kibocsátás csökkenéséhez.** Emellett a város a tömegközlekedés optimalizálásával, valamint a csökkenő károsanyag kibocsátással sokat tett a környezet állapotának javulásáért. Továbbá sikerült lecsökkenteni, illetve sok esetben megszüntetni a kihasználatlan járatokat, így csökkentve a közlekedési vállalat költségeit is (Tabbitt, 2014).

Az Európai Bizottság 2019-ben elfogadott javaslata szerint a tagállamoknak, például Németországnak, aki a legnagyobb európai autógyártó ország egyike, **2020-tól kezdődően 35 százalékkal kell lecsökkenteni az újonnan legyártott autók szén-dioxid-kibocsátását a korábbi szintekhez képest** (EP, 2019). Az Európai Bizottság és Tanács által korábban elfogadott rendelet értelmében az autógyártóknak egy meghatározott egészségügyi határértékig, 2021-re átlagosan 95 gramm/kilométerre kell mérsékelniük a flottaszintű szén-dioxid-kibocsátásukat (European Parliament and the Council of the European Union, 2019).

A károsanyag-kibocsátás emberi szervezetre és környezetre gyakorolt negatív hatásai miatt **Németországban, majd más európai nagyvárosokban is felmerült a régebbi dízelmotorokkal felszerelt autókban a városokból való kitiltása.** Az első tiltás 2018. május 31-én lépett életbe Hamburg városában. Frankfurtban 2019 februárjától az Euro 4 vagy annál régebbi szabványnak megfelelő dízel autók számára tilos a városközpontba való behajtás. Március óta Stuttgart bizonyos útszakaszain is betiltották a dízel autók használatát még a helyi lakosok számára is. 2019 nyarától már Köln, Bonn, Gelsenkirchen és Essen városában sem lehet Euro 5-ös besorolásúnál régebbi dízelmotort alkalmazni. 2019 júniusa óta Berlin városában forgalomkorlátozást vezettek be az Euro 1-5 szabványú dízelüzemű járművekre (Kempken, 2019).

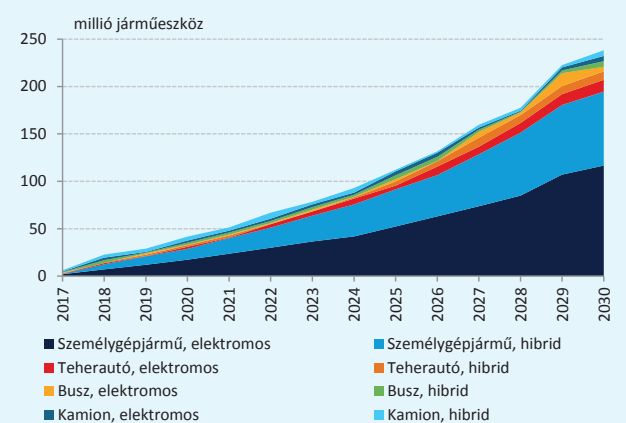
Mindezek hatására az európai autóértékesítések szempontjából legmeghatározóbb két országban, Németországban és az Egyesült Királyságban 2016 második fele óta csökken a dízelautó-eladások trendje. Az autómix megváltozásával az újautó-regisztrációk esetében a benzines autók aránya Németországban két év leforgása alatt 50 százalékról közel 60 százalékra emelkedett, míg a dízelek részaránya 50 százalékról 35 százalékra csökkent. Az Egyesült Királyságban még markánsabb változást tapasztalhatunk: a benzinesek aránya 50 százalékról 65 százalék fölé, míg a dízelek aránya 50 százalékról 29 százalék alá csökkent az újautó-regisztrációkon belül.

Az előírásoknak való megfelelés és a nagy összegű büntetések elkerülése érdekében egyre több járműgyártó kezd elektromos autók gyártásába.¹⁷ Azonban az ADAC német autókлуб tanulmánya szerint, **ha a járművek teljes életciklusa folyamán felhasznált összes energiát figyelembe vesszük, akkor a gázüzemű és hidrogén-meghajtású autók környezeti kímélőbbek lehetnek az elektromosnál. Ennek oka egyrészt a németországi energiamix összetétele, másrészt az akkumulátorgyártás magas károsanyag-kibocsátása.** Az elektromos járművek csak akkor bizonyulnak a hidrogén, illetve gázmeghajtású autóknál környezeti kímélőbbnek, ha az általuk felhasznált áram teljes mértékben megújuló energiaforrásból származik (ADAC, 2019).

Az elkövetkező 5-10 évben számos országban az elektromos járművek gazdaságosabbá válhatnak, mint a belsőégésű motorral felszerelt járművek (McKinsey, 2019). Reykjavik városa az energiarendszerének szén-dioxid-mentesítésén dolgozik, hogy 2040-re az autó- és tömegközlekedése fosszilismentes legyen (REN21, 2019). A BMW, a Mercedes és a Volkswagen tervei szerint 2025-től a teljes értékesítésük 25 százalékát elektromos autók fogják adni, miközben több mint 100 új elektromos modellt kívánnak a piacra bevezetni. Az alternatív meghajtás terén emellett olyan iparági fejlesztés is készül az Audi, a Boeing és a ThyssenKrupp Marine Systems vállalatok finanszírozásával a Sunfire nevű vállalatban, amely szintetikus üzemanyagot, e-dieselt állít elő, ami a hajózáshoz és repüléshez szükséges üzemanyag kiváltásának egy alternatív lehetősége.

Számítások alapján 2030-ig több mint 130 millió elektromos, illetve több mint 90 millió hibrid elektromos jármű kerülhet forgalomba. Ezen belül az elektromos személygépjárművek képviselik a legnagyobb arányt (4-11. ábra).

4-11. ábra: Az elektromos járművek várható állományának alakulása 2017 és 2030 között



Forrás: OECD/IEA, MNB-számítás.

A British Telecom Carbon Trust szervezettel együttműködve megvizsgálta a vállalat üzleti tevékenységével járó szén-dioxid-kibocsátását. Arra a következtetésre jutott, hogy a **vállalati működés során keletkezett szén-dioxid-kibocsátás kétharmada szállítás során jön létre.** Az érintett területek azonosításával lehetőség nyílt a cég számára a költségek és a szén-dioxid-kibocsátás csökkentésére. **Ezt úgy érte el a vállalat, hogy a beszállítóit is bevonta a szén-dioxid-kibocsátás csökkentésbe.** A cég **2011 óta a működésből eredő szén-dioxid-kibocsátásának 44 százalékos, az ellátási lánc szén-dioxid-kibocsátásának 15 százalékos csökkenését eredményezte,** valamint 40 százalékkal csökkentette az egyéb hulladékkal járó szennyezést (Nepal, 2014).

Mivel az ágazatok közül a szállítás az egyik legnagyobb szén-dioxid kibocsátó, ezért különös jelentősége van minden olyan tényezőnek, amely képes lerövidíteni, gyorsítani, optimalizálni az ellátási láncokat. Bekker (2009) elemzésében bemutat egy vállalatot, amely a beszállítóinak az útvonalát, az időjárási viszonyokat és a közlekedési adatokat vizsgálta, majd előrejelzte az esetleges késéseket, és B tervet dolgozott ki, hogy sose álljon le a termelés anyaghiány miatt. Ezáltal csökkentve károsanyag kibocsátását, valamint a költségeit is.

A zöld növekedési pálya alapján a szállítás ágazatban 2050-ig évente várhatóan 150–400 milliárd dollár értékű zöldberuházást fognak eszközölni, ami a várakozások szerint javítja a hatékonyságot, valamint a beruházások által lehetőség nyílik a környezettudatos közlekedés felé történő elmozdulásra. Előrejelzések szerint a **vonatok és autóbuszok által szállított utasok aránya 2050-re várhatóan 18–30 százalékkal emelkedhet, míg a személygépkocsik teljes utasforgalma**

¹⁷ A német gyártók 2021-et követően jelentős büntetésre számíthatnak, mely előzetes számítások szerint a 2018-as adózás előtti eredményük érdemi részét jelentené. A folyamatok fennmaradása mellett számításaink szerint a Volkswagen-csoportra váró büntetés a 2018-as eredményének 55 százalékát, a Daimlernek 26,4 százalékát, míg a BMW-nek 25,5 százalékát tenné ki.

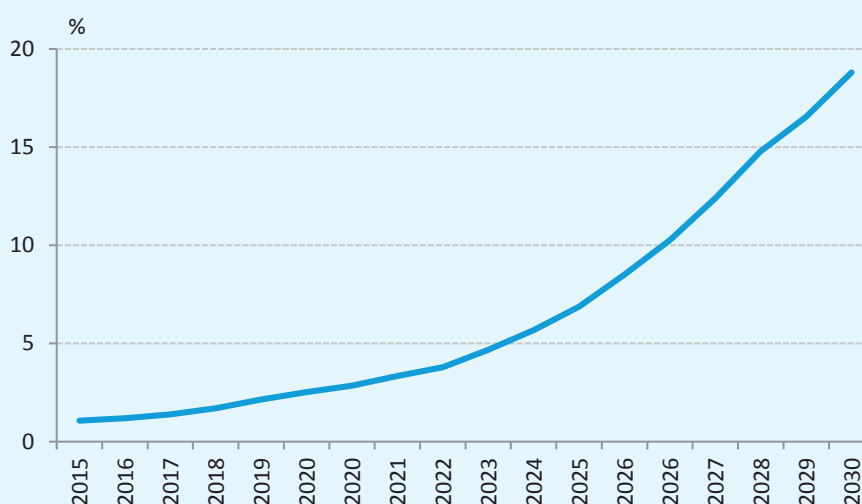
csökken, és 30 év távlatában már csak a teljes forgalom harmadát fogja kitenni. Várhatóan minden közlekedési eszköz esetében az új technológiák térhódítása energiamegtakarítást fog eredményezni, az összes jármű energiafogyasztása és szén-dioxid-kibocsátása 2050-ig 40–50 százalékkal fog csökkenni (Tricoire, 2019).

4-3. keretes írás: Az autómegosztás jövőbeli hatásai

A car sharing rendszer lényege, hogy a városok különböző pontjain elhelyezett, többségében elektromos autókat internetes regisztrációs folyamatot, majd foglalást követően használatba vehetik a felhasználók. Ezzel nemcsak a jármű fenntartásával kapcsolatos költségek csökkenthetők (hiszen a szolgáltatás esetében regisztrációs díjat, a havidíjat, a használat után pedig óra- és kilométerdíjat kell fizetni, amely tartalmazza az üzemanyag árát is), hanem a szennyezés is. Újszerű, személyre szabott közösségi közlekedési mód, mely a nap bármelyik szakaszában igénybe vehető, továbbá egy autót akár többen is használhatnak (Economist, 2016). Az autómegosztás előnye, hogy kevesebb autótulajdonos és baleset lesz, pozitív hatást gyakorol a forgalom csökkentésére, és elősegíti a parkolási igény csökkenését, ami alacsonyabb szén-dioxid- és ezáltal károsanyag kibocsátást, alacsonyabb környezetterhelést eredményez (Schreier és szerzőtársai, 2018).

Számos cég, számos országban kínál fel car sharing szolgáltatást, amely egyre inkább népszerű a világ városaiban, mint például Tokióban, Moszkvában, Pekingben, valamint az Egyesült Államok és Európa városaiban, többek között Budapesten is. Relatív kis innovációs tartalma miatt a közösségi autózás hatását gyakran alulbecslik, és csak az autózás egy részpiacának tartják, hiszen még az Egyesült Államokban is az összes autóval megtett távolság kevesebb mint 1 százalékát teszik meg közösségi autómegosztással. A Morgan Stanley várakozásai szerint, amíg a közutakon használt megosztott autók aránya folyamatosan emelkedik, és 2030-ig akár a 20 százalékot is elérheti, addig a járműgyártás dinamikája fokozatosan csökken elsősorban a környezettudatos magatartásnak köszönhetően (Smith, 2016) (4-12. ábra).

4-12. ábra: A globális autómegosztás arányára vonatkozó előrejelzés alakulása



Megjegyzés: A megosztott autók tartalmazzák a taxiszolgáltatást, míg az autókölcsönzést nem.
Forrás: Morgan Stanley.

Frost és Sullivan cég számítása szerint egy autótulajdonos évente 19 ezer km megtételét feltételezve átlagosan 1 834 dollárnyi költséget takaríthat meg, ha autómegosztó szolgáltatásra vált (Economist, 2010). A Bréma városában működő car sharing rendszerről készült felmérés kimutatta, hogy egy megosztott jármű 14 magántulajdonban lévő képes

kiváltani. Az autómegosztás hozzájárult a háztartások járművásárlási döntéseinek megváltozásához is, és ennek köszönhetően **2 700 járművel kevesebbet vásároltak meg. Emellett kevesebbet is közlekedtek, mint az átlagos brémai háztartások.** Továbbá az autómegosztó felhasználók gyakrabban vásárolnak helyben, Bréma városában, ami erősíti a helyi kiskereskedelmi forgalmat is. Ráadásul a car sharing felhasználók 15–20 százalékkal kevesebb kilométert tettek meg, mint mielőtt használták volna ezt a szolgáltatást (Schreier és szerzőtársai, 2018).

Hasonló eredményekre jutott holland adatokon Nijland és szerzőtársai (2015), azaz az autómegosztást használó háztartások szignifikánsan kevesebbet utaznak, és a járműtulajdonosok aránya is alacsonyabb. Így a szolgáltatás előretörése **megközelítőleg évi 250 kg szén-dioxid-kibocsátás csökkentést eredményezett.** A car sharing rendszer a közlekedési módok szerint az autók használatának 38 százalékát, míg a vonatközlekedés 35 százalékát váltotta ki.

4.2.3. MEZŐGAZDASÁG

A mezőgazdaság szektor a vizsgált szektorok közül világszinten a legalacsonyabb szén-dioxid-kibocsátással bír, azonban az emberi tevékenység hatására bevonható betakarított és szántóterület aránya és minősége folyamatosan csökken és romlik. A fejlődő országokban tapasztalható népességszaporulás, az élelmiszerhiány és az ezekből fakadó hosszú távú társadalmi és gazdasági károk miatt a szektorban különösen nagy szükség van a legújabb technológiákra, ami ezeket a folyamatokat mérsékli, megállítja.

Éppen ezért a zöldberuházások a mezőgazdaságban is nélkülözhetetlenek (különösen a fejlődő országok esetében). A szélsőséges időjárási körülmények növekvő gyakorisága miatt egyre nagyobb hangsúlyt kap például az aszály, az árvizek, az erdőirtás, az élelmiszerpazarlás kérdésköre, ami jelentősen befolyásolja az élelmiszerhez, táplálékhoz való hozzájutást, valamint ebből fakadóan a termelést, feldolgozást. A fosszilis üzemanyagokon alapuló energiafelhasználás gyors és folyamatos növekedése és a természeti erőforrások fokozódó kiaknázása veszélyezteti az élelmiszer-, az ivóvíz-, a faanyag-ellátást és a halállományt (WBCSD, 2010).

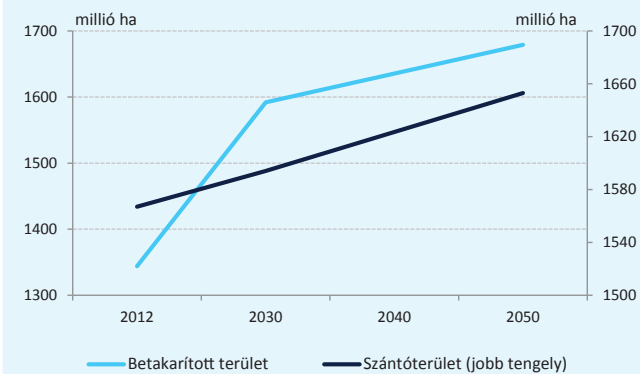
A sok ország számára példaország Hollandia és Dánia, akik a 2000-es évek elején elkötelezték magukat a fenntartható mezőgazdaság mellett. Ennek eredményeként az említett országok technológiai fejlettsége szinte egyedülálló a mezőgazdasági ágazatban. Számos helyen **már drónokat alkalmaznak a termőföldek monitorozása érdekében, így 10 méteres magasságból vizsgálható a talaj kémiai összetétele, a víztartalma. A termelők továbbá képet kapnak a növényekben található tápanyag mértékéről, mindezek következtében a termesztés előrehaladását is könnyedén fel tudják mérni.** Továbbá mobiltelefon-alkalmazás segítségével már vizsgálható a talaj pH-ja, szerves anyag tartalma és egyéb jellemzői. Ezen eredmények felhasználásával további elemzések állíthatók elő rövid idő leforgása alatt.

Egyes növénytermesztők 2000 óta az ország számára kulcsfontosságú növények vízfűggőségét 90 százalékkal mérsékeltek. Ezen kívül a termelők számos esetben teljes mértékben kiküszöbölték a növényvédőszer használatát. **Az állattenyésztésben is előrelépés történt, miszerint a holland baromfi- és állattenyésztőknek 2009 óta 60 százalékkal sikerült csökkenteni az antibiotikumok használatát** (Viviano, 2017).

A big data elősegítheti továbbá az élelmiszerhiány előrejelzését az aszályra, az időjárási viszonyokra, a migrációra, az árakra és a korábbi termelési adatokra vonatkozó információk kombinációjával (C. L. Hammer és szerzőtársai, 2017). Ehhez kapcsolódóan az amerikai székhelyű **Climate Corporation időjárási szimulációkat szolgáltató gazdálkodóknak, termelőknek, valamint az elmúlt hónapok napi időjárási adatait felhasználva becsléseket és előrejelzést készít a várt terméshozamról.** (Naponta körülbelül 2,5 millió helyről gyűjt információt, ezenkívül talajmegfigyelést is végeznek.) Így jobban, hatékonyabban tervezhető a gazdák és termelők számára a növények ültetése, illetve a termés betakarítása (Lokanathan és szerzőtársai, 2017).

Az ivóvíz mint szűkös erőforrás megköveteli minőségének folyamatos monitorozását. Számos példa azonosítható ezen témakör esetében, mely során **az ipari hálózatokba telepített mérőműszerekből, valamint a tisztítóüzemből és a vizsgálóberendezésekből származó adatok segítségével** korai beavatkozás válik lehetővé. Így a technológia hozzájárul a vízben fellelhető szennyező anyagokkal kapcsolatos betegségek elterjedésének csökkentéséhez, továbbá segítheti a közműveket és az ipari felhasználókat a vízminőségi előírások betartásában.

4-13. ábra: Betakarított és szántóterületek előrejelzése a zöld növekedési pálya alapján



Forrás: FAO, MNB-számítás.

A mezőgazdasági termelés intenzitása a populáció emelkedésével párhuzamosan várhatóan növekedni fog, melyet az előrejelzések is megerősítenek. Ezek alapján a **mezőgazdasági alkalmazásban lévő földterület 2050-re várhatóan 5,4 milliárd hektárra fog növekedni, a legelők és a szántóföld pedig 2010 és 2050 között várhatóan 11 és 6 százalékkal növekszik, amennyiben a vizsgált technológiai váltás bekövetkezik.** A betakarított terület várhatóan az 1,7 milliárd hektárt is megközelítheti, hogy megfeleljen a növekvő élelmiszerigénynek (4-13. ábra). A mezőgazdaságban évente átlagosan 120–200 milliárd dollár beruházást eszközölhetnek, amelyet elsősorban a mezőgazdasági kutatás és fejlesztésre, valamint a kártevőirtás és élelmiszer-feldolgozásra fordíthatnak. A növénytermesztésben **2050-re várhatóan 11–17 százalékkal magasabb terméshozamra számíthatnak.** A várakozások szerint a talajminőség 2050-re 21–27 százalékkal fog javulni, ami a fenntarthatóbb mezőgazdasági gyakorlatok, technológiák késleltetett hatásának tudható be (UNEP, 2019 és FAO, 2018).

4.2.4. FELDOLGOZÓIPAR

A feldolgozóipar szén-dioxid kibocsátásának jelentős mértéke (lásd részletesebben a 2. fejezetben) jól tükrözi a zöld technológiák implementálásának szükségességét, melyek növelik a hatékonyságot, valamint a környezeti fenntarthatóságot az energia- és anyaghatékony gyártási folyamatok megléte mellett, mely összességében a szennyezés és a költségek csökkentését eredményezi (UNEP, 2019). Tricoire (2019) szerint a zöld gyártás elsősorban az addigi üzleti és gyártási gyakorlatok, valamint a cégek gondolkodásmódjának megváltoztatásáról, a folyamatok elektrifikációjáról, digitalizációjáról szól. Mindemellett a szén-intenzív anyagok kevésbé szén-intenzív, természetes anyagokkal való helyettesítése is elengedhetetlen. Egy tisztább és biztonságosabb ipari termelés és a zöld gyártás nemcsak a környezetre, de az emberi egészségre is szignifikáns hatással van.

Tricoire (2019) szerint az anyagfeldolgozó rendszerek fejlesztése is elengedhetetlen. A búzaszalma-csomagolás alkalmazása például 40 százalékos energiamegtakarítást és 90 százalékos vízmegtakarítást eredményezhet. Jó példa minderre a **Saint-Gobain nevű cég, mely 2025-ig 20 százalékkal kívánja csökkenteni a szén-dioxid-kibocsátását a termelésében a digitális innováció révén, illetve az energiafelhasználás visszaszorításával** (Dhalla, 2019).

Tricoire (2019) szerint az erőforrások optimális felhasználásához a gyártási folyamaton belül a karbantartás, a javítás és a felújítás mellett az újrafelhasználás, újrahaznosítás is fontos szerephez jut. **A Whirlpool cég például továbbfejlesztett újrahaznosítási gyakorlatokat alkalmaz a gyártási folyamata során, mint például a kartondobozok, és a műanyagok gyűjtésével, amelyek alkatrészek alapanyagaként szolgálhatnak a gyártás során. Ezen módszer segítségével a cég elvárásai alapján közel 3 millió dolláros megtakarítás érhető el** (Whirlpool, 2019).

A gyártási folyamatinnovációnak köszönhetően az energiaigényes iparágakban megvalósuló hatékonyságjavulás környezeti kímélést is hordoz magában. **A Bio-pharma gyógyszeripari vállalat a termelési folyamatok fejlesztése nyomán lecsökkentette a végtermékének hibafaktorát, és a működési kiadásait 13 százalékkal mérsékelte, mely a felhasznált energia mennyiségére is jótékony hatással volt.** A rendelkezésükre álló, korábban azonban folyamat optimalizálásra nem használt adatok felhasználásával meghatározták a végtermék befolyásoló kulcsfontosságú tényezőket, aminek a segítségével változtatni tudtak a végtermék minőségén és költségén (Msrcosmos, 2017).

A feldolgozóipar által használt új technológiák (mint a mesterséges intelligencia, az üzleti intelligencia és a felhőalapú számítástechnika) optimalizálják és rugalmasan alakítják a megújuló energiaforrások felhasználását. Várakozások szerint 2022-re a gyártók közel 75 százaléka számítástechnikai felhő szolgáltatásokat fog használni, aminek a segítségével jelentősen csökkenthető a környezeti terhelés (Dhalla, 2019).

4.2.5. SZOLGÁLTATÓ SZEKTOR

Hasonlóan a jelenleg is zajló folyamatokhoz, a közeljövőben a terciér szektor súlyának további növekedése várható, mely a környezeti fenntarthatóságot is emeli. Egyre több szolgáltatás érhető el az általunk kiemelt ágazatokban is, mint az egészségügy és a pénzügyi szolgáltatások területén a big data alkalmazásával, amely egyre inkább a környezetkímélő és hatékony erőforrásfelhasználást helyezi előtérbe. A technológia és a big data fejlődésének köszön-

hetően a szolgáltató szektorban hosszú távon a foglalkoztatás bővülésére lehet számítani.

A szolgáltató szektor jövőjét néhány nagy jelentőségű technológia implementálása és terjedésének gyorsasága határozza meg. Ezek közül az egyik legfontosabb a **FinTech** (Financial Technology) megjelenése, amely a hagyományos pénzügyi szolgáltatókhoz (például bankokhoz) képest a legújabb technológiákat használja innovatív, magas ügyfélélményt biztosító pénzügyi szolgáltatások nyújtására. A FinTech fő alkalmazási területei (tranzakció, fizetés, tanácsadás, bankolás stb.) alapjaiban alakíthatják át a pénzügyi ágazatok jelenlegi formáit.

A másik nagy jelentőségű technológia a blokklánc. „A blokklánc a gazdasági tranzakciók megvesztegethetetlen digitális főkönyve, amely nemcsak pénzügyi tranzakciók nyilvántartására programozható, de voltaképp akármire, amely értékkel rendelkezik.”¹⁸ Decentralizáltságon alapuló működési elve biztonságossá teszi alkalmazását, így olyan területeken jelentheti a jövőt, mint az okos szerződések (az egyszerűbb szerződések kódolását, amelyek akkor kerülnek végrehajtásra, amikor teljesülnek a meghatározott kondíciók), közösségi gazdaság, közösségi finanszírozás, adattárolás, Internet of Things, személyes adatok kezelése, részvénykereskedelem, stb.

Végezetül pedig előretételezve a **Mesterséges Intelligencia fejlődése is érdemi hatással fog bírni a szolgáltatások alakulására.** Az AI-n alapuló megoldások gyökeresen átalakítják többek között a közlekedés (önvezető autók elterjedése), oktatás, egészségügy (személyre szabott gyógyszerajánlások, 24/7-es egészségügyi tanácsadás), kiskereskedelem (személyre szabott ajánlatok, különböző ajánlatok hatékony összevetése), bankolás (gyors és pontos hitelügyintézés, csalások visszaszorítása) jelenlegi folyamait és a felhasználói élményt egy teljesen új szintre emelik a közeljövőben.

4.2.5.1. Egészségügy

Az új és egyben okos technológiáknak, előrejelzéseknek köszönhetően az egészségügyi kiadások növekedési üteme az öregedő társadalmak ellenére mérséklődhet, emellett növelhető a társadalom egészségügyi állapota, amely további megtakarításokat eredményezhet. A járványok és egyéb betegségek elterjedése pedig visszaszoríthatóvá, illetve megelőzhetővé válhat.

Peking 2014-ben egy 10 éves megállapodást kötött az IBM-vel és a Green Horizzonnal, mely keretében fejlett időjárás előrejelzői rendszert alakítottak ki felhőalapú technológia, továbbá

mesterséges intelligencia és IoT segítségével a szmog problémájának megoldására. **A város 35 megfigyelőállomás felállításával létrehozott egy korai figyelmeztető rendszert, amelybe beérkező (forgalmi szintek, időjárás, páratartalom, szélminták stb.-re vonatkozó) adatokat felhasználva három nappal előre jelezheti az akut szennyeződés mértékét.** Ezenkívül Kína a szénüzemű energiatermelés visszafogásával, valamint a felhőalapú elemzési rendszer optimalizálásával és megújuló energiaforrások alkalmazásával kívánja elérni a szén-dioxid-kibocsátás csökkentését (Nepal, 2014). **Ennek eredményeképp Peking 20 százalékkal tudta a levegő ultrafinom részecske (azaz aeroszolok, füst, füst, por, hamu és pollen) arányát csökkenteni,** így közelebb került a 2017-ben kitűzött céljához, ahol a 25 százalékos csökkentést kívánt elérni (Theron-Ord, 2015).

A digitalizáció az egészségügyi szolgáltatások egyéb területén is érdemi potenciált jelent. A teleorvoslás lehetővé teszi, hogy a páciens a világ másik felén lévő orvossal konzultáljon, így lerövidítve a kezelésének időtartamát, csökkentve a költségeket. A Mesterséges intelligencia fejlődése ráadásul a kiértékelések időtartamát is mérsékelheti. Az MR-vizsgálat elkészültét követően a számítógépek azonnal felállítják a diagnózist és a kezelés további folyamatát is felvázolják. Végezetül pedig a hordozható okoseszközök (okosórák, okos karkötők) sürgősségi helyzetben azonnal és automatikusan értesítik a mentőszolgálatot, így megnövelve a túlélés lehetőségét.

4.2.5.2. Pénzügyi szolgáltatások

A 2015-ben elfogadott Párizsi Megállapodás tartalmazza a pénzügyi folyamatok világszintű szén-dioxid-kibocsátásának visszaszorítását is, továbbá ehhez a kezdeményezéshez az ENSZ SDG céltervvel is csatlakozott. A megállapodás a fenntartható technológiák és vállalkozások felé történő beruházást emeli ki (környezetvédelmi hitelnyújtás ösztönzése), ami hosszú távon fenntartható módon finanszírozhatja a növekedést, továbbá hozzájárulhat az alacsony szén-dioxid-kibocsátáshoz és környezetünk védelméhez (European Commission, 2019a). A pénzügyi szektorban is elengedhetetlen a magánbefektetők mobilizálása a fenntartható projektek (éghajlatváltozás, társadalmi egyenlőtlenségek, természeti erőforrások kihasználása elleni küzdelem) globális szintű finanszírozására (European Commission, 2019b). **A holland Tridos Bank 2019-ben aláírt megállapodás értelmében vállalta, hogy 2030-ig 49 százalékkal kívánja a szén-dioxid-kibocsátását csökkenteni olyan fenntartható projektek (elsősorban megújuló energiaforrás projektek) finanszírozásával, mint a szél- és a napenergiapark beruházás** (van Waveren, 2019).

18 Don & Alex Tapscott, a Blockchain Revolution (2016) szerzői

A bankok és biztosítók közvetlen és teljes hozzáféréssel rendelkeznek az ügyfelek nagy mennyiségű pénzügyi adataihoz. Az ügyféladatokon kívül a közösségi médiából, mobiltelefon-adatokból és egyéb felmérésekből gyűjtenek adatokat, amely segíthet a fogyasztók megtartásában, ajánlatmegkeresésben és a gyorsabb adatfeldolgozásban (Hussain – Prieto, 2016 és Simplilearn, 2019). A biztosítási szektorban is alkalmazhatók a legújabb technológiai vívmányok. **A biztosítók érzékelőkön keresztül végeznek adatgyűjtést, és drónokat küldenek katasztrófa sújtotta területekre (mint a Katrina hurrikán után), vagy más**

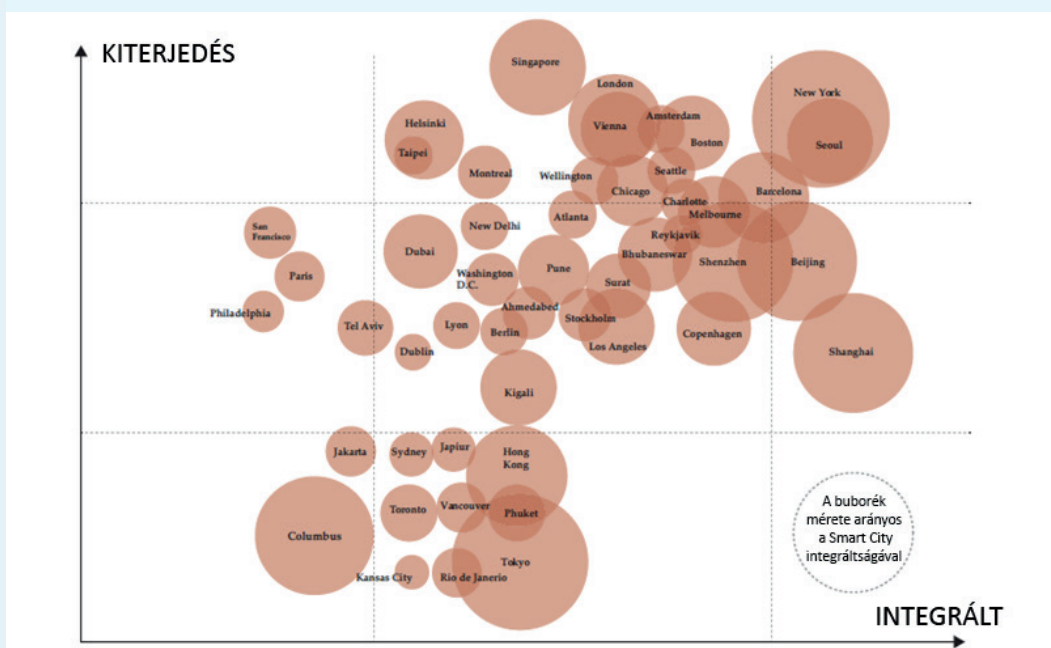
terepre, amik nehezen megközelíthetőek. Ennek köszönhetően az elbírálási folyamat feldolgozási ideje lerövidült, és a károsultak hamarabb hozzájutottak a biztosítási összeghez (Economist, 2019a). Dlugolecki – Lafeld (2005) felmérései alapján az éghajlatváltozás évente 2–4 százalékkal megnövelheti a potenciális vagyoni kárt. A károk 35–40 százaléka természeti katasztrófák következményeként következik be, amelyek több mint háromnegyedét viharok és árvizek okozzák. Az éghajlatváltozás tovább súlyosbíthatja a viharok intenzitását, növelheti az üvegházhatást, és a hőmérséklet további emelkedéséhez vezethet.

4-4. keretes írás: Smart city mint az urbanizációra adott leghatékonyabb válasz

Az elmúlt évtizedekben fokozódó urbanizáció volt megfigyelhető világszinten, de különösen a fejlődő országokban. **2018-ban a világ népességének 55 százaléka városban élt, és az előrejelzések alapján ez az arány 2050-re várhatóan 68 százalékra nő.** A városi népesség arányának további növekedésével a városi körülmények romlanak, és elengedhetetlen, hogy városaink mind környezeti, mind gazdasági szempontból fenntartható módon működjenek (ENSZ, 2019). A WHO adatai alapján ugyan a városok tekinthetők a gazdasági növekedés motorjának – a világ GDP-jének közel 80 százaléka itt állítódik elő – de mindez rendkívüli mértékű szén-dioxid kibocsátással párosul (a világ szén-dioxid-kibocsátásának 75 százaléka városokban keletkezik).

A smart city, más néven okos város, egy **olyan város, ami innovatív módon használja fel a rendelkezésre álló technológiai lehetőségeket.** Ezen felül egy jobb, „intelligensebb” és fenntarthatóbb, hatékonyabb városi környezet kialakítását segíti elő, azaz fenntartható és felelősségteljes gazdasági fejlődést eredményez, valamint tovább növeli az életszínvonalat (Lados – Horváthné Barsi, 2011)

4-14. ábra: A világ okos városainak fejlettségi és integráltsági szintjei



Forrás: Eden Strategy Institute és ONG&ONG Pte Ltd.

Songdo városában az **elsődleges cél az alacsony szén-dioxid-kibocsátás és energiahatékony, környezeti szempontból fenntartható városnövekedés megvalósítása volt élvonalbeli technológiák alkalmazásával.** Több multinacionális technológiai vállalat a helyi hatósággal fogott össze a város megalkotásában, ahol fejlett információs és kommunikációs hálózatokat alkalmaznak. Az összes épület egy közös információs rendszert alkot, azaz az üzemeltetés költséghatékonyabb, továbbá lehetőség van arra, hogy távolból is beállítható legyen az otthonok, épületek hőmérséklete, fényviszonya stb. Így az energiafogyasztás folyamatosan nyomon követhető, és optimális, alacsonyabb energiafelhasználást eredményez, amihez szél- és napenergiából nyert energiát is felhasználnak. **A város működéséhez szenzorok, érzékelők és chipek gyűjtenek adatokat (például a forgalom helyzetéről), amit egy központi rendszer dolgoz fel és elemez.** Erre példaként említhető meg az utcai és közlekedési jelzőlámpák rendszere, melyek a várakozó járókelők, járművek függvényében üzemelnek, ezzel is energiát megtakarítva (Czirják – Gere, 2016). A másik kiemelkedő példa Barcelona városa, amely számos befektetést eszközöl IoT alkalmazásokba. Az eszközök egymáshoz kapcsolódása révén a város rengeteg adatot gyűjt, amelyet a napi döntéseinek irányításához használ fel. **A város 30 százalékos energiamegtakarítást ért el azzal, hogy érzékelőkkel ellátott LED lámpákat üzemeltetett be megadott közlekedési pontokra, amelyek csak akkor világítanak, ha mozgást érzlelnek. Továbbá ezek az érzékelők a zajszintről, a levegőszennyezésről, valamint a páratartalomról is gyűjtenek adatokat.** Barcelona az IoT alkalmazásoknak köszönhetően közel 58 millió dollárnak megfelelő vízmennyiséget takarított meg. **A városvezetés ezen intézkedésekkel azt reméli, hogy képes a költségeket csökkenteni, és növelni a társadalmi jólétet azáltal, hogy erőforrásait és a rendelkezésre álló adatokat hatékonyabban használja fel.**

A tervek szerint Koppenhága akár már 2025-re teljes mértékben zöld, okos és karbon-mentes várossá válhat. A cél az, hogy a városban 20 százalékkal csökkenjen a fűtési és kereskedelmi villamosenergia-fogyasztás, valamint a közlekedés 75 százaléka kerékpárral, gyalog vagy tömegközlekedéssel történjen. Továbbá 60 ezer négyzetméternyi új napelem betelepítését kívánják elérni, illetve a város fűtési igényét, szükségletét teljes mértékben a megújuló energiaforrások tegyék ki. 2018-ig Koppenhága hőfogyasztását 15 százalékkal csökkentették, a városban megtett utak 66 százaléka már kerékpárral, gyalog vagy tömegközlekedéssel történik, a fűtési és villamosenergia 51 százaléka megújuló energiaforrásokból származik. A városban eddig kialakított technológiáknak és infrastruktúrának köszönhetően **2005 óta 42 százalékkal sikerült csökkenteni a város szén-dioxid-kibocsátását, bár a mobilitással és az energiafogyasztással kapcsolatos kihívások továbbra is fennállnak, hogy a város 2025-re elérje kitűzött célját. A dán főváros zöld átalakulása hozzájárulhat a zöld munkahelyek megteremtéséhez és a gazdasági növekedéshez, ami magasabb életminőséget eredményezhet** (Robertson, 2019).

Amszterdam több mint 100 partnerrel működik együtt innovatív projektek megvalósításában. Gyakorlatilag egy közösségi felület fogja át az egész ökoszisztémát, ahol többek között bejegyzéseken keresztül lehet kérdéseket, igényeket felvetni, valamint az eseményekkel, megoldásokkal kapcsolatban lehet információhoz jutni. Olyan megoldások születtek, mint például: integrált lakossági bejelentő (baleset, tüzeset, bűneset stb.); elektromos töltőállomások rendszere; innovatív zöldenergia-használati megoldások; okos közvilágítás kerékpárutakon (mozgásra kapcsol be, szél- és napenergia az áramtermelő); zöld tetők; virtuális erőmű projekt (megújuló energia tárolása, „kereskedelme” a felhasználók között, a kapacitáskihasználás miatt), energiaatlasz (a megújuló energia használatának előmozdításához) (Czirják – Gere, 2016).

Szingapúrban a SkillsFuture program keretében a digitális képességek kiépítését segítik a városi lakosság körében. A Tech Skills Accelerator program több mint 27 ezer embert képzett az adatelemzés, a mesterséges intelligencia, big data területén (Eden Strategy Institute és ONG&ONG Pte Ltd., 2018).

Felhasznált irodalom:

- ADAC (2019): *Klima-Studie: Elektroautos brauchen die Energiewende*. Letölthető: <https://www.adac.de/verkehr/tanken-kraftstoff-antrieb/alternative-antriebe/co2-treibhausgasbilanz-studie/> Letöltve: 2019. szeptember 25.
- Anitesh Barua – Deepa Mani – Rajiv Mukherjee (2010): *Measuring the Business Impacts of Effective Data*. <http://middleman.heltenkelt.se/anvandbart.se/images/drupalbilder/blogsources/div/EffectiveDataStudyPt1-MeasuringtheBusinessImpactsofEffectiveData-WP.pdf>
- Bakhshi H. – Bravo-Biosca A. – Mateos-Garcia J. (2014): *Inside the datavores: how data and online analytics affect business performance*. Nesta https://media.nesta.org.uk/documents/1405_the_analytical_firm_-_final.pdf
- Bekker, A. (2019): *Is Big Data Any Good for Manufacturing?* Drumroll, Please. Sciencesoft. Downloaded: 2019.09.16. <https://www.scnsoft.com/blog/big-data-in-manufacturing-use-cases>
- Brynjolfsson E. – Hitt L. – Kim HH. (2011): *Strength in numbers: how does data-driven decision making affect firm performance?* MIT - Sloan School of Management <https://pdfs.semanticscholar.org/dde1/9e-960973068e541f634b1a7054cf30573035.pdf>
- Bughin, J. (2016): *Big Data, Big bang?*. Journal of Big Data volume 3. <https://journalofbigdata.springeropen.com/articles/10.1186/s40537-015-0014-3#Equ6>
- C. L. Hammer és szerzőtársai (2017): *Big Data: Potential, Challenges and Statistical Implications*. IMF Staff Discussion Note. IMF, September 2017. Letölthető: [https://www.elibrary.imf.org/abstract/IMF006/24476-9781484310908/24476-9781484310908.xml?redirect=true](https://www.elibrary.imf.org/abstract/IMF006/24476-9781484310908/24476-9781484310908/24476-9781484310908.xml?redirect=true) Letöltve: 2019. szeptember 2.
- Cisco (2017): *Cisco Visual Networking Index: Forecast and Trends, 2017–2022*. <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/white-paper-c11-741490.pdf>
- Cukier S. K. – Mayer V. (2014): *Big Data: Forradalmi módszer, amely megváltoztatja munkánkat, gondolkodásunkat*. HVG kiadó Zrt. Budapest.
- Czirják, R. – Gere, L. (2016): *Okosvárosokkal a globális társadalmi kihívások kezeléséért?*. Letölthető: <http://www.geopolitika.hu/hu/2016/09/23/okosvarosokkal-a-globalis-kihivasok-kezeleseert/> Letöltve: 2019. augusztus 14.
- Data-Driven Innovation (2015): *Big Data for Growth and Well-Being*. OECD Publishing, Paris.
- De Mauro, A. – Greco, M. – Grimaldi, M. (2016): „A formal definition of Big Data based on its essential features”, Library Review, Vol. 65 No. 3, pp. 122–135. <https://doi.org/10.1108/LR-06-2015-0061>
- Dhalla, B. B. (2019): *Big Data and IoT transforming manufacturing industry*. Letölthető: <https://www.oodlestechnologies.com/blogs/Big-Data-and-IoT-transforming-manufacturing-industry/> Letöltve: 2019. augusztus 15.
- Dlugolecki, A. – Lafeld, S. (2005): *Climate change and the financial sector: An agenda for action*.
- Economist (2010): *Wheels When You Need Them*. Economist, September 2. 2010. Letölthető: <https://www.economist.com/business/2010/09/02/wheels-when-you-need-them> Letöltve: 2019. szeptember 18.
- Economist (2016): *The Driverless, Car-Sharing Road Ahead*. Economist, January 9. 2016. Letölthető: <https://www.economist.com/business/2016/01/09/the-driverless-car-sharing-road-ahead> Letöltve: 2019. szeptember 18.
- Eden Strategy Institute and ONG&ONG Pte Ltd. (2018): *TOP50 Smart City Governments*. Letölthető: <http://hailstone.com.sg/oxd/wp-content/uploads/2019/01/Top-50-Smart-City-Governments.pdf> Letöltve: 2019. augusztus 16.
- Economist (2019b): *Technology firms vie for billions in data-analytics contracts*. Letöltve: 2019.09.10. <https://www.economist.com/business/2019/09/05/technology-firms-vie-for-billions-in-data-analytics-contracts>
- ENSZ (2019): *World Urbanization Prospects 2018*. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division.
- European Commission (2014): *Az intelligens fogyasztásmérés megvalósításának értékelése az EU-27-ben, különös tekintettel a villamos energiára*. Brüsszel. 2014. 6. 17. COM (2014) 356 final.

Letölthető: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:52014DC0356&from=EN>

Letöltve: 2019. szeptember 5.

European Commission (2019a): *Sustainable finance*.

Letölthető: https://ec.europa.eu/info/business-economy-euro/banking-and-finance/sustainable-finance_en

Letöltve: 2019. szeptember 5.

European Commission (2019b): *High-level conference: A global approach to sustainable finance*.

Letölthető: https://ec.europa.eu/info/events/finance-190321-sustainable-finance_en

Letöltve: 2019. szeptember 5.

European Parliament and Council of the European Union (2019): Az Európai Parlament És A Tanács (EU) 2019/631 Rendelete (2019. április 17.) az új személygépkocsikra és az új könnyű haszongépjárművekre vonatkozó szén-dioxid-kibocsátási előírások meghatározásáról, valamint a 443/2009/EK és az 510/2011/EU rendelet hatályon kívül helyezéséről (átdolgozás). Az Európai Unió Hivatalos Lapja, 2019. 04. 25.

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R0631&from=EN>

Letöltve: 2019. szeptember 24.

Eurostat (2019): *Smart grids and meters*. Letölthető:

<https://ec.europa.eu/energy/en/topics/markets-and-consumers/smart-grids-and-meters>. Letöltve: 2019. augusztus 6.

FAO (2018): *The Future of Food and Agriculture – Alternative Pathways to 2050*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Róma. Letölthető:

<http://www.fao.org/3/CA1553EN/ca1553en.pdf> Letöltve: 2019. szeptember 18.

Forbes (2018): *10-charts-that-will-change-your-perspective-of-big-datas-growth*. Letöltve, 2019.09.10.: <https://www.forbes.com/sites/louiscolombus/2018/05/23/10-charts-that-will-change-your-perspective-of-big-datas-growth/#671e91e29268>

Letöltve, 2019.09.10.: <https://www.forbes.com/sites/louiscolombus/2018/05/23/10-charts-that-will-change-your-perspective-of-big-datas-growth/#671e91e29268>

Gartner.com: IT glossary: Big Data. Letöltve: 2019.09.16.

<https://www.gartner.com/it-glossary/big-data/>

Goodridge, P. – Haskel, J. (2015): *How Does Big Data Affect GDP? Theory and Evidence for the UK. discuss paper*.

Imperial College London, Business School

Harding, M. – Hersh, J. (2018): *Big Data in economics*. IZA World of Labor 2018: 451 doi: 10.15185/izawol.451 <https://wol.iza.org/articles/big-data-in-economics/long>

Hussain, K. – Prieto, E. (2016): *Big Data in the Finance and Insurance Sectors*. In: Cavanillas, J. M. – Curry, E. – Wahlster, W. (eds): *New Horizons for a Data-Driven Economy*. Springer, Cham. pp. 209–223.

IEA (2018): *CO₂ Emissions from Fuel Combustion 2018*.

Letölthető: <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/co2-fuel-2018-en.f?expires=1568297897&id=id&accname=ocid56004653&checksum=69A-EAB6303821774A7E4F54870238094>

Letöltve: 2019. szeptember 3.

IEA (2019a): *Key world energy statistics*. International Energy Agency, 1. October 2019. Letölthető:

<https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/71b3ce84-en.f?expires=1571390591&id=id&accname=ocid56004653&checksum=B379E-3986E0194A75655B33B98BAEF93>

Letöltve: 2019. október 18.

IEA (2019b): *Renewable energy sources used for electricity generation*. Letölthető: <https://www.iea.org/s/?country=WORLD&year=2016&category=Renewables&indicator=RenewGenBySource&mode=chart&dataTable=RENEWABLES>.

Letöltés dátuma: 2019. szeptember 3.

Kempken, C. (2019): *Diesel-Fahrverbot: Welche Ausnahmen gibt es?*. Letölthető: https://www.bussgeldkatalog.org/diesel-fahrverbot-ausnahmen/?fbclid=IwAR0XwT6UE0a_XmLi9IglclpWn1qdW0QImH2vt8bHQpDD6Rq4ouLnTND8zLw

Letöltve: 2019. szeptember 27.

Lados, M. – Horváthné Barsi, B. (2011): *Smart cities tanulmány*. Magyar Tudományos Akadémia Regionális Kutatások Központja Nyugat-magyarországi Tudományos Intézet, Győr Letölthető: http://www.rkk.hu/rkk/news/2011/smart_cities_tanulmany_IBM_RKK.pdf

Letöltve: 2019. augusztus 27.

Lokanathan és szerzőtársai (2017):

Mapping Big Data Solutions for the Sustainable Development Goals. LIRNEasia

Mckinsey (2016): *BIG DATA: GETTING A BETTER READ ON PERFORMANCE*, McKinsey Quarterly, February 2016.

<https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Industries/High%20Tech/Our%20Insights/Big%20data%20getting%20a%20better%20read%20on%20performance/Big%20data%20Getting%20a%20better%20read%20on%20performance.ashx>

- McKinsey (2019): *Global Energy Perspective 2019: Reference Case*. January 2019. Letölthető: https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Industries/Oil%20and%20Gas/Our%20Insights/Global%20Energy%20Perspective%202019/McKinsey-Energy-Insights-Global-Energy-Perspective-2019_Reference-Case-Summary.ashx
Letöltve: 2019. augusztus 16.
- Mordor Intelligence (2019): *Big Data Analytics in Energy Sector Market - Growth, Trends, and Forecast (2019–2024)*, May 2019. Letölthető: <https://www.researchandmarkets.com/reports/4774956/big-data-analytics-in-energy-sector-market>
Letöltve: 2019. augusztus 14.
- Msrcosmos (2017): *Insight, Case study, Bio-Pharma*. Downloaded: 2019.09.16. https://www.msocosmos.com/bio-pharma-case-study/?Resource_type=2&Resource_technology=bigdata&Resource_industry=
- Munuera, L. (2019): *Smart grids Tracking Clean Energy Progress*. Letölthető: <https://www.iea.org/tcep/energyintegration/smartgrids>
Letöltve: 2019. augusztus 2.
- Nepal, C. (2014): *Big data and open data as sustainability tools*. United Nations, ECLAC. Letölthető: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37158/1/S1420677_en.pdf
Letöltve: 2019. július 16.
- Nijland és szerzőtársai (2015): *Impact Of Car Sharing On Mobility And CO₂ Emissions*. PBL Netherlands Environmental Assessment Agency. PBL Publication, (1842).
Letölthető: https://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/PBL_2015_Note%20Impact%20of%20car%20sharing_1842.pdf
Letöltve: 2019. szeptember 19.
- O. Müller – M. Fay – J. vom Brocke (2018): *The Effect of Big Data and Analytics on Firm Performance: An Econometric Analysis Considering Industry Characteristics*. Journal of Management Information Systems, volume 35 issue 2
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/07421222.2018.1451955>
- OECD (2015): *Data Driven Innovation: Big Data for Growth and Well-Being*. OECD Publishing, Paris. Letöltve: 2019.09.10. <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/9789264229358-en.f?expires=1568969753&id=id&accname=ocid56004653&checksum=AD58D5866D1AD-1000BD5FA8CD3C304E0>
- OECD/IEA (2018): *Global EV Outlook 2018. Towards cross-modal electrification*. Letölthető: <https://www.iea.org/gevo2018/> Letöltve: 2019. szeptember 11.
- Office of Electricity (2019): *Grid Modernization and the Smart Grid*. Letölthető: <https://www.energy.gov/oe/activities/technology-development/grid-modernization-and-smart-grid>
Letöltve: 2019. augusztus 21.
- PWC (2018): *Get Smart with Smart Grids a New Paradigm*. Letölthető: <https://www.pwc.com/gx/en/utilities/assets/pwc-smart-grids.pdf>
Letöltve: 2019. augusztus 9.
- REN21 (2019): *Renewables In Cities. 2019 Global Status Report*. Preliminary Findings. Paris, May 2019. Letölthető: <http://www.ren21.net/cities/wp-content/uploads/2019/05/REC-GSR-Low-Res.pdf>. Letöltve: 2019. szeptember 27.
- Robertson, D. (2019): *Inside Copenhagen's race to be the first carbon-neutral city*. Letölthető: <https://www.theguardian.com/cities/2019/oct/11/inside-copenhagens-race-to-be-the-first-carbon-neutral-city>
Letöltve: 2019. október 7.
- Rusitschka, S. – Curry, E. (2016): *Big Data in the Energy and Transport Sectors*. In: Cavanillas, J. M. – Curry, E. – Wahlster, W. (eds): *New Horizons for a Data-Driven Economy*. Springer pp. 225–244.
- Schreier és szerzőtársai (2018): *Analysis of the Impacts of Car-sharing in Bremen*. Bremen, Germany. teamred. Letölthető: https://northsearegion.eu/media/5724/analysis-of-the-impact-of-car-sharing-in-bremen-2018_team-red_final-report_english_compressed.pdf
Letöltve: 2019. szeptember 3.
- Searchbusinessanalytics (2019): *Demand for data scientists is booming and will only increase*. Letöltve: 2019.09.16. Letöltve: <https://searchbusinessanalytics.techtarget.com/feature/Demand-for-data-scientists-is-booming-and-will-increase>
- Simplilearn (2019): *How Applications of Big Data Drive Industries*. Letölthető: <https://www.simplilearn.com/big-data-applications-in-industries-article>
Letöltve: 2019. szeptember 2.
- Skrainka, B. S. (2016): *Essential economics for data scientists*. February 10, 2016 10 / 40 Letöltve: 2019.09.03. <https://www.slideshare.net/BenjaminSkrainka/essential-econometrics-for-data-scientists>

- Smith, M. N. (2016): *The number of cars worldwide is set to double by 2040*. Letölthető: <https://www.weforum.org/agenda/2016/04/the-number-of-cars-worldwide-is-set-to-double-by-2040> Letöltve: 2019. szeptember 27.
- smsplc (2017): *Smart Meters: Paving the Way for Our Future Energy System*. Letölthető: <https://www.sms-plc.com/insights/blogs-news/smart-meters-making-the-smart-grid-possible/> Letöltve: 2019. július 31.
- Statista (2019): *Number of scheduled passengers boarded by the global airline industry from 2004 to 2019 (in millions)*. Letölthető: <https://www.statista.com/statistics/564717/airline-industry-passenger-traffic-globally/> Letöltve: 2019. augusztus 30.
- Tabbitt, S. (2014): *Big Data Analytics Keeps Dublin Moving*. Letölthető: <http://www.telegraph.co.uk/sponsored/sport/rugby-trytracker/10630406/ibm-big-dataanalytics-dublin.html> Letöltve: 2019. augusztus 27.
- Tambe, P. (2014): *Big Data Investment, Skills, and Firm Value, Management Science*. Volume 60 Issue 6.
- Tapscott, D. – Tapscott, A. (2016): *Blockchain revolution: how the technology behind bitcoin is changing money, business, and the world*. Penguin.
- Techjury (2019): *Big Data Statistics 2019*. Letöltve, 2019.09.04. <https://techjury.net/stats-about/big-data-statistics/>
- Theron-Ord, A. (2015): *IBM's Green Horizons uses IoT for clean air*. Letölthető: <https://www.smart-energy.com/regional-news/africa-middle-east/ibms-green-horizons-uses-iot-for-clean-air/> Letöltve: 2019. augusztus 30.
- Tricoire, J-P. (2019): *Here's why green manufacturing is crucial for a low-carbon future*. Letölthető: <https://www.weforum.org/agenda/2019/01/here-s-why-green-manufacturing-is-crucial-for-a-low-carbon-future/> Letöltve: 2019. augusztus 14.
- UN Environment (2019): *Global Environment Outlook – GEO-6: Healthy Planet, Healthy People*. Nairobi.
- UNEP, U. (2011): *Towards a green economy: Pathways to sustainable development and poverty eradication*. Nairobi, Kenya, UNEP. Letölthető: www.unep.org/greeneconomy Letöltve: 2019. augusztus 1.
- van Waveren, C. (2019): *Triodos Bank endorses the commitment of the Dutch financial sector to reduce CO₂ emissions*. Letölthető: <https://www.triodos.com/press-releases/2019/triodos-bank-endorses-the-commitment-of-the-dutch-financial-sector-to-reduce-co2-emissions> Letöltve: 2019. szeptember 19.
- Viviano, F. (2017): *This Tiny Country Feeds The World. The Netherlands has become an agricultural giant by showing what the future of farming could look like*. Letölthető: <https://www.nationalgeographic.com/magazine/2017/09/holland-agriculture-sustainable-farming/> Letöltve: 2019. október 16.
- WBCSD (2010): *Az üzleti világ új programja, Vision 50*. Letölthető: <https://www.wbcscd.org/contentwbc/download/6528/110793> Letöltve: 2019. augusztus 21.
- Whirlpool (2019): *Our Sustainable Journey. 2018 Corporate Sustainability Report* <http://assets.whirlpoolcorp.com/files/Whirlpool-Corporation-2018-Sustainability-Report.pdf> Letöltve: 2019. szeptember 18.
- Wilkinson J. (2019): *5 frontier technology trends shaping international development*. Letöltve: 2019.09.27. <https://www.bond.org.uk/news/2019/06/5-frontier-technology-trends-shaping-international-development>
- X. Jin és szerzőtársai (2015): *Significance and Challenges of Big Data Research*. Big Data Research.

5. A digitalizáció és a technológiai fejlődés árakra gyakorolt hatása

A körülöttünk lévő világ folyamatosan és egyre gyorsuló ütemben változik. Ezek a változások egyszerre jelentenek új lehetőségeket és kihívásokat a gazdaság valamennyi szereplője számára. A világgazdaság működésére és a mindennapi életünkre az olyan megatrendek mint a digitalizáció, a technológiai fejlődés vagy az automatizáció érdemi hatással bír, melyhez napról-napra alkalmazkodnunk kell, mivel a digitalizáció és az internet korában a hagyományos piacműködés megváltozik, és átalakul a gazdasági szereplők egymáshoz való viszonya.

A digitális világ expanziója és az így keletkező nagy mennyiségű adat új kihívást jelent a gazdasági folyamatokat megérteni akaró elemzők, a döntéshozók illetve a statisztikai hivatalok számára is. Az adatforradalom felgyorsítja az adatok mennyiségének növekedését és keletkezését; bővíti az adatokkal vizsgálható és bemutatható jelenségek körét; elősegíti, hogy az adatok egyre hamarabb rendelkezésre álljanak; bővíti az adatforrások körét, és növeli az adat-előállítók, -feldolgozók és -elemzők számát. Ezek a változások arra ösztönzik a statisztikai hivatalokat, hogy a hagyományos mérési módszertanokat modernizálják, illetve lehetőség szerint integrálják a big data jelentette másodlagos adatforrásokat.

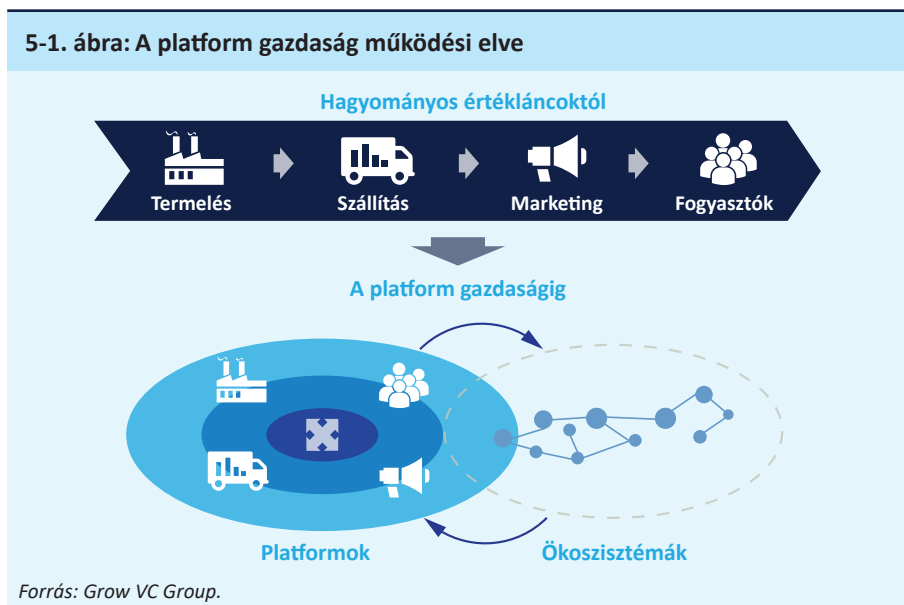
A digitalizáció és a technológiai fejlődés hatása jelentkezik a vállalati stratégiákban és árazási döntésekben, így az inflációban is. A digitalizáció hatása négy fő csatornán keresztül gyűrűzik be az árakba, melyek az e-kereskedelem; a tudatosabb és jobban informált vásárlók; az automatizáció és az IT-fejlődés (IKT-eszközök). Ezek eredője az alacsonyabb infláció irányába mutat. A kvantum árazás mint új árazási stratégia szintén kihívást jelent a hivatalos statisztika számára, mely elsősorban reprezentativitási és az árváltozások kiszámíthatóságára vonatkozó kérdéseket vet fel. Ezekkel az új kihívásokkal áll tehát szemben a hagyományos mérési módszertan, melynek lehetőségként kell tekintenie a változásokra.

5.1. A digitalizáció hatása a mindennapi életünkre

A körülöttünk lévő világ folyamatosan és egyre gyorsuló ütemben változik. A világgazdaság működésére és a mindennapi életünkre az olyan megatrendek mint a digitalizáció, a technológiai fejlődés vagy az automatizáció érdemi hatással bír, melyhez napról-napra alkalmazkodnunk kell. Ezek a változások egyszerre jelentenek új lehetőségeket és kihívásokat a gazdaság valamennyi szereplője számára. A digitalizáció és a növekvő internethasználat eredményeként átalakul a termékekkel és szolgáltatásokkal szembeni fogyasztói magatartásunk (online vásárlás), illetve növekszik a vásárlói tudatosság. A digitalizáció forradalmasította a média, a pénzügyi és állami szolgáltatások használatát, az egymás közötti kommunikációt stb. A vállalatok szempontjából napjaink digitalizációs technológiái mint a mobiltechnológia, a big data, a felhő alapú tárolás, a szenzorok, a digitális platformok és az automatizáció, jelentős átalakulást okozhatnak a hagyományos vállalati működésben, és abban a folyamatban, ahogyan a vállalatok együttműködnek beszállítóikkal és kiszolgálják fogyasztóikat.

Az internet térnyerésének mértéke jelentős és egyre gyorsuló mértékű, ahogyan azt már a negyedik fejezetben is bemutatottuk. Mindez megteremtette a **platform gazdaságok** működésének alapját, melyek **megváltoztatják a hagyományos piacműködést és a szereplők viszonyát, közvetve pedig a vállalati stratégiákat és árazást.** A digitális platformok és a felhők jelentette átalakulásra harmadik globalizációként is szokás hivatkozni, ami a globalizáció folyamatában egy újabb szakaszt indít el (Kenney–Zysman, 2016). Ha egy hasonlattal szeretnénk élni, akkor azt mondhatjuk, hogy míg az első ipari forradalom a gyárak köré szerveződött, addig a napjainkban zajló változások tágabb értelemben véve a digitális platformok köré szerveződnek. **A platform gazdaság – vagy digitális platform gazdaság – egy gyűjtőfogalma azoknak az interneten működő, digitális vállalatoknak, melyek különféle üzleti, társadalmi és egyéb tevékenységeket látnak el.** Az Amazon, az Uber, a Facebook, a Google vagy az Alibaba a saját működési területüket úgy forradalmasítják, hogy a hagyományostól eltérő módon kapcsolják össze a keresletet (fogyasztók) és a kínálatot (termelők). A legtöbb platformon valamilyen tranzakció lebonyolí-

tására van lehetőség, de vannak innovációs platformok is, például a Microsoft innovációs platformja, ami a felhasználók és a független fejlesztők számára biztosít hozzáférést a különféle technológiákhoz. A platform gazdaság működési elvét az 5-1. ábra mutatja be.



A platform gazdaságban azonosíthatók a hálózati működés elemei, például az, hogy ha egy platformhoz minél többen csatlakoznak, a platform egyre hatékonyabban tud működni és a szereplőinek haszna egyre nagyobb mértékben növekszik. A platform gazdaság „hagyományos” szereplői mellett megjelennek az ökoszisztémák is, akik úgy teremtenek értéket egy platformon belül, hogy valójában nem a platform tulajdonosa szabályozza a működésüket. Ilyenek például azok a szereplők, akik applikációkat fejlesztenek az adott platform elven működő vállalat számára. **A platform gazdaság térnyerése a világ legnagyobb vállalatainak körében is megfigyelhető, hiszen 2018-ban a világ 10 legnagyobb vállalatából 7 platform alapon működött** (5-2. ábra). Piaci kapitalizáció alapján a világ 60 legnagyobb, platform alapon működő vállalatának kétharmada az USA-ban, 30 százaléka Ázsiában és minimális arányban Európában működik. Az amerikai platform vállalatok között a legnagyobbak közé tartozik az Apple, Amazon, Microsoft, Facebook, Alphabet, Netflix, Paypal, illetve az Ebay. Az ázsiai vállalatok közül pedig az Alibaba, a Tencent és a Samsung rendelkezik a legnagyobb piaci kapitalizációval a 2018-as adatok alapján.¹⁹

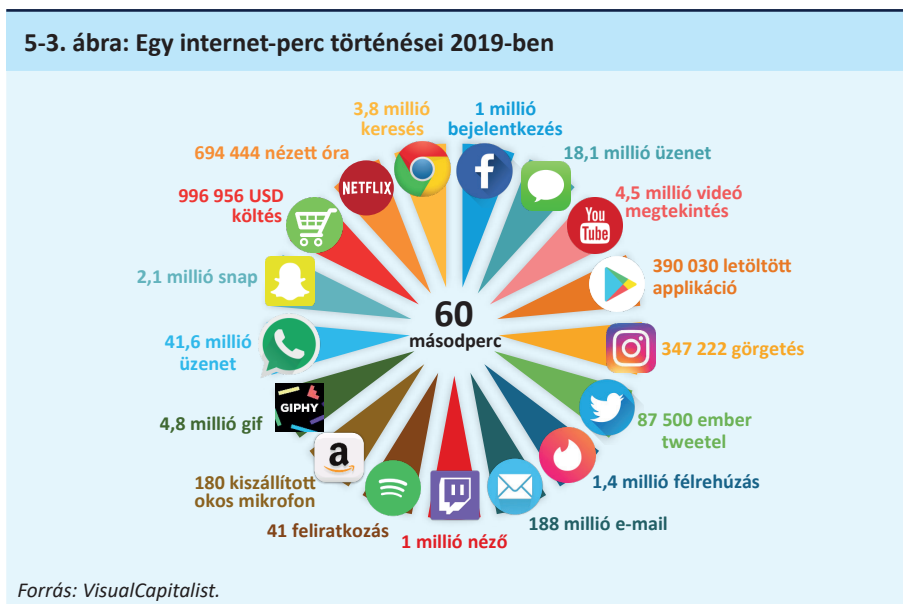
5-2. ábra: A top 10 globális vállalat (2008 vs. 2018)

2008				2018			
Sor-rend	Vállalat	Alapítás éve	Milliárd USD	Sor-rend	Vállalat	Alapítás éve	Milliárd USD
1.	PetroChina	1999	728	1.	Apple	1976	890
2.	Exxon	1870	492	2.	Google	1998	768
3.	GE	1892	358	3.	Microsoft	1975	680
4.	中国移动 China Mobile	1997	344	4.	amazon	1994	592
5.	ICBC	1984	336	5.	f	2004	545
6.	GAZPROM	1989	332	6.	Tencent 腾讯	1998	535
7.	Microsoft	1975	313	7.	BERKSHIRE HATHAWAY	1955	496
8.	Shell	1907	266	8.	Alibaba.com	1999	489
9.	SINOPEC	2000	257	9.	Johnson-Johnson	1886	380
10.	AT&T	1885	238	10.	J.P.Morgan	1871	375

Megjegyzés: A piros háttér platform alapon működő vállalatokat jelöli.
Forrás: Bloomberg, Google.

19 <https://www.netzoekonom.de/2018/06/24/wert-der-plattform-oekonomie-steigt-im-ersten-halbjahr-um-1-billion-dollar/>

Mindannyian a digitális világ és a digitális társadalom részei vagyunk. A minket körülvevő eszközök mint a mobiltelefonok, számítógépek, táblagépek és okosórák lehetővé teszik, hogy a nap bármely időszakában azonnal hozzáférjünk az internethez. Ennek következtében **már egyetlen perc alatt hihetetlen mennyiségű adat keletkezik globálisan**, hiszen rengeteg e-mailt küldünk, információt keresünk, videót nézünk vagy éppen online vásárolunk (5-3. ábra). Ez az adatforgalom mérési skáláját is folyamatosan alakítja és manapság már exa-, zetta- és yottabyte-okban (10^{18} , 10^{21} és 10^{24} byte) határozzuk meg az adatmennyiséget. **Az egyre növekvő adatmennyiség pedig kihívások elé állítja az adatokkal foglalkozó gazdasági szereplőket.**



5.2. A digitalizáció hatása a hagyományos statisztikára

A digitális világ expanziója és az így keletkező nagy mennyiségű adat új kihívást jelent a gazdasági folyamatokat megérteni akaró elemzők, a döntéshozók illetve a statisztikai hivatalok számára is. A big data a stratégiai döntésekhez korábban felhasznált hivatalos adatszolgáltatás mellett másodlagos adatforrást jelent. Volumenét tekintve jelentős mennyiségű adat áll rendelkezésre és keletkezik percről-percre, igazi adatforradalmat okozva ezzel a digitalizáció korában. Azok, akik adattal foglalkoznak, valamennyien szembesülnek az adatforradalom jelentette robbanásszerű változással, melynek öt különböző vetületét lehet kiemelni. Az adatforradalom az ENSZ 2013-as jelentése szerint

1. Felgyorsítja az adatok mennyiségének növekedését és keletkezését,
2. Bővíti az adatokkal vizsgálható és bemutatható jelenségek körét,
3. Elősegíti, hogy az adatok egyre hamarabb rendelkezésre álljanak,
4. Bővíti az adatforrások körét, és
5. Növeli az adat-előállítók, -feldolgozók és -elemzők számát.

Ezek a változások arra ösztönzik a statisztikai hivatalokat, hogy a hagyományos mérési módszertanokat modernizálják, illetve lehetőség szerint integrálják a big data jelentette másodlagos adatforrásokat. Ennek ugyanis **fontos szerepe lehet a hivatalos statisztika pontosításában, elsősorban az árak változása, azaz az infláció mérésében.** Napjainkban ugyanis egy digitális forradalom zajlik, amiben egyre nagyobb teret nyer magának a big data és a mesterséges intelligencia. **A szolgáltatások szerepe az elmúlt évtizedek során érdemben felértékelődött,** és mind a gazdasági növekedésben mind pedig az árak alakulásában egyre fontosabbá vált. Az **e-kereskedelem és az online vásárlások szintén a digitális világ következményei,** melyek nemcsak a fogyasztói szokásokat formálják napról-napra, hanem a hagyományos értékesítési csatornákat is megreformálják. Ezekkel az új kihívásokkal áll tehát szemben a hagyományos mérés, melynek lehetőségként kell tekintenie a változásokra (5-4. ábra).

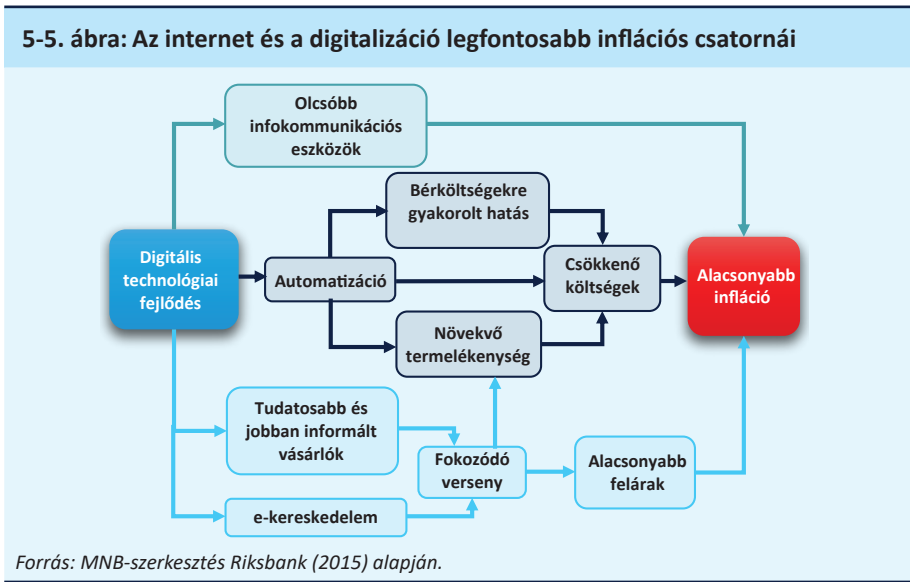


5.3. A digitalizáció és a technológiai fejlődés inflációs hatása

A digitalizáció és a technológiai fejlődés hatása jelentkezik a vállalati stratégiákban és árazási döntésekben, így az inflációban is. A szakirodalomban az elmúlt időszakban egyre népszerűbbé vált a digitalizáció inflációs hatásainak vizsgálata, azonban a tanulmányok többnyire kvalitatív módon elemzik a kapcsolatot, mivel a kvantitatív elemzéshez korlátozott mennyiségű adat áll rendelkezésre. Az adatforradalom korában azonban ez előretekintve vélhetően változik majd, amint sikerül a big data integrálása a hagyományos mérési módszerekbe. A tanulmányokban közös, hogy elméleti alapon abból indulnak ki, hogy a digitalizáció és a technológiai fejlődés alapvetően az árak csökkenésének irányába mutat. Ugyanakkor az elemzői konszenzus megosztott az eredmények tekintetében: a Riksbank (2015), Coffinet–Perillaud (2017), illetve Goolsbee–Klenow (2018) szerint a digitalizáció és a technológiai innovációk az infláció csökkenése irányába hatottak és hatnak jelenleg is. Ezzel szemben az EKB (2015), Cavallo–Rigobon (2016) és Cavallo (2017) amellet érvelnek, hogy bár elméletben a digitalizáció az inflációra nézve lefelé mutató kockázatot jelent, a kvantitatív eredmények bizonytalansága ezt az állítást (egyelőre) nem erősíti meg.

Az internet és a digitalizáció alapvetően négy fő csatornán keresztül fejti ki inflációs hatását (5-5. ábra), melyek

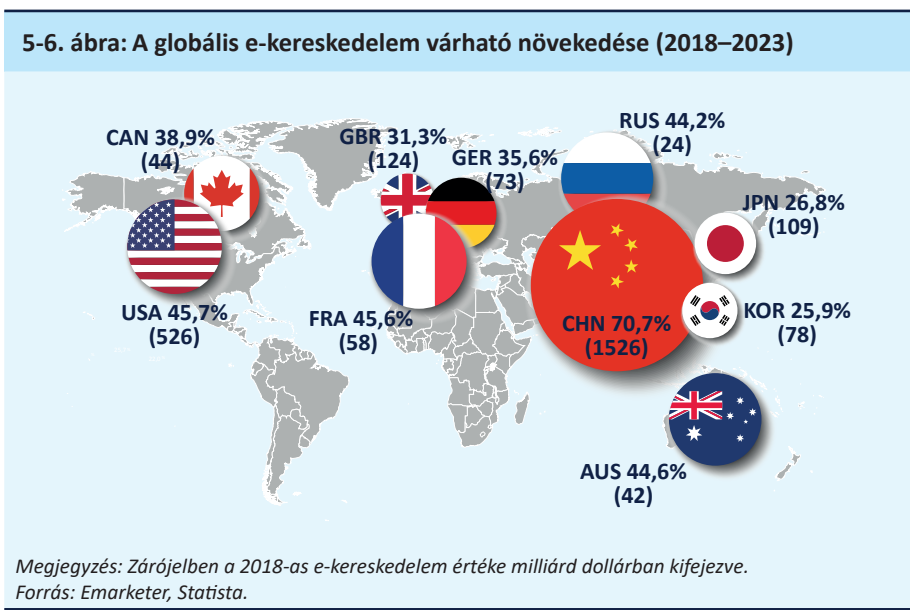
1. az e-kereskedelem,
2. a tudatosabb és jobban informált vásárlók,
3. az automatizáció, és
4. az IT-fejlődés (IKT-eszközök).



5.3.1. E-KERESKEDELEM

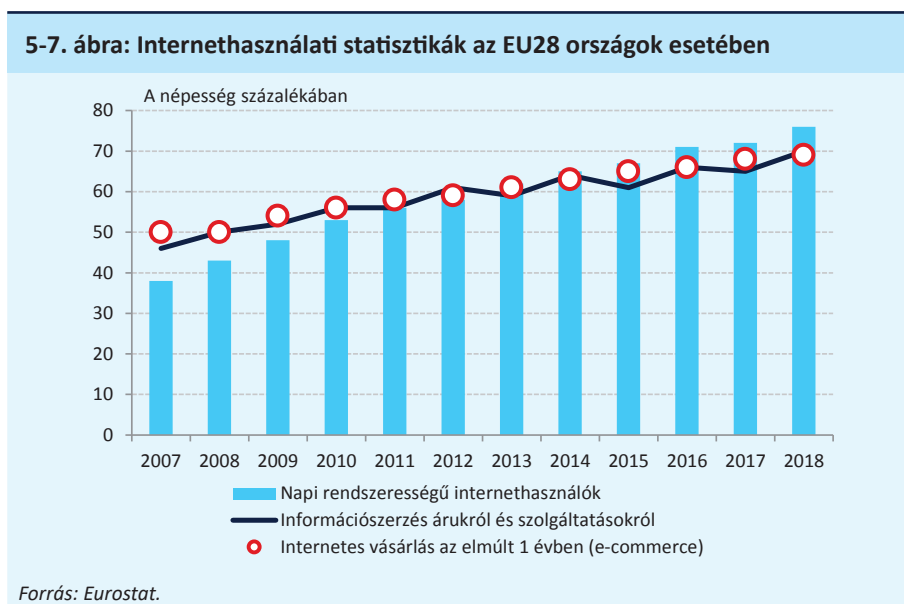
Az e-kereskedelem – mely nehezen választható el a globalizációtól – alapvetően a vállalatok közötti verseny fokozásán és a hagyományos üzleti modell megváltoztatásán keresztül csökkentheti az árakat (Poloz 2017). Az e-kereskedelem elterjedése új piacokat teremt és bővíti a fogyasztók lehetőségeinek körét. Az EKB (2015) és a Riksbank (2015) szerint a hagyományos értékesítési csatornákhöz képest az online értékesítéssel jelentősen csökkenthetők a kis- és nagykereskedelemben fellépő költségek és így az árak is.

A globális e-kereskedelem terén Kína és az USA birtokolja a vezető szerepet, és előretekintve is ezekben az országokban várható a legnagyobb mértékű bővülés a következő években (5-6. ábra). Az e-kereskedelem mellett az m-kereskedelem, azaz a mobil kereskedelem térnyerése is számottevő lehet, hiszen manapság egyre több applikáció teszi lehetővé az online vásárlások lebonyolítását a különféle termékkategóriákban, így az m-kereskedelem aránya az e-kereskedelemen belül folyamatosan nő.



5.3.2. TUDATOSABB ÉS JOBBAN INFORMÁLT VÁSÁRLÓK

A digitális technológiai fejlődésnek és a növekvő internethasználatnak köszönhetően a fogyasztók egyre tudatosabbak és jobban informáltak az árak alakulásáról, mivel azonnal információhoz jutnak az általuk keresett termékekről vagy szolgáltatásokról. Ezt a folyamatot az internethasználati statisztikák is alátámasztják az Európai Unió országainak körében, hiszen a napi szintű internethasználók aránya, illetve az árukról és szolgáltatásokról az interneten tájékozódó fogyasztók aránya 2007-hez képest közel megduplázódott (5-7. ábra).



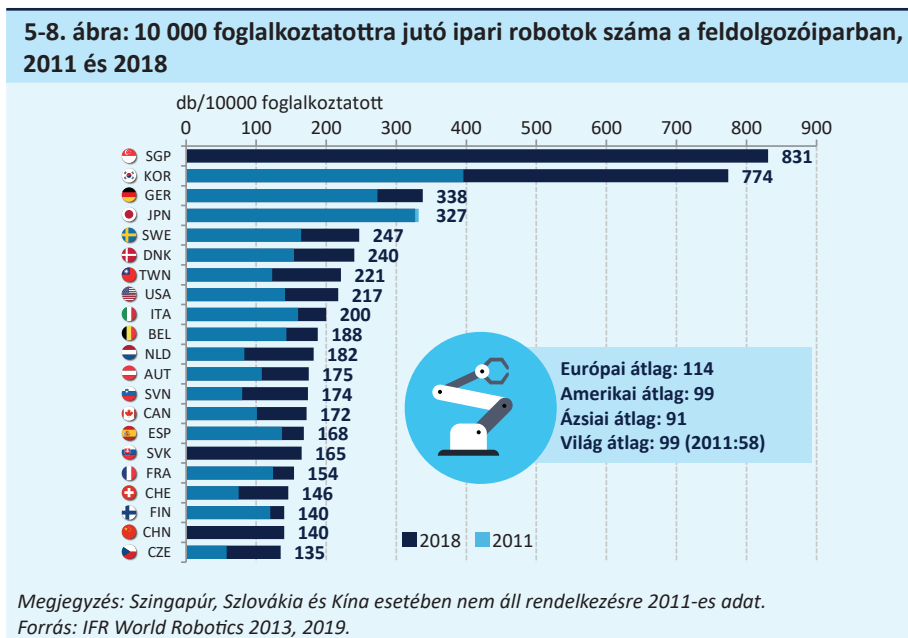
A növekvő internethasználat hatására a termékek és a szolgáltatások fogyasztása „valós idejűvé” válik, ami hozzájárul napjaink és a jövő fogyasztói magatartásának folyamatos változásához. A fogyasztói tudatosság fokozódása nehezen függetleníthető az e-kereskedelem térnyerésétől, amire példaként említhető az úgynevezett Amazon-hatás. A jelenség lényege, hogy manapság a vásárlások bárhol és bármikor lebonyolíthatók, csupán egy internethasználatra alkalmas eszköz (például okostelefon) szükséges hozzá. A vásárló pillanatok alatt ellenőrizheti és összehasonlíthatja a termékek árait az okostelefonja segítségével, amikor épp az üzletben van és fontolgatja a vásárlást. A (tanulási) folyamat során a vásárlók egyre tudatosabbá válnak, a vállalatok pedig élesebb versennyel és csökkenő alkuerővel szembesülnek. **Az internethasználókra jellemző, hogy a tapasztaltabbak az e-kereskedelmet vagy m-kereskedelmet a hagyományos értékesítés helyettesítőjeként kezelik**, míg azok, akik nem mozognak olyan otthonosan az internet világában, inkább információgyűjtési céllal használják az internetet; azaz tájékozódnak, mielőtt a boltban megvásárolnának egy terméket vagy igénybe vennének egy szolgáltatást (Coffinet-Perillaud 2017).

5.3.3. AUTOMATIZÁCIÓ

A digitalizáció és a technológiai újítások egyik fontos inflációs csatornája az automatizáció. Az automatizációval kapcsolatban nem lehet eltekinteni a technológiai forradalom okozta munkaerőpiaci hatásoktól, melyek mérése jelenleg nehéz.²⁰ **A robotizáció, a termelési folyamatok összetettebbé válása, valamint a mesterséges intelligencia térnyerése megváltoztatják a vállalatok működését és átalakítják a termelési láncokat.** Az ipari termelésben alkalmazott robotok száma az elmúlt években érdemben emelkedett, és a legfrissebb előrejelzések szerint a jelenlegi trend folytatódása mellett 2022-re a világ ipari robot-állománya elérheti a 4 millió darabot, azaz a jelenlegi állomány csaknem megduplázódik (IFR 2019). **Globálisan az ipari robotok eloszlása Szingapúrban a legnagyobb, mely közel 7-szerese az európai átlagnak és nagyjából 10-szerese az ázsiai átlagnak** (5-8. ábra). 2011-hez viszonyítva valamennyi ország esetében érdemi – esetenként kétszeres – bővülés történt az ipari robotok számában. A robotok fejlődésében és elterjedésében szerepet játszik, hogy jelenleg a számítógépek számítási kapacitása annyira megnőtt, hogy a robotok manapság képesek teljesen vagy részlegesen elvégezni nem rutinfeladatnak számító munkafolyamatokat is.

²⁰ A témával részletesebben a 2017-es Növekedési jelentés 3. fejezete foglalkozik.

Ray Kurzweil amerikai feltaláló és futurista szerint – aki 2012 óta a Google tervezői-mérnöki csapatának igazgatójaként a gépi intelligencia fejlesztésén dolgozik – **a körülöttünk lévő világban rendkívüli gyorsasággal valósulnak meg a technológiai innovációk**, gondoljunk csak a digitális eszközök elterjedésére vagy a robotok megjelenésére. Az elkövetkező évekre, évtizedekre vonatkozó víziói szerint ez a technológiai fejlődés napról-napra fokozódik, és korábban sosem látott változásoknak lehetünk tanúi: természetes lesz például a mesterséges intelligencia vagy a virtuális valóság és az emberi agyműködést teljesen leképezhetjük a szuperszámítógépekre (Kurzweil, 2005).

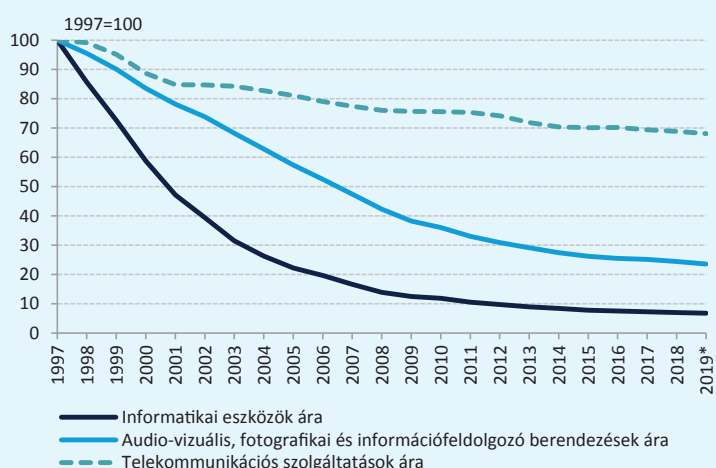


Az automatizáció és a robotizáció kínálati oldalon növeli a hatékonyságot és emeli a munkaerő termelékenységét. A termelékenység növekedése alapesetben maga után vonja a bérek emelkedését, a termelési folyamat hatékonyabbá válásával a vállalatoknak lehetőségük nyílik a termelés határkölségének csökkentésére, melynek egy részét a profit növelése mellett megjeleníthetik a fogyasztói árak csökkentésében is. **Az automatizáció keresleti oldalon a jövedelmek polarizációját okozza.** A magasabb jövedelműek arányának emelkedésével párhuzamosan azonban nem jelentkezik a fogyasztás érdemi bővülése, mivel ezek a háztartások a többletjövedelmüket inkább megtakarításra fordítják, emiatt az inflációs hatás a keresleti oldalon kevésbé érzékelhető.

5.3.4. IT-FEJLŐDÉS (IKT-ESZKÖZÖK)

Az információs és kommunikációs technológiák (IKT-k) a digitalizáció közvetlen inflációs hatását közvetítik. Charbonneau és szerzőtársai (2017) hangsúlyozzák, hogy az IKT-khoz kapcsolódó termékek ára a '90-es évek óta rohamosan csökkent, miközben az új termékek és szolgáltatások megjelenése, a személyre szabottság és a minőségi változások kihívások elé állították a statisztikai hivatalokat. **Az információs és kommunikációs technológiákhoz (IKT) kapcsolódó termékek és szolgáltatások elmúlt évtized(ek)ben tapasztalt exponenciális árcsökkenése közvetlenül mérsékli az inflációt,** emellett jelentkezhetnek olyan másodkörös hatások, mint az egyre növekvő digitális technológiai tartalommal rendelkező termékek beépülése a termelési folyamatokba (Ipar 4.0), növelve a hatékonyságot és csökkentve a költségeket. A digitalizáció által leginkább érintett termékek az informatikai eszközök, az audio-vizuális, fotografikai és információfeldolgozó berendezések. Legnagyobb mértékben azonban az informatikai eszközök ára csökkent az elmúlt két évtizedben (5-9. ábra).

5-9. ábra: A digitalizáció által leginkább érintett termékek és szolgáltatások árainak alakulása az EU-ban



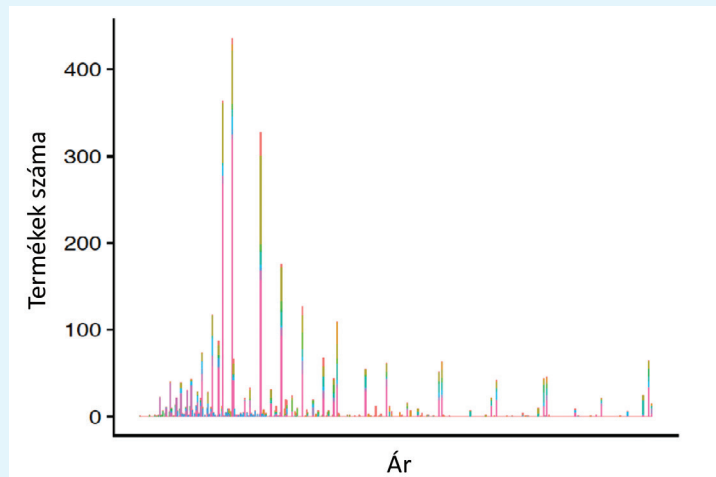
Megjegyzés: *Az adatok 2019. októberig állnak rendelkezésre.
Forrás: Eurostat, MNB.

Az IKT-eszközökkel kapcsolatban Kurzweil (2005) felhívja a figyelmet arra, hogy az árcsökkenéssel párhuzamosan a számítástechnikai eszközök minősége exponenciálisan nő, azaz az egy dollárra eső számítási kapacitás gyorsuló mértékű emelkedést mutat. Kiemeli, hogy míg 1968-ban 1 dollárért csupán 1 darab tranzisztort lehetett megvásárolni, addig közel négy évtizeddel később, 2002-ben ugyanezért az árért már 10 millió tranzisztort lehetett kapni. Előrejelzése szerint a (szuper) számítógépek számítási kapacitása napjainkra már meghaladta az emberi agy kapacitását, és ha ez a trend folytatódik, akkor 2060-ra már az emberiség együttes számítási kapacitása is alulmarad a számítógépekével szemben, miközben a költségek – és így a számítástechnikai eszközök árai – egyre csökkennek.

5.3.5. KVANTUM ÁRAZÁS, MINT ÚJ ÁRAZÁSI STRATÉGIA

A big data és az adatforradalom világában a kvantum árazás mint új árazási stratégia szintén kihívást jelent a hivatalos statisztika számára. A kvantum árazás mint fogalom viszonylag újkeletű és csak nemrég került a kutatások fókuszába. A fogalom Aparicio (2018) kutatásában jelenik meg először, és arra utal, hogy a nagyobb üzletek, illetve üzletláncok, akik több száz vagy több ezer terméket értékesítenek, nem alkalmaznak mindegy egyes termékük esetében egyedi árakat, hanem árkategóriákat határoznak meg. Az elnevezés a fizikából ered, ugyanis a szubatomi részecskék (kvantumok) tulajdonságai nem folytonos skálán oszlanak el, hanem diszkrét kategóriákba esnek. Az üzletek az árkategóriákat egymástól viszonylag nagyobb, de közgazdaságilag megfontolt távolságokra alakítják ki. Aparicio (2018) érdekes példákat hoz a kvantum árazás gyakorlati szemléltetésére: a McDonald's gyorsétteremlánc összesen 25 féle hamburgert kínál 20 féle áron, miközben a Uniqlo japán ruházati üzletlánc 4000 különböző termékre alkalmaz ugyanennyi árkategóriát. Az árak klasztereződése megfigyelhető más ruházati termékeket árusító üzletek esetében is (5-10. ábra). A kvantum árazási stratégia jellemzően olyan üzletláncok, illetve termékkategóriák esetében lehet releváns, melyek viszonylag homogének, így például a ruházati cikkek, cipők vagy az élelmiszerek esetében.

5-10. ábra: Az árak klasztereződése a Ralph Lauren ruházati termékeinek esetében



Forrás: Aparicio (2018).

A hivatalos statisztika szempontjából a kvantum árazás azért jelent kihívást, mert az árak klasztereződése reprezentatív kérdéseket vet fel. Kis minták esetén nem igazolható az árak kategóriák szerinti eloszlása, így a hagyományosan alkalmazott mintanagyságnál sokkal nagyobb mintára van szükség a megfelelő reprezentativitás biztosítása érdekében. Felmerül továbbá statisztikai és elemzői szempontból egyaránt, hogy az átárazás során, amennyiben ismertek az üzletek jellemző árkategóriái, **az árváltozások a jövőben sokkal kiszámíthatóbbá válnak**, hiszen az átárazás az egyik árkategóriából a másik árkategóriába történő átsorolással valósul meg. Ennek következtében az infláció szórása előretekintve lecsökkenhet miközben a perzisztenciája megemelkedik, ami statisztikai és előrejelzési szempontból előnyös.

5.4. Összefoglalás

A körülöttünk lévő világ folyamatosan és egyre gyorsuló ütemben változik. A világgazdaság működésére és a mindennapi életünkre az olyan megatrendek mint a digitalizáció, a technológiai fejlődés vagy az automatizáció érdemi hatással bír, melyhez napról-napra alkalmazkodnunk kell. A digitalizáció és az internet korában a hagyományos piacműködés megváltozik, és átalakul a gazdasági szereplők egymáshoz való viszonya.

A digitális világ exponenciális bővülése és az így keletkező hatalmas adatmennyiség adatforradalomhoz vezet napjainkban. Az adatforradalom felgyorsítja az adatok mennyiségének növekedését és keletkezését; bővíti az adatokkal vizsgálható és bemutatható jelenségek körét; elősegíti, hogy az adatok egyre hamarabb rendelkezésre álljanak; bővíti az adatforrások körét, és növeli az adat-előállítók, -feldolgozók és -elemzők számát. Ezek a változások arra ösztönzik a statisztikai hivatalokat, hogy a hagyományos mérési módszertanokat modernizálják, illetve lehetőség szerint integrálják a big data jelentette másodlagos adatforrásokat. A digitalizáció és az információs kor mérési nehézségeket is von maga után, melyekkel részletesebben a 2017-es Növekedési jelentés 3. fejezetében foglalkoztunk.

A big data és az adatforradalom hatásai leginkább a digitalizációhoz kapcsolódó termékeket és szolgáltatásokat érintik. A digitalizáció hatása négy fő csatornán keresztül gyűrűzik be az árakba, melyek az e-kereskedelem; a tudatosabb és jobban informált vásárlók; az automatizáció és az IT-fejlődés (IKT-eszközök). Ezek eredője az alacsonyabb infláció irányába mutat. A kvantum árazás mint új árazási stratégia szintén kihívást jelent a hivatalos statisztika számára, mely elsősorban reprezentatív és az árváltozások kiszámíthatóságára vonatkozó kérdéseket vet fel. Összességében a 21. század trendjei a gazdaság szereplőitől megfelelő alkalmazkodást kívánnak, az új kihívásokra pedig nem akadályként, hanem lehetőségként kell tekinteni.

Felhasznált irodalom:

- Aparicio, D. (2018): *Quantum Prices. Keynote lecture, BIS CCA Research Network on „Exchange rates: key drivers and effects on inflation and trade”*, Mexico City, 2018. augusztus 9–10.
- Cavallo, A. – Rigobon, R. (2016): *The Billion Prices Project: Using Online Prices for Measurement and Research*. *Journal of Economic Perspectives*, 30. évf. 2. szám, 2016 tavasz, pp. 151–178.
- Cavallo, A. (2017): *Are Online and Offline Prices Similar? Evidence from Large Multi-Channel Retailers*. *American Economic Review*, 107 évf. 1. szám, pp. 283–303.
- Charbonneau, K. és szerzőtársai (2017): *Digitalization and Inflation: A Review of the Literature”*, Bank of Canada Staff Analytical Note, 2017–20.
- Coffinet, J. – Perillaud, S. (2017): *Effects of the Internet on inflation: an overview of the literature and empirical analyses (very preliminary draft)*. 5th IMF Statistical Forum, Washington D. C., 2017. október.
- EKB (2015): *Effects of E-commerce on Inflation*. *Economic Bulletin*, 2/2015 szám.
- ENSZ (2013): *A New Global Partnership: Eradicate Poverty and Transform Economies Through Sustainable Development*. The Report of the High-Level Panel of Eminent Persons on the Post-2015 Development Agenda. <https://www.post2020hlp.org/wp-content/uploads/docs/UN-Report.pdf>
- Goolsbee, A. D. – Klenow, P. (2018): *Internet Rising, Prices Falling: Measuring Inflation in a World of E-Commerce*. *AEA Papers and Proceedings*, 108. évf., pp. 488–92.
- IFR (2019): *Welcome to the IFR Press Conference, 18th September 2019*. <https://ifr.org/downloads/press2018/IFR%20World%20Robotics%20Presentation%20-%202018%20Sept%202019.pdf>
- Kenney, M. – Zysman, J. (2016): *The Rise of the Platform Economy*. *Issues in Science and Technology*, 32. évf. 3. szám.
- Kurzweil, R. (2005): *The Singularity Is Near: When Humans Transcend Biology*. London: Duckworth Overlook, 2005.
- MNB (2017): *Növekedési jelentés*.
- Poloz, S. S. (2017): *Understanding Inflation: Getting Back to Basics, speech at the CFA Montréal and Montreal Council on Foreign Relations*. Montréal, Quebec, 2017. november 7.
- Riksbank (2015): *Digitisation and inflation*. *Monetary Policy Report*, Riksbank, 2015. február.

6. A jövő demográfiai folyamatai

Az általunk fenntarthatónak vélt makrogazdasági pálya bemutatásának feltétele a jövő várható demográfiai trendjeinek felvázolása. Ha pusztán a globális népességszámra vonatkozó jelenlegi kivetítéseket vizsgáljuk, akkor a jelenlegi 7,7 milliárd fős lélekszám további, lassuló emelkedése várható, így a populáció 10,9 milliárd fővel érheti el a csúcspontját 2100-ban. A jelenlegi gazdasági modell keretein belül a fejlődő országok fenntarthatatlan népesedési politikája miatt növekvő globális népesség az ökológiai lábnyom értékét és a globális szén-dioxid kibocsátást tovább növeli, erősítve ezzel a fenntarthatósági problémákat.

Ha azonban részleteiben vizsgáljuk meg a folyamatot, akkor két, eltérő trend rajzolódik ki, amelyek közül egyik sem fenntartható. A gazdaságilag fejlettebb országokban a termékenységi ráta alacsony, ami a népességszám csökkenéséhez és gyors ütemű elöregedéshez vezet. A folyamat amellet, hogy növeli az eltartottak számát és arányát, negatívan hat az innovációra, és jelentős terhet ró a nagy ellátórendszerekre. E közben az alacsonyabb jövedelmű országokban nagyon magas a termékenységi ráta, ami a népesség számának rendkívül gyors, az erőforrások bővülésének ütemét meghaladó növekedését eredményezi. Az eltérő demográfiai trendek miatt az egyes régiók súlya a jelenlegi tendenciák folytatódása mellett számottevően megváltozik, ami átrajzolja a geopolitika ma ismert térképeit. Erre példa, hogy a világ népességén belül tovább fog csökkenni az európai népesség részaránya: 1950-ben a világ népességének több mint egyötödét tette ki, 2015-ben már csak 10 százaléká volt európai, és az arány 6 százalékra mérséklődhet 2100-ig.

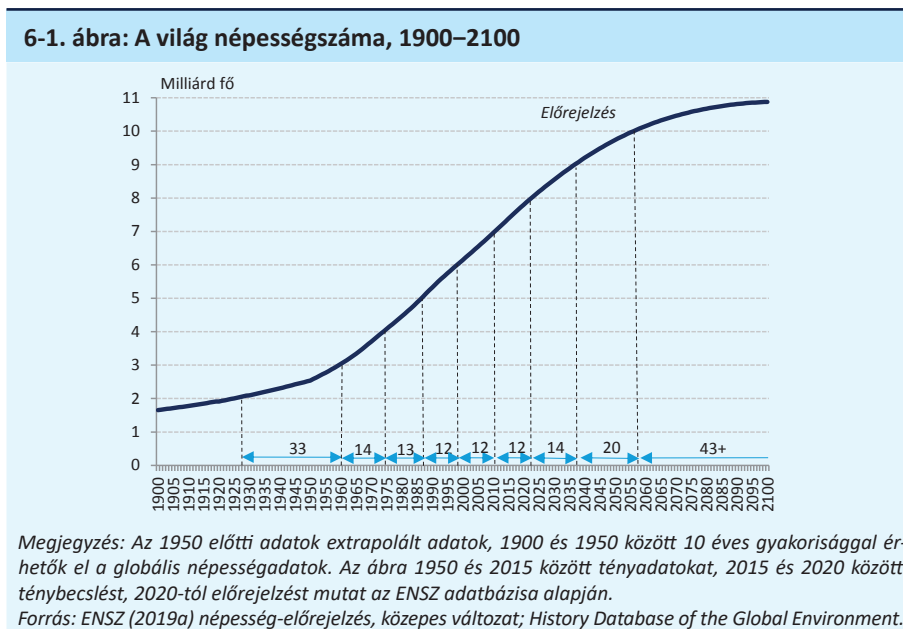
A probléma megoldására a szakpolitikák is igyekeznek választ adni. A fejlett és a közepesen fejlett országokban támogatja a kormányzat a gyermekvállalást, illetve a családokat (erre Magyarország is példa), míg a fejlődő országokban a fenntartható népességbővülés elérése a cél. Európában a legmagasabb azoknak az országoknak az aránya (66 százalék), amelyek különböző intézkedésekkel támogatni kívánják a termékenységi ráta emelkedését. Ezzel szemben az afrikai országok 83 százaléka vezetett be olyan intézkedéseket, amelyek a termékenységi ráta csökkentését célozzák, ennek egyik eszköze a családtervezési lehetőségekhez való hozzáférés növelése. Emellett kiemelten fontos, hogy azok a gazdaságok, amelyek nagy népességnövekedés előtt állnak olyan fenntartható növekedési ökoszisztémákat alakítsanak ki, amely biztosítja a környezetterhelés csökkenését.

6.1. Demográfiai folyamatok a világban

6.1.1. A VILÁG NÉPESSÉGSZÁMA TOVÁBB EMELKEDHET

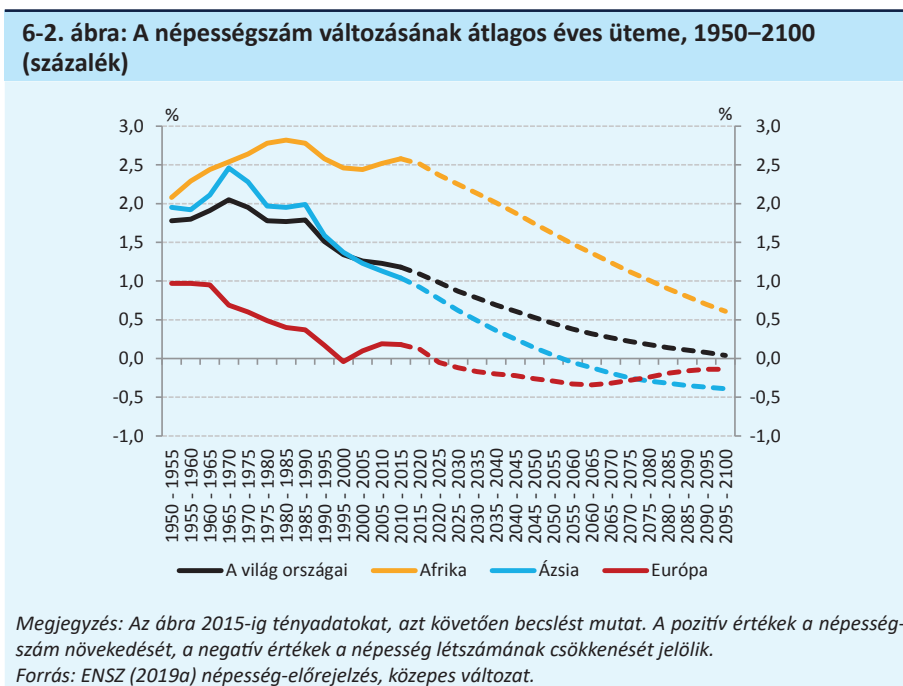
A világ népességszáma a 20. század második felében dinamikusan növekedett. Míg a népességszám 2 milliárd főről 3 milliárd före való bővülése 33 év alatt következett be, addig az elmúlt évtizedekben 12-14 évente bővült újabb 1 milliárd fővel a globális népességszám (6-1. ábra).

6-1. ábra: A világ népességszáma, 1900–2100



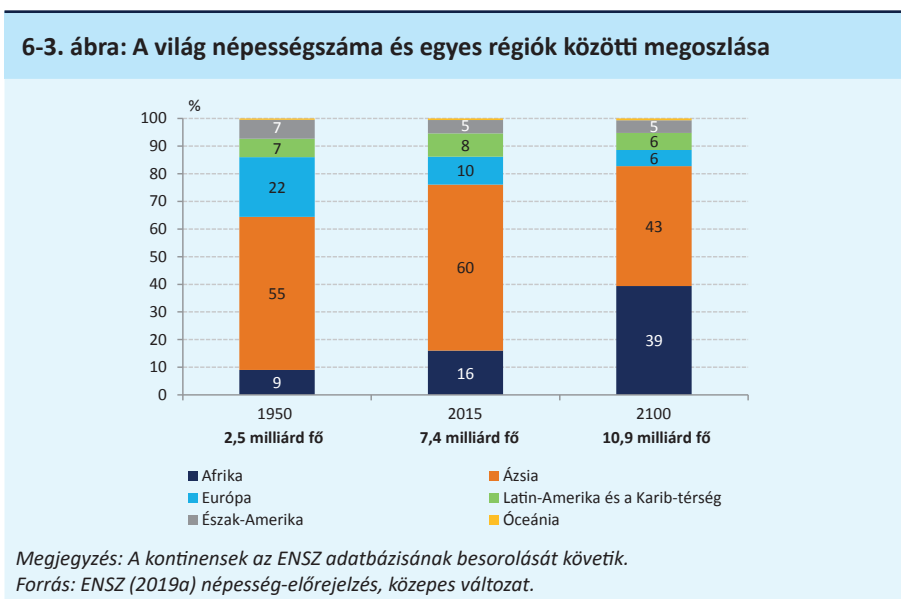
2019-ben 7,7 milliárd főt tesz ki a Föld lakosainak száma, ami 2023-ban elérheti a 8 milliárd főt, 2037-ben pedig a 9 milliárd főt. A 10 milliárd fős népességszám 2057-re becsült elérését megelőzően 20 évig tarthat az újabb 1 milliárd fős létszámnövekedés időszaka. **A globális népességszám 10,9 milliárd fővel érheti el a csúcspontját 2100-ban**, azaz várhatóan az évszázad második felében 43 év alatt sem fog újabb 1 milliárd fővel gyarapodni a világ népességszáma (ENSZ, 2019a).

6-2. ábra: A népességszám változásának átlagos éves üteme, 1950–2100 (százalék)

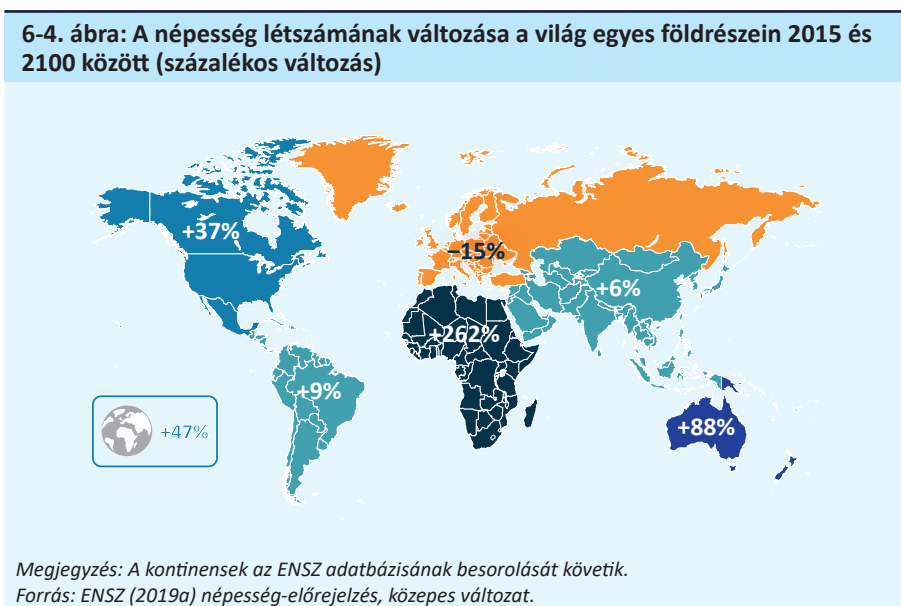


A népességszám növekedési üteme az évszázad végéig mérséklődhet, mivel a jelenlegi értékhez képest várhatóan fokozatosan csökkenni fog a globális termékenységi ráta az évszázad végéig. A legdinamikusabb népességnövekedés időszakában, az 1960-as évek második felében és az 1970-es évek elején még átlagosan évi 2 százalékkal emelkedett a népességszám, a növekedési ütem azóta fokozatosan mérséklődik (6-2. ábra). A világ országaiban jelenleg megfigyelhető, átlagosan évi 1 százalék körüli növekedés az évszázad végére stagnálásba válthat, azaz **megállhat a globális népességszám növekedése**.

Az emelkedő globális népességszám mögött földrészenként jelentősen eltérő tendenciák húzódnak meg, amelyek hosszú távon az egyes régiók súlyának átrendeződését eredményezik. A világ kontinensei közül **Afrikában növekedhet a legnagyobb mértékben a népesség létszáma a magas termékenységi ráta és a várható élettartam emelkedése miatt**. Afrika népessége a 2015. évi 1,2 milliárd főről 2,5 milliárd főre emelkedhet 2050-ig, az évszázad végére pedig elérheti a 4,3 milliárd főt. Ennek eredményeként **az Afrikában élők részaránya a 2015. évi 16 százalékról 26 százalékra emelkedhet 2050-ig, 2100-ig pedig megközelítheti a 40 százalékot** (6-3. ábra).



A legnagyobb népességszámú kontinens a következő évtizedekben is **Ázsia lehet**. Ázsia lakossága az évszázad közepén érheti el maximumát: a 2015. évi 4,4 milliárd főről 5,3 milliárd főre emelkedhet 2055-ig, majd ezt követően fokozatos létszámcsökkenés mellett 4,7 milliárd főre mérséklődhet 2100-ig. Tekintve, hogy Ázsia népessége csak kismértékben, mindössze 6 százalékkal lehet magasabb az évszázad végén (6-4. ábra), a földrész lakosainak részaránya jelentős mértékben, **a 2015. évi 60 százalékról 43 százalékra csökkenhet 2100-ig**.

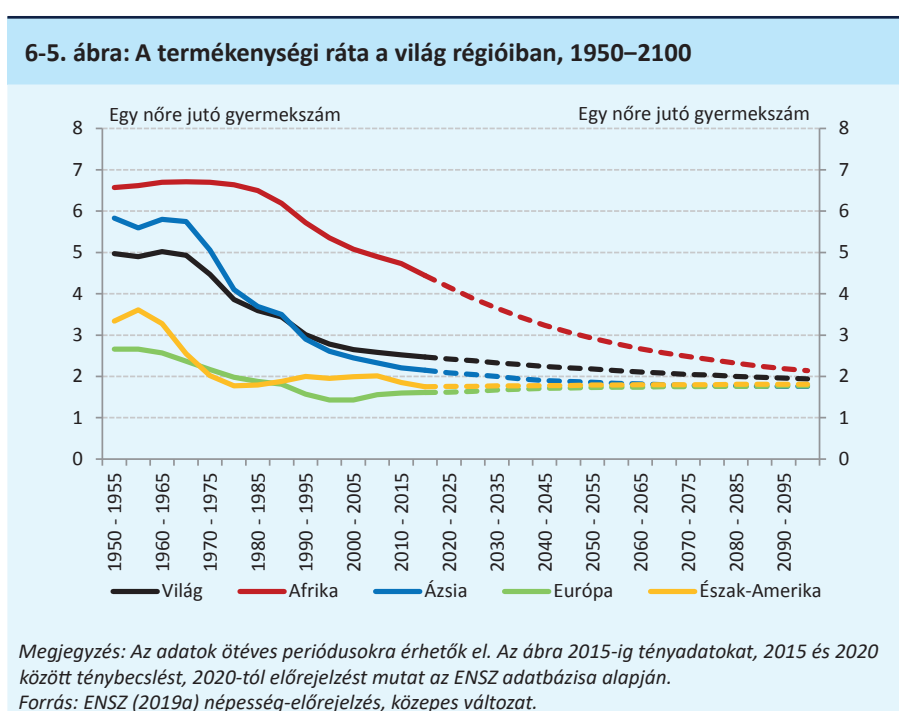


A következő évtizedekben Európa lehet az egyetlen csökkenő népességszámú kontinens. Európa lakosainak száma a 2015. évi 743 millió főről 710 millió főre csökkenhet 2050-ig a reprodukcióhoz szükséges 2,1-es értéktől elmaradó termékenységi ráta miatt, és mindössze **630 millió főt tehet ki 2100-ban** az ENSZ előrejelzése alapján. Ennek hatására a világ népességén belül tovább fog csökkeni az európai népesség részaránya: 1950-ben a világ népességének 22 százaléka, 2015-ben már csak 10 százaléka volt európai, és az arány 6 százalékra mérséklődhet 2100-ig.

6.1.2. A GLOBÁLIS NÉPESSÉGSZÁMOT ALAKÍTÓ TÉNYEZŐK

A kontinensek létszámának eltérő dinamikáját a népességszámot formáló két legfontosabb tényező, a termékenységi ráta és a várható élettartam közötti eltérések magyarázzák.

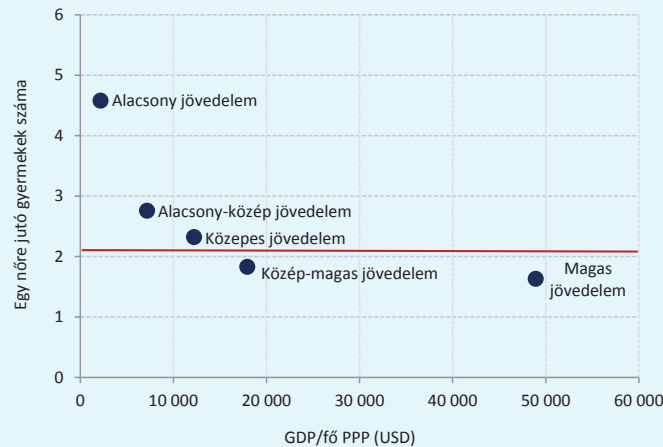
A termékenységi ráta mérséklődése globális trend. A világ országaiban az egy nőre jutó átlagos gyermekszám 1950–1955-ben még 5 körül volt, 2015-ig a ráta a felére, 2,5-re csökkent (6-5. ábra). Ez azt jelenti, hogy ezen termékenységi szint mellett száz nő 250 gyermeket hozna világra élete folyamán.



A termékenységi ráta értéke régióként jelentős eltéréseket mutat. **A gazdaságilag fejlett régiókban az egy nőre jutó átlagos gyermekszám jellemzően alacsonyabb, mint a fejlődő országokban,** és a legtöbb fejlett országban a termékenységi ráta nem éri el a népesség reprodukciójához szükséges 2,1-es értéket. A különböző fejlettségű országcsoportok és a termékenységi ráta kapcsolatát vizsgálva az látható, hogy körülbelül 12 ezer dollárnak megfelelő egy főre jutó GDP-ig a termékenységi küszöb (2,1 gyermek) felett tudnak maradni az egyes országok (6-6. ábra).

A tapasztalatok szerint a termékenységi ráta a demográfiai átmenet következtében a gazdasági fejlettség szintjének növekedésével párhuzamosan csökken. A demográfiai átmenet során először tipikusan a halandósági ráta magas szintről való csökkenése figyelhető meg, amit néhány évtizeden belül követ a termékenységi ráta mérséklődése is (Lee és Reher, 2011). Ekkor a munkaképes korú népesség létszáma nagyobb ütemben növekszik, mint az eltartott népességé, mivel a gyermekek száma évről évre csökken a termékenységi ráta mérséklődése miatt. **A világ egyes régiói a demográfiai átmenet különböző szakaszaiban vannak.** A fejlődő országokban még folyamatban van a termékenységi ráta csökkenése, a fejlett országokban már alacsony a termékenység és előregedő korfa figyelhető meg.

6-6. ábra: A termékenységi ráta és az egy főre jutó GDP, 2017



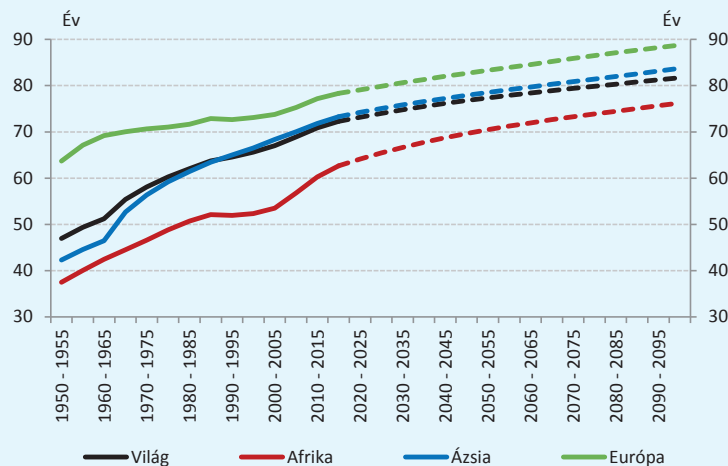
Megjegyzés: A jövedelmi csoportok besorolása a Világbank adatbázisát követi.
Forrás: ENSZ, Világbank.

2010 és 2015 között Európában 1,6, Észak-Amerikában 1,85 volt az egy nőre jutó átlagos gyermekszám, ami az évszázad végéig várhatóan a reprodukciós küszöb alatt maradhat (6-5. ábra). Az ENSZ népesség-előrejelzése azzal a feltételezéssel készült, hogy az alacsony termékenységi rátájú országokban az egy nőre jutó gyermekszám a következő évtizedekben kismértékben emelkedhet. Ennek oka, hogy a tervezett gyermekszám továbbra is 2 körül alakul, a termékenységi ráta emelkedését pedig hosszú távon a kormányzati intézkedések is támogathatják (ENSZ, 2019b). Európában a legmagasabb azoknak az országoknak az aránya (66 százalék), amelyek különböző intézkedésekkel támogatni kívánják a termékenységi ráta emelkedését (ENSZ, 2017a).

Afrika népességének következő évtizedekre becsült jelentős létszámnövekedését elsősorban az okozza, hogy a termékenységi ráta nagyon magas, és az évszázad végéig 2,1 feletti értéket vehet fel. Afrikában az egy nőre jutó átlagos gyermekszám a jelenlegi 4,7-ről 3 alá csökkenhet a 2050-es évek első felében, és 2,1-re mérséklődhet 2100-ig az ENSZ népesség-előrejelzésének közepes változata alapján. A termékenységi ráta fokozatos csökkenése miatt a kontinens népességszámának növekedési üteme várhatóan mérséklődni fog az évszázad végéig (6-2. ábra).

A várható élettartam alakulásában megfigyelhető különbségek az elmúlt évtizedekben csökkentek, és az évszázad végéig az egyes régiókban konvergálhat a várható élettartam (6-7. ábra). A születéskor várható élettartam a világ országaiban átlagosan 72,3 év volt 2015-ben, 2050-ig 77 évre, 2100-ig pedig várhatóan 82 évre emelkedhet.

6-7. ábra: A születéskor várható élettartam alakulása a világ egyes régióiban, 1950–2100



Megjegyzés: Az adatok öt éves periódusokra érhetők el. 2015-ig tényadatok szerepelnek az ábrán.
Forrás: ENSZ (2019a) népesség-előrejelzés, közepes változat.

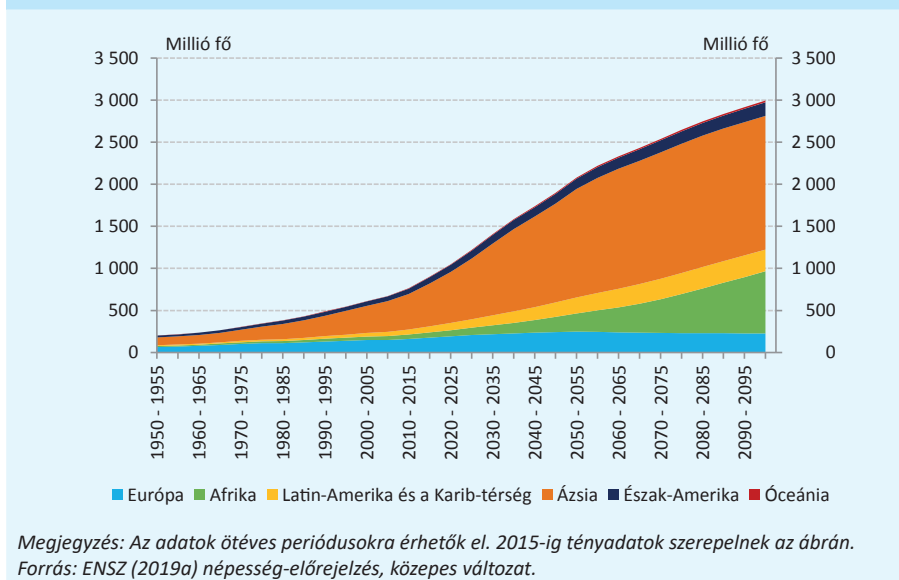
Jelenleg Afrikában figyelhető meg a legalacsonyabb várható élettartam: az 1980-as évek első felében még csak 50 év volt, a 2010-es évek első felében már meghaladta a 60 évet a születéskor várható élettartam. Ez az érték ugyanakkor továbbra is jelentősen elmarad a fejlett régiókra vonatkozó adattól, ami 77-79 év körül alakult 2010–2015-ben. A különbség jelentős részét a gyermekhalandóság magyarázza. **Az 5 év alatti gyermekek halandósági rátája az elmúlt 20 évben közel felére csökkent Afrikában, ami jelentősen hozzájárult a születéskor várható élettartam emelkedéséhez is** (ENSZ, 2017b).

A következő évtizedekben tovább csökkenhet a fejlődő és a fejlett országok közötti különbség a várható élettartam tekintetében, mivel előretekintve Afrikában a 2050-es évek első felére 70, míg az évszázad végére 76 év körül alakulhat a születéskor várható élettartam (ENSZ, 2019a).

6.1.3. AZ IDŐSEK LÉTSZÁMA MINDEN RÉGIÓBAN NÖVEKEDHET

A világ népessége korábban soha nem látott mértékben öregedhet el a következő évtizedekben, az idősek létszáma és népességen belüli aránya jelentősen emelkedhet. A népesség előregedését a termékenységi ráta csökkenése és a várható élettartam emelkedése okozza. Ezek a folyamatok eltérő mértékben, de minden régióban megfigyelhetők.

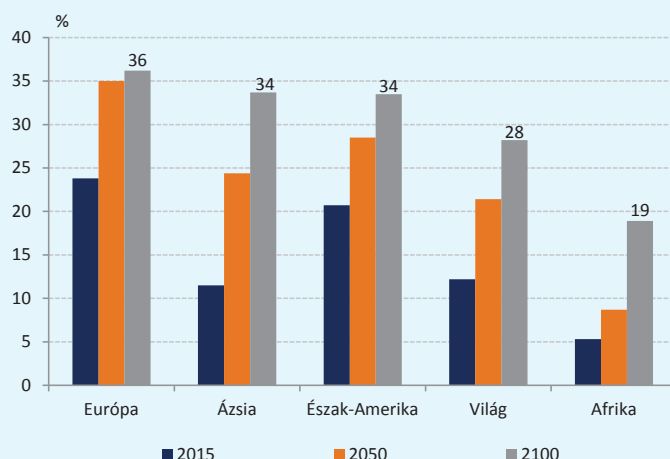
6-8. ábra: A 60 évnél idősebb népesség létszáma a világ egyes régióiban, 1950–2100



A 60 évnél idősebbek létszáma eddig soha nem tapasztalt mértékben emelkedhet: a 2015. évi 900 millió főről 2 milliárd főre növekedhet 2050-ig, és 3 milliárd főre emelkedhet létszámuk az évszázad végéig az ENSZ népesség-előrejelzésének közepes változata alapján (ENSZ, 2019a). A 60 évnél idősebbek létszáma gyorsabb ütemben gyarapodhat, mint bármelyik fiatalabb korcsoport létszáma (ENSZ, 2019b). Jelenleg a legnagyobb létszámú időskorú népesség Ázsiában él, létszámuk a 2015. évi 511 millió főről 1,3 milliárd főre bővíülhet 2050-ig (6-8. ábra).

Az idősek népességen belüli részaránya a 2015. évi 12 százalékról 21 százalékra növekedhet 2050-ig, és 28 százalékot tehet ki 2100-ban a világ országaiban (6-9. ábra). Régióként eltérő mértékben jelentkezhet az előregedés. A következő évtizedekben is Európa lehet a legidősebb népességgel rendelkező kontinens, az időskorúak népességen belüli aránya 35 százalékra emelkedhet 2050-ig, ami az évszázad második felében már csak kismértékben növekedhet. Ázsiában, ahol jelenleg még csak 12 százalékot tesz ki a 60 évnél idősebbek népességen belüli részaránya, 2050-ig 24 százalékra, 2100-ig 34 százalékra emelkedhet az idősek részaránya.

6-9. ábra: A 60 évnél idősebb népesség aránya a világ egyes földrészein 2015-ben, 2050-ben és 2100-ban (a teljes népesség százalékában)



Forrás: ENSZ (2019a) népesség-előrejelzése, közepes változat.

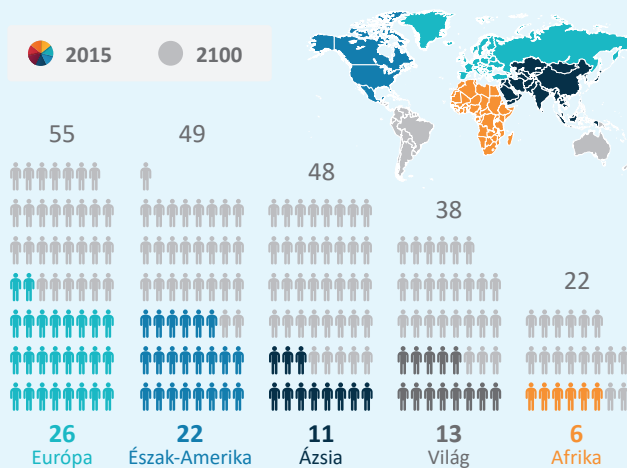
Az elöregedés még azokat az országokat is érinti, ahol a népesség korszerkezetében túlsúlyban vannak a fiatal évjáratok.

Afrikában a 60 évnél idősebbek népességen belüli aránya 2015-ben mindössze 5 százalékot tett ki, az arány 2050-ig 9 százalékra, 2100-ig pedig 19 százalékra emelkedhet. Ez azt jelenti, hogy az évszázad végére megközelítőleg minden ötödik afrikai lakos 60 évnél idősebb lehet. Ezzel párhuzamosan az idősek létszáma a 2015. évi értékhez képest több mint háromszorosára növekedhet 2050-ig Afrikában, míg az évszázad végéig 800 millió fő fölé emelkedhet.

A népesség elöregedése az idősebb és a fiatalabb generációk egymáshoz viszonyított arányának emelkedését, és ezáltal a gazdaságilag aktív korú népesség terheinek növekedését eredményezheti. A népesség elöregedésének egyik mérőszáma az időskori függőségi ráta, ami azt mutatja meg, hogy a 65 évnél idősebb népesség létszáma hogyan viszonyul a munkaképes korúak (15–64 évesek) létszámához.

Az időskori függőségi ráta korábban soha nem látott mértékben emelkedhet a világ országaiban a következő évtizedekben az elöregedés következtében. A mutató a 2015. évi 12,6 százalékról 25,3 százalékra növekedhet 2050-ig, és 2100-ig a jelenlegi érték háromszorosára emelkedhet (6-10. ábra). Ez azt jelenti, hogy míg 2015-ben 100 aktív korúra 13 időskorú jutott, addig 2050-ban már közel kétszerannyi, 25 időskorú jut majd. **A mutató egyszerre ragadja meg az eltartási rátát növelő két demográfiai folyamat hatását:** egyrészt a termékenységi ráta mérséklődése miatt egyre kisebb létszámú fiatal évjáratok szülehetnek a jövőben, másrészt a várható élettartam emelkedése miatt az idősek a korábbi évtizedekhez képest tovább élhetnek.

6-10. ábra: Az időskori függőségi ráta a világ egyes régióiban, 2015-ben és 2100-ban (százalék)



Forrás: ENSZ (2019a) népesség-előrejelzése, közepes változat.

A világ országaira vonatkozó átlagos érték mögött jelentős területi különbségek húzódnak meg. Az időskori függőségi mutató továbbra is Európában lehet a legmagasabb: Európában 2015-ben 100 munkaképes korúra 26 időskorú jutott, 2050-ben 100 munkaképes korúra már közel kétszer annyi, 49 időskorú jut majd (azaz **2 munkaképes korú fogja biztosítani 1 időskorú ellátását**). Az évszázad második felében a ráta tovább emelkedhet, és 2100-ban az 55 százalékot is elérheti.

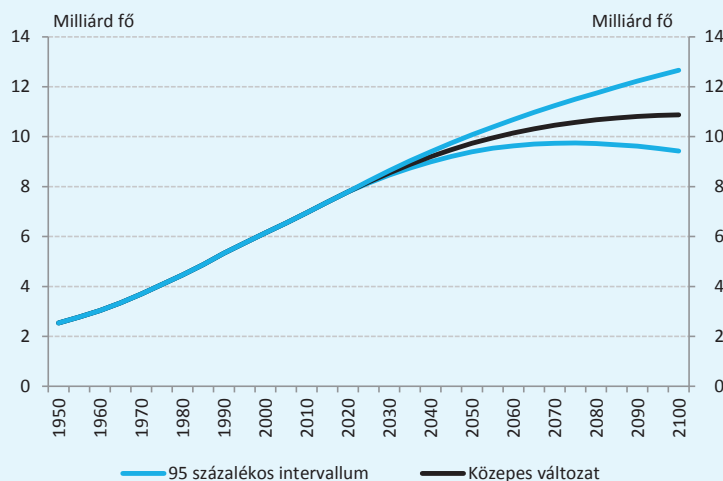
Végül fontos megemlíteni, hogy bár az időskori függőségi mutató az aktív korúakra háruló eltartási terhek jelentős emelkedését valószínűsíti, a ráta egy tisztán demográfiai mutató, azaz **az elöregedés tényleges gazdasági hatásai ettől eltérő mértékben változhatnak**. Az időskori függőségi ráta nem veszi figyelembe a munkapiaci aktivitást, azaz, hogy a munkaképes korúak közül ténylegesen kik jelennek meg a munkaerőpiacon, és nem számol annak lehetőségével sem, hogy az egyének hosszabb aktív életpálya mellett is dönthetnek hosszabb várható élettartam és jobb egészségi állapot esetén.

6.1.4. A NÉPESSÉGSZÁM ALAKULÁSÁT ÖVEZŐ BIZONYTALANSÁGOK

A fent bemutatott népesség-kivetítés eredményeit nagyon hosszú távon jelentős bizonytalanságok övezik, így azokat óvatossággal kell kezelni. A népességszámok eltérő pályán alakulhatnak, amennyiben a népesség-előrejelzést megalapozó feltevések nem valósulnak meg. A népességszámot alakító tényezők közül **elsősorban a termékenységi ráta alakulását övezik jelentős bizonytalanságok**, miközben a népesség jövőbeni létszámát döntő mértékben a születésszám határozza meg.

A világ népességszáma a bizonytalanságokat is figyelembe véve a 2050-es évekig nagy valószínűséggel emelkedő pályán lehet. A világ népességszáma 95 százalékos valószínűséggel 8,5 és 8,6 milliárd fő között alakulhat 2030-ban; 9,4 és 10,1 milliárd fő között lehet 2050-ben (6-11. ábra). Minél hosszabb előrejelzési időszakot vizsgálunk, annál nagyobb a népességszámot övező bizonytalanságok sávja is. 2100-ban a népesség létszáma a 9,4 és a 12,7 milliárd fő közötti tartományban alakulhat.

6-11. ábra: A világ népességszámának alakulása a közepes változat alapján és annak 95 százalékos konfidencia intervalluma

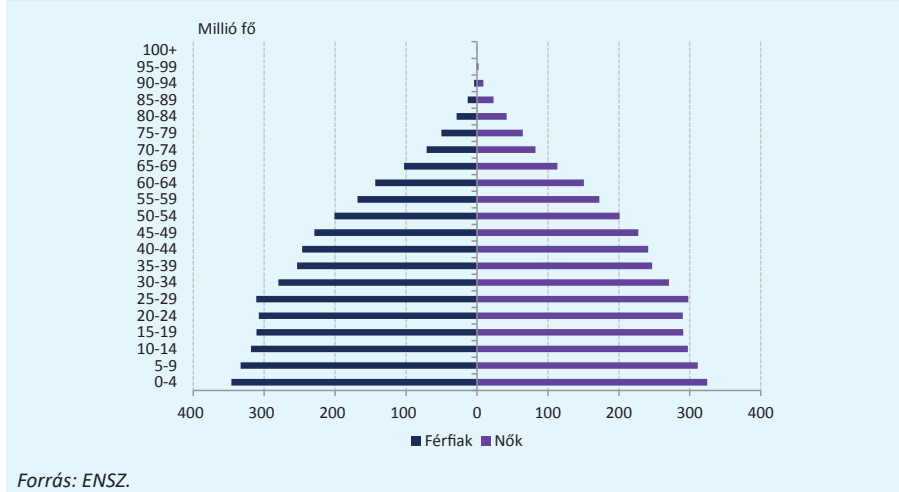


Megjegyzés: Az ábra 1950 és 2015 között tényadatokat, 2015 és 2020 között ténybecslést, 2020-tól előrejelzést mutat.

Forrás: ENSZ (2019a) népesség-előrejelzése.

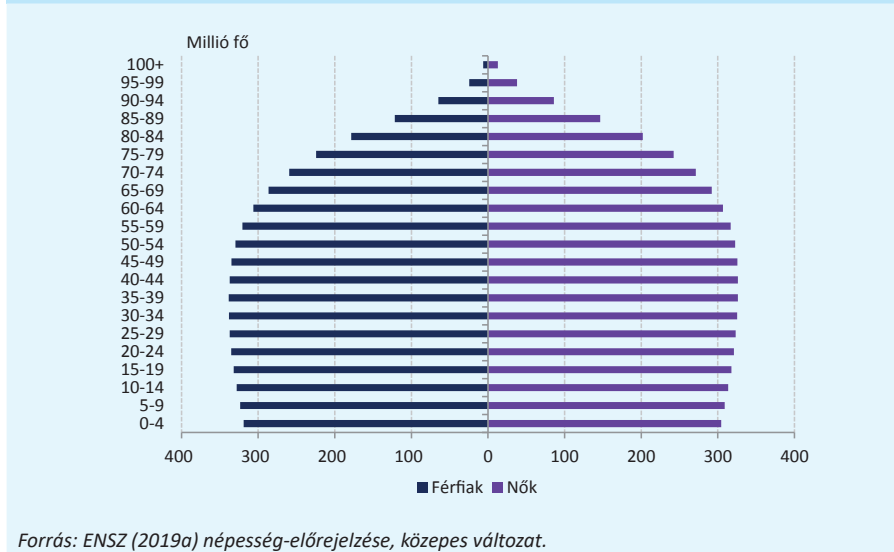
A népesség jövőbeni létszámát néhány évtizedes időtávon – a termékenységi ráta és a várható élettartam mellett – befolyásolja a népesség aktuális szerkezete. A világ korfája jelenleg egy növekvő népességet mutat, ahol nagy létszámú fiatal évjáratok és kisebb létszámú idősebb évjáratok láthatók (6-12. ábra). A 2050-ig várható népességszámnövekedés kétharmadát a jelenlegi népességszerkezet determinálja, mivel világszerte nagy létszámú korcsoportok vannak szülőképes korban (ENSZ, 2019b).

6-12. ábra: A világ népességének korfája, 2015



A 2050-ig becsült népességnövekedés nagy részét a fejlődő országokban megfigyelhető, 2 feletti termékenységi ráta, valamint a várható élettartam fokozatos emelkedése okozza (ENSZ, 2019b). Amennyiben a demográfiai folyamatok a népesség-előrejelzésben szereplő feltételezésekkel összhangban alakulnak, **az évszázad végén már egy stagnáló létszámú népesség képét mutathatja a világ népességének korfája** (6-13. ábra), ahol jelentős létszámú időskorú népesség élhet.

6-13. ábra: A világ népességének korfája, 2100



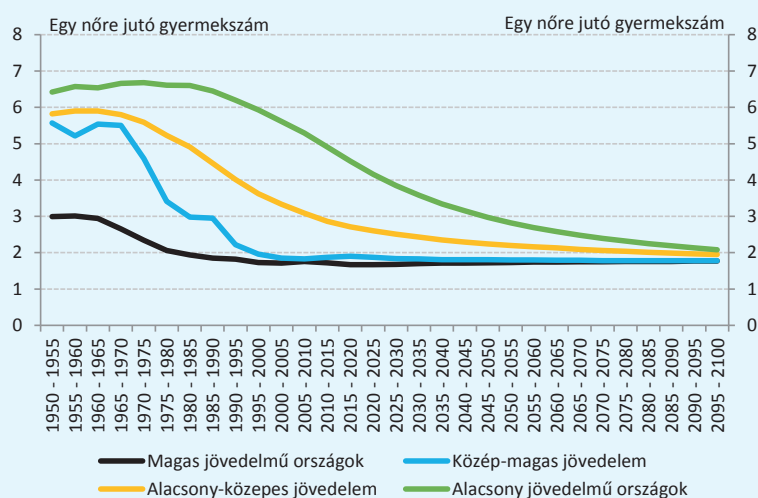
Európa esetében ugyanakkor fontos megemlíteni, hogy az ENSZ népesség-előrejelzésének alappályája a termékenységi ráta fokozatosan emelkedésével számol, ami a 2010-es évek második felére becsült 1,6-os átlagos értékről 1,77-re emelkedhet 2100-ig a feltevés alapján. Amennyiben az egy nőre jutó gyermekszám feltételezett növekedése az évszázad során nem valósul meg, **az európai népességszám az évszázad végére becsült 630 millió főnél is alacsonyabb lehet 2100-ban.**

6.2. Fenntartható-e a jelenlegi globális népességnövekedés hosszú távon?

6.2.1. A NÉPESEDÉSI FOLYAMATOK KÉT MODELLJE

A globális demográfiai folyamatok alapján két típusú népesedési modell látszik kirajzolódni a világ országaiban, annak függvényében, hogy az egyes országok a demográfiai átmenet melyik szakaszában vannak. Egyrészt elkülöníthető az **alacsony termékenységi rátájú, gazdaságilag fejlettebb országok csoportja**, másrészt a **magas termékenységi rátájú, alacsonyabb jövedelmű országok csoportja** (6-14. ábra).

6-14. ábra: A termékenységi ráta alakulása az eltérő jövedelmi csoportba tartozó országokban, 1950–2100

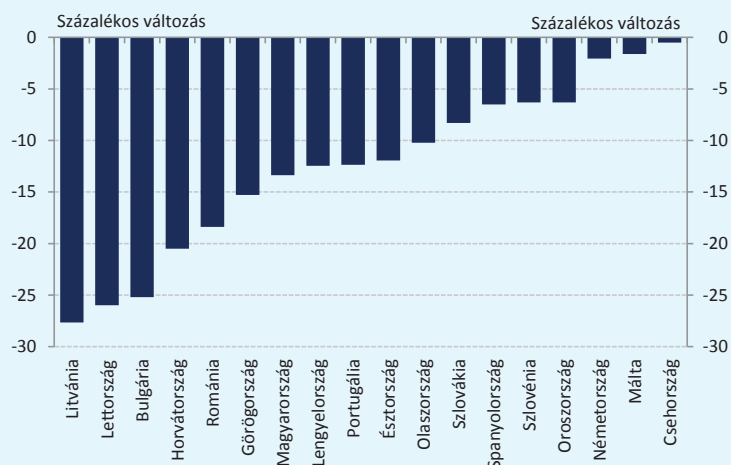


Megjegyzés: Az adatok öt éves periódusokra érhetők el. 2015-ig tényadatok szerepelnek az ábrán. A diagram 2015 és 2020 között ténybecslést, 2020-tól előrejelzést mutat. Az országok jövedelmi csoportokba való besorolása a Világbank klasszifikációját követi.

Forrás: ENSZ (2019a) népesség-előrejelzés, közepes változat.

A magas jövedelmű, illetve a közép-magas jövedelmű országokban a termékenységi ráta értéke alacsony, mivel elmarad a reprodukcióhoz szükséges 2,1 körüli értéktől, emiatt pedig a következő évtizedekben a népességszám csökkenése várható. A világ 55 országában csökkenhet a népességszám 2019 és 2050 között az alacsony termékenységi ráta miatt (ENSZ, 2019b), amelyek között számos kelet-európai és dél-európai ország szerepel (6-15. ábra). **Egyes országokban**, például Litvániában, Lettországon és Bulgáriában **20 százalékot meghaladó mértékben csökkenhet a népesség** az évszázad közepéig. Csökkenő népességszám várható ezen kívül például Görögországban, Portugáliában, Olaszországban, Oroszországban és Németországban is. Néhány gazdaságilag fejlett országban (például a skandináv országokban, az Egyesült Királyságban és az Egyesült Államokban, valamint Kanadában) szintén elmarad a termékenységi ráta a reprodukcióhoz szükséges küszöbértéktől és várhatóan az évszázad során már nem is fogja elérni azt, ennek ellenére az ENSZ népesség-előrejelzése a népességszám növekedését vetíti előre. Ennek oka elsősorban a múltbeli tendenciák folytatódásának feltételezése a nemzetközi vándorlás tekintetében, azaz ezekben az országokban a bevándorlás a népességszám növekedését eredményezheti, amely azonban növekvő társadalmi feszültségekhez vezethet.

6-15. ábra: Csökkenő népességszámú országok létszámváltozása 2015 és 2050 között



Megjegyzés: Az ábra a csökkenő népességszámú országok népességszámának változását mutatja 2015 és 2050 között.

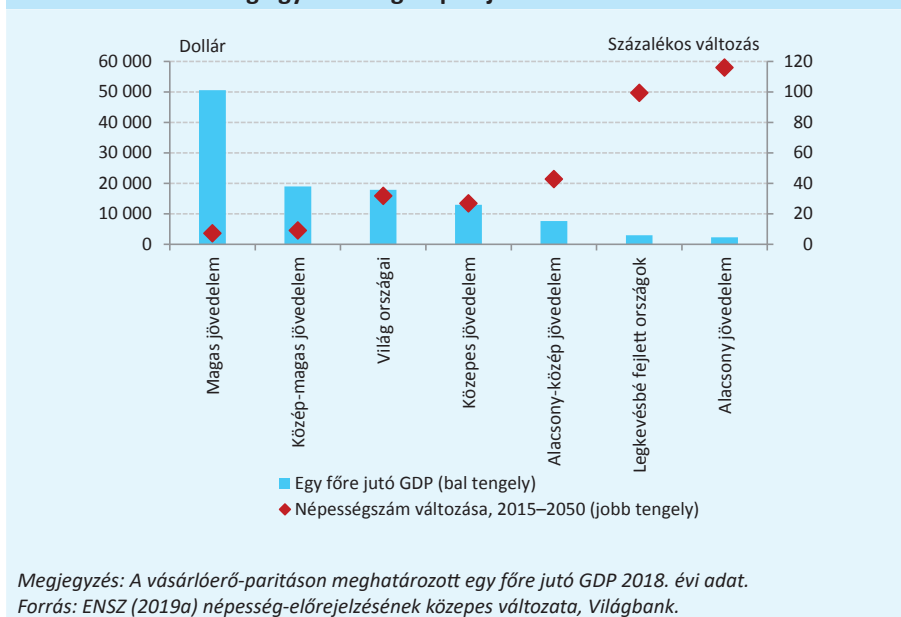
Forrás: ENSZ (2019a) népesség-előrejelzés, közepes változat.

Az alacsony termékenységi ráta és a csökkenő népességszám hosszú távon nem fenntartható. Világszerte a reprodukciós szinttől elmaradó termékenységi rátával rendelkező országok 62 százaléka hozott az elmúlt időszakban olyan kormányzati intézkedéseket, amelyek a gyermekszám növelését célozzák. **A 44 európai ország közül 29 állam támogatja a gyermekvállalást különböző intézkedésekkel (például családtámogatásokkal, adókedvezményekkel, rugalmas munkavégzés lehetőségével) a születésszám növelése érdekében (ENSZ, 2017a).**

A népességszám csökkenése hosszú távon erőteljes gazdasági következményekkel járhat. A munkaképes korúak létszámának csökkenése kedvezőtlen hatással lehet a gazdasági növekedésre (Bloom és szerzőtársai, 2010). A munkaerőállomány elöregedése hosszú távon visszafoghatja a termelékenység növekedési ütemét (Aiyar és szerzőtársai, 2016; IMF, 2017), mivel az idősebb munkavállalók nehezebben alkalmazkodnak az új technológiákhoz (Feyrer, 2008), ami csökkentheti az innovációs potenciált. **A népesség elöregedése kihívások elé állítja a társadalombiztosítási ellátórendszereket is.** A munkaképes korúak létszámcsökkenése – minden más változatlansága mellett – mérsékelheti a járulékbevételeket, míg a növekvő létszámú időskorú népesség miatt emelkedhet az igénybe vevői létszám a nyugdíjrendszerben és az egészségügyi ellátórendszerben is.

A magas termékenységi ráta és a gyors ütemű népességnövekedés mely a fejlődő világ sajátja – szintén nem tekinthető hosszú távon fenntartható demográfiai modellnek. A 21. század egyik legnagyobb kihívását az jelenti, hogy **a leggyorsabb népességnövekedést produkáló országok egyben a világ legalacsonyabb jövedelmű országai is** (6-16. ábra). A világ legkevésbé fejlett országai közé sorolt 47 államban a népességnövekedés éves üteme jelenleg átlagosan 2,3 százalékot tesz ki, és ezen csoport népességszáma a 2015. évi 940 millió főről megduplázódhat 2050-ig (ENSZ, 2019a). A gazdaságilag legkevésbé fejlett országok csoportjában számos szubszaharai afrikai ország, illetve néhány kis szigetország is található. Utóbbiak a klímaváltozás által is erősen érintett területek lehetnek a jövőben a tengerszint emelkedése miatt (például Bissau-Guinea, Vanuatu; ENSZ, 2019b).

6-16. ábra: Az egy főre jutó GDP és a népességszám százalékos változása 2015 és 2050 között a világ egyes országcsoportjaiban



A kontinenseket tekintve Afrikában várható a legnagyobb ütemű népességnövekedés a következő évtizedekben. **Az afrikai országok 83 százaléka vezetett be olyan intézkedéseket, amelyek a termékenységi ráta csökkentését célozzák**, ennek egyik eszköze a családtervezési lehetőségekhez való hozzáférés növelése (ENSZ, 2017a). Ezekben az országokban kihívást jelent a fenntartható fejlődés szempontjából, hogy a gyors ütemű népességnövekedés mellett képesek lesznek-e **megfelelő hozzáférést biztosítani az oktatáshoz és az egészségügyi ellátáshoz**, valamint, hogy a munkaképes korba belépő nagy létszámú évjáratok számára **lesz-e elegendő számú munkahely a munkaerőpiacon**. Emellett a fejlődő világ fenntarthatatlan népességszám-emelkedése növelheti a környezeti terhelést és a természeti erőforrások kimerülését eredményezheti.

6.2.2. AZ ENSZ ÁLTAL KITŪZÖTT FENNTARTHATÓ FEJLŐDÉSI CÉLOK

Az ENSZ által 2015-ben elfogadott **Fenntartható Fejlődési Keretrendszer** (Agenda, 2030) egyensúlyt kíván teremteni a fenntartható fejlődés három fő dimenziója, a gazdaság, a társadalom és a környezet között. Az ENSZ céljai alapján **a fenntartható fejlődéshez a tartós gazdasági növekedés mellett törekedni kell a kiegyensúlyozott társadalmi fejlődésre és a környezet védelmére** (6-17. ábra).

6-17. ábra: Az ENSZ által kitűzött Fenntartható Fejlődési Célok

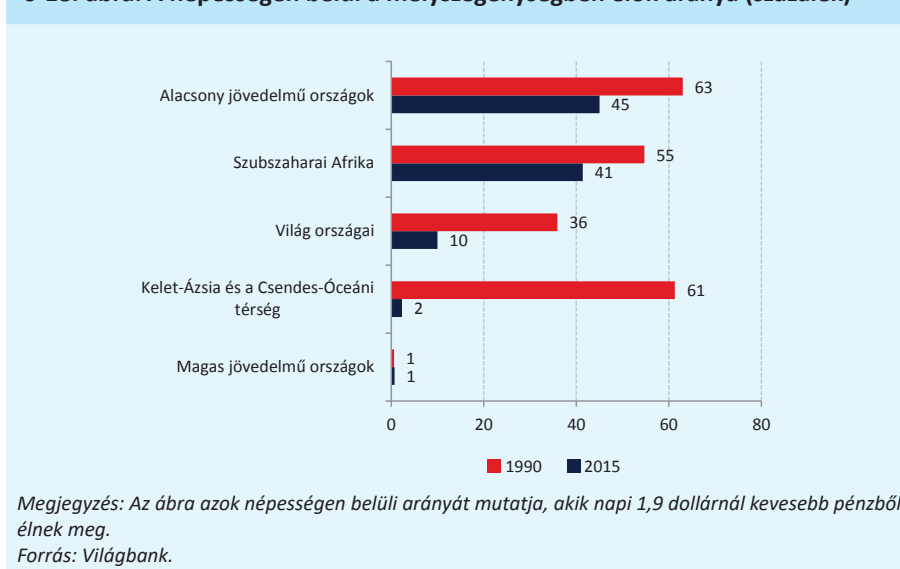


Forrás: www.ensz.kormany.hu

A fejlődő országok esetében megvalósuló gyors népességnövekedés mellett egyre nehezebben teljesíthetők a környezeti és társadalmi fenntarthatóságot szolgáló célok: a globális népességszám emelkedése egyre nagyobb környezeti terhelést eredményez, az oktatási és az egészségügyi rendszereknek is követniük kell a növekvő igénybevételt, valamint nehezebb csökkenteni a szegénységet és az éhezést (Lutz, 2016). Ráadásul a jövőbeli népességnövekedés jelentős része a kevésbé fejlett régiókba koncentrálódhat.

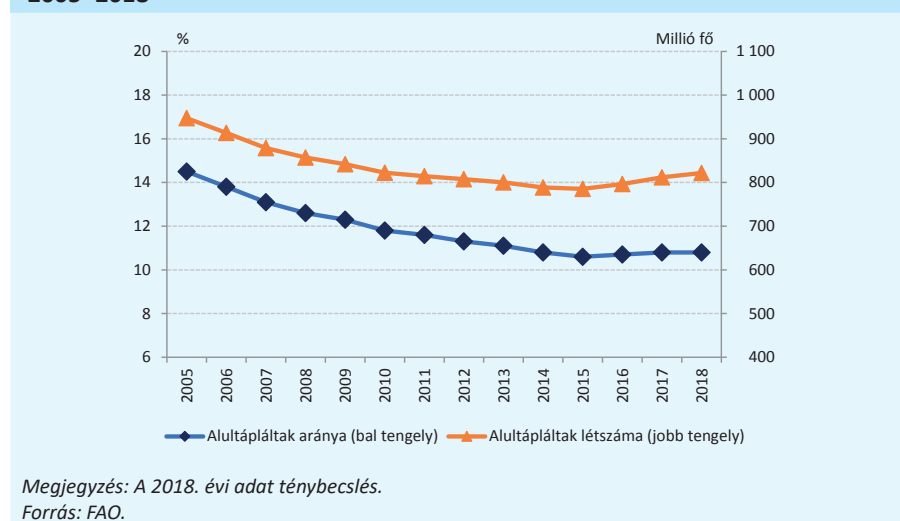
A szegénység felszámolásának területén az elmúlt időszakban ugyan jelentős előrehaladás történt, de a cél 2030-ig várhatóan nem fog teljesülni, mivel az alacsony jövedelmű országokban továbbra is magas a mélyszegénységben élők aránya (6-18. ábra). A súlyos szegénységben élő népesség részaránya 1990-ben még 36 százalék volt a világ országaiban, ami 2010-ig 16 százalékra, 2015-ig pedig 10 százalékra mérséklődött (ENSZ, 2019c). Ez azt jelenti, hogy a világ népességének 10 százaléka, azaz körülbelül 700 millió ember kevesebb, mint napi 1,9 dollárból kénytelen megélni, jelentős részük pedig a Szubszaharai Afrikában él. A ráta csökkenéséhez érdemben hozzájárult, hogy Ázsiában jelentősen visszaesett a mélyszegénységben élők száma. **2030-ban a világ népességének 6 százaléka élhet mélyszegénységben** az ENSZ előrejelzése szerint, ugyanakkor a Szubszaharai Afrikában továbbra is magas maradhat a ráta (ENSZ, 2019c).

6-18. ábra: A népéségen belül a mélyszegénységben élők aránya (százalék)

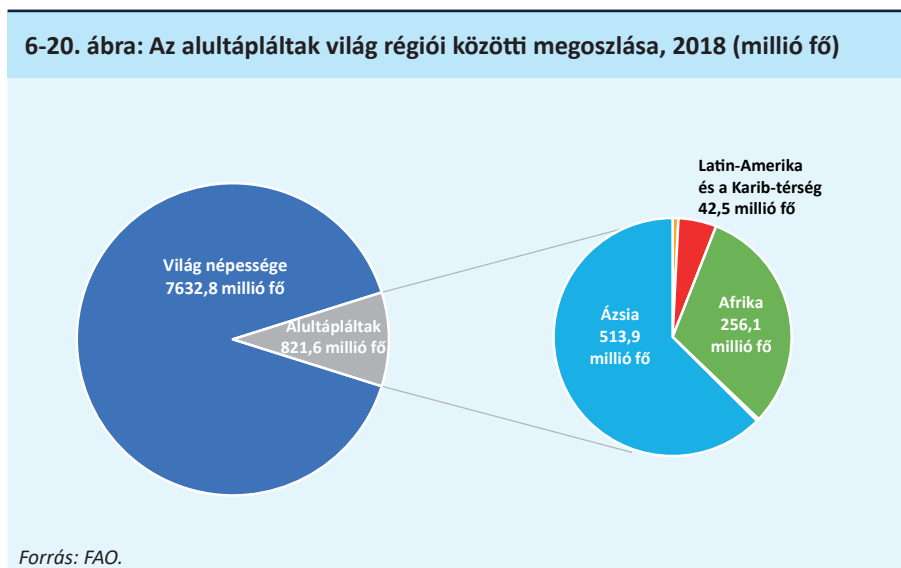


A népéségnövekedéssel párhuzamosan az éhezés jelentős globális probléma, aminek felszámolásában megtorpant a kedvező trend (6-19. ábra). 2017-ben a világ népességének 10,9 százaléka, azaz minden kilencedik ember, összesen 821 millióan szenvedtek élelmiszerhiánytól világszerte (ENSZ, 2019c).

6-19. ábra: Az alultápláltak létszáma és a világ népéségen belüli aránya, 2005–2018



Az elmúlt évtizedekben az alultápláltság alakulásában megfigyelt jelentősen csökkenő tendencia 2015-ben megtorpant, az alultápláltak népességén belüli aránya és létszáma nem csökkent tovább az elmúlt három évben (FAO, 2019). Az élelmi-szerhiányban szenvedő lakosok harmada Afrikában él, melynek emelkedéséhez jelentős szerepet játszottak a szélsőséges időjárási körülmények (6-20. ábra). A Szubszaharai Afrika országai közül az aszályra érzékeny országokban 17 százalékról 22 százalék közelébe emelkedett az alultápláltak aránya az elmúlt években, míg a régió többi országában még csökkent is az éhezők aránya (FAO, 2019).



Felhasznált irodalom:

Aiyar, S. – Ebeke, C. – Shao, X. (2016): *The Impact of Workforce Aging on European Productivity*. IMF Working Paper WP/16/238.

Bloom, D. E. – Canning, D. – Fink, G. (2010): *Implications of population ageing for economic growth*. Oxford Review of Economic Policy, Volume 26, Number 4, 2010, pp. 583–612.

FAO, IFAD, UNICEF, WFP, WHO (2019): *The State of Food Security and Nutrition in the World 2019*. Safeguarding against economic slowdowns and downturns. Rome, FAO.

Feyrer, J. (2008): *Aggregate Evidence on the Link Between Age Structure and Productivity*. Population and Development Review, March 2008, vol 34, pp. 78–99.

International Monetary Fund (2017): *Regional Economic Outlook. Asia and Pacific: Preparing for Choppy Seas, May 2017*.

Lee, R. D. – Reher, D. S. (2011): *Introduction: The Landscape of Demographic Transition and Its Aftermath*. Population and Development review Vol. 37. pp. 1–7.

Lutz, W. (2016): *Population, Education and the Sustainable Development Goals*. <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/9743wittgenstein.pdf>

United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2017a):
Government policies to raise or lower the fertility level. Population Facts No. 2017/10.
https://www.un.org/en/development/desa/population/publications/pdf/popfacts/PopFacts_2017-10.pdf

United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2017b):
Life Expectancy at Birth Increasing in Less Developed Regions. Population Facts No. 2017/09.
https://www.un.org/en/development/desa/population/publications/pdf/popfacts/PopFacts_2017-9.pdf

United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2019a):
World Population Prospects 2019.
<https://population.un.org/wpp/DataQuery/>

United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2019b):
World Population Prospects 2019: Highlights.
https://population.un.org/wpp/Publications/Files/WPP2019_Highlights.pdf

United Nations (2019c): *The Sustainable Development Goals Report 2019*.
<https://unstats.un.org/sdgs/report/2019/>

Ábrák és táblázatok jegyzéke

1-1. ábra: A globális GDP alakulása 1700 óta	12
1-1. táblázat: Az egy főre jutó GDP változása 1960* és 2018 között	12
1-2. ábra: A mélyszegénységben élők aránya	12
1-3. ábra: A globális gyermekhalandóság alakulása	13
1-4. ábra: A várható élettartam alakulása	13
1-5. ábra: A globális GDP és a globális szén-dioxid kibocsátás alakulása	13
1-6. ábra: Az 1972-ben és a 2008-ban készült környezeti terhelésre vonatkozó scenáriók összevetése	14
1-7. ábra: A metán és a dinitrogén-oxid légköri koncentrációjának alakulása	16
1-8. ábra: A hőmérséklet anomáliának és a szén-dioxid légköri koncentrációjának alakulása	16
1-9. ábra: A szén-dioxid légköri koncentrációjának historikus alakulása	16
1-10. ábra: A globális átlaghőmérséklet változása	17
1-11. ábra: A megújuló energia-generáló kapacitás alakulása	18
1-12. ábra: A megújuló energia arányának alakulása az EU energia-felhasználásában	18
1-13. ábra: A szén-dioxid kibocsátás alakulása országok/régiók szerint	18
1-14. ábra: A grönlandi jégtakaró olvadásának kiterjedése	19
1-15. ábra: Az átlagos globális tengerszint változása	19
1-16. ábra: Az édesvíz-felhasználás és a népességszám alakulása	20
1-17. ábra: Az egy főre jutó megújuló belső édesvízkészlet alakulása	20
1-18. ábra: Az erdővel borított területek kiterjedésének változása 1990 és 2016 között	20
1-19. ábra: Az ökológiai lábnyom és a gazdasági fejlettség kapcsolata	21
1-20. ábra: A túlfogyasztás napja	22
1-21. ábra: Az ökológiai lábnyom felbontása	22
2-1. ábra: A természeti tőkék csoportosítása gazdálkodás szerint	26
2-2. ábra: A megtermelt gabona mennyisége és a világ népességszámának alakulása, 1961–2017	30
2-3. ábra: A környezeti Kuznets-görbe és a kritikája	31
2-4. ábra: Az energaintenzitás alakulása 1990 óta egyes országokban	31
2-5. ábra: Az energaintenzitás és a gazdasági fejlettség kapcsolata 2017-ben	31
2-6. ábra: Szektoronkénti GDP arányos CO ₂ kibocsátás 1971–2016 között	31
2-7. ábra: Az egy főre jutó CO ₂ kibocsátás és a gazdasági fejlettség kapcsolata 2017-ben	32
2-8. ábra: Az egy főre vetített környezeti Kuznets-görbe egyes országok esetén	32
2-9. ábra: A reál GDP és a szén-dioxid-kibocsátás alakulása a jelenlegi trendek folytatódása esetén és a zöld növekedési pályán 2050-ben	33
2-10. ábra: A termelékenység és az energaintenzitás alakulása a jelenlegi trendek folytatódása esetén és a zöld növekedési pályán 2050-ben	34
2-11. ábra: Az egy főre eső GDP változása 2 Celsius fokkal magasabb globális átlaghőmérséklet esetén	35
2-12. ábra: Az egy főre eső GDP változása 1,5 Celsius fokkal magasabb globális átlaghőmérséklet esetén	35
2-1. táblázat: 2050-re vonatkozó előrejelzések a scenáriók feltételeinek teljesülése esetén	36
3-1. ábra: A klímaváltozás piaci kudarcának elemei	39
3-2. ábra: Az éghajlatváltozás hatása a globális GDP alakulására az integrált értékelő modellek, valamint a Stern-riport alapján	41
3-3. ábra: A szén társadalmi költségei a különböző becslési eredmények alapján	42
3-4. ábra: A körforgásos gazdaság	44
3-5. ábra: Fenntartható növekedés az irányított technológiai változás modelljei esetében	46
3-6. ábra: A szén-dioxid árának alakulása	49
3-7. ábra: A szén-dioxid intenzitás és a fosszilis energiaforrásokat érintő pótdíj közötti kapcsolat	51
4-1. ábra: A top 10 technológia, mely hozzájárul a fejlődéshez, 2019-es eredmények	57
4-2. ábra: A globális internetforgalom alakulása	57
4-3. ábra: A big data piac bevételeinek növekedése, világszintű előrejelzés, 2011–2027 (milliárd USD)	58

4-4. ábra: A big data munkaerőpiac keresleti és kínalmi változása 2018-ban, meghirdetett állások és álláskeresők alapján	58
4-5. ábra: Potenciális éves hatékonyság nyereség a mesterséges intelligenciából (AI),* globális, iparáganként, az AI/big data és adatelemzés százalékában	58
4-6. ábra: 10 százalékos adatfelhasználhatóság növekedés hatása a termelékenységre (árbevétel/fő)	59
4-7. ábra: A Machine Learning és az ökonometria teljesítménye a mintaelemszám növekedése esetén	60
4-1. táblázat: Az ökonometria és a Machine learning összehasonlítása	61
4-8. ábra: A megújuló energiaforrások megoszlása a villamosenergia-termelésben	62
4-9. ábra: Az okos hálózat által nyújtott lehetőségek	63
4-10. ábra: A világ CO ₂ kibocsátása a szállító szektorban alszektoronkénti bontás szerint	64
4-11. ábra: Az elektromos járművek várható állományának alakulása 2017 és 2030 között	65
4-12. ábra: A globális autómegosztás arányára vonatkozó előrejelzés alakulása	66
4-13. ábra: Betakarított és szántóterületek előrejelzése a zöld növekedési pálya alapján	68
4-14. ábra: A világ okos városainak fejlettségi és integráltsági szintjei	70
5-1. ábra: A platform gazdaság működési elve	77
5-2. ábra: A top 10 globális vállalat (2008 vs. 2018)	77
5-3. ábra: Egy internet-perc történései 2019-ben	78
5-4. ábra: A 21. század új kihívásai a hagyományos mérésel szemben	79
5-5. ábra: Az internet és a digitalizáció legfontosabb inflációs csatornái	80
5-6. ábra: A globális e-kereskedelem várható növekedése (2018–2023)	80
5-7. ábra: Internethasználati statisztikák az EU28 országok esetében	81
5-8. ábra: 10 000 foglalkoztatottra jutó ipari robotok száma a feldolgozóiparban, 2011 és 2018	82
5-9. ábra: A digitalizáció által leginkább érintett termékek és szolgáltatások árának alakulása az EU-ban	83
5-10. ábra: Az árak klasztereződése a Ralph Lauren ruházati termékeinek esetében	84
6-1. ábra: A világ népességszáma, 1900–2100	87
6-2. ábra: A népességszám változásának átlagos éves üteme, 1950–2100 (százalék)	87
6-3. ábra: A világ népességszáma és egyes régiók közötti megoszlása	88
6-4. ábra: A népesség létszámának változása a világ egyes földrészein 2015 és 2100 között (százalékos változás)	88
6-5. ábra: A termékenységi ráta a világ régióiban, 1950–2100	89
6-6. ábra: A termékenységi ráta és az egy főre jutó GDP, 2017	90
6-7. ábra: A születéskor várható élettartam alakulása a világ egyes régióiban, 1950–2100	90
6-8. ábra: A 60 évnél idősebb népesség létszáma a világ egyes régióiban, 1950–2100	91
6-9. ábra: A 60 évnél idősebb népesség aránya a világ egyes földrészein 2015-ben, 2050-ben és 2100-ban (a teljes népesség százalékában)	92
6-10. ábra: Az időskori függőségi ráta a világ egyes régióiban, 2015-ben és 2100-ban (százalék)	92
6-11. ábra: A világ népességszámának alakulása a közepes változat alapján és annak 95 százalékos konfidencia intervalluma	93
6-12. ábra: A világ népességének korfája, 2015	94
6-13. ábra: A világ népességének korfája, 2100	94
6-14. ábra: A termékenységi ráta alakulása az eltérő jövedelmi csoportba tartozó országokban, 1950–2100	95
6-15. ábra: Csökkenő népességszámú országok létszámváltozása 2015 és 2050 között	96
6-16. ábra: Az egy főre jutó GDP és a népességszám százalékos változása 2015 és 2050 között a világ egyes országcsoportjaiban	97
6-17. ábra: Az ENSZ által kitűzött Fenntartható Fejlődési Célok	97
6-18. ábra: A népességen belül a mélyszegénységben élők aránya (százalék)	98
6-19. ábra: Az alultápláltak létszáma és a világ népességén belüli aránya, 2005–2018	98
6-20. ábra: Az alultápláltak világ régiói közötti megoszlása, 2018 (millió fő)	99

Gróf Széchenyi István

(1791. szeptember 21. – 1860. április 8.)

Politikus, közíró, közgazdász, a Batthyány-kormány közlekedési minisztere, akit Kossuth Lajos a „legnagyobb magyarnak” nevezett. Apja Széchenyi Ferenc gróf, a Magyar Nemzeti Múzeum és Könyvtár alapítója, anyja Festetich Julianna, a Georgikont alapító, Festetich György gróf leánya.

Széchenyi István máig érvényes üzeneteket hordozó eszméivel, közírói és politikai tevékenységével megvetette a modern Magyarország alapjait. A gróf a magyar politika egyik legkiemelkedőbb és legjelentősebb alakja, akinek nevéhez a magyar gazdaság, a közlekedés és a sport megreformálása fűződik. Számos közhasznú intézmény alapítója és névadója, beutazta Európát, megismerte az akkoriban a gazdasági és politikai fejlődés élén járó Angliát. Széchenyi István felismerte, hogy a felemelkedés érdekében Magyarországnak reformokra van szüksége és életcéljának tekintette az iparosodó, polgárosodó Magyarország alapjainak megvetését.

1830-ban megjelent „Hitel” című munkája Magyarország polgári átalakulásának, gazdasági-társadalmi programjának összefoglalása. Az írással Széchenyi gróf célja az volt, hogy rádöbentse a nemességet az ország társadalmi-gazdasági átalakításának fontosságára. Hasonlóan nagy jelentőségű műve a „Stádium” (1833), amelyben 12 pontba szedett javaslatba foglalta reformprogramjának sarokpontjait, köztük az önkéntes és kötelező örökváltságot; az ősiség eltörlését; a parasztság szabad birtoklási jogát; az ipar és kereskedelem szabadságát. Széchenyinek ebben a művében már megjelent a jogegyenlőség és a közteherviselés gondolata is.

Az 1848-as forradalom után Széchenyi István részt vállalt a Batthyány-kormány munkájában, miniszterként nagy energiával látott hozzá közlekedési programjának megvalósításához.

NÖVEKEDÉSI JELENTÉS

2019

Nyomda: Prospektus Kft.

8200 Veszprém, Tartu u. 6.

mnb.hu

©MAGYAR NEMZETI BANK

1054 BUDAPEST, SZABADSÁG TÉR 9.