

McKinsey
& Company

Klímasemleges Magyarország

Úton a sikeres dekarbonizáció felé



A McKinsey Magyarországon

A budapesti iroda 1996-os megnyitása óta a McKinsey & Company Magyarország legnagyobb vállalatainak és intézményeinek, valamint Közép-Európa multinacionális cégeinek megbízható tanácsadó partnerévé vált. A McKinsey budapesti központja több mint 240 szakemberrel, számos területen nyújt szakértői tanácsot ügyfeleinknek.

A különböző szakterületekre és iparágakra specializálódott tanácsadói csapatok mellett a budapesti iroda ad helyet a McKinsey globális banki kompetenciaközpontjának, a McKinsey Panorámának is. Ezenfelül számos McKinsey-kezdeményezés a budapesti iroda részét képezi: ezek a McKinsey Digital Studios, amely a cégek agilis működésének támogatásával foglalkozik; a Periscope by McKinsey, amely az árazásban segít a big data és a fejlett analitika alkalmazásával; a Finalta, amely komplex pénzügyi benchmarking szolgáltatásokat kínál; és a McKinsey Implementation, amely nagyszabású vállalati, intézményi átalakítások megtervezéséhez és végrehajtásához nyújt segítséget.

Számos egyéb tanulmány mellett a budapesti irodában készültek az elmúlt években megjelent *Átalakuló munkahelyek: az automatizálás hatása Magyarországon*; *Rise of the Digital Challengers: Perspective on Hungary*; *Rethinking European automotive competitiveness*; *The next gold medal: How Hungary can win the productivity race in the digital age*; *Repülőrajt: A magyar gazdaság növekedési pályája 2030-ig* című tanulmányok is.

További információ: www.mckinsey.com/hu

A McKinsey világszerte

A McKinsey & Company egy globális menedzsment tanácsadó cég, amely elkötelezetten segít különböző szervezeteket, hogy változást érjenek el. Tanácsadóink több mint 130 városban és 65 országban támogatják az ügyfeleket a magán-, köz- és szociális szektorokban. Ügyfeleinket többek között az ambiciózus stratégiájuk létrehozásában, működésük átalakításában, technológiai megoldások beágyazásában támogatjuk, valamint a szükséges képességek fejlesztésében is tevékenyen részt veszünk, hogy tartós és jelentős legyen a változás.

További információ: www.mckinsey.com

A McKinsey Fenntarthatósági Szakterülete

Fenntarthatósági Szakterületünk segíti a magán- és közszektor szereplőit az alacsony szén-dioxid-kibocsátású, fenntartható gazdaságra való átállás során. Ügyfeleinket rendszerszintű, iparágokon és üzleti funkciókon átívelő perspektívánkra alapozva támogatjuk, ami az energiaipartól és a közlekedéstől a mezőgazdaságig és a fogyasztási cikkekig, valamint a stratégiától és a kockázatelemzéstől a napi működésig és a digitális technológiáig terjed. Saját kutatási és technológiai eszközeink biztosítják azt a strukturált tényalapot, aminek mentén az üzleti vezetők és a kormányzati, politikai döntéshozók megalapozott döntéseket hozhatnak. Ennek eredményeként ezek a megoldások ösztönzik az üzleti modellek fejlődését, és tartós teljesítményjavulást tesznek lehetővé az új és már jelenlévő szereplők számára.

További információ: www.mckinsey.com/sustainability

Klímasemleges Magyarország

Úton a sikeres dekarbonizáció felé

Jánoskúti Levente, Engel Hauke, Békés Márton, Hanzlík Viktor, Havas András és Tamás Soma

Előszó és köszönetnyilvánítás

A McKinsey-nél az éghajlatváltozást korunk egyik meghatározó kérdésének tekintjük – olyan kérdésnek, amely mélyreható hatással van és lesz az emberekre, kormányokra és iparágakra, valamint az egyes vállalatokra. Úgy véljük, fontos, hogy a polgárok, a kormányzati tisztviselők és az üzleti vezetők átlássák, milyen intézkedésekre van szükség ahhoz, hogy az éghajlatváltozást a tudósok által elfogadhatónak tartott szintre korlátozzuk.

E jelentés célja, hogy bemutasson egy költséghatékony utat Magyarország számára a 2050-re kitűzött szén-dioxid-semlegesség eléréséhez, felvázolva a magyar gazdaság egyes ágazataiban szükséges intézkedéseket és beruházásokat. Célunk nem az, hogy megjósoljuk a jövőt, hanem az, hogy bemutassuk elemzésünket a jelenleg európai szinten tárgyalt dekarbonizációs erőfeszítések költségeiről és következményeiről. Ennek során ismertetjük, hogy mi tűnik ma a legoptimálisabb útnak a klímasemlegesség eléréséhez.

Ez a jelentés a McKinsey & Company független elemzésének eredményeit mutatja be.¹ A jelentés elkészítését Jánoskuti Levente, a McKinsey irodavezető partnere, Havas András, a McKinsey budapesti partnere, Hanzlík Viktor, a McKinsey prágai partnere, Békés Márton, a McKinsey budapesti associate partnere, Engel Hauke, a McKinsey Fenntarthatósági Szakterületének partnere, és Tamás Soma, a McKinsey budapesti tanácsadója vezette.

A tanulmányhoz a McKinsey számos nemzetközi és hazai szakértője, tanácsadója és kollégája járult hozzá. Ők a következők, ábécésorrendben: Antal Gergely, Balogh Zsófia, Baroyan Artem, Beltcheva Lora, Conzade Julian, Chaiban Celia, Cramer Daniel, Czigler Thomas, Fisher Lauritz, Granskog Anna, Guzik Victor, Hanuska Ondrej, Hart Catherine, Hoffmann Christian, Kaustia Hanna, Kitchell Hannah, Novak Jurica, Oye Erlend, Pócs Máté, Nistal Prieto Sergio, Roelofs Demian, Satori Leonardo, Sharma Namit, Simola Rita, Stellek Bálint, Stevens Antoine, Szabat Piotr, Szarek Gustaw, Taksyak Michael, Tluscik Katarzyna, Tóth-Almási Dávid, Vadász Ferenc, Varga Bálint, Varga Zsigmond, Vergote Boris, Weihe Ulrich, Weiss Alexander, Xing Yeye és Zékány Kristóf.

Külön köszönjük Dodge Laura-nak az angol nyelvű, és Darida Bencének a magyar nyelvű riport lektorálását, Kotesovec Petr-nek és Tóth Angélának a vizuális tartalmakat, valamint Egri Andreának és Szűcs Annának a tanulmány publikálásának támogatását.



Tartalom

1. fejezet

Vezetői összefoglaló	6
-----------------------------	----------

2. fejezet

Dekarbonizáció – egy generációs kihívás	16
--	-----------

3. fejezet

Jelenlegi kibocsátás – honnan indul Magyarország?	22
--	-----------

4. fejezet

A dekarbonizáció ágazati szintű lehetőségei	28
--	-----------

Ipari termelés	30
Épületek	36
Közlekedés	42
Villamos energia	48
Hulladékgazdálkodás	52
Mezőgazdaság	56
Negatív kibocsátás	60
A hidrogén szerepe	64

5. fejezet

A dekarbonizáció költségei és gazdasági hatásai	68
--	-----------

6. fejezet

Nagyobb energiabiztonság	72
---------------------------------	-----------

7. fejezet

Merre tovább?	78
----------------------	-----------

Függelék	82
-----------------	-----------

Rövidítések jegyzéke	84
A szerzőkről	85
Források	86

1. fejezet

Vezetői összefoglaló





Bevezetés

Elhúzódó hőhullámok, gyakori aszályok, heves esőzések – csupán néhány azok közül a hatások közül, amelyeket Magyarország és az Európai Unió (EU) többi országa az éghajlatváltozás nyomán tapasztal. A kutatók arra figyelmeztetnek, hogy az Európai Unió országainak a biodiverzitás, az infrastruktúra és a megélhetés terén komoly károkkal és veszteségekkel kell szembenéznük, ha nem tesznek a globális felmelegedést okozó üvegházhatású gázok megszüntetéséért.² Az európai uniós (EU) partnereihez hasonlóan Magyarország is kötelezettséget vállalt arra, hogy 2050-ig 1,5 Celsius-fok alatt tartja a globális felmelegedést.

Ennek érdekében Magyarország a következő három évtizedben el kívánja érni azokat a célokat, amelyeket az EU a szén-dioxid-kibocsátás csökkentésre határozott meg. Ennek értelmében az EU 2030-ig 40 százalékkal az 1990-es szint alá kívánja csökkenteni az üvegházhatású gázok kibocsátását, mely célérték 55 százalékra módosulhat az „Irány az 55%!” elnevezésű, függőben lévő intézkedéscsomag alapján. Az Európai Unió célja, hogy 2050-re elérje a klímasemlegességet.³ A dekarbonizáció konkrét megvalósítása azonban nagyban függ az egyes uniós országok egyedi gazdasági és társadalmi adottságaitól.

Magyarország kifejezetten kedvező helyzetben van ahhoz, hogy ezeket a célokat elérje. Egy nemrégiben elfogadott törvénymódosítás

értelmében a karbonsemlegesség elérése 2050-ig immár jogszabályi kötelezettség,⁴ miközben a közvélemény és a vállalatok is egyre erőteljesebben támogatják az alacsony szén-dioxid-kibocsátású működésre történő átállást. A legutóbbi uniós közvélemény-kutatás során a magyar válaszadók többsége szerint az éghajlatváltozás elleni küzdelemben elsősorban a gazdasági élet szereplőinek, valamint a tagállami kormányoknak kell kiemelt szerepet vállalniuk; a válaszadók továbbá úgy vélik, hogy a kijelölt célok eléréséhez szükséges beruházások mértéke elmarad azoknak a károknak a nagyságától, amelyeket a globális felmelegedés okozhat.⁵ Ugyanezt a tendenciát követve egyre több hazai és nemzetközi vállalatnál kerül stratégiai fókuszba a dekarbonizáció.

Az éghajlatváltozás elleni küzdelem növekvő társadalmi támogatottsága azonban önmagában nem elegendő a klímasemlegesség eléréséhez. A szén-dioxid-kibocsátás csökkentéséhez jelentős beruházásokra, a földhasználat megváltoztatására, új technológiák bevezetésére, a fogyasztói magatartás alapvető megváltoztatására és az energiamix átalakítására van szükség az EU teljes területén.

Jelen elemzésünkben egy lehetséges költségoptimalizált pályát vázolunk fel a nettó nulla kibocsátási cél eléréséhez minden főbb szektorban: az energiatermeléstől kezdve a közlekedésen és az épületállományon át a feldolgozóipar, a mezőgazdaság

és hulladékgazdálkodás átalakításáig. Emellett tanulmányunk becslést ad az egyes ágazatokban szükséges beruházásokra, valamint a várt változások bruttó hazai termékre (GDP) való hatására. Az elemzés külön kitér a hidrogén alkalmazásának szerteágazó területeire, illetve, hogy milyen környezeti, valamint technológiai megoldásokkal növelhető a negatív kibocsátás. A tanulmány azt is bemutatja, hogy mennyiben javíthatja Magyarország energiaellátásának biztonságát a megújuló erőforrások kínálatának növekedésére építő energetikai átállás. Végül felvázoljuk, hogyan tudja Magyarország a dekarbonizációt saját gazdasági versenyképességének növelésére, illetve gazdasági növekedésének fokozására fordítani.

Az elemzés módszertana a McKinsey globálisan szerzett dekarbonizációs szakértelmére, nemzetközi benchmarkokra, valamint saját fejlesztésű modellekre támaszkodik. Ilyen többek között a „Decarbonization Scenario Explorer” (több mint 500 dekarbonizációs módszer hatását számszerűsíti), a „Global Energy Perspective” (146 ország 30 ágazatának 55 energiatermékére vonatkozó, 2050-ig terjedő előrejelzést tartalmaz), a „Hydrogen Insights” (a hidrogén lehetséges alkalmazási területeit vizsgálja) és a European Power Model (európai villamosenergia-rendszer óránkénti elosztás optimalizálási modellje).

Számos zöld beruházás járhat gazdasági és társadalmi előnyökkel

Mit jelent a költségoptimalizált pálya?

kialakíthat egy karbonsemleges gazdasági struktúrát 2050-ig. Ezek az utak a rendelkezésre álló és az alkalmazott technológiák, a meghozott intézkedések sorrendje és az érdekelt felek elkötelezettségének mértékében eltérőek lehetnek. Ez a tanulmány a költségoptimalizált utat vázolja fel - amely nem korlátozza a GDP és a fogyasztás növekedését - a jelenleg rendelkezésre álló technológiák (jelenleg nem minden dekarbonizációs technológia áll rendelkezésre skálázható mértékben), a kapcsolódó költségek és a magyar gazdaság szerkezete alapján.

A modell az elérhető költségkilitások alapján határozza meg a dekarbonizációra alkalmas technológiák közül a legoptimálisabbat. A technológiák a jövőben változhatnak, fejlődhetnek, így a költségek eltérően alakulhatnak, ami némileg eltérő fejlődési pályához vezethet.

A modell arra a feltételezésre épít, hogy a szereplők racionális, gazdasági döntéshozók, akik az alacsonyabb szén-dioxid-kibocsátású technológiákat választják minden olyan esetben, amikor e technológiák teljes tulajdonlási költsége (total cost of ownership, TCO) alacsonyabb, mint az éppen alkalmazott megoldásoké. A modell másik alapfeltevése, hogy a kibocsátás-csökkentési célok elérése érdekében a nem gazdaságos megoldásokat a lehető legvégső időpontban hajtják végre. A modell nemzeti vagy európai szinten meghatározott iparági célkitűzéseket használ, és figyelembe veszi a megvalósítás erőforráskorlátait. Nem veszi figyelembe a fogyasztói magatartás lehetséges változásait – például a kevesebb húsfogyasztást vagy a kevesebb hulladéktermelést –, amelyek pozitív hatással lehetnek az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentésére.



Főbb megállapítások

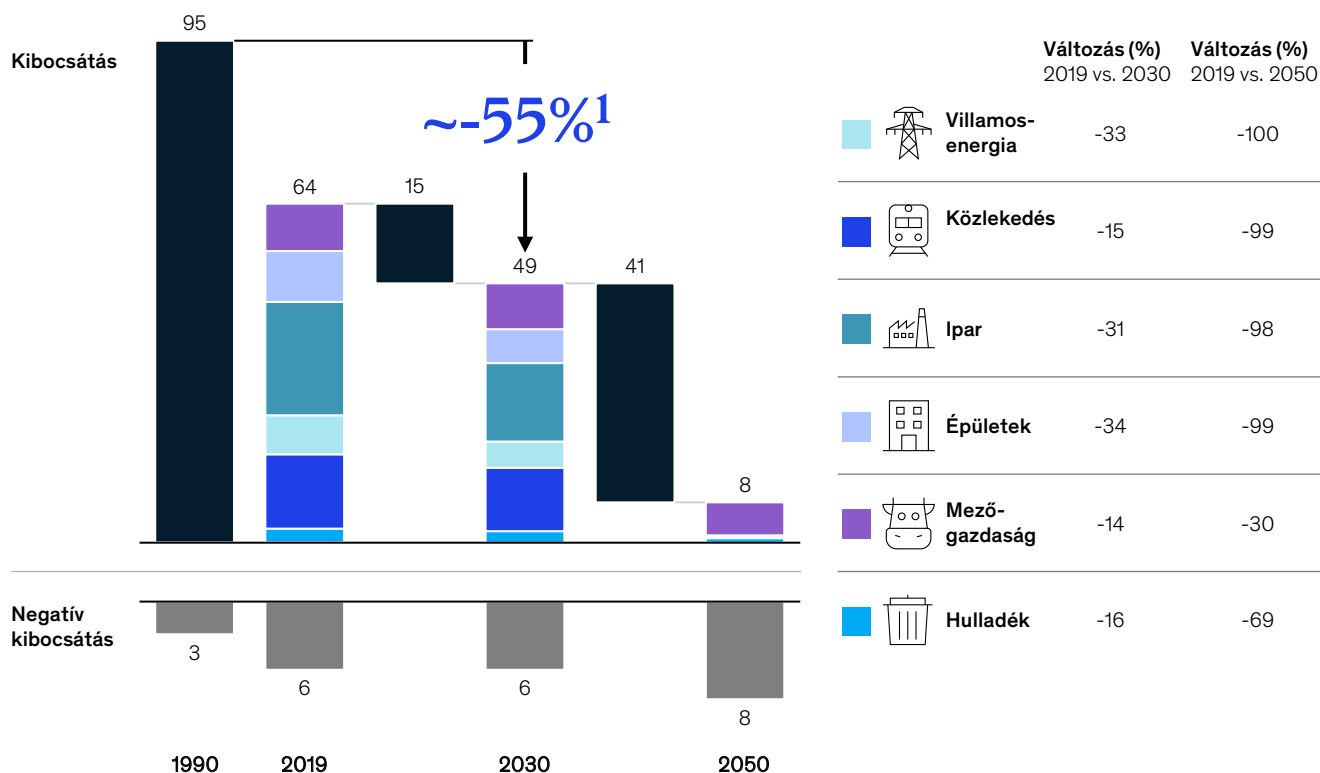
Magyarország dekarbonizációjának költségoptimalizált megvalósítása 2050-ig várhatóan 150-200 milliárd eurónyi további tőkeberuházást (CAPEX) fog igényelni. Bár ez igen jelentős beruházásnak minősül, összességében pozitív megtérülést eredményezhet: egyrészt az éghajlatváltozás negatív hatásainak való kitétséget csökkenti, másrészt ágazatonként költséghatékonyabb működéshez vezet. Ezek mellett pedig pozitív hatást gyakorolhat a bruttó hazai termékre, a munkahelyteremtésre,

az energiatünetlenségére, valamint Magyarország gazdasági versenyképességére.

Modellünk szerint, ha Magyarország az itt bemutatott ütemtervet követi, akkor 2030-ra 55-60 százalékkal csökkentheti a szén-dioxid-kibocsátását, 2050-re pedig elérheti a klímaseglegességet. Az alábbi ábra a gazdaság egyes ágazataira vonatkozó csökkentéseket mutatja százalékos formában.

Magyarország ~55%-os csökkenést érhet el 2030-ra és nettó nulla kibocsátást 2050-re

MT CO₂e kibocsátás



1. Negatív kibocsátásokat is beleértve

Forrás: UNFCC

Dekarbonizációs pályák az egyes ágazatokban

Ipar

Az ipari termelés adja Magyarország teljes szén-dioxid-kibocsátásának 33 százalékát, amivel a legnagyobb kibocsátó szektor az országban, miközben komplexitása miatt az egyik legjelentősebb kihívásokat támasztja a dekarbonizáció számára. A magyarországi ipari károsanyag-kibocsátások csökkentéséhez szükséges módszerek és technológiák többsége vagy költségigényes, vagy még nem áll rendelkezésre, és várakozásaink szerint ez a 2030-as évekig így is marad.

Addig is a nehézipar energiahatékonyságának javításával a kibocsátás akár 30%-kal is csökkenthető lehet 2030-ig, míg a legnehezebben csökkenthető ipari kibocsátásokat szén-dioxid-leválasztással, -hasznosítással és -tárolással lehet ellensúlyozni. A fennmaradó kibocsátások az ágazaton kívül, környezeti szén-dioxid-megkötőkkel – például erdőtelepítéssel – kompenzálhatóak.

Az összes ipari kibocsátás mintegy felét négy alágazat termeli ki: a

vas- és acélgégyártás, a kőolaj- és földgáztermelés, a cement- és mészgégyártás, valamint a finomítás. A vas- és acélgégyártás dekarbonizációja a vasérc megolvasztásához jelenleg használt széntüzelésű, oxigénbefúvósos konverteres kohók (BF-BOF) megújuló energiaforrású alapon működő villamos ívkemencékkel (EAF) való kiváltásával lehetséges.

A cementgégyártásban az alternatív tüzelőanyagok alkalmazása és az energiahatékonyság javítása a kibocsátást 50 százalékkal csökkentheti, míg a fennmaradó rész megszüntetése szén-dioxid-leválasztási technológia alkalmazásával lehetséges 2050-ig. Hasonló megoldásokkal – alternatív tüzelőanyagok használatával, villamosítással és szén-dioxid-leválasztással – a többi alágazatban is csökkenteni lehet a kibocsátást.

Közlekedés

Magyarországon a közlekedési ágazat az ország második legnagyobb szén-dioxid-kibocsátó szektora, a teljes kibocsátás 22 százalékát

30%-kal

csökkenthető az ipari emisszió 2030ig



Magyarországnak emellett 30-40 milliárd euró összegű beruházást kell végrehajtania az elektromos hálózatban, hogy képes legyen befogadni a megújulókat, elektromos autókat és számos további változást



kitéve, amelynek nagy része a közúti közlekedésből származik.

A csökkenő akkumulátorárak és a tisztán elektromos járművek (BEV) fokozódó népszerűsége a 2020-as évekre versenyképesé teszi a BEV járműveket a hagyományos, belső égésű motorral működő járművekkel (ICE) szemben. Modellezésünk alapján Magyarországon először a kishaszongépjárművek területén történik meg az elektromos meghajtásra való átállás, amit a személygépkocsik követnek. Az elektromos jármű töltő infrastruktúra széles körű kiépítése kulcseleme a tisztán elektromos járművek elterjedésének.

A tehergépjárművek, illetve a nagyobb szállítási teherautók és haszongépjárművek várhatóan lassabban fognak áttérni a fosszilis üzemanyagokról, hiszen ezeknek hosszabb távra elegendő energiára van szükségük, amelyet csak továbbfejlesztett akkumulátortechnológia vagy hidrogén üzemanyagcellák képesek biztosítani. A 2030-as évek elejére a

zöld hidrogén versenyképesé válik a közlekedés bizonyos szektoraiban, ami lehetővé teszi a nehézgépjárművek dekarbonizációját.

A karbonsemleges technológiákra való átállás mellett a relatíve magas tömegközlekedési arány – az utaskilométerek közel egyharmadát teszi ki⁶ – további növelése is biztosít lehetőségeket. A tömegközlekedés fokozottabb igénybevétele ingyenes vagy gyorsabb tömegközlekedéssel, a dugódíjakhoz hasonló pénzügyi ösztönzőkkel, valamint a mikromobilitás és a közösségi mobilitási trendek – például az e-robogók és az autómegosztás – népszerűsítésével lehetne ösztönözhető.

Villamos energia

A villamosenergia-ágazat kibocsátásának csökkentése, amely a teljes kibocsátás 12%-át teszi ki Magyarországon, kulcsfontosságú ahhoz, hogy Magyarország elérje a klímasemlegességet. A dekarbonizáció önmagában hozzájárul ahhoz, hogy 2050-ig 2,8-szorosára nőjön a villamos energia iránti kereslet, és az ágazatnak

ezt a keresletet karbonsemleges megoldásokkal kell kielégítenie. A modellezésünk alapján az előrejelzett kereslet kielégítéséhez körülbelül 8-9-szeresére kellene növelnie Magyarországnak a rendelkezésre álló villamosenergia-kapacitást.

Mivel a nap- és szélenergia-termelés technológiái egyre fejlettebbek, és Magyarország jelentős termelési potenciállal rendelkezik (különösen a fotovoltaikus energia területén), az energiaszektor már ma megkezdheti a megújuló energiaforrásokból származó kapacitásának növelését, és a 2030-as évek közepére megszünteti a CO₂ kibocsátásának legnagyobb részét. Emellett Magyarország elegendő karbonsemleges villamosenergia-kapacitással rendelkezhetne ahhoz, hogy a hazai keresletet a 2030-as évekre teljesen kielégítse, és nettó villamosenergia-exportórré váljon a 2040-es évekre. 2050-re a nap- és széltermékek a teljes beépített kapacitás több mint 85 százalékát képviselhetik.

Ugyanakkor az országnak az energiaellátás terén új, megfelelő rugalmasságot biztosító forrásokra is szüksége lesz. Például a gázturbinák továbbra is részei lesznek az energiamixnek, de szén-dioxid-leválasztási technológiával lesz szükséges felszerelni őket, míg a megújuló energiaforrások energiaellátásba integrálása és azok ingadozásainak ellensúlyozása nagy kapacitású akkumulátortelegekre és szezonális tárolórendszerekre is szükség lesz. Emellett a határokon átnyúló megnövekedett energiakereskedelem elősegítéséhez új energiahálózati összekötőkre (interkonnektorokra) lesz szükség.

Épületek

Az épületek 15 százalékkal járulnak hozzá Magyarország teljes szén-dioxid-kibocsátásához. A családi házak helyiség- és vízfűtése messze a legnagyobb forrása az épületszektor kibocsátásának. Az elemzéseink alapján Magyarország

2030-ig 34 százalékkal, 2050-ig pedig 99 százalékkal csökkentheti az épületállományának kibocsátását.

A lakások energiahatékonyságának javítása, az elektromos hőszivattyúk és elektromos tűzhelyek mielőbbi és széles körű alkalmazása, a gázkazánok hidrogénkazánokra való cseréje, valamint a karbonsemleges távfűtésre való áttérés lehetnek az elsődleges megoldások a dekarbonizációs célkitűzések eléréséhez.

A 2020-as évek közepétől a beruházási költségek kedvezőbbé válásával a hőszivattyúk várhatóan egyre szélesebb körben kerülnek majd alkalmazásra. A hőszivattyúk telepítéséhez nyújtott kormányzati ösztönzők és támogatások is felgyorsítják az épületek földgázzal történő fűtésről történő átállását. A 2030-as évek közepétől kezdve a hidrogénkazánok további alternatívát jelentenek majd az épületek alacsony kibocsátású fűtésére.

Mivel a jelenlegi épületek nagy része 2050-ben még állni fog, elengedhetetlen a meglévő lakások energiahatékonyságának javítása (például jobb szigeteléssel vagy fejlett energiagazdálkodási rendszerek telepítésével), valamint annak garantálása, hogy az újonnan épített lakások már eleve karbonsemlegesek legyenek. A legnagyobb induló dekarbonizációs hatás azzal érhető el, ha az épületekben használt szén teljesen kiváltjuk. A villamosítás, a hidrogénfűtés és a távfűtés megfelelő egyensúlya a helyi áramellátás összetételének alakulásától, valamint a zöld hidrogén költségeinek csökkenési ütemétől függ.

Mezőgazdaság

Magyarország teljes szén-dioxid-kibocsátásának 14 százalékát a mezőgazdaság teszi ki. A mezőgazdasági ágazat kibocsátása három forrásból származik: az állattartásból, a növénytermesztésből, és a mezőgazdasági üzemek energiefelhasználásából. Annak ellenére, hogy ebben a szektorban érhető el legnehezebben a nulla

kibocsátás, modellezésünk alapján az ágazati kibocsátás a 2030-as években kezd majd jelentősen csökkenni azzal, hogy egyre több gazdaság hajt végre a kibocsátások csökkentésére összpontosító intézkedéseket. Ilyenek például a takarmányozási változtatások a bélfermentációból eredő kibocsátások, vagy fejlettebb műtrágyázási technológiák a növénytermesztésből származó kibocsátások csökkentésének érdekében.

A közlekedési ágazathoz hasonlóan a tisztán elektromos (BEV) és az üzemanyagcellás elektromos járművek (FCEV) csökkenő költségei a 2030-as években a mezőgazdasági gépek villamosítására is ösztönzőleg hathatnak. A riport által felvázolt forgatókönyv szerint a 2030-as évekre Magyarország összes mezőgazdasági gépe villamosított lehet, ami a jelenlegi kibocsátást 24 százalékkal csökkentené.

Feltéve, hogy az ágazatban nem történik alapvető strukturális változás, a mezőgazdaság állattenyésztéshez kapcsolódó kibocsátása 2050-re a negyedével csökkenthető lenne olyan proaktív intézkedésekkel, mint a takarmányozás megváltoztatása, vagy a trágya anaerob lebontása, amelynek során az ürülék mikrobiális folyamatok segítségével biogázt termel.

Speciális tápanyag-adalékanyagokkal és hatékonyabb trágyázási technikákkal 2050-re a növénytermesztésből származó kibocsátások is 20 százalékkal csökkenhetnének. Ahogy az elektromos munkagépek gazdaságosabbá és elérhetőbbé válnak, a mezőgazdasági üzemek energiefelhasználásához kapcsolódó kibocsátások csökkenése is felgyorsulhat. Azonban a mezőgazdaságból származó összes kibocsátást a jelenleg ismert technológiai megoldásokkal nem lehet megszüntetni, ezért a fennmaradó mennyiséget környezeti vagy technológián alapuló szén-dioxid-megkötéssel kell ellensúlyozni.

Hulladékgazdálkodás

Magyarország teljes üvegházhatású gázkibocsátásának 4 százalékát a hulladékgazdálkodás adja. Az ágazati kibocsátás fő forrásainak a szennyvíz kezelése és elvezetése, valamint a szilárd hulladék ártalmatlanítása számítanak.⁷ A hulladékból származó kibocsátást Magyarország a szennyvíz- és a szilárd hulladékgazdálkodás javításával csökkentheti. A szennyvízből eredő kibocsátás csökkentésére a víztisztító létesítményekbe metánmegkötő mechanizmusok telepíthetők.

A metánleválasztás és egyéb hulladékenergetikai technológiák, mint például a még kialakulóban lévő plazmagázosítás vagy a már kiforrottabb hulladékégetés, nagyban hozzájárulhatnak a szilárd hulladékok kibocsátásának csökkentéséhez; az újrafeldolgozási és a hulladékhasznosítási rendszerek révén pedig a hulladék eleve nem is kerül a hulladéklerakókba.

Bár a hulladék – természetéből adódóan – teljesen nem szüntethető meg, várakozásaink szerint Magyarországon a hulladéklerakókba kerülő ipari hulladék aránya 2030-ra nullára, míg a hulladéklerakókba kerülő kommunális hulladék aránya 20

százalékra csökkenhet, és 2050-re elérheti a zero lerakási célt.

A megfelelő technológiák alkalmazása ebben az ágazatban is kritikus szerepet játszik a kibocsátás csökkentésében. Elemzésünk például azt mutatja, hogy az üvegházhatású gázok megkötésére és átalakítására szolgáló technológiák 2050-ig több mint 55 százalékkal csökkenthetik a szennyvizek kibocsátását.

A hidrogén alkalmazási területei

A megújuló energiaforrások hasznosítása során keletkező hidrogén, az úgynevezett „zöld hidrogén” egyre nagyobb figyelmet kap a dekarbonizáció létfontosságú pilléréként. A zöld hidrogén előállítására összpontosító beruházások világszerte fokozódnak, és ezek Magyarországon jelentős gazdasági előnyökkel járhatnak. A zöld hidrogén lehetséges alkalmazási területei között találjuk a nehezen leállítható iparágakat, például a vas- és acélgyártást és a cementgyártást; a megújuló energia szezonális tárolását (ami növeli az energiarendszer rugalmasságát); valamint a földgáz mint alapanyag kiváltását olyan ipari folyamatokban, mint például az ammónia előállítása.



A zöld hidrogén hasznosításával Magyarország akár nettó energiaexportórré is válhat

A zöld hidrogén hasznosításával Magyarország akár nettó energiaexportórré is válhat. Ezen a területen Magyarország versenyelőnnyel rendelkezik: mivel az országban magas a napsütéses órák száma, így viszonylag olcsón lehet megújuló energiát termelni, ezzel együtt hidrogént is, a kiterjedt gázelosztási és -szállítási infrastruktúra pedig a hidrogénszállítás gerincként szolgálhat.

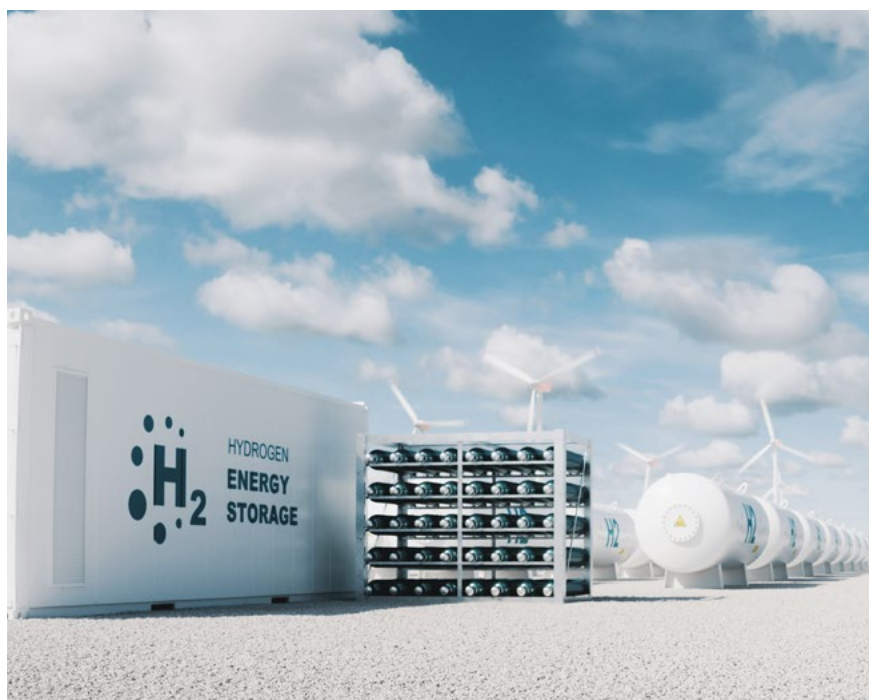
A hidrogén alkalmazásának csökkenő költségei alapján Magyarország a 2030-as évek elejétől kezdve a zöld hidrogént a dekarbonizáció egyik legfontosabb eszközeként használhatná, 2050-re a kibocsátást akár 40 százalékkal csökkentve, miközben a gazdasági növekedést is gyorsítaná.

Negatív kibocsátás

Ahhoz, hogy Magyarország 2050-re elérje klímasemlegesség célkitűzését, a szén-dioxid-kibocsátást csökkentő intézkedéseken felül olyan megoldásokra is szükség van, amelyek a *negatív* kibocsátáshoz járulnak hozzá. Negatív kibocsátás kétféle módon érhető el: környezet- és technológia-alapú megoldásokkal; mindkettő célja az olyan üvegházhatású gázok megkötése, amelyek nem közvetlenül a kibocsátási ponton keletkeznek.

A környezet-alapú megoldások köre, vagyis a földhasználat, földhasználat-megváltoztatás és erdőgazdálkodás (angol rövidítéssel a LULUCF szektor) jelenleg is meghatározó szerepet játszik a pozitív kibocsátásforrások ellensúlyozásában; 2019-ben a természetes karbonelnyelők Magyarország teljes szén-dioxid-kibocsátásának 8 százalékát voltak képesek megkötni, azaz mintegy 6 MT CO₂e kompenzációt jelentettek. Az elvégzett elemzésünk szerint az erdőtelepítés 2050-ig legalább további 1,2 MT CO₂e kompenzációt jelenthet, ami a meglévő erdők, tőzeglápok, városi területek és szántóföldek figyelembevételével a földterület 3,8%-át teszi ki.

Bár a technológia-alapú megoldások – például a közvetlenül a levegőből történő szén-dioxid-leválasztás (DAC), vagy a szén-dioxid megkötésével és tárolásával járó bioenergia (BECC) – még korai fázisban vannak, a 2040-es évektől kezdve valószínűleg széles körben alkalmazva is versenyképesek lesznek. Ezek a technológiák meghatározóak lesznek az olyan kibocsátások ellensúlyozásában, amelyeket nem lehet sem megszüntetni, sem környezeti megoldásokkal ellentételezni.



2. fejezet

Dekarbonizáció – egy generációs kihívás



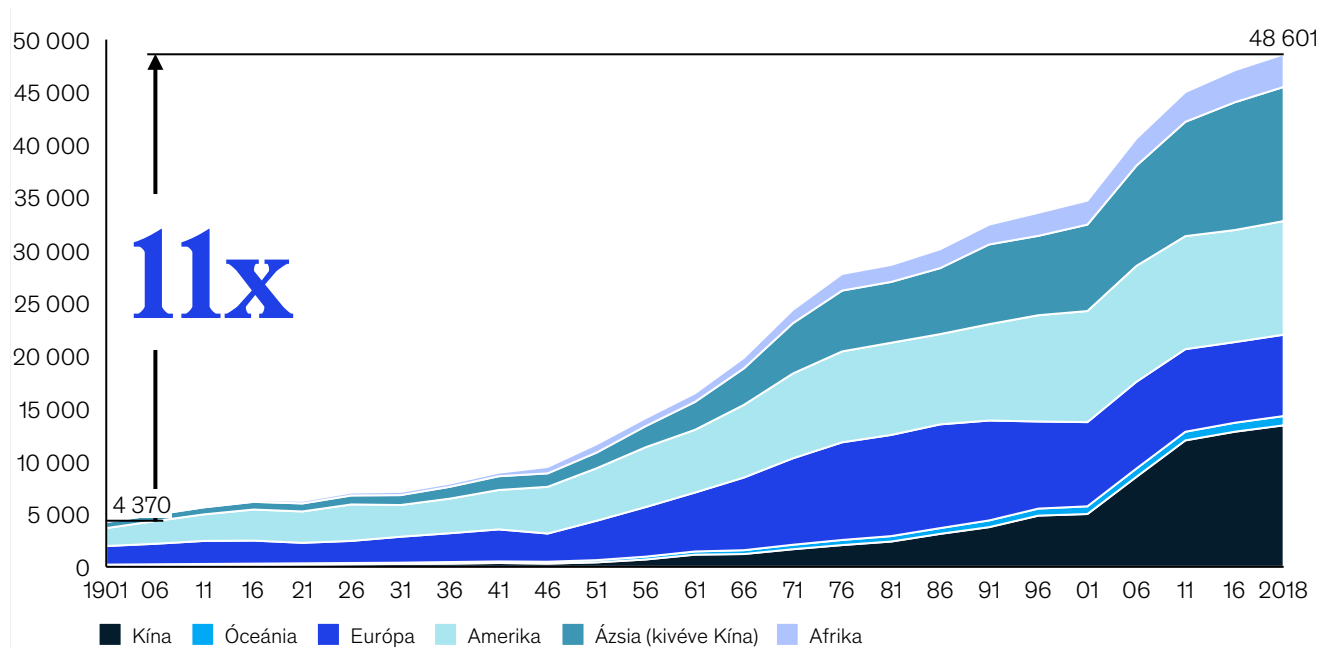


Az emberi tevékenység által kibocsátott üvegházhatású gázok veszélyes módon felmelegítik a Földet.⁸ A sarki jégsapka olvadásától kezdve a madarak vonulási szokásainak átalakulásáig az éghajlatváltozás hatásai nemcsak nyilvánvalóak, de mindenütt jelen is vannak. Az ENSZ Éghajlatváltozási Kormányközi

Testülete (angol rövidítéssel IPCC) arra figyelmeztet, hogy ez csak a kezdet: ha csak az emberiség 2050-ig nem korlátozza a globális felmelegedést 1,5 °C-ra az üvegházhatású gázok (ÜHG-k) kibocsátásának megszüntetésével, az éghajlatváltozással összefüggő természeti katasztrófák további súlyosbodásával kell számolni.^{9,10}

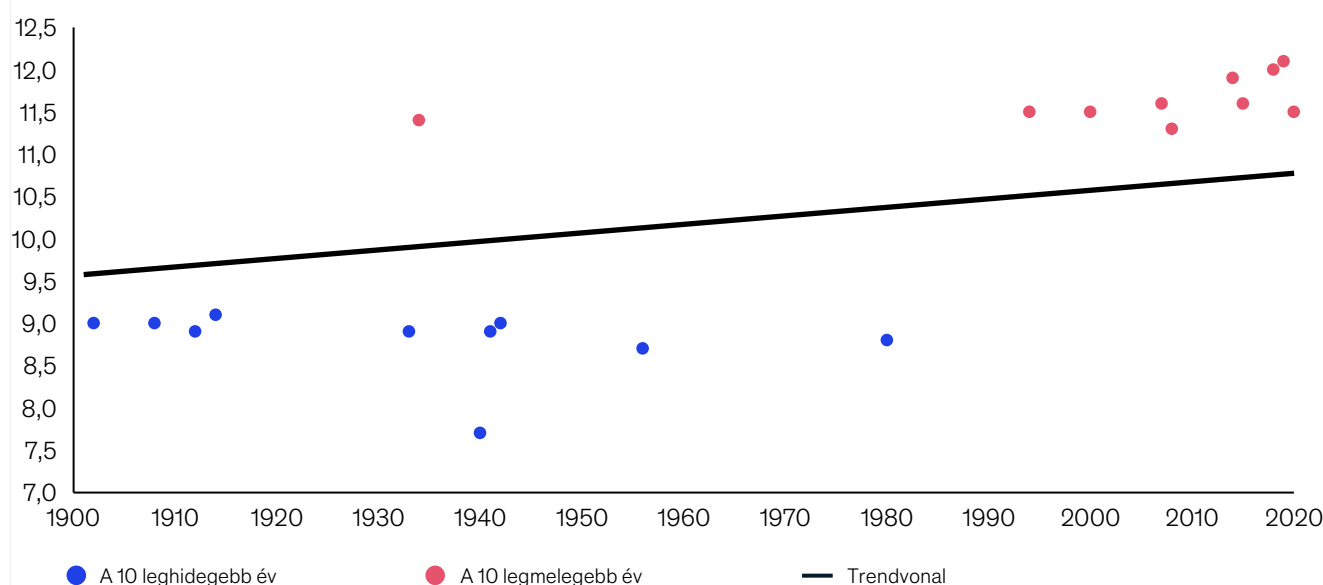
Az üvegházhatású gázok (ÜHG-k) kibocsátása az elmúlt 120 év alatt ~11-szeresére nőtt

MT CO₂ kibocsátás



Az elmúlt 120 év alatt Magyarországon az átlaghőmérséklet 1,2 °C-kal emelkedett

Évi átlaghőmérséklet, °C



Forrás: KSH, OMSZ

A globális felmelegedés jelei egyértelműek: 1980 óta az átlaghőmérséklet 1,7 Celsius-fokkal emelkedett,¹¹ és a hőhullámok hossza (a 25 Celsius-fok feletti átlaghőmérsékletű napok száma) 1900 óta évente hét nappal nőtt.¹²

Az éghajlatváltozás az elmúlt években a magyarok szemében is az egyik legfontosabb kihívássá vált.^{13,14} Az Európai Unió (EU) legutóbbi éves közvélemény-kutatásában például 10 magyar válaszadóból hét úgy nyilatkozott, hogy az

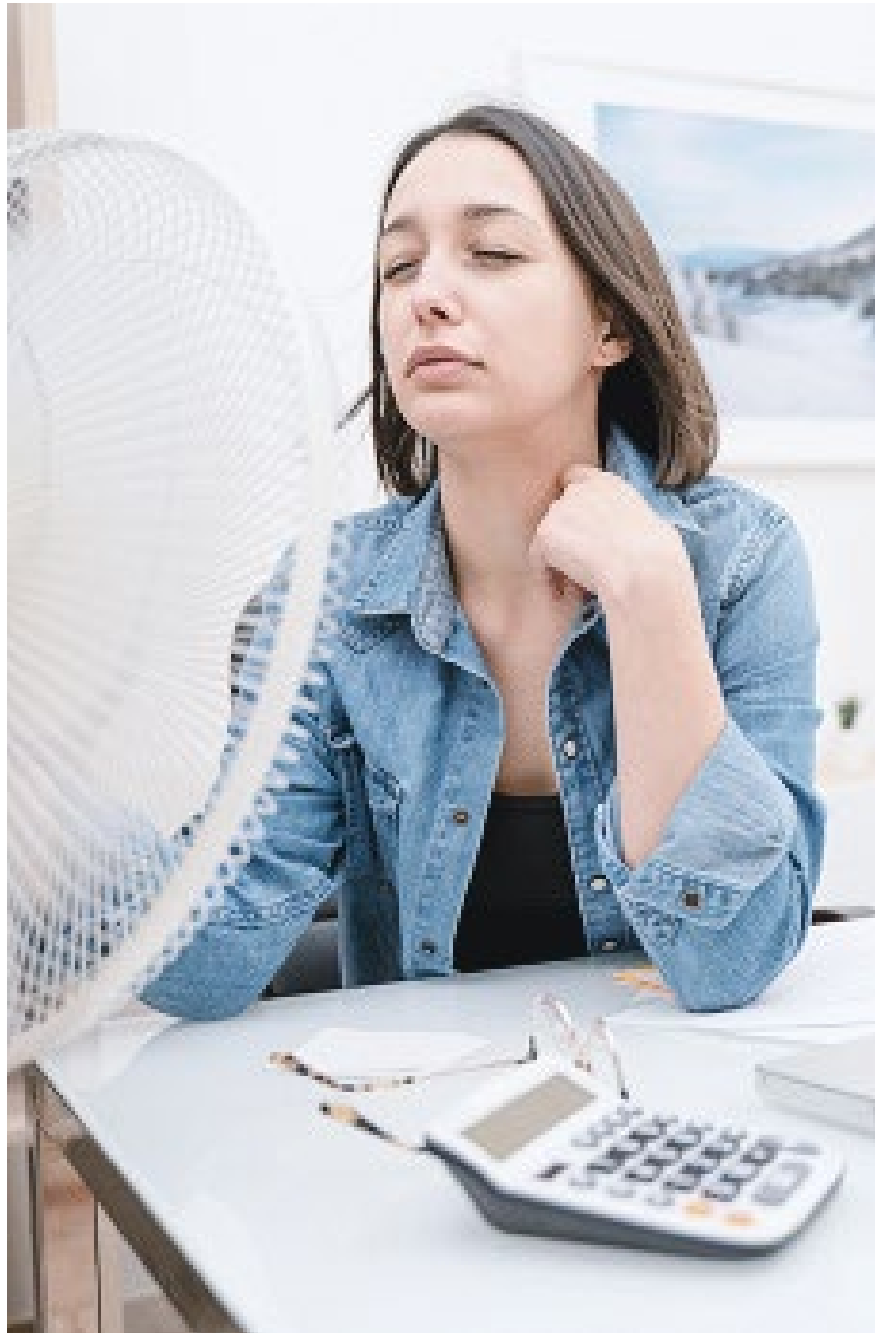
éghajlatváltozásból származó károk elhárítása nagyobb költséggel jár majd a jövőben, mint a dekarbonizációhoz szükséges beruházások.

Magyarországon és az EU egészében is a válaszadók többsége egyetértett abban, hogy az éghajlatváltozás elleni küzdelemben elsősorban a gazdasági élet szereplőinek, valamint a tagállami kormányoknak kell kiemelt szerepet vállalniuk.¹⁵

Ezzel összhangban számos jelét látjuk annak, hogy a vállalatok és a kormányok egyre fontosabbnak

+1,7

a hőmérséklet 1,7 fokkal nőtt
1980 óta



tekintik a fenntarthatóságot és a kibocsátáscsökkentést. Egyre több vállalat építi be stratégiájába a környezetvédelmi szempontokat; a bankok mind gyakrabban támasztják előfeltételként a széntüzelésű erőművek leállítását; a vezető multinacionális cégek pedig – a fenntarthatósági céljaikkal összhangban – elkezdtek nyomást gyakorolni beszállítóikra, hogy a lehető legnagyobb mértékben csökkentsék kibocsátásaikat.^{16, 17} Noha ezek valóban kedvező lépések, a dekarbonizációs törekvéseket minden ágazatban gyorsítani kell ahhoz, hogy a 2030-ra kitűzött középtávú uniós célok elérhetőek legyenek, 2050-re pedig megvalósuljon a klímasemlegesség.

Ennek érdekében az Európai Bizottság (EB) kidolgozta az európai zöld megállapodást (Green Deal), egy olyan szabályozási keretrendszer, melynek célja az üvegházhatású gázok (ÜHG-k) kibocsátáscsökkentésének felgyorsítása az Európai Unióban. A tervezett szabályozásban szerepel olyan kitétel, amely valamennyi tagállamnak előírja, hogy 2030-ig az 1990-es szinthez képest 55 százalékkal csökkentse az üvegházhatású gázok

kibocsátását, 2050-re pedig elérje a klímasemlegességet.¹⁸ A 2022 elején még javaslati szakaszban lévő „Fit for 55” (magyarul „Irány az 55%!”) elnevezésű csomag az éghajlattal, a földhasználattal, az energiapolitikával, a közlekedéssel és az adózással kapcsolatos, egymással összefüggő intézkedéseket és kezdeményezéseket tartalmaz.

Magyarország már ezt megelőzően megtette az első lépést a klímasemlegesség irányába, amikor 2020-ban olyan törvényt fogadott el, amely 2030-ra az 1990-es szinthez képest legalább 40 százalékos kibocsátáscsökkentést, 2050-re pedig karbonsemlegességet ír elő.¹⁹

A klímaváltozás elleni küzdelem fontossága szükségessé teszi a dekarbonizáció tempójának jelentős gyorsítását. Tanulmányunk azt az ambiciózus célt tűzte ki, hogy meghatározza a leghatékonyabb pályát, amelyen haladva Magyarország 2030-ra 55-60 százalékos, 2050-re pedig 100 százalékos kibocsátáscsökkentést érhet el úgy, hogy közben növeli az energiaellátása biztonságát is.

Tanulmányunk azt az ambiciózus célt tűzte ki, hogy meghatározza a leghatékonyabb pályát, amelyen haladva Magyarország 2030-ra 55-60 százalékos, 2050-re pedig 100 százalékos kibocsátáscsökkentést érhet el úgy, hogy közben növeli az energiaellátása biztonságát is



Az ETS hatálya alá tartozó és hatályán kívül eső célok Európában

Az Európai Unió két fő mechanizmust működtet ahhoz, hogy nyomon kövesse és érvényesítse az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentésére vonatkozó célok teljesítését: az egyik az EU kibocsátás kereskedelmi rendszere (Emission Trading System, ETS), amelyet az alábbiakban ismertetünk; a másik a Vállaláselosztási Rendelet (Effort Sharing Regulation, ESR), amely kötelezi a tagállamokat az üvegházhatású gázok kibocsátására vonatkozó célok betartására.²⁰

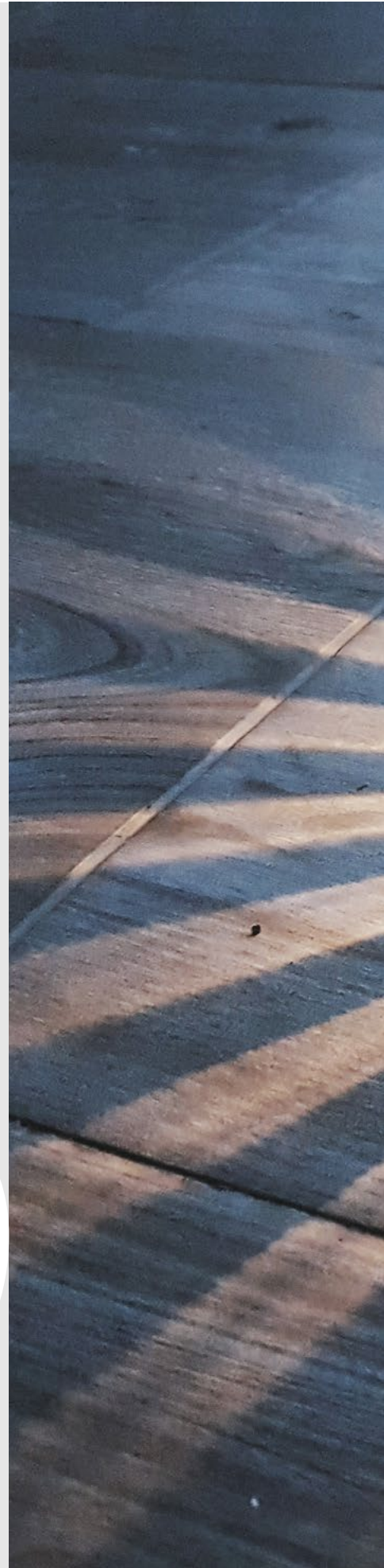
Az ETS az Európai Unió egészére kiterjedő, kibocsátási korlátozásokat és kereskedelmi lehetőségeket alkalmazó (cap and trade) rendszer, amely a több mint 11 000 nagy energiafelhasználású entitás kibocsátását kívánja ellenőrizni az energiatermelés, az ipari termelés, valamint a belföldi légi közlekedés ágazatok területén. A rendszerben az érintett ágazatokban a kibocsátások teljes mennyiségére felső határt (cap) rögzítenek, és ennek megfelelő ETS-kibocsátási egységeket osztanak ki vagy adnak el az adott ágazatban működő vállalatoknak. A vállalatoknak a kibocsátásaikat a kibocsátási egységekkel kell fedezniük, ellenkező esetben pénzbírságot szabnak ki rájuk. Az engedélyekkel szabadon lehet kereskedni, ami így arra ösztönzi a vállalatokat, hogy csökkentsék kibocsátásukat, és így eladhassák a felesleges kibocsátási egységeket, vagy ne kelljen újabbakat vásárolniuk. A vállalatok, nem pedig az egyes tagállamok döntenek arról, hogy vásárolnak vagy eladnak-e kibocsátási egységeket, csökkentik vagy megszüntetik-e a termelést, illetve mérséklik-e a termelés üvegházhatású-gáz-kibocsátását.

Elméletileg a rendszer a legalacsonyabb társadalmi költségekkel éri el a kibocsátási célkitűzések teljesítését. Magyarországon jelenleg mintegy 200 aktív engedély van különböző vállalatok birtokában. 2019-ben az ETS hatálya alá tartozó kibocsátások az EU teljes kibocsátásának mintegy 37 százalékát, Magyarország kibocsátásának pedig 32 százalékát fedezték.²¹ Az ETS alkalmazási körén kívül eső kibocsátásokra (főként a közlekedésből, az épületállományból és a mezőgazdaság termelésből származó kibocsátásokra) az egyes EU-tagállamok számára kötelező érvényű célértékeket állapítottak meg, amelyeket az erőfeszítések megosztásáról szóló döntés határoz meg. Amennyiben valamely tagállam nem teljesíti az előírt célértékeket, kötelezettségszegési eljárás indulhat ellene, és szankciókkal sújtható. Az Európai Bizottság jelenlegi tervei között szerepel az ETS rendszer és az ESR rendelet hatálya alá tartozó célkitűzések megemlése, hogy ezzel is ösztönözzék a Green Deal – vagyis az európai zöld megállapodás – ambiciózusabb céljainak teljesítését.

3. fejezet

Jelenlegi kibocsátás – honnan indul Magyarország?

3





Magyarország CO₂ egyenérték kibocsátása a 20. században évente átlagosan 2,4 százalékkal nőtt, ami közel tízszeres növekedést jelent. A kibocsátás csökkenni kezdett az 1980-as évek közepén, amikor Magyarország a központilag tervezett, nehézipari gazdaságról átállt egy jobban piac- és szolgáltatásorientált gazdaságra. 2019-re az üvegházhatású gázok kibocsátása az 1990-es 95 MT CO₂ egyenértékről 64 MT CO₂ egyenértékre mérséklődött, tehát ebben a periódusban évi átlag 1,4%-kal csökkent.

Ezzel párhuzamosan Magyarországon a bruttó hazai termék (GDP) éves szinten átlagosan 1,7 százalékkal nőtt reálértéken, ami azt mutatja, hogy a kibocsátás csökkentése mellett is elérhető tartós gazdasági növekedés.

Nemzetközi viszonylatban megállapítható, hogy az Európai Unióban (EU) az egy főre jutó kibocsátást tekintve Magyarország az 5. legalacsonyabb kibocsátással rendelkező ország. A GDP-hez viszonyított ÜHG kibocsátási arány tekintetében viszont kevésbé pozitív a kép: e mutatóban Magyarország

az EU átlagánál nagyobb kibocsátó, hasonlóan a legtöbb közép- és kelet-európai országhoz. Például azonos egységnyi GDP előállításához hazánk 4-szer annyi ÜHG-t bocsát ki, mint Svédország.

Magyarországon – akárcsak Európában – hét ágazat felelős az üvegházhatású gázok kibocsátásáért: az energiatermelés, az ipari termelés, a közlekedés, az épületállomány, a mezőgazdaság, a hulladékgazdálkodás, valamint a természetes karbonelnyelők (ez az összefoglaló neve a földhasználatnak, földhasználat-megváltoztatásnak és erdőgazdálkodásnak, biztosítja azokat a környezeti mechanizmusokat, amelyekkel a kibocsátások ellensúlyozhatóak – negatív kibocsátások).

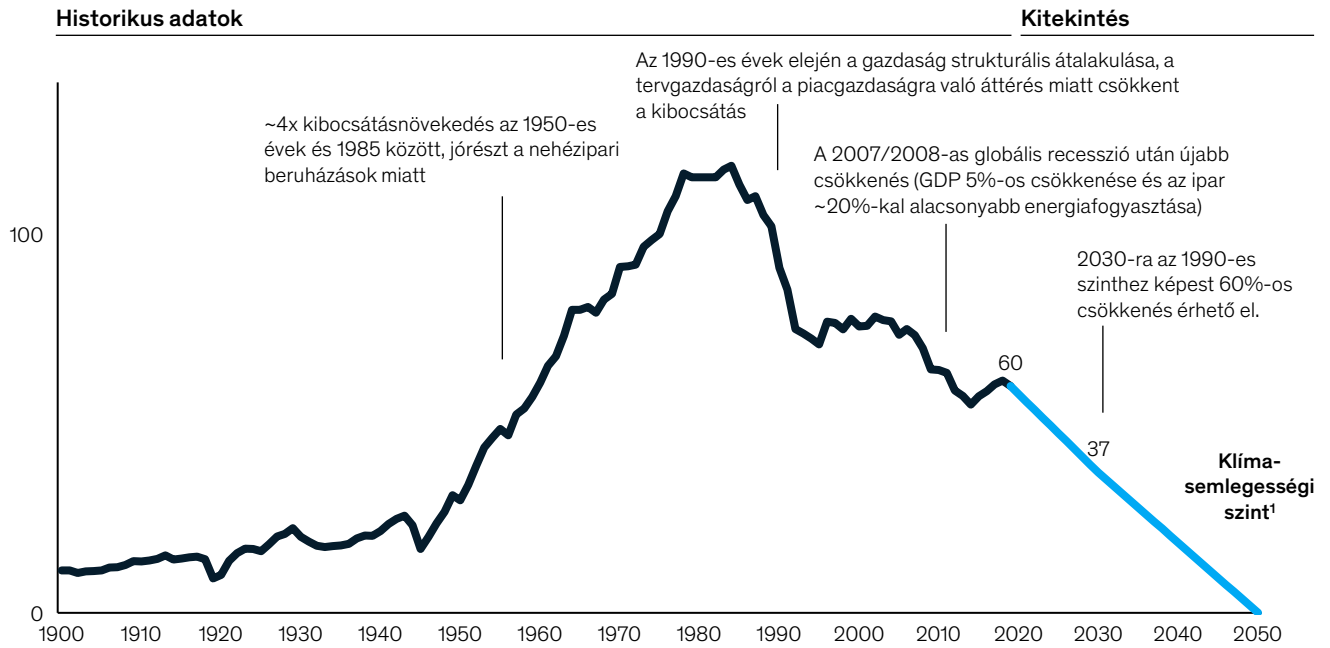
A következő fejezetben először összefoglaljuk az egyes ágazatok kibocsátáscsökkentési potenciálját évtizedekre lebontva, majd részletesebben is ismertetjük, hogy az ágazatok hogyan érhetik el a kibocsátáscsökkentést megfelelő költségoptimalizálás mellett.

A természetes karbonnyelők biztosítják azokat a környezeti mechanizmusokat, amelyekkel a kibocsátások ellensúlyozhatóak



Magyarország károsanyag-kibocsátás szintje és célkitűzései

MT CO₂e kibocsátás, beleértve az erdő- és földgazdálkodást²



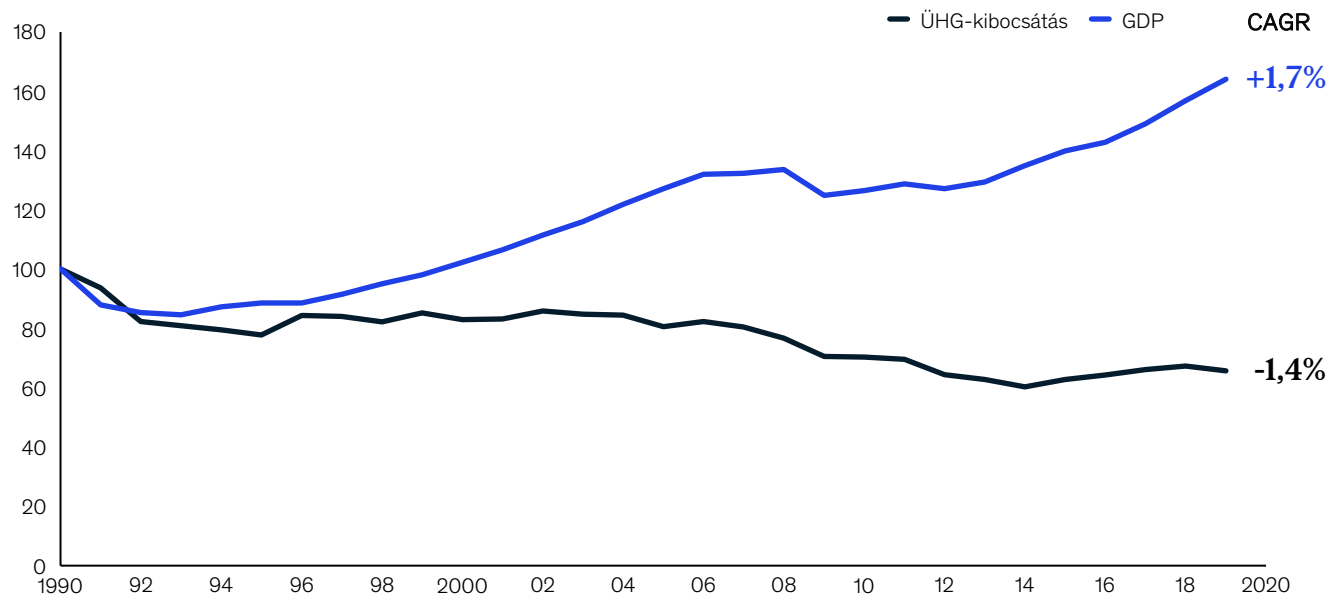
1. A kibocsátott ÜHG mennyisége megegyezik az elnyelt ÜHG nagyságával

2. A „földhasználat, a földhasználat-változás és az erdőgazdálkodás”-t természetes karbonelnyelő megoldásoknak is nevezik

Forrás: Fenntarthatósági Kutatások EMIT adatbázisa, KSH, Eurostat

Magyarország károsanyag-kibocsátása és a GDP alakulása

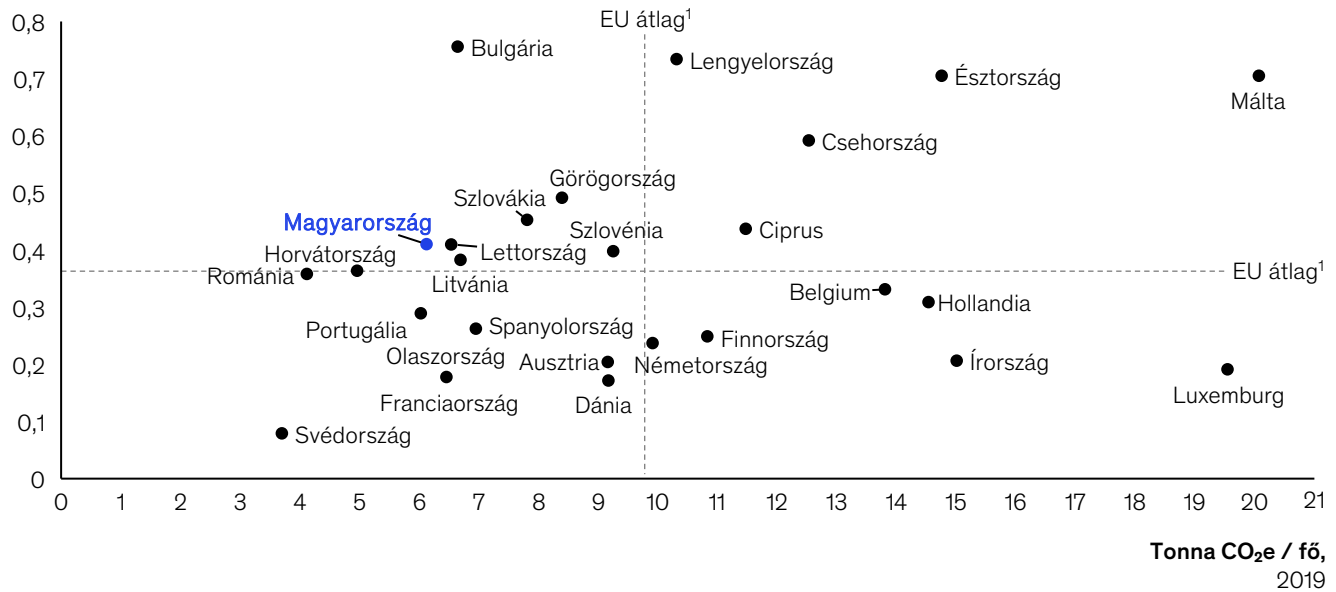
100% = 1990-es szint, a természetes karbonelnyelő megoldásokkal együtt



Forrás: Fenntarthatósági Kutatások EMIT adatbázisa, KSH

Magyarország az egy főre jutó üvegházhatásúgáz-kibocsátásban viszonylag jól áll az EU-ban, míg a teljes kibocsátása kevésbé kedvező

Szén-dioxid-ekvivalens-kibocsátás,
kg CO₂e/EUR GDP, 2019

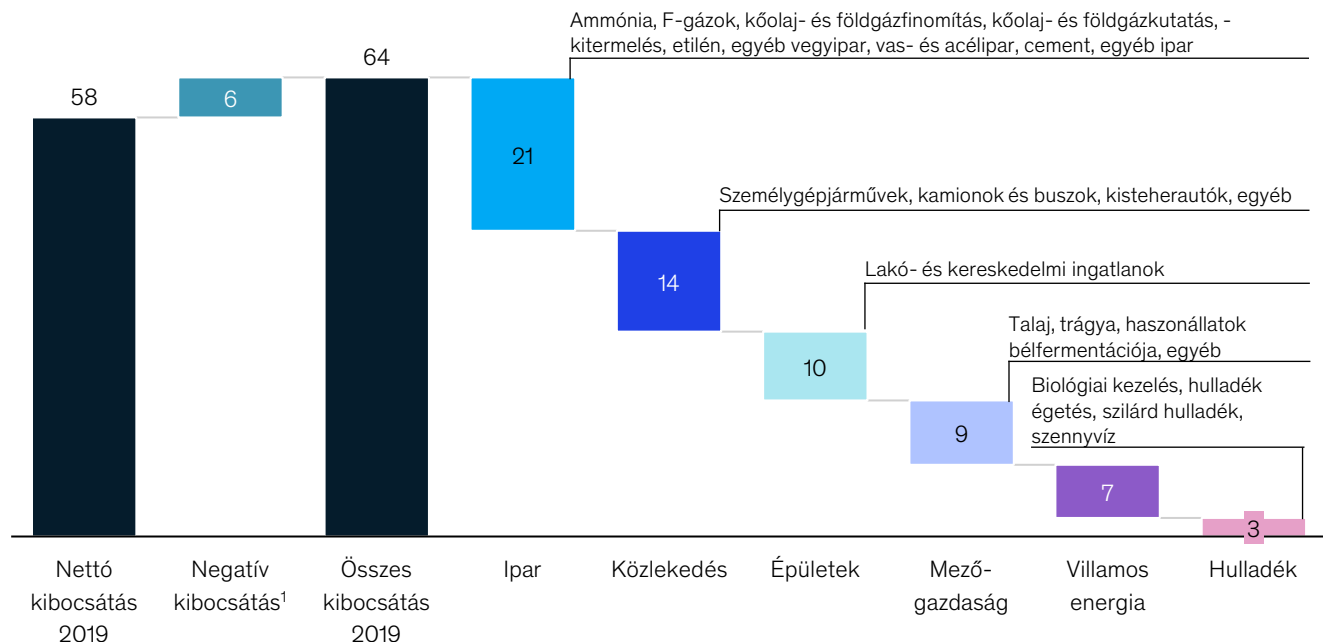


1. EU27 országok, egyszerű átlag

Forrás: Eurostat, Európai Környezetvédelmi Ügynökség, Fenntarthatósági Kutatások EMIT adatbázisa

Kibocsátás kiinduló helyzete ágazatonként

Ipari kibocsátás, millió tonna CO₂-egyenérték, 2019



1. Erdő- és földgazdálkodás: földhasználat, földhasználat-változás és erdőgazdálkodás

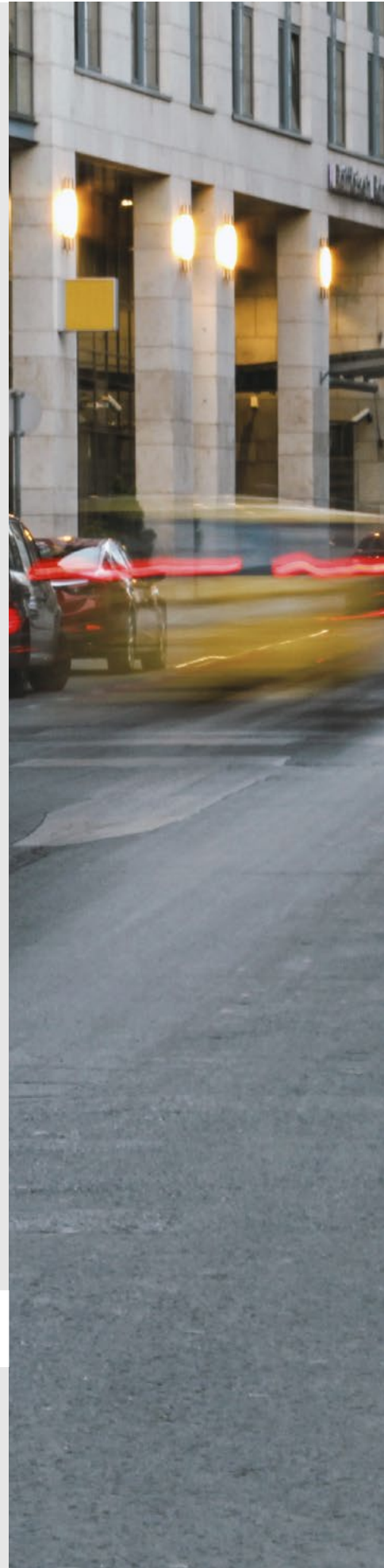
Forrás: Fenntarthatósági Kutatások EMIT adatbázisa



4. fejezet

A dekarbonizáció ágazati szintű lehetőségei

4





Ipari termelés

Bevezetés

A piacgazdaságra való áttéréssel Magyarország 1990. óta az ipari szén-dioxid-kibocsátását kevesebb mint felére csökkentette. Mindazonáltal az összes kibocsátás 33%-át kitevő ipari kibocsátás még mindig a legnagyobb szennyező forrás Magyarországon.

Az egyik kihívás, hogy a nehéziparból – vas- és acélipar, olajfinomítás, cementgyártás – származó kibocsátás nehezen mérsékelhető. Ezekben az iparágakban óriási mértékű előzetes állóeszköz-beruházásokra kerül sor, amelyek megtérülési időtávja akár 30 év felett is lehet. A nehézipari ágazatok esetében az egyes értékláncok jelentős mértékben integráltak, amely sok esetben megnehezítheti a technológiaváltást.

Mindemellett az iparra egyre fokozódó nyomás nehezedik, hogy csökkentse a szén-dioxid-kibocsátását. Az EU klímasemlegességre vonatkozó célján túlmenően a fogyasztói

nyomás miatt a vállalatok világszerte egyre inkább hajlandók felárat fizetni a karbonszegény alternatív energiaforrások felhasználásával előállított termékekért. *(Lásd a HYBRIT példáját.)*

A kihívást az jelenti, hogy a megújuló és egyéb zöld energiaforrások, illetve technológiák, amelyekre az iparnak szüksége van az összkibocsátás csökkentése érdekében, még korai stádiumban vannak. *(Lásd a „A hidrogén szerepe” című fejezetben)* A 2030-as évektől kezdődően, amikor a megfelelő erőforrások és a technológiák – többek között a zöld hidrogén, a szén-dioxid-leválasztás és -tárolás, valamint a fejlett bioüzemanyagok – szélesebb körben is elérhetővé válnak, úgy a hazai ipari termelők is gyorsabban tudnak majd dekarbonizálni. Ugyanakkor léteznek kivételek: például az Audi Győrben fotovoltaikus (FG) napenergetikai beruházásba kezdett.^{22, 23}



A dekarbonizáció az ipari versenyképesség növelésének lehetőségét rejti magában. 2021-ben Magyarország ipari termelésének közel kétharmada exportra irányult.²⁴ Mivel az európai és nemzeti szabályozó intézkedések egyre inkább célba veszik a CO₂ kibocsátást, emelkedni fog az alacsony kibocsátású ipari export iránti kereslet. Ezen túlmenően a legnagyobb külföldi befektetők, mint például az Audi, a Mercedes és a Bosch²⁵ már bejelentették, hogy dekarbonizálni fogják a beszállítóikat.

„Beszállítóinkkal együtt az ellátási lánc dekarbonizálásán dolgozunk, például oly módon, hogy (...) a beszállítói szerződéseinkben kikötjük a zöld villamos energia használatát.”

– Az Audi fenntartható jövővel kapcsolatos víziója²⁶

Noha a nehéziparból származó kibocsátás nehezen mérsékelhető, Magyarország területén az ágazatok földrajzi eloszlása megkönnyíthetné a folyamatot

Az ipari kibocsátás csökkentéséhez hat kulcsfontosságú intézkedést határoztunk meg. Ezek relevanciája az egyes ágazatokban eltérő.

- **Kereslet-oldali intézkedések:** a jelenleg magas szén-dioxid-kibocsátású anyagokat (például cementet) használó cégek áttérhetnek alternatív anyagokra (pl. fa az építkezéseknél); a könnyebb acél felválthatja a nehezebb acélt, továbbá a csomagolás terén az újrahasznosított anyagok felválthatják az elsődleges műanyagok használatát, mivel általánosságban kisebb energiafelhasználás mellett állíthatók elő.
- **Energiahatékonyság:** az ágazathoz tartozó vállalatok a rendelkezésre álló legjobb, leginkább energiahatékony technológiák és berendezések telepítésével csökkenthetik a szerves tüzelőanyagoktól való függésüket.
- **A hőtermelés villamosítása:** az alszegmensekbe tartozó ágazatok – mint például az élelmiszeripar és az etiléngyártás – azzal csökkenthetik a kibocsátásokat, hogy szén-dioxid-mentesen (például napenergia segítségével) előállított villamos energiával működő elektromos kemencékre, kazánokra és hőszivattyúkra állnak át. Ez az intézkedés azonnal bevezethető az alacsonyabb hőmérsékletet igénylő ipari folyamatokban, szemben az acélgyártáshoz szükséges nagyon magas hőmérsékletekre (1800 °C) történő felfűtéssel, amire a legtöbb villamos energiával működő hőforrás még mindig nem alkalmas.
- **Hidrogén felhasználása:** azokban az ágazatokban, ahol az elektromos fűtőberendezések nem jelentenek megoldást, bizonyos alapanyagok zöld hidrogénnel (megújuló energiából elektrolízis útján előállított hidrogén) válthatók ki, így csökkenthető a kibocsátás mértéke.

- **Alternatív tüzelőanyagok:** egyes tüzelőanyagok és alapanyagok helyett fenntartható módon előállított biomassa is felhasználható. A szükséges tüzelőanyagtól vagy alapanyagtól függően a biomassa szilárd (fa, faszén), folyékony (biodízel, bioetanol), vagy gáznemű (biogáz) halmazállapotban is felhasználható.
- **Szén-dioxid-leválasztási technológiák:** a szén-dioxid-leválasztás az ipari folyamatok során keletkező hulladékgázok összegyűjtését és tárolását jelenti; segítségével megakadályozható a hulladékgázok légkörbe jutása. A CO₂ föld alatt tárolható (szén-dioxid-leválasztás és -tárolás = CCS), illetve a szén-dioxid-leválasztás és -felhasználás (CCU) útján más folyamatokban alapanyagként használható fel (e technológiák együttes rövidítése CCUS).

E hat lehetőségen túlmenően Magyarország ipari termelésének dekarbonizálása az EU kibocsátás-kereskedelmi rendszerén (ETS) keresztül hatást gyakorló, egyre növekvő költségnyomástól is függ majd. *(Az EU-ETS ismertetését lásd a szövegdobozban.)*

Noha a nehéziparból származó kibocsátás nehezen mérsékelhető, Magyarország területén az ágazatok földrajzi eloszlása megkönnyítheti a folyamatot. Amint a térképen látható *(lásd a magyarázó grafikát)*, a vas- és acélipari üzemek az ország közép-délnyugati részére koncentrálnak, míg a petrokémiai tevékenységek nagyjából északra koncentrálódnak. Ez az ágazati koncentráció – az ágazatspecifikus, alacsony szén-dioxid-kibocsátású technológiák és infrastruktúra (például alacsony költségű napenergia, hidrogén és CCUS) gazdaságos bevezetésével – jelentősebb dekarbonizált ipari klaszterek kialakulásához vezethet.

Magyarországon négy iparág felelős a teljes ipari kibocsátás közel 50%-áért...

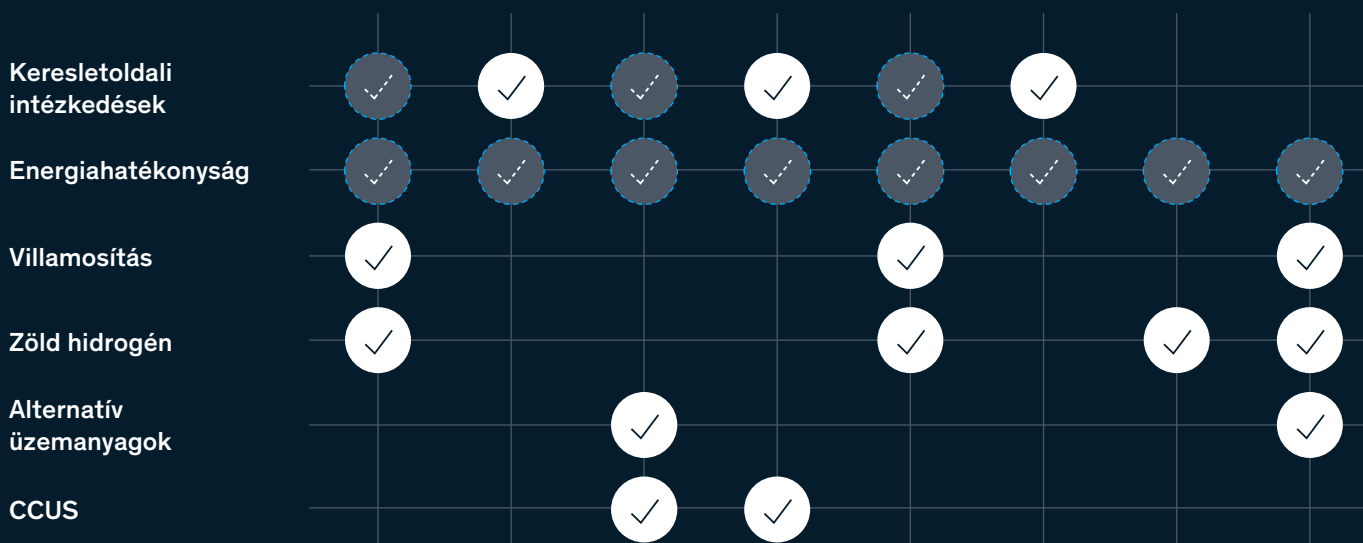
Összesen 22 MT CO₂e

Ipari kibocsátás részaránya, %

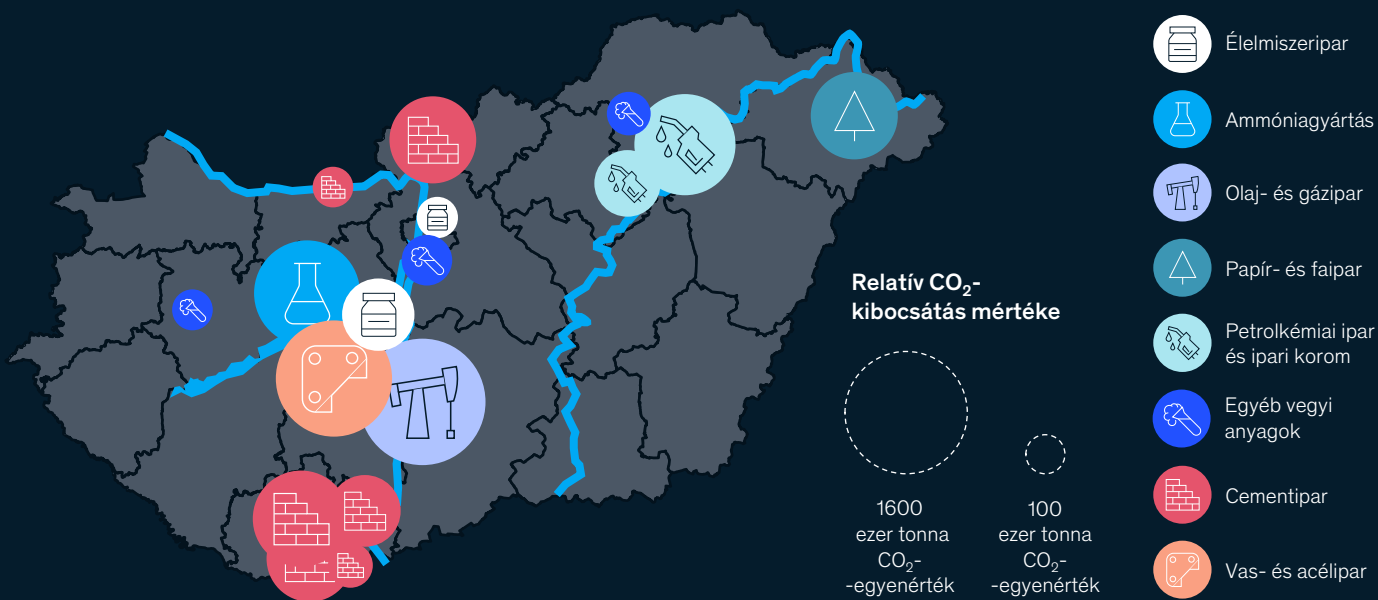


... melyek vonatkozásában 6 dekarbonizációs tényező alkalmazható különféle mértékben...

✔ Magas dekarbonizációs potenciál
✔ Limitált dekarbonizációs potenciál



... miközben az ipari termelés koncentrált szerkezete zöld ipari övezetek létrehozására ad lehetőséget



Az alábbiakban példákat mutatunk be arra, hogy milyen karbonszegény alternatív kezdeményezéseket indíthat Magyarország négy legnagyobb – együttesen a szektor kibocsátásának felét kitevő – ágazatában: a vas- és acéltipar (a kibocsátás 18 százaléka); olaj- és gáztermelés és -kutatás (11 százalék); a cement- és mészgártás (11 százalék); valamint az olajfinomítás (10 százalék) esetében.

Vas és acél

A magyarországi vas-és acéltipar kibocsátása 4 megatonna CO₂ egyenértéknek felel meg, így az összes ágazat közül ez a legnagyobb üvegházhatásúgáz-kibocsátó. Egy tonna acél előállításakor közel két tonna CO₂ egyenérték kerül a levegőbe, ami hozzávetőlegesen megfelel egy új autó éves CO₂-kibocsátásnak.²⁷

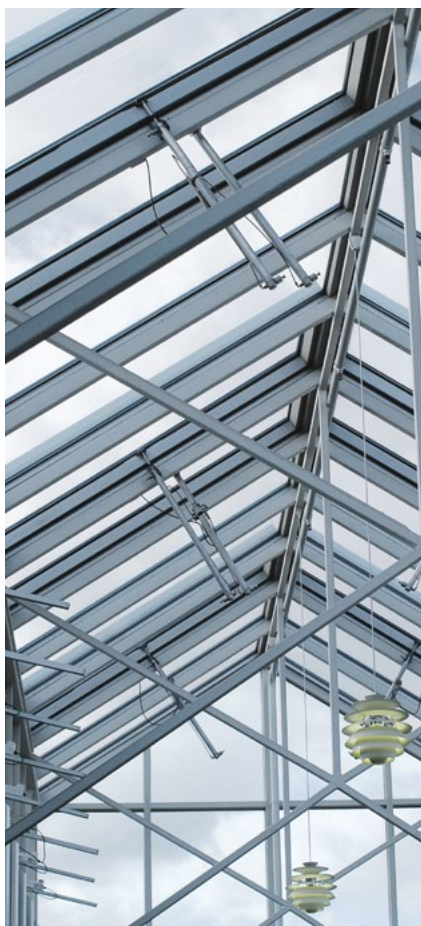
A vas legnagyobb részét széntüzelésű integrált kohó és oxigénbefúvós konverter (BF-BOF) segítségével állítják elő. A BF-BOF a kohóban redukálja a vasércet, ahol a szén

reduktív hatóanyagként működik, majd a vasércet az oxigénbefúvós konverterben 1200 °C körüli hőmérsékleten megolvasztják. A jelenlegi szén-dioxid-semleges energiaforrások segítségével nehéz elérni az előírt magas hőmérsékleteket. A folyamat dekarbonizálásához két komponens szükséges:

- **Elegendő megújuló energia** rendelkezésre állása esetén az oxigénbefúvós konverter villamos ívkemencével (EAF) történő kiváltása szén-dioxid-semleges alternatíva lehet. Az EAF alapú acélgártás felé történő elmozduláshoz az szükséges, hogy a megújuló villamos energia a jövőben kereskedelmi forgalomban elegendő mennyiségben beszerezhető legyen.
- **Megfelelő mennyiségű, jó minőségű acélhulladék**, vagy közvetlenül redukált vas (vasszivacs-DR) is szükséges, így a folyamat által igényelt nyersanyagellátás is korlátozott

lehet. Ha a hulladék mennyisége korlátozott, az acélgártók kénytelenek rosszabb minőségű hulladékot közvetlenül redukált vassal keverni a bemeneti anyagok megfelelő minőségének garantálása érdekében. A közvetlenül redukált vas megújuló energiával termelt zöld hidrogén segítségével előállítható: műszakilag bevált előállítási módszerről van szó, amely lehetővé teszi a szinte kibocsátásmentes acélgártást.

Az EAF-alapú acélgártás részarányának növelése minden bizonnyal kulcsszerepet játszik majd az acéltipar dekarbonizálásában. Kiváló minőségű végtermékek előállításához azonban kiváló minőségű hulladék szükséges, így Magyarországon növelni kell a redukált vas előállításához használt zöld hidrogén gyártási kapacitást (vagy importra kell hagyatkozni) ahhoz, hogy az acélgártók teljes mértékben kiaknázhassák ezt a technológiát.



A zöld acél felemelkedése

Világszerte, így Európában is emelkedő tendenciát mutatnak a zöld acélra épülő beruházások. A kontinens legnagyobb acélgártói közül többen vizsgálják a zöld acélgártás megfelelő mértékű bevezetésének megvalósíthatóságát. A Salzgitter²⁸ például azt az egyértelmű célt tűzte ki, hogy 2025-től éves acél gyártási volumenének 30%-át alacsony szén-dioxid-kibocsátással járó, közvetlenül redukált vasból, zöld hidrogénnel előállított acél fogja kitenni. 2033-ig az összes kohót közvetlenül redukáló berendezéssel helyettesítik. Az ArcelorMittal 2025-re közvetlenül redukált vasra történő teljes átállást tervez hidrogén felhasználásával, a Spanyolországi Gijónban²⁹ megépülő új, illetve Sestaóban³⁰ már meglévő villamos ívkemencéjének táplálására.

Példa: HYBRIT³¹

Svédországban a HYBRIT, amely az acélgártó SSAB, a Vattenfall nevű, állami tulajdonban lévő közműszolgáltató, valamint az LKAB nevű bányavállalat együttműködéséből született, támogatást kapott a Svéd Energiaügynökségtől és az EU Innovációs Alapjától kereskedelmi szintű, fosszilis üzemanyagtól mentesen, zöld hidrogénnel előállított acélgártás felfuttatásához.

A technológia lényege, hogy a nagyolvasztós folyamatot – amely szén és koks segítségével vonja ki az oxigént a vasércből – zöld hidrogént felhasználó közvetlen redukációs folyamattal váltják fel. A HYBRIT 2020-ban sikeresen végrehajtotta első zöld acél gyártási projektjét, és jelenleg prototípusokat fejleszt autógyártók, például a Mercedes-Benz részére. A HYBRIT a teljes körű kereskedelmi gyártás indítását 2026-ra tervezi.³²

A magyarországi acélgyártók a technológia fejlődésével és gazdaságosabbá válásával át tudnak majd állni a vasszivacsos-ívkemencés eljárásra. Az átálláshoz azonban olyan zöld hidrogén infrastruktúra létesítésére van szükség, amely biztosítja a vasszivacs helyi előállításához szükséges zöld hidrogén kapacitást (Lásd a „A hidrogén szerepe” című fejezetben). Az átállási idő függ mind a „kiváltó” pontoktól – például attól, hogy mikor válik szükségessé a széntüzelésű integrált kohók vagy a koksoló kemencesorok cseréje –, mind attól, hogy a szennyező alapanyagok használatának költsége mikor haladja meg értéküket.

Cement- és mészgyártás

A magyarországi cement- és mészgyártásból származó kibocsátás körülbelül évi 2,4 megatonna CO₂ egyenértéknek felel meg, ami az összes ipari kibocsátás több mint 10 százalékát teszi ki. A kibocsátások közel fele a cementgyártási folyamat során keletkezik, például a mész kő mészé alakítása során; a kibocsátás másik fele a kalcinálás hőtermeléséből fakad, mivel a cementégető kemencék hőmérséklete 1600 °C fölött kell, hogy legyen. A vas- és acéliparhoz hasonlóan a cementgyártás dekarbonizálása érdekében is szükséges mindkét CO₂ kibocsátó komponens megváltoztatása.

A gyártási folyamathoz kapcsolódó elemzés azt mutatja, hogy a cementgyártók akár 10 százalékkal csökkenthetik a kibocsátást az energiahatékonyság növelésével (az alkalmazott technológiától függően). Az alternatív üzemanyagok, például a biomassza cementgyártásban történő használatával 2050-re eredményesen

kiküszöbölhető a fennmaradó kibocsátás. A magyarországi cementgyártók a szükséges energia közel 10%-a erejéig már most is szén-dioxid-semleges tüzelőanyagokat használnak, és a továbbiakban növelhetik is majd ezt az arányt.

A kibocsátások másik 50%-a a cement klinker kalcinálás során keletkezik. Ebben a közbelső lépésben rendkívül magas hőmérsékleten ötvözik a nyersanyagokat a klinker előállítása érdekében, amely a cement égetett komponense, és vízzel elkeverve keményítő anyagként működik. A kémiai reakció (kalcinálás) során kerül sor kibocsátásra, ami alternatív tüzelőanyagok alkalmazásával nem küszöbölhető ki. A kibocsátás csökkentése érdekében a cementgyártók szén-dioxid-leválasztási és -tárolási (CCS) technológiákat alkalmazhatnának, amelyek várhatóan 2040-től kezdődően már megfelelő mértékben elérhetőek és gazdaságosan megvalósíthatók kell, hogy legyenek.

Olaj- és gázipar

A kutatás-kitermelési célú olajipari tevékenységből¹³³ és a finomításból összesen 4,5 MT CO₂ egyenértéknek megfelelő kibocsátás keletkezik, közel egyenlő eloszlásban. Várakozásaink szerint e kibocsátások körülbelül 80 százaléka a csökkenő kereslet miatt megszűnik. Eközben azonban további teendőkre, például szén-dioxid-leválasztásra van szükség ahhoz, hogy az elkövetkezendő három évtized során csökkenthető legyen a kibocsátás.

Az olaj- és gázipari kibocsátás háromféle műveletből származik, melyek a kitermelés / fúrás, a diffúz kibocsátás és a fáklyázás.

A kitermelésből és a fúrásból származó kibocsátás csökkentése érdekében a vállalatok megújuló villamos energia-forrásokra térhetnek át a dízel üzemanyagok költséghatékony alternatívájaként. A második lehetőség a metánt tartalmazó diffúz kibocsátások csökkentése a szivárgások észlelésének és kijavításának továbbfejlesztésével, gőzviszanyerő egységek (VRU) telepítésével, vagy a rendelkezésre álló legjobb technológia alkalmazásával (úgy mint kettős mechanikus tömítések a szivattyúkon, szárazgáz-tömítések a kompresszorokon, illetve karbon tömítőgyűrű-készletek a szelepszárakon).

A nem rutinszerű fáklyázás az alacsony fokú megbízhatóság következménye lehet, ami a műveletek továbbfejlesztésével javítható megelőző karbantartás és a berendezések cseréje révén. Ezen túlmenően az üzemeltetők a gázkazánokat elektromos gőzfejlesztő rendszerekre cserélhetik a kibocsátások további csökkentése érdekében.

A feldolgozó-kereskedelmi szolgáltatók hasonló technikákat vehetnek be a kibocsátások csökkentése érdekében. Például gőzviszanyerő egységeket szerelhetnek a nagyméretű tartályokra, és villamosíthatják az alacsony-közepes hőmérsékletű hőfelhasználással működő folyamatokat. A szolgáltatók az új, feldolgozás-értékesítés specifikus technológiáknak is hasznát vehetik a lepárlásban felhasznált primer energia mennyiségének csökkentése érdekében: ide tartozik például a hulladékhő-visszanyerési technológia, és a közepes hőmérsékletű hőszivattyúk alkalmazása a finomítóknál.

Ammónia

Az ammóniatermelés jelentős kibocsátási forrás: Magyarországon 0,8 MT CO₂ egyenértéknek felel meg. Világviszonylatban az ammónia túlnyomó részét műtrágya gyártására használják fel, és az iránta, illetve mellékterméke, a karbamid iránti kereslet 2050-re várhatóan 65 százalékkal növekedni fog.

Az ammóniatermelésből technológiai kibocsátás is származik (magas hőmérsékletű gőzzel végzett metánreformálással történő hidrogén-előállítás révén), valamint kibocsátást eredményez a Haber-Bosch eljárással végzett ammónia-szintézis során a gázok nyomás alá helyezése érdekében szükséges hő és kompresszió céljából elégetett tüzelőanyag is.³⁴

Elemzésünk az ammóniatermelés dekarbonizálásának kétféle megközelítésére összpontosít: ez

az alacsony kibocsátású „kék” és a teljesen karbonsemleges „zöld”.

Kék ammónia:

Az ammóniagyártás első lépésében földgáztüzeléssel, gőzzel végzett metánreformálással hidrogént állítanak elő; a következő lépés az úgynevezett víz-gáz eltolódás, melynek során levegőt adagolnak szén-monoxidhoz, ezáltal szén-dioxid és hidrogén keletkezik. A szén-dioxidot jellemzően kiengedik a légkörbe. A kék ammónia termelés CO₂ kibocsátása jelentősen csökkenthető, ha a szén-dioxidot nem a légkörbe engedik, hanem szén-dioxid-leválasztási és -tárolási (CCS) technológiákat alkalmaznának.

Zöld ammónia:

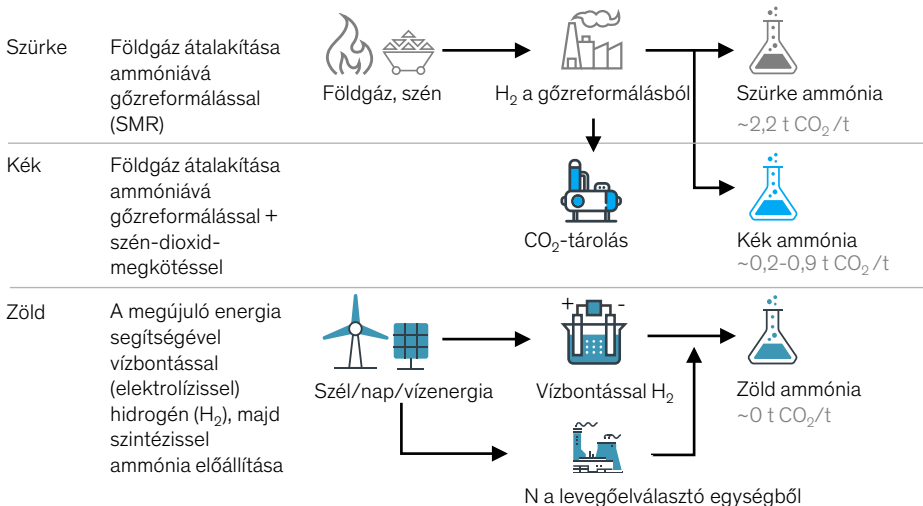
A zöld ammóniatermelés azt jelenti, hogy alapanyagként elektrolízisből származó hidrogént használnak a gázból származó hidrogén helyett. Ezáltal vízből, levegőből és szén-dioxid-

mentes villamos energiából állítható elő ammónia. Vízből és elektromos áramból elektrolizáló cellában állítanak elő hidrogént; nitrogénleválasztó soron keresztül biztosítják a levegőből származó nitrogént, vagy a nitrogén egyesíthető a hidrogénnel az ammónia-szintézis érdekében Haber-Bosch eljárás során. Ezután alternatív CO₂-forrásra van szükség a karbamid előállításához, mert a hagyományos ammóniatermelésben alkalmazott víz-gáz-eltolási eljárás során nem termelődik CO₂.

Az ammóniatermeléshez kapcsolódó kibocsátás tovább csökkenthető például a karbamid-alapú, nitrogéntartalmú műtrágyák cianobaktériumokkal, kék-zöld algával és nitrátalapú műtrágyákkal való felváltásával.

A zöld és kék ammónia olyan új keletű termékek, amelyek vegyi anyagok előállításához és energiaforrásként is felhasználhatóak

Ammóniaelőállítási archetípusok



Végfelhasználás

A szürke ammónia **hagyományos felhasználása:**

Műtrágya

Vegyszerek¹

Új felhasználási módok: A kék és zöld ammónia

szén-dioxid-mentesített alapanyagként vagy üzemanyagként felhasználható számos olyan iparágban, ahol magas a szén-dioxid-kibocsátás.

Villamosenergia-termelés²

Üzemanyag³

Ipari fűtőanyag³

H₂ tárolás/szállítás

1. Pl. karbamid, salétromsav, nitrátok, ammóniumsók, akrilnitril, kaprolaktám, HCN
2. Hagyományos égetéssel vagy bontással, ahol az ammónia nitrogénné és hidrogénné alakítható vissza
3. Például közvetlenül egy „szilárdoxid-üzemanyagcellában” vagy nitrogénre és hidrogénre való visszaalakítással

Forrás: Ferrotec Ammonia Outlook, Plastics Europe, IFA, Argus Green Ammonia Conference 2021, szakértői interjúk

Bevezetés

Magyarország teljes szén-dioxid-kibocsátásának 15 százaléka épületekhez köthető, és ezzel az ország épületállománya a harmadik legnagyobb kibocsátó. Az épületek kibocsátásának több mint 60 százaléka gázkazánnal fűtött családi házakból származik. A lakossági vízmelegítés (12 százalék) és a főzés (4 százalék) szintén hozzájárul az szén-dioxid kibocsátáshoz.³⁵

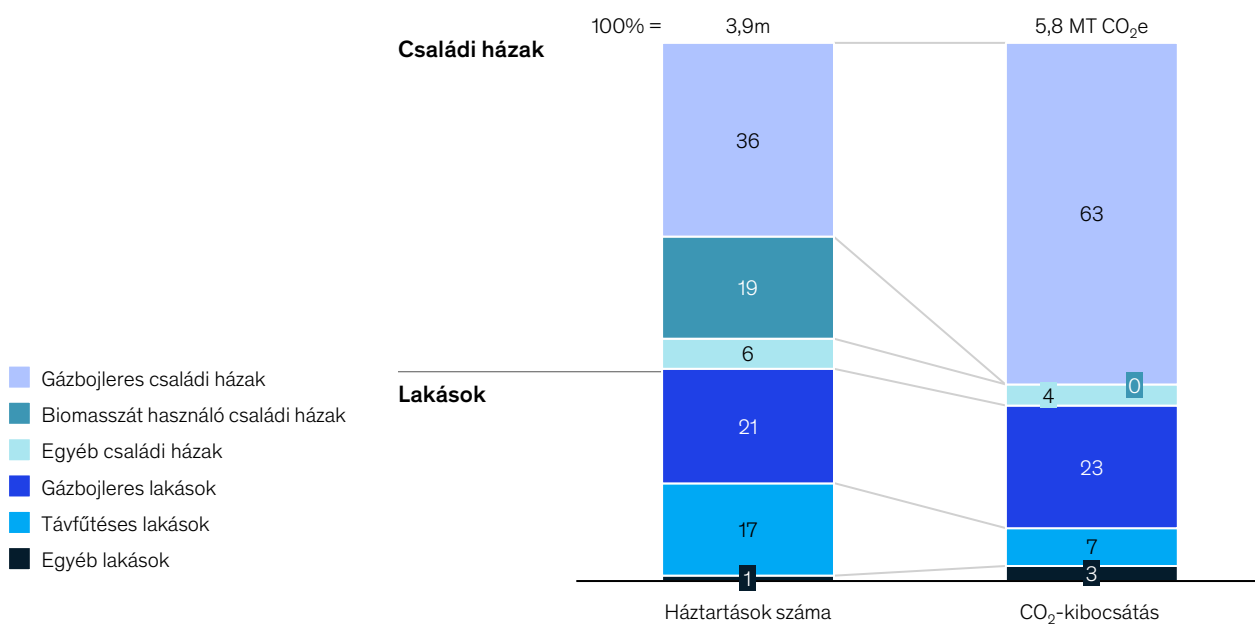
Az épületállományon belül a második legnagyobb kibocsátónak a társasházak számítanak; a magyarországi lakótömbök több mint felét földgáz-tüzelésű, egyéni kazánokkal fűtik, míg 43 százalékuk távfűtést használ.

A legfontosabb dekarbonizációs irányok Magyarországon

A magyarországi épületállomány szén-dioxid-kibocsátása négy fő területen csökkenthető: az energiahatékonyság javításával; a hőszivattyúk szélesebb körű alkalmazásával, különösen családi házakban; a hidrogénkazánokra való átállással, elsősorban a jelenleg gázkazánnal rendelkező épületekben; és a gázfűtés kiváltásával – tehát a fosszilis fűtőanyagok lecserélésével geotermikus fűtésre vagy zöld hidrogénre.

A családi házak a lakóépületekből származó kibocsátások ~60%-át teszik ki; a legnagyobb kibocsátók a gázbojlereket használó családi házak¹

Otthonok száma és kibocsátás, a teljes lakóterület százalékában



1. "Hosszú Távú Felújítási Stratégia az (EU) 2018/844 számú irányelve alapján a 2021–2027 közötti kohéziós célú támogatások kifizetését lehetővé tevő feljogosító feltételek teljesítése céljából", Innovációs és Technológiai Minisztérium, energy.ec.europa.eu

Energiahatékonyság

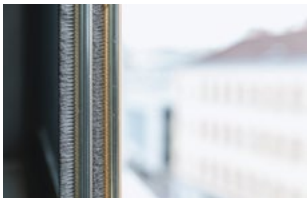
Az épületek energiahatékonyságának javítása a legkézenfekvőbb lépés, mivel ezzel egyszerre csökkenthető a fűtéshez szükséges energia mennyisége, költsége, valamint a széndioxid-kibocsátás. Magyarországon a lakóépületek mindössze 31 százaléka hőszigetelt teljes egészében.⁴⁵ Különösen az idősebb épületek esetében alacsonyabb a szigetelés minősége; ez a magyarországi lakóépületek 55 éves átlagéletkorát tekintve komoly kihívást jelent.³⁶

A legtöbb energiahatékonyságnövelő technológia már jelenleg is elérhető és gazdaságos. Például az energiatakarékos szigetelőanyagok alkalmazása, a nyílászárók hőszigetelése, vagy a tetőkön világos, fényvisszaverő bevonatok használata. A munkáigényesebb, de elérhető megoldások közé tartozik a tetők hőszigetelése és a külső szigetelés javítása.

Bár az energiahatékony épületek aránya Magyarországon kétségtelenül

növekszik, a 2020-ban kiadott mintegy 150 000 új energetikai tanúsítványnak mindössze 4 százaléka volt legalább BB minősítésű.^{37,38} De még ha a magyarországi épületekben minden energiahatékonysági intézkedést végrehajtanának is, a szektor akkor sem válhatna teljesen klímasemlegesé, hisz az épületállomány nagy része továbbra is fosszilis fűtőanyagokat használna. Ezért elkerülhetetlenek további intézkedések.

Az energiahatékonyság javítása



Hőszigetelés

Nyílászárók, légkondicionáló berendezések, szellőzők és a falak mentén lévő repedések légzárása jelentősen javíthatja az épületek energiahatékonyságát. A légzárás becslések szerint 20-30%-kal csökkenti a fűtési igényt. A falak és a tető hőszigetelése, amelyet általában a légzárás elkészülte után végeznek el, tovább növelheti az energiamegtakarítást.

Kétrétegű ablakok

A lakások átlagosan a hő 18%-át veszítik el az ablakokon keresztül. A kétrétegű ablakok beszerelése 50%-kal csökkentheti ezt a veszteséget, míg a vastag függönyök tovább csökkentik ezt a hővesztést.

Tető utólagos átalakítása

Világos színű, fényvisszaverő bevonatok utólagos felhordása az épületek tetőszerkezetére javítja az energiahatékonyságot, és csökkenti a levegő „felmelegedését”, mivel a világos színek kevesebb hőt nyelnek el, mint a sötétek. A tető fehér színűre festése a becslések szerint akár ~40%-kal is csökkentheti a légkondicionálás költségeit, és a legjelentősebb megtakarítás a legmelegebb régiókban érhető el. A zöldtető (vegetációs réteggel ellátott tető) szintén hűvösen tarthatja az épületet, és egyúttal megköti a széndioxidot is.

Egyedi vagy intelligens fogyasztásmérők

Az egyéni fogyasztásmérők segítségével a fogyasztók csak a saját háztartásuk energiafogyasztása után fizetnek. Még ennél is kedvezőbb megoldást jelentenek azonban az intelligens (~70 EUR beszerzési áron elérhető) mérőórák, amelyek az energiaszolgáltatókkal kialakított távoli kapcsolaton keresztül mérik az optimális energiafelhasználást. Ezek úgy járulnak hozzá az energiahatékonyság javításához, hogy az egyéni fogyasztást pontosan nyomon követhetővé teszik.

Hőszivattyúk

Hőszivattyúk telepítésével jelentős mértékben csökkenthető lenne a családi házak kibocsátása. A hőszivattyú olyan berendezés, amely a természetes közegekből – vagy hulladékból – hőt vezet át az épületbe azáltal, hogy megfordítja a hő természetes áramlásának irányát. A hőszivattyúkat Európában már széles körben használják: Norvégiában az épületek 60 százaléka, Svédországban 40 százaléka, Észtországban pedig az épületek 34 százaléka használ hőszivattyút. Magyarország azonban hőszivattyúk számában 20 másik európai ország után helyezkedik el.³⁹

A viszonylag alacsony kibocsátású villamosenergia-ágazat miatt a karbonterhelés csökkentésében rejlő potenciál jelentős. Ebből adódóan a gázkazánokról a villamos energiával működő hőszivattyúkra való átállás Magyarországon már most is nagyobb kibocsátáscsökkentést eredményez, mint a széntúlsúlyos villamosenergia-

ágazattal rendelkező országokban (pl. Csehországban, Lengyelországban, Bulgáriában, vagy Szerbiában). Ahogy pedig a villamosenergia-ágazat szén-dioxid-kibocsátása tovább csökken, a hőszivattyúk idővel teljesen karbonmentessé válhatnak. Mindazonáltal figyelembe kell venni, hogy a hőszivattyúk elterjedtségének növeléséhez az elektromos hálózat fejlesztésére is szükség lenne ahhoz, hogy a csúcsterhelés növelését elbírja.

A legnagyobb kihívás azonban az, hogy egy hőszivattyú telepítésének beruházási költsége jelenleg több mint háromszorosa egy gázkazánénak – miközben az üzemeltetési költsége a gázkazáné alatt marad. Ez a kezdeti ártöbblet akadályt jelent a hőszivattyúk elterjedésében annak ellenére, hogy a gázkazánoknál közel háromszor hatékonyabb⁴⁰ és fenntartható fűtési megoldást jelentenek. Az elkövetkező néhány évben az árak csökkenésével egyre több magyar fogyasztó telepíthet majd hőszivattyút.⁴¹

Hőszivattyúk telepítését támogató ösztönző programok

Az Egyesült Királyság (UK) közvetlen támogatást nyújt a hőszivattyúra váltó háztartásoknak. Észtországban a kormányzat 30-50 százalékos pénzügyi támogatást nyújt a zöld lakásfelújítási projektekhez, beleértve a hőszivattyúk telepítését is. Az Egyesült Királyságban 5 százalékos kedvezményes ÁFA-kulcsot alkalmaznak a tiszta energiával kapcsolatos minden tevékenységre, beleértve a hőszivattyúk telepítését is.



Ha hőszivattyúkkal váltanak ki a gázbojlereket, a családi házak által kibocsátott emisszió jelentős része kiküszöbölhető lehetne



A hőszivattyúk kevés elektromos energia befektetésével vonják ki a környezetünkből a bennünket körülvevő hőenergiát és vezetik be az otthonunkba. A hőszivattyúk a levegőből, vízből vagy a talajból képesek energiát kivonni, hatásfokuk négyszer meghaladja a hagyományos bojlerét.

4x

A hőszivattyúk négyszer több hőenergiát termelnek, mint amennyi elektromos energiát fogyasztanak, szemben a gázbojlerek 0,9-es értékével

75%

Magyarországon hőszivattyú beépítésével jelenleg 75%-kal mérsékelhető egy háztartás karbonlábnyoma, és a villamos energia karbonmentesítésével ez 100%-ra növelhető

~10k

A jelenlegi közel 10 ezer eurós kezdeti költségek miatt átállási ösztönzőkre van szükség, amíg a költségek versenyképesebbek nem lesznek

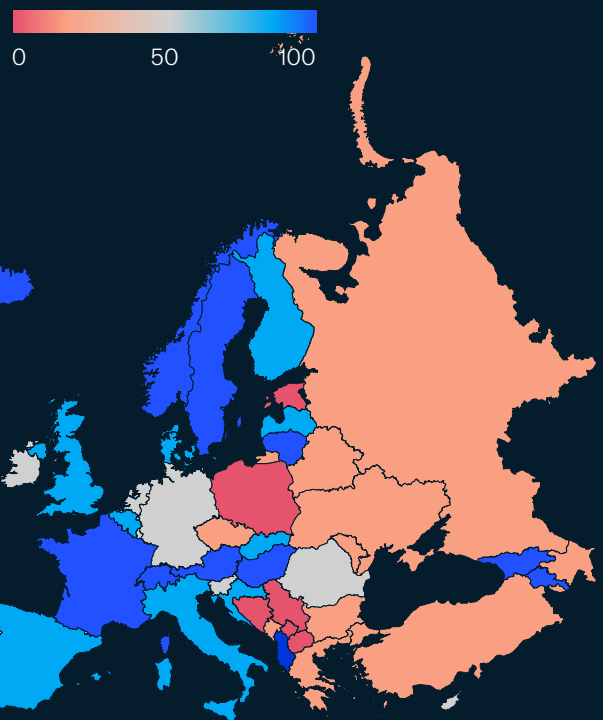
A kedvező feltételek ellenére Magyarország a hőszivattyúk elterjedtsége tekintetében 20 másik európai ország után helyezkedik el

Jelenleg telepített hőszivattyúk Európában

Ország	Értékesített berendezések száma 1000 háztartásra vetítve 2020-ban	Összes telepített hőszivattyú száma 1000 háztartásra vetítve 2020-ban
Norvégia	42	604
Finnország	39	408
Észtország	29	343
Dánia	28	192
Svédország	24	427
Litvánia	15	54
Franciaország	14	107
Svájc	12	121
Olaszország	9	91
Ausztria	9	92
Spanyolország	7	52
Portugália	7	52
Hollandia	6	28
Csehország	5	32
Írország	4	23
Lengyelország	4	17
Belgium	4	24
Németország	4	31
Szlovákia	2	12
Egyesült Királyság	1	10
Magyarország	1	3

Hőszivattyúk által biztosított kibocsátásmérséklési potenciál Európában

Hőszivattyúk által biztosított kibocsátásmérséklési potenciál (%)



A hőszivattyúk elterjedésének fokozásához a villamos hálózat fejlesztése szükséges a kismértékű rendszertartalékok miatt, biztosítva a téli időszakban jelenkező villamosenergia-fogyasztási csúcsok megfelelő kezelését is.

Hidrogénüzemű kazánok

A hőszivattyúk telepítése a helyigény miatt lakásokban nehezebben kivitelezhető, mint családi házakban. Szintén visszatartó tényező, hogy a hőszivattyúk telepítése magas beruházási költségekkel jár, amiket a jelenlegi tulajdonosok fizetnek, de mivel a megtérülés több év alatt realizálódik, ezalatt a tulajdonosok vagy bérlők cserélődhetnek. A hidrogénnel működő kazánok észszerű alternatívát jelenthetnek, mivel megfizethetőbbek, és ugyanolyan könnyen telepíthetők, mint a gázkazánok. Ez a technológia a hidrogén elégetésén alapul, ezért melléktermékként csak víz keletkezik (Lásd a „A hidrogén szerepe” című fejezetben).

A teljesen (zöld) hidrogénüzemű kazánok telepítése azonban jelenleg nem lehetséges, mivel ennek feltétele a viszonylag olcsó zöld hidrogén rendelkezésre állása és

a gázhálózat hidrogénszállításra való átalakítása. Ahhoz, hogy ez az átalakítás megvalósuljon, az első lépés a háztartásokban hidrogénnel működő kazánok telepítése, majd a hidrogént 20 százalékban a földgázhoz lehetne keverni, és ezt a keveréket a jelenlegi csővezetékeken keresztül lehetne szállítani.⁴² (Lásd: *Winlaton esete [Egyesült Királyság].*)

Modellünk szerint Magyarországon már ebben az évtizedben lehetséges lesz a zöld hidrogén betáplálása a földgázvezetékekbe, míg a teljesen hidrogénüzemű fűtésre való áttérés akkor kezdődhet meg, amikor elegendő és megfizethető hidrogénkészlet áll majd rendelkezésre.

A hidrogénkazánok mellett a lakóingatlanok alternatív megoldásokat is alkalmazhatnak, például biomassza alapú vagy napkollektoros fűtést.



Példa: hidrogénüzemű kísérleti projekt az Egyesült Királyságban

Az Egyesült Királyság északkeleti részén található Winlaton település a közelmúltban indított kísérleti programot annak tesztelésére, hogy a közüzemi gázhálózat alkalmas-e 20 százalékos hidrogén betáplálását tolerálni a csővezetékekben.

Magyarországhoz hasonlóan az Egyesült Királyságban is a legtöbb lakóház földgáz fűtésű. A programban részt vevő Cadent vállalat adatai szerint az Egyesült Királyság gázhálózataiban 20 százalékos hidrogénkeverék alkalmazása olyan hatással lenne a szén-dioxid-kibocsátás csökkentésére, mintha 2,5 millió gépkocsit távolítanának el az utakról.⁴³ A kísérleti projekt keretében 2021 augusztusa óta 670 winlatoni háztartást látnak el biztonságosan 20 százalékos hozzáadott hidrogénnel anélkül, hogy a végfelhasználóknak akár a szokásaikon, akár a készülékeikben változtatást kellett volna végrehajtaniuk.

Klímasemleges távfűtés

Magyarországon csaknem minden ötödik háztartás távhőt használ. Az országban több mint 170 távhőerőmű működik, amelyek közül a 10 legnagyobb – kizárólag fosszilis tüzelőanyaggal működő erőmű – adja a teljes kapacitás 50 százalékát.

Magyarország már a 2020-as években megkezdheti a távfűtőművek kibocsátásának csökkentését úgy, hogy a fosszilis tüzelésű erőműveket geotermikus vagy napenergiával működő erőművekkel váltja fel, illetve felhasználja az iparból származó felesleges hőt. A 2030-as évektől kezdődően, amikor a technológia már nemcsak rendelkezésre áll, de költséghatékonyan üzemeltethető is lesz, a zöld hidrogén új távfűtőművek működtetésére is felhasználható lesz.

A megvalósítható dekarbonizációs pálya

A klímasemlegesség eléréséhez a magyar épületállomány kibocsátásának 2030-ig 45 százalékkal, 2050-ig pedig 98 százalékkal kell csökkennie. Ahhoz, hogy ez megvalósuljon, a jelenleg rosszul vagy egyáltalán nem szigetelt családi házaknak és társasházaknak is megfelelő szigetelést kell kapniuk, míg a családi házak hőszivattyúk beszerelésével vagy egyéb alternatívák alkalmazásával szén-dioxid-semlegessé válhatnak. A lakások dekarbonizálása hidrogénüzemű kazánok vagy tiszta távfűtés használatával valósulhat meg. Mivel 2050-ben a jelenlegi épületállomány 70-80 százaléka még állni fog, az erőforrásokat a korszerűsítésekre kell összpontosítani, ugyanakkor biztosítani kell azt is, hogy az új építésű lakások eleve szén-dioxid-semleges módon épüljenek meg.

45

százalékkal kell csökkennie a magyar épületállomány kibocsátásának 2030-ig a nettó zéró kibocsátás eléréséhez, 2050-ig pedig 98 százalékkal kell csökkennie



Közlekedés

Bevezetés

Magyarországon a közlekedési ágazat az ország második legnagyobb széndioxid-kibocsátó forrása, összesen 22 százalékkal, amelynek nagy része a közúti közlekedésből származik.

A szektorból 15 megatonna CO₂ egyenértéknek megfelelő kibocsátás származik, főként személygépkocsiból. Következésképpen a közlekedésből eredő kibocsátás csökkentése felé mutató bármely törekvés esetében a közúti közlekedésre kell helyezni a hangsúlyt. Három fő intézkedésre van szükség a szektor dekarbonizálásához: a személygépkocsik és a könnyű tehergépjárművek esetében az elektromos járművek arányának

növelésére a 2020-as évektől; a dízel hidrogénnel való felváltására a nehézgépjárműveknél a 2030-as évektől kezdődően; valamint a tömegközlekedés és az alacsony kibocsátású mikromobilitási megoldások ösztönzésére.

Elektromos járművek

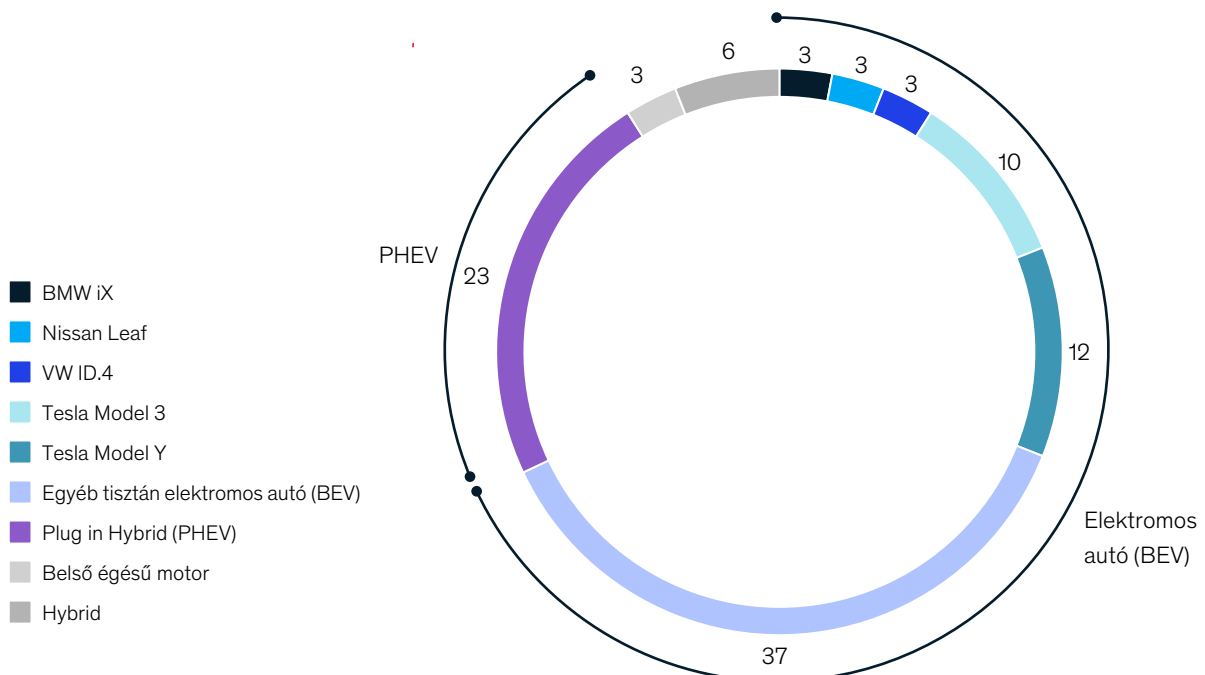
A technológiai előrehaladás, a csökkenő akkumulátorárak és a növekvő kereslet jelentik az elektromos járművek (EV) piacán tapasztalható főbb előrelépések mozgatórugóit. A fenti tendenciák alapján előrejelzéseink szerint az elektromos járművek 2025-re versenyképessé válhatnak a belső égésű motorral üzemelő járművekkel

(ICE) szemben. Az elektromosjármű-penetráció valószínűleg tovább gyorsul a megújuló energiaforrásokból származó villamosenergia-ellátás bővülésével. E trendek következtében a közlekedési szektor CO₂-kibocsátása a továbbiakban drasztikusan csökkenhet.

A változást jól mutatja, hogy az autógyártók 2024-re több mint 1 000 elektromos modell forgalomba hozatalát tervezik; és számos autógyártó⁴⁴ bejelentette a belső égésű motorral üzemelő járművek kivételét a 2020-as évektől kezdődően. Az átállás élvonalának számító Norvégiában például a 2021 decemberi új értékesítések 68%-át elektromos járművek tették ki.

Az elektromos járművek térhódítása

Norvégiai autóeladások
%, 2021. december



Ezzel szemben Magyarországon az elektromos jármű elterjedtsége 0,6 százalék,⁴⁵ és az új gépkocsik értékesítésében 2020-ban az akkumulátoros és a hálózatról tölthető hibridek részaránya 4,8 százalékot tett ki.⁴⁶ Eközben, noha a magyarok kevesebb mint 40%-a rendelkezik gépkocsival,⁴⁷ akinek van autója, az nagy mértékben függ tőle. Sok magyar család egyetlen autón osztozik, és a gépkocsinként megtett átlagos éves távolság 17 000 kilométer. Az ezekkel a belső égésű gépkocsikkal megtett viszonylag nagy távolság miatt Magyarországon a gépjárművenkénti kibocsátás 15 százalékkal meghaladja az uniós átlagot.⁴⁸

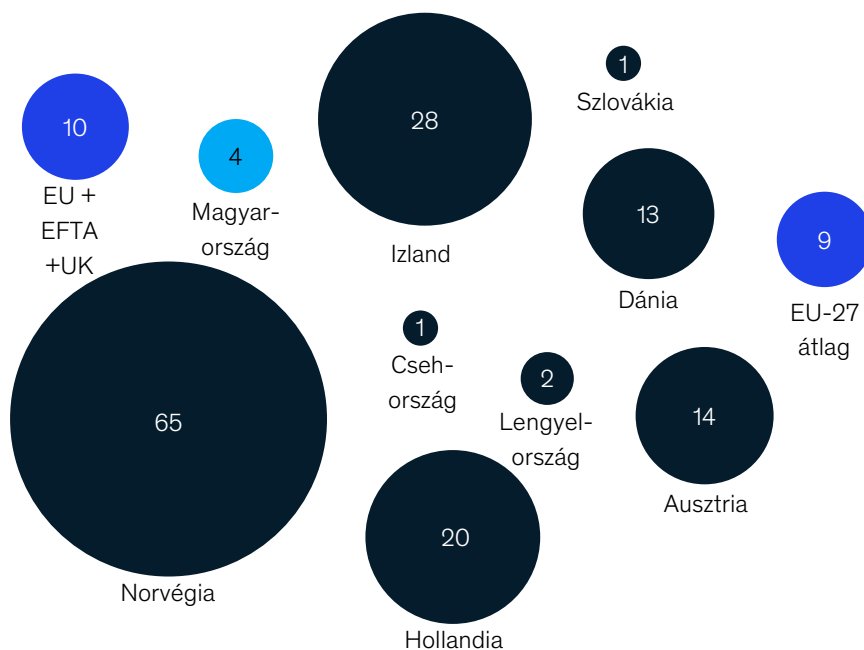
Két intézkedéscsoportra van szükség a magyarországi elektromosjármű-penetráció növeléséhez: az elektromos autók értékesítésének támogatására; valamint kiterjedt elektromos járműtöltő infrastruktúra létesítésére.

A közvetlen pénzügyi ösztönzők között a legkézenfekvőbb az elektromos jármű vásárláshoz nyújtott állami támogatás – Németországban például 6 000 eurót nyújtanak 2022-ben.⁴⁹ A közvetett pénzügyi ösztönzők közé tartozik például az elektromos személygépkocsik alacsonyabb forgalmi vagy éves adója, illetve az elektromos járművek regisztrációs adó vagy útdadó alóli mentessége

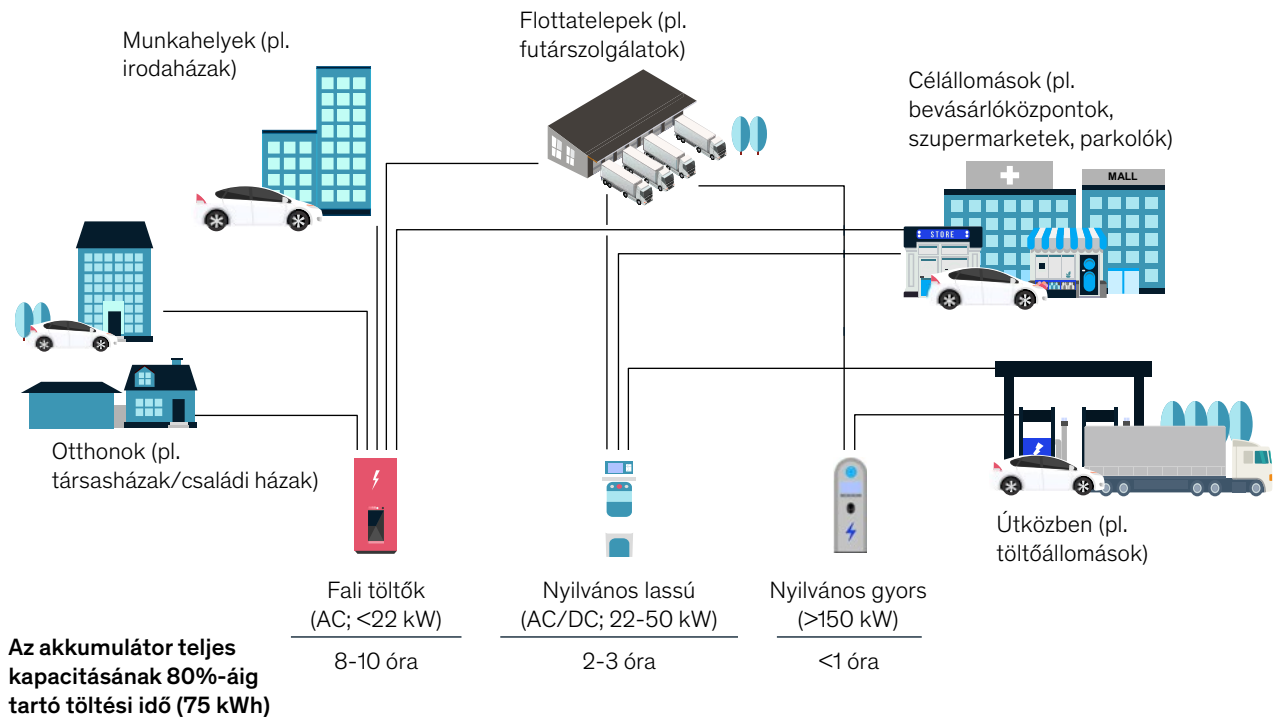
(Hollandia és Magyarország). Ezen túlmenően a céges elektromos járművek mentesülhetnek a természetbeni juttatások adóztatása (Németország), illetve a cégautóadó alól (Magyarország). A közvetlen, nem pénzügyi jellegű ösztönzők közé tartozhat az elektromos járművek ingyenes közterületi parkolási lehetősége a zsúfolt városi területeken, vagy az üzemanyagköltség-megtakarítás a villamos energiára kivetett alacsonyabb mértékű adók formájában.

Elektromos járművek aránya újonnan forgalomba helyezett személygépkocsik esetében

%, 2021

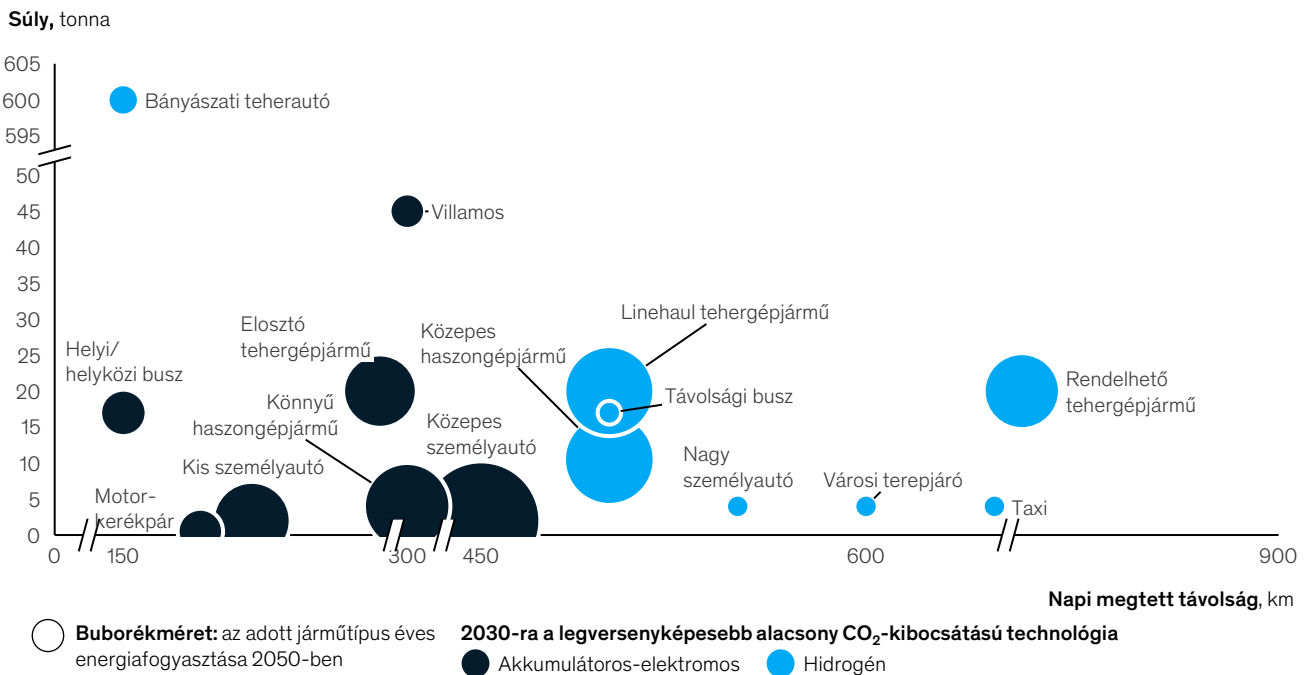


Az elektromos járművek elterjedéséhez 5 fő felhasználási területen van szükség további elektromos töltőkre



Forrás: McKinsey szakértők

A nagy hatótávolságú, nehéz tehergépjárművek szegmensében a hidrogén lesz a legversenyképesebb alacsony CO₂-kibocsátású üzemanyag



Az elégséges mértékű, nyilvánosan hozzáférhető elektromos járműtöltő infrastruktúra kritikus jelentőségű az elektromos járművek elterjedésének biztosítása érdekében.

A gépkocsivezetők elektromos járműveiket az alábbi öt pont valamelyikén töltik fel: otthoni EV-töltővel, munkahelyükön, flottadepóban (futárok, magán- vagy közösségi elektromos járműflották esetén), célállomásonál (például szupermarketnél, autóparkolóban), valamint út mentén (például autópálya mellett) létesített töltőállomások igénybevételével.

Míg az otthoni töltőt tipikusan az elektromos autó tulajdonosai veszik meg, addig a gyors, nyilvános elektromos jármű töltőkhöz komolyabb beruházás szükséges a nagyobb kapacitásuk miatt (150 kW+ DC töltő). Az elektromos közlekedésre történő átállásban élen járó országok ezt az elektromos jármű töltő infrastruktúra bővítését célzó állami beruházások és ösztönzők révén valósították meg. 2022-ben például az Egyesült Államok bejelentette, hogy 5 milliárd dollárt fordít egy 500 000 töltőállomásból álló országos hálózat kiépítésére.⁵⁰ A francia kormány támogatást nyújt az elektromos jármű töltőpontok telepítéséhez (cégek és közületek esetében a beszerzési és telepítési költségek 40 százaléka, lakóépületek esetében pedig 50 százaléka erejéig).⁵¹

Magyarország 2021-ben 2 264 nyilvános töltőponttal rendelkezett,

ebből 505 (22 kilowatt [kW] feletti) gyorsöltő.⁵² Ha azt a célt feltételezzük, hogy hozzátétőlegesen minden 14 elektromos járműre jusson egy-egy töltőállomás, Magyarországnak 2050-ig körülbelül 200 000 további nyilvános EV-töltőállomást kell létesítenie, melyeknek nagyjából 11 százaléka gyorsöltő kellene, hogy legyen,⁵³ az otthoni fali töltőpontokon felül. Az elektromos autók töltése jelentő villamosenergia-termelési és hálózati beruházásokat is igényel. A teljes beruházási igény a becsléseink szerint hozzátétőlegesen 2,8-3,8 milliárd euróra tehető.

Ezeknek az intézkedéseknek a kombinációjával Magyarország oly módon növelheti az elektromos személygépkocsik részarányát, hogy a 2030-as évek közepére az ország gépjárműflottájának 30 százalékát, 2050-re pedig 90 százalékát tegyék ki.

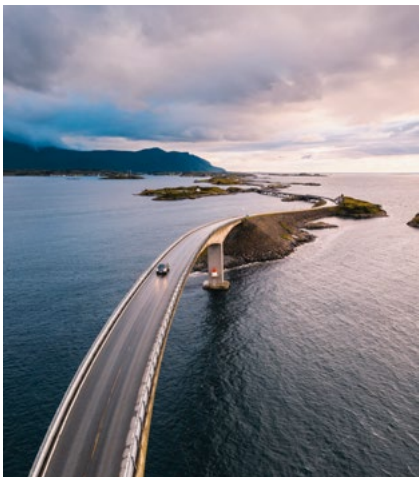
Nem csak a személygépkocsik esetében szükséges a kiterjedt töltőállomáshoz való egyszerű hozzáférés. Az elektromos hajtású könnyű tehergépjárművek, vagyis kisteherautók szintén az elektromos töltő infrastruktúrától függenek, jóllehet kisebb mértékben. A kisteherautók számlájára írható a közlekedési szektor általi kibocsátások 8 százaléka, ami megszüntethető Magyarország kisteherautó-flottájának elektromos hajtásúvá alakításával. Ez a folyamat valószínűleg gyorsabban fog lezajlani, mint az elektromos személygépkocsik esetében, mivel több kisteherautó

modell már elérte a költségparitást. Rövidebbek a megtett távolságok, mivel egyes kisteherautók este visszatérnek a flotta töltőközpontjába, és nincs szükségük a kiterjedt nyilvános töltőállomás-infrastruktúrához való hozzáféréshez. Becsléseink szerint a kisteherautókból származó kibocsátás 2030-ra több mint 70 százalékkal csökken, 2050-re pedig megszűnik.

Hidrogén a nehéz tehergépjárművek esetében

Míg a rövid távokat futó járművek – többek között a kisteherautók, a buszok, a városi vagy a közepméretű gépkocsik – többségében elektromos akkumulátorral működnek majd, a közlekedésből származó kibocsátás 23 százalékáért felelős, nagy távokat megtevő nehézgépjárművek nagy része a hidrogénre fog átállni.

A hidrogén üzemanyagcellás járművek működése hidrogén üzemanyagcellákra épülő hajtásrendszeren alapul. A rendszer számos üzemanyagcellából áll, amelyekben a járműben található üzemanyagforrásból érkező hidrogén oxigénnel egyesülve elektromos áramot indukál, és táplálja a motort (vagy motorokat), illetve a rendszer további elektronikus elemeit. Az üzemanyagcellák tartósabbak és gyorsabban feltölthetők, mint az elektromos akkumulátorok. A járművek fedélzetén akkumulátor is található a fékezésből visszatáplált, rövid távú energia tárolására, kiegészítő energiaforrást biztosítva.



Elektromos jármű felfutás Norvégiában

Norvégia világviszonylatban vezető helyen áll az elektromos járművek elterjedésében a progresszív szabályozó intézkedések és a nagy kiterjedésű, megbízható töltőhálózat miatt. A norvég kormány jelentős mértékű támogatást biztosít elektromos jármű vásárlása esetén; útdíj- és kompdíj-mentességet biztosít az EV-k számára, számos esetben külön előjogokkal egybekötve, mint például buszsávok használata és ingyenes parkolás. 2022-ben az ország több mint 16 000 töltőállomással rendelkezik, többek között 3300, a főutak mentén 50 kilométerenként elérhető gyorsöltővel.⁵⁴

Ugyanúgy, mint az elektromos járművek esetében, a hidrogén hajtású közlekedésre történő átálláshoz országos hidrogéntöltőállomás-hálózatra van szükség

A hidrogénhajtású tehergépkocsik néhány évvel elmaradnak az elektromos járművek mögött: egyelőre kevésbé érett technológiával rendelkeznek. Mindazonáltal az utakon már láthatók a gyártók első modelljei, és az elektrolizáló berendezés hatékonyságának növekedésével, valamint a zöld hidrogén előállításának költségének általános csökkenésével a 2020-as évek végére a költségek tekintetében versenyképessé válnak. Amint azt a hidrogénnel kapcsolatos fejezet tovább tárgyalja, Magyarországnak elegendő zöld hidrogén termelési kapacitással kell rendelkeznie ahhoz, hogy az üzemanyagcellás elektromos járművek (FCEV-k) hajtóanyag-szükségletéről gondoskodjon.

Ugyanúgy, mint az elektromos járművek esetében, a hidrogénhajtású közlekedésre történő átálláshoz országos hidrogéntöltőállomás-hálózatra van szükség; ennek a hálózatnak a fontosabb európai főútvonalakhoz is csatlakoznia kell a regionális kereskedelem elősegítése érdekében.

Tömegközlekedés

A tömegközlekedés a kibocsátások csökkentésének kulcsfontosságú tényezője. Magyarország már most kiterjedt tömegközlekedési hálózattal rendelkezik, amely az utaskilométerek 28 százalékát teljesíti.⁵⁵

A tömegközlekedési eszközök használata ingyenes vagy gyorsabb közösségi közlekedés révén ösztönözhető, például a buszsávok számának növelésével, a hálózat további bővítésével, és a tömegközlekedés megbízhatóságának növelésével; illetve olyan visszatartó jellegű intézkedésekkel, mint például a dugódíj, melynek eredményeképpen kevesebb a magángépjármű az utakon, tehát csökken a kibocsátás is. Az előbbieket kombinációjával talán megfordítható a tömegközlekedés csökkenő részarányának tendenciája, és megmarad Magyarország előnye a régiós országokkal szemben.



München integrált mobilitási koncepciója

München az integrált mobilitási koncepció példája. A Müncheneri Közlekedési Vállalat (MVG) olyan alkalmazást vezetett be, amelynek segítségével az ingázók egyetlen integrált felületen megtekinthetik és kiválaszthatják a tömeg- és magánközlekedési, többek között az autó-, kerékpár-, és elektromosroller-megosztó szolgáltatókat, és a taxikat is. Mivel az alkalmazás lehetővé teszi a felhasználók számára, hogy választásukat idő, költség és környezeti kihatás szempontjából szűrjék, lehetőséget biztosít a városi gépjárműhasználat csökkentésére.⁵⁶



Kerékpáros- és gyalogosbarát közlekedés Párizsban

Párizsban 2007-ben kezdték a korábban gépkocsik által használt utak egy részét kizárólag a gyalogosok, a kerékpárosok és a buszok használatába adni. E szabályozás eredményeképpen 2010 és 2018 között a magángépjárművek városi használata 5 százalékkal csökkent, míg a kerékpárral megtett napi utak száma 30 százalékkal, a gyalog megtett utaké pedig 9 százalékkal nőtt. Párizs városa további beruházásokat tervez a kerékpáros- és gyalogosbarát közlekedési opciók terén, hogy a gyakran látogatott helyszínek – például a szupermarketek és az irodák – 15 perc alatt kerékpárral vagy gyalog elérhető legyenek.⁵⁷

Magyarországnak további előnye származhat a mikromobilitásból és a megosztott mobilitási trendekből is. Ide tartozik a kerékpárok és az elektromos rollerek használatának bővülése, valamint a megosztott gépkocsihasználat. London jó példa erre a tendenciára. 2015 óta a Santander Cycles nevű nyilvános kerékpármegosztási rendszert több mint 300 millió kilométernyi utazásra vették igénybe, ezáltal közel 20 000 tonnányi CO₂ kibocsátására nem került sor. Friss adatok szerint az új felhasználókat tartalmazó nyilvántartások 2020 és 2021 márciusa között 193 százalékkal bővültek.⁵⁸ Magyarországon a MOL Bubi, amely szintén nyilvános kerékpármegosztási rendszer, 2014 óta van használatban, és a városi közlekedési rendszer szerves részévé vált.⁵⁹

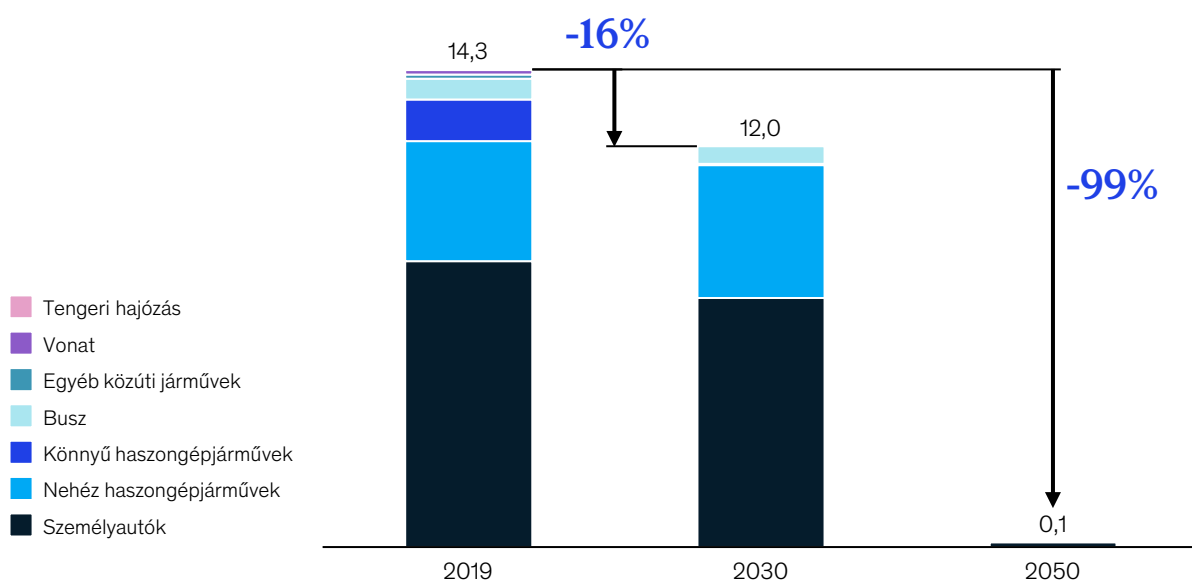
Az új mobilitási megoldások kedvezően át is alakíthatják a városi környezetet. (Lásd a Párizsra vonatkozó példát.) Nagyobb magyar városokban – különösen Budapesten – a központi főútvonalak zöldebbé válása a gépkocsihasználattól az új mobilitási megoldások felé történő további eltolódáshoz vezethet, valamint eredményeképpen csökkenhetnek a globális felmelegedés egyes hátrányos helyi hatásai is.

A dekarbonizáció lehetséges módjai

A klímasemlegesség 2050-ig történő eléréséhez a közlekedésből származó kibocsátások 99 százalékát meg kell szüntetni. A kibocsátások fennmaradó része az idősebb belső égésű járművekből és a repülőgépekből ered majd. 2030-ig a közlekedésből származó kibocsátásoknak csupán 15 százaléka iktatható ki, mivel a nulla kibocsátású technológiák a 2020-as évek közepéig-végéig nem válnak versenyképesé, és a bővülés ezután is lassú folyamat lesz. Míg az elektromos járművek értékesítése már 2030-ban is jelentős lesz, a flotta teljes átalakulása eltart a 2040-es évekig, mivel a járművek átlagos élettartama 10-15 év. A légi és vízi szállítás esetében sokkal korlátozottabbak a kibocsátáscsökkentési lehetőségek (például bio- vagy mesterséges üzemanyagokra). A döntéshozók többféle intézkedéssel erősíthetik a dekarbonizálás felé vezető törekvéseket, így például a technológiai szabványok és a repülőtéri, illetve kikötői üzemanyag-feltöltési infrastruktúra harmonizálásával.

Az elektromos járművek 100%-os részaránya a személygépjárművek és könnyű haszongépjárművek között, valamint a légi- vasúti- és tengeri közlekedésben a zöld üzemanyagok használata a kibocsátás 99%-os csökkenéséhez vezet

MT CO₂e



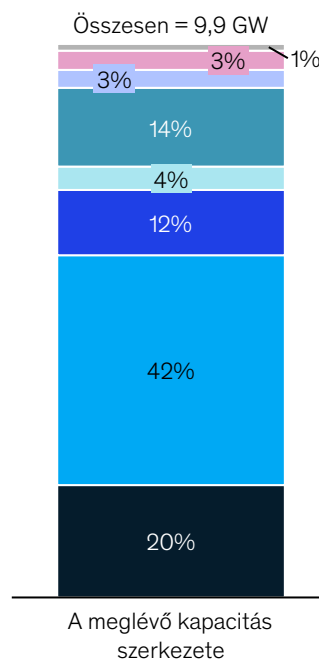
Villamos energia

A villamosenergia-termelés dekarbonizációja létfontosságú ahhoz, hogy Magyarország 2050-re szén-dioxid-semlegessé váljon – ennek megvalósítása azonban sajátos kihívásokat tartogat. Az energiatermelőknek két komoly feladattal egyszerre kell megbirkóznuk: csökkenteniük kell a fosszilis tüzelőanyagoktól való függőségüket, miközben a megújuló erőforrásokra támaszkodva bővíteniük kell energiatermelő kapacitásukat, hogy a folyamatosan növekvő villamosenergia-igényt fennakadások nélkül kielégíthessék. A szektornak ezzel párhuzamosan úgy kell a villamosenergia-hálózatot korszerűsíteni, hogy az alkalmas legyen a megújuló energiaforrások, a kétirányú villamosenergia-áramlás és a megnövekedett ingadozások kezelésére.

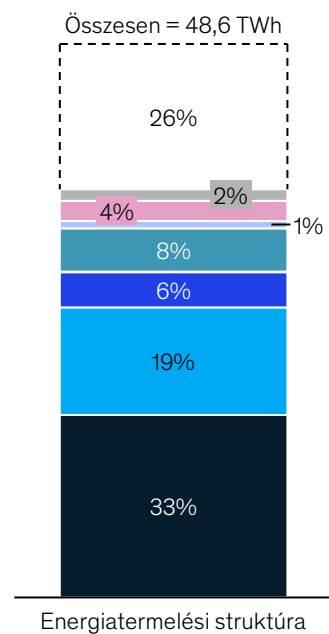
Magyarország a szomszédos országokhoz képest viszonylag jó kiindulási helyzetben van. A villamosenergia-ágazat egy főre jutó kibocsátása 0,8 tonna CO₂ egyenértékű, szemben Csehország 3,8; Lengyelország 2,8; és Németország 2,5 tonnájával. Magyarországon a termelőkapacitás több mint egyharmadát a paksi atomerőmű biztosítja, és bár Magyarországon számos gázüzemű erőmű is működik, a legszennyezőbb szénerőművek csak a termelés 8 százalékát adják (szemben a lengyelországi 70 százalékkal). Mindezek ellenére Magyarország 26 százalékos nettó villamosenergia-importjával Európa egyik leginkább importfüggő országa.

A jobb kiindulási helyzet a széntüzelésű erőművek alacsonyabb arányának köszönhető, bár ez egyben nagyobb importfüggőséggel is jár

A meglévő kapacitás szerkezete
GW, 2020



Energiatermelés
(importtal/exporttal együtt)
TWh, 2020



- [-] Import-export egyenleg
- Egyéb megújuló energiaforrások
- Biomassza
- Szél
- Nap
- Olaj, gázolaj
- Szén, lignit, vegyes tüzelőanyag
- Földgáz
- Atomenergia

Megjegyzés: A végösszegek a kerekítés miatt eltérhetnek.

Forrás: MEKH

A kibocsátás további csökkentése érdekében Magyarországnak többek között be kell zárnia a nagy szennyezőanyag-kibocsátású mátrai szénerőművet, a gáztüzelésű erőműveket pedig vagy el kell látnia szén-dioxid-leválasztási, -hasznosítási és -tárolási (CCUS) technológiával, vagy át kell állítani kevert hidrogénüzemre.

A legnagyobb kihívást azonban a következő három évtizedben várhatóan megugró villamosenergia-igény kielégítése jelenti majd. Becsléseink szerint a különböző gazdasági ágazatok dekarbonizációs törekvései – például a tisztán elektromos járművek (BEV) elterjedése a közlekedési ágazatban, az elektromosság bővülő alkalmazása az iparban, a zöld hidrogén fogyasztás *(részleteket lást a Hidrogén fejezetben)*, valamint az elektromos fűtés elterjedése

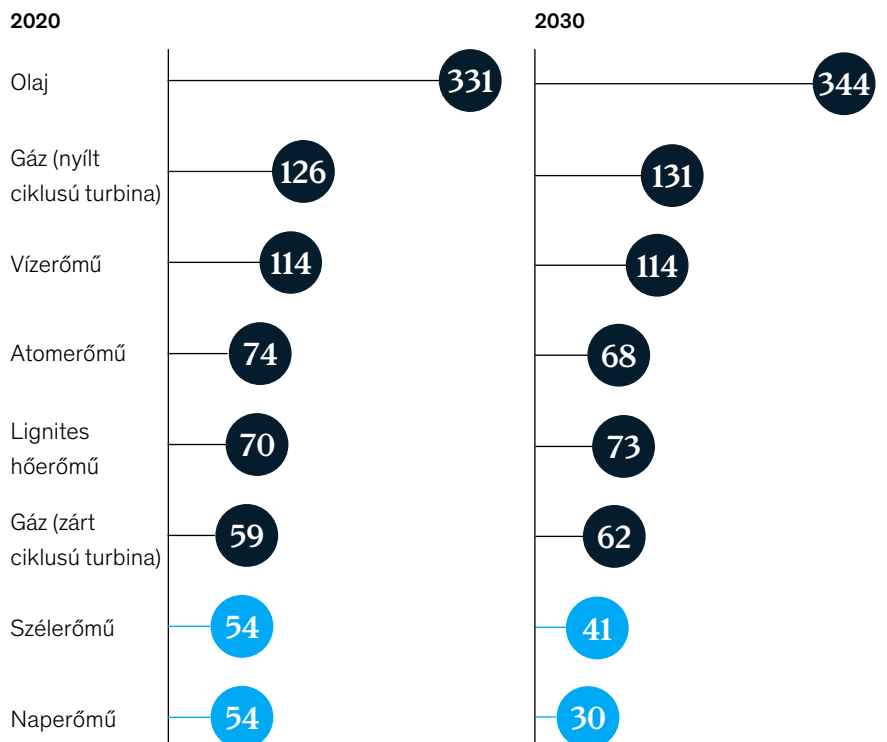
– további 180 százalékkal növelik a villamosenergia-keresletet.

Mindent egybevetve Magyarországnak 2050-ben 2,8-szor annyi villamos energiára lesz szüksége, mint ma – így az energiaszektor dekarbonizációja kulcsfontosságú a klímasemlegesség eléréséhez.

A nap- és szélenergia-erőművek egyre versenyképesebbé válásával Magyarországnak minden esélye megvan arra, hogy a növekvő keresletet kielégítse. Ami azt illeti, a nap- és a szélenergia-erőművek már most is versenyképes energiaforrások a nem megújuló energiaforrásokkal szemben. A fosszilis tüzelőanyagok árának emelkedésével és a megújuló energiaforrások technológiájának fejlődésével ezek terjedése is valószínűleg felgyorsul.

A villamosenergia dekarbonizációját versenyképes megújuló energiaforrások hajtják majd

Villamosenergia élettartamra vetített fajlagos költsége USD/MWh, kiegyenlítési, hálózati költségek stb. nélkül



Magyarország kedvező természeti adottságokkal rendelkezik a megújuló energiatermeléshez. Az egyenlítőhöz viszonyított fekvése miatt például Magyarországon éves szinten több a napsütéses órák száma, régiótól függően ~2100-2500,⁶⁰ mint a Cseh Köztársaságban, Németországban vagy Lengyelországban, ahol napsütéses órák száma egyenként ~1400-1700,⁶¹ ~1500-1800⁶² és ~1500-1800.⁶³ A napelemek és naperőművek jelenleg Magyarország villamosenergia-termelésének 8 százalékát biztosítják. Számításaink szerint a következő három évtizedben Magyarország hússzorosára is növelheti napenergia-termelő kapacitását, ami így a telepített kapacitás akár 72 százalékát teheti ki.

A szélerőforrások – a szélerősség és a szélesebbég alapján – nem olyan jelentősek, mint a napenergia, de komoly potenciállal rendelkeznek. Megfelelő hasznosítással Magyarország 2050-ig a 2020-as szinthez képest akár a 46-szorosára is növelheti szélerőművi energiatermelő kapacitását.

Ahogy a megújuló energiaforrások Magyarországon költséghatékonyabbá és elterjedtté válnak, az ország nettó energiainportörből nettó exportórré válhat. A napelemek elterjedésével a 2030-as évek elejére Magyarország nullára csökkentheti a nettó energia-importját az energiamixében, a jelenlegi 26%-os importtal szemben. Modellszámításaink szerint a jövőben, ahogy a napenergia még költséghatékonyabbá válik, Magyarország a megtermelt energiája 3%-áig nettó exportórré válhat.

A szél- és napenergia együttesen 2050-re Magyarország villamosenergia-termelésének 94 százalékát teheti ki, ami jelentős változást jelent a jelenlegi 17 százalékos részarányukhoz képest.

Megújuló erőforrásokkal zöld hidrogén is előállítható, amely már 2030-ban felválthatná a fosszilis tüzelőanyagokat mind az ipari termelésben, mind a közlekedésben. 2050-re a hidrogén előállításához felhasznált zöld energia mennyisége 31 gigawatt (GW) napelemes kapacitással lesz egyenlő.

Az előzőekben rámutattunk arra, hogy 2050-re Magyarország villamos energiájának nagy részét lehetne megújuló forrásokból is biztosítani. A megújulóenergia-kapacitás növekedésével párhuzamosan azonban meg kell oldani azt a problémát, hogy a megújuló energiaforrásokból származó villamos energiát a valós idejű keresletnek megfelelően kell biztosítani. Egy olyan éghajlaton, mint a magyarországi, előfordulhat, hogy a nap- vagy szélerőművek által termelt villamos energia kínálata nem egyezik meg az aktuális kereslettel. Például hideg, sötét téli estéken kevesebb napenergia áll rendelkezésre. Ráadásul ha Magyarország és kereskedelmi partnerei a bázisterhelést biztosító szénerőművek leállításával csökkentik a fosszilis tüzelőanyagoktól való függőséget, azzal tovább nő a villamosenergia-hiány lehetősége.

Az egyenletes energiaellátást az ágazat három módon tudja biztosítani: minimális mennyiségű nem megújuló energiatermelés, azaz kiegyenlítő kapacitás fenntartásával; az energiatárolás és -átalakítás bővítésével; valamint az elektromos hálózat és az infrastruktúra korszerűsítésével.

Egyfelől számos gáztüzelésű hőerőmű fenntartható úgy, ha azt szén-dioxid-leválasztó berendezéssel korszerűsítik. A CCUS technológia a szén-dioxidot még a légkörbe kerülése előtt megköti, majd geológiai képződményekben vagy kimerült olajmezőkön megkötve tárolható.

Másodszor, a zöld hidrogén és az elektrolízis költségeinek csökkenésével a szezonális/napi tárolás és a csúcskapacitás tekintetében szélesebb körű lehetőségek állnak rendelkezésre. A 2020-as évek közepétől az elektrokémiai energiatárolók, például a lítiumionos (Li-ion) akkumulátorok várhatóan kereskedelmi szempontból is piacképesebbé válnak, így Magyarország széles körben alkalmazhatná őket a napi rendszerrugalmasság biztosítására (az elektromos járművek térnyerésével kibővülő járműtöltő technológiákat is felhasználva). A zöld hidrogén megjelenése (*Lásd a „A hidrogén szerepe” című fejezetet*) – a hidrogénüzeműre átalakított gáztüzelésű erőművek révén – szintén hozzájárulhat a napi és szezonális ingadozások lefedéséhez. Határokon átnyúló forgalom nélkül körülbelül 6 GW-os kiegyensúlyozó és energiatárolási kapacitásra lenne szükség ahhoz, hogy csúcsideben zökkenőmentes legyen az áramellátás.

Harmadsorban Magyarországnak jelentősen korszerűsítene kell nemcsak teljes villamosenergia-hálózatát, de a határkeresztező-infrastruktúrát is ahhoz, hogy 2050-ig fenntartható módon kielégítse a gazdaság villamosenergia-igényét. Az elektromos energia elosztási és átviteli beruházások terén Magyarország 33 százalékos lemaradásban van a versenytársaihoz képest, és ennek érezhető jelei is vannak.⁶⁴ A CAPEX-hiány megszüntetésén túl a következő 30 év során 30-40 milliárd eurós beruházásokra lenne szükség az elektromos hálózatba, és további befektetéseket igényelne a határokon átnyúló forgalom növelése, a visszatáplálás biztosítása és a megújuló erőforrásokkal járó fokozott volatilitás kezelése is.

Mivel a villamosenergia-igény 2050-ig várhatóan 2,8-szorosára bővül, a szektor dekarbonizációja alapvető feltétele lesz a többi ágazat dekarbonizációjának

A villamosenergia-igény várható növekedése a következő 30 évben
villamosenergia-igény, TWh, évente



Tisztán elektromos városi buszok terjedése



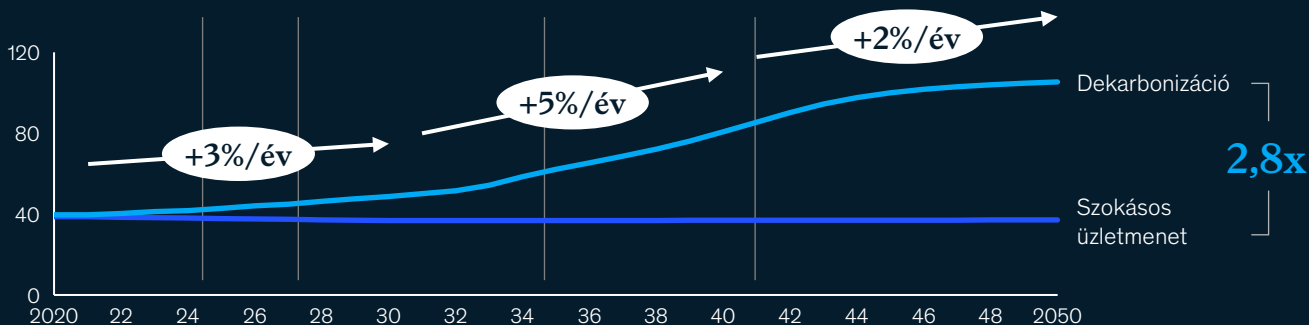
Tisztán elektromos személygépjárművek terjedése



Az elektromos kazánok növekvő használata az iparban



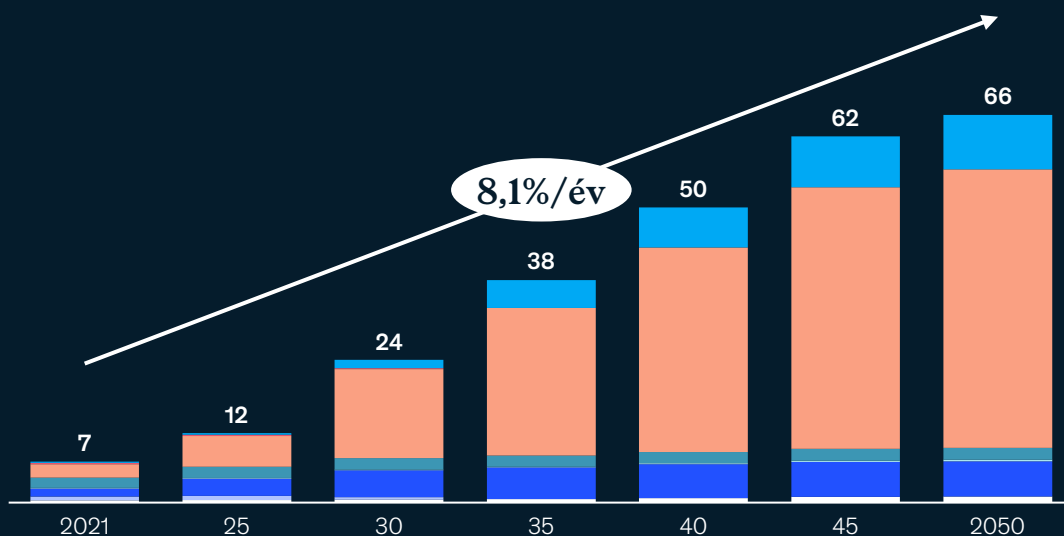
Elektromos fűtés terjedése



2035-re Magyarországon a villamosenergia-kapacitás 79%-át tehetik ki a megújulók

Magyar villamosenergia-termelési kapacitás forrás szerint
GW

Biomassza Földgáz¹ Atomenergia Hulladék
Szén Víz² Nap Szél



Időszakosan rendelkezésre álló megújuló energiaforrások aránya³

46%

79%

86%

1. Potenciálisan helyettesíthető hidrogénnel

2. Egyéb, pl.: biomassza, geotermikus, tengeri erőmű

3. Időszakosan rendelkezésre álló megújuló energiaforrásnak számít a nap- és a szélenergia. A szélerőművek terjedéséhez alapvető a jelenlegi szabályozási korlátok megszüntetése, még ha nem is azonnal.

Forrás: McKinsey Energy Insights' McKinsey Energy Insights Reference Case 2020, Irena Megújuló energiatermelési költségek 2018-ban

Hulladékgazdálkodás

Bevezetés

Magyarország teljes szén-dioxid-kibocsátásának 4 százalékát (3 megatonna CO₂ egyenérték) teszi ki a hulladékgazdálkodás. A kibocsátás fő forrásának a szennyvíz kezelése és elvezetése, valamint a szilárd hulladék ártalmatlanítása számít. A károsanyag-kibocsátás fennmaradó 5 százaléka a szilárd hulladék elégetéséből és biológiai kezeléséből adódik.⁶⁵

A hulladékgazdálkodáshoz kapcsolódó emisszió csökkentésének leghatékonyabb módja természetesen a hulladék keletkezésének megelőzése – Magyarországon például évente 364 kilogramm kommunális hulladék jut egy főre.⁶⁶ A fogyasztói, termelői és feldolgozó szintű szokások megváltoztatása gazdasági érték és környezeti előnyök egyaránt eredményez, azonban ezeket az előnyöket nehéz mérni. Az említettek miatt az elemzésünk nem a hulladék keletkezésének megelőzésére összpontosít, hanem olyan intézkedéseket vázol fel, amelyeket Magyarország a hulladékkezelésből származó kibocsátások csökkentése érdekében hozhat.

Szennyvíz

A hulladékszektor kibocsátásának több mint fele kapcsolódik a szennyvízkezeléshez: egyrészt a szennyvíz ártalmatlanítása során felszabaduló üvegházhatású gázokból (például metán és dinitrogén-oxid), másrészt a szennyvíztisztító telepek által felhasznált energiából adódó kibocsátásból.

A kibocsátás csökkentése érdekében Magyarországnak olyan technológiákat kell bevezetnie, amelyekkel megköthetők és átalakíthatók az

üvegházhatású gázok. Ily módon például a szennyvízből a kezelés során felszabaduló metánkibocsátás akár 80 százalékát⁶⁷ is fel lehet fogni. Amennyiben Magyarországon ezeket az eljárásokat a víztisztító létesítmények 70 százalékánál bevezetik, 2050-ig 56 százalékkal lehetne csökkenteni a szennyvíztisztításból és -kezelésből származó kibocsátást. A kezelés során leválasztott kibocsátás ráadásul értéket is teremthet: az így keletkező iszap műtrágya-alapanyagként, a metán pedig biogázként hasznosítható.

Szilárd hulladék

A szilárd hulladékok esetében a hulladéklerakók minimalizálása az első prioritás. Ez kétféleképpen is hozzájárul a dekarbonizációhoz. Először is, a szerves hulladék – amely a hulladéklerakókban elhelyezve főként metánt bocsát ki – csökkentése közvetlenül csökkenti a kibocsátást. Másodsor, a szilárd hulladék újrahasznosítása lehetővé teszi, hogy az ipar a nyersanyagokat újrahasznosított anyagokkal helyettesítse, és ezáltal közvetve csökkentsen az üvegházhatású gázok kibocsátását (például fémek esetében). Elemzésünk kizárólag az első típusú kibocsátáscsökkentést számszerűsíti, mivel azt a hulladékgazdálkodási gyakorlat közvetlenül befolyásolja.

A hulladéklerakókból eredő emisszió a szerves anyagok, például ételmaradékok anaerob (oxigén nélküli) bomlásából származik. A hulladéklerakók kibocsátása magas, mivel az anaerob folyamat nagyrészt metánt eredményez, amely 25-ször erősebb üvegházhatású gáz, mint a CO₂.⁶⁸ Az sem mellékes, hogy a hulladéklerakókban

elhelyezett szemétből közel 20 éven át folyamatosan keletkeznek üvegházhatású gázok.⁶⁹

Magyarországon mintegy 19 millió tonna szilárd hulladék keletkezik, amely építési, ipari, kommunális, mezőgazdasági és veszélyes hulladékból tevődik össze. Bár mennyiségét tekintve ennek legnagyobb részét (43 százalékát) az építési törmelék teszi ki, ez nem tartalmaz szerves összetevőket, ezért nem minősül kibocsátási forrásnak. A mezőgazdasági és a veszélyes hulladéknak vannak ugyan szerves összetevői, de ritkán kerülnek hulladéklerakókba, ezért az elemzésünk az ipari és a kommunális hulladékra összpontosít.

Az emisszió csökkentése érdekében 2030-ra a jelenlegi 38 százalékról nullára kell csökkenteni a hulladéklerakókba kerülő ipari hulladék arányát. A kommunális hulladék esetében a csökkentés lassabb lesz – itt reálisan az a cél tűzhető ki, hogy a hulladéklerakókban elhelyezett hulladék mennyisége 2030-ra 20 százalék, míg 2050-re nulla legyen.

A hulladéklerakás csökkentésével párhuzamosan az egyéb hulladékgazdálkodási megoldások – például az újrahasznosítás és a hulladék energetikai hasznosítása – egyre szélesebb körben terjednek el. A hulladék például akár üzemanyagként is szolgálhat távhőerőművekben (szén-dioxid-leválasztási, -hasznosítási és -tárolási [CCUS] technológiával ellátva). Magyarország jelenleg az ipari hulladék 55, a kommunális szilárd hulladék 35 százalékát hasznosítja újra. 2050-re az újrafeldolgozásnak a hulladék 70 százalékát kell érintenie.⁷⁰

A hulladékkezelés klímasemlegessé tehető a hulladék újrahasznosításával és energiává alakításával



Hulladékkeletkezés

A lehető legkisebb mennyiségű hulladéknak kell keletkeznie, az élelmiszerekből származó és egyéb zöld hulladék mennyiségének csökkentésével, valamint termékek ismételt vagy alternatív célú felhasználásával

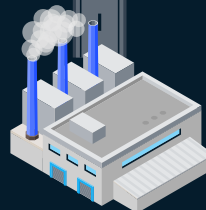


Hulladékbegyűjtés

A szemétségűjtő járművek karbonsemlegesek lehetnek elektromos üzemre való áttéréssel vagy hidrogén-üzemanyag használatával



Hulladéklerakó



Hasznosítás (hulladék-energia átalakítás)



Újrahasznosítás

Kibocsátási szint



Magas



Közepes/Alacsony



Alacsony

Települési hulladék
különbéle kezelési
módjainak részaránya

Jelenleg

52%

14%

36%

Célkitűzés: nettó
nulla kibocsátás

0%

30%

70%

A hulladék átirányítása más feldolgozási pontokra, a jelenleg szétterített területeken pedig metánmegkötő eljárást lehetne bevezetni

Energia visszanyerése égetéssel vagy a hulladék üzemanyagforrásként való feldolgozása (például biogáz)

Újrahasznosított anyagok alapanyagként való alkalmazása gyártásban; a zöld hulladék komposztálható lenne vagy nyersanyagként szolgálhat

A nem újrahasznosítható hulladékok kezelésére számos hulladékegyesítő technológia áll rendelkezésre, amelyek termikus, mechanikai, kémiai és biokémiai módszerekkel energiát állítanak elő a szemétből. Például a metánleválasztással történő égetés egy olyan kiforrott technológia, amelynek során a hulladékot elégetik, abból hamu, füstgáz és hő keletkezik, amely így energiaként hasznosítható. A hulladékégetők metánleválasztó berendezésekkel való felszerelésével megakadályozható, hogy az üvegházhatású gázok a légkörbe kerüljenek.

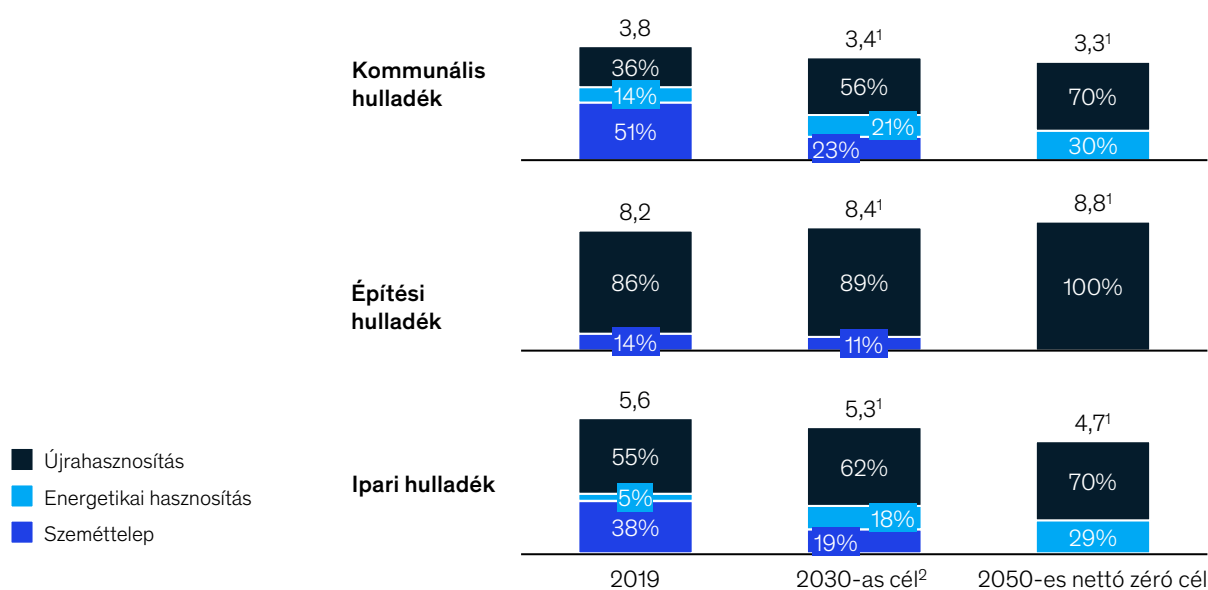
A szerves hulladék elgázosítása vagy anaerob lebontása szintén kiforrott technológia, amely szintetikus gáz vagy biogáz előállítására

használható, és az így gyűjtött metán zöld energiaforrásként szolgál. A későbbiekben megjelenhetnek olyan új technológiák is, mint a szilárd hulladékot energiává alakító plazmagázosítás vagy termikus gázosítás – amelyeket jelenleg nem alkalmaznak széles körben Magyarországon.⁷¹ Több európai országban, például Finnországban azonban már láthatunk néhány sikeres példát a gázosítás ipari célú energetikai alkalmazására.⁷²

Becsléseink szerint ezek és egyéb intézkedések lehetővé tennék, hogy az ipari és a kommunális hulladékágazat 2030-ig 20 százalékkal, 2050-ig pedig 94 százalékkal csökkentse a szilárd hulladék kibocsátását a 2019-es szinthez képest.

Újrahasznosítással és energetikai célú hulladékhasznosítással a szilárdhulladék-kibocsátás 42%-kal csökkenhet

Hulladékok kezelési típus szerint, MT



Megjegyzés: A végösszegek a kerekítés miatt eltérhetnek.

1. A 2030-as és 2050-es teljes hulladékbecslések a historikus adatok és népesség-előrejelzés alapján készültek, további hulladékcsökkentési intézkedések feltételezése nélkül
2. A 65%-os újrafeldolgozási arányra és 10%-os hulladéklerakásra vonatkozó uniós célkitűzések alapján 2035-re

Forrás: KSH, McKinsey elemzés

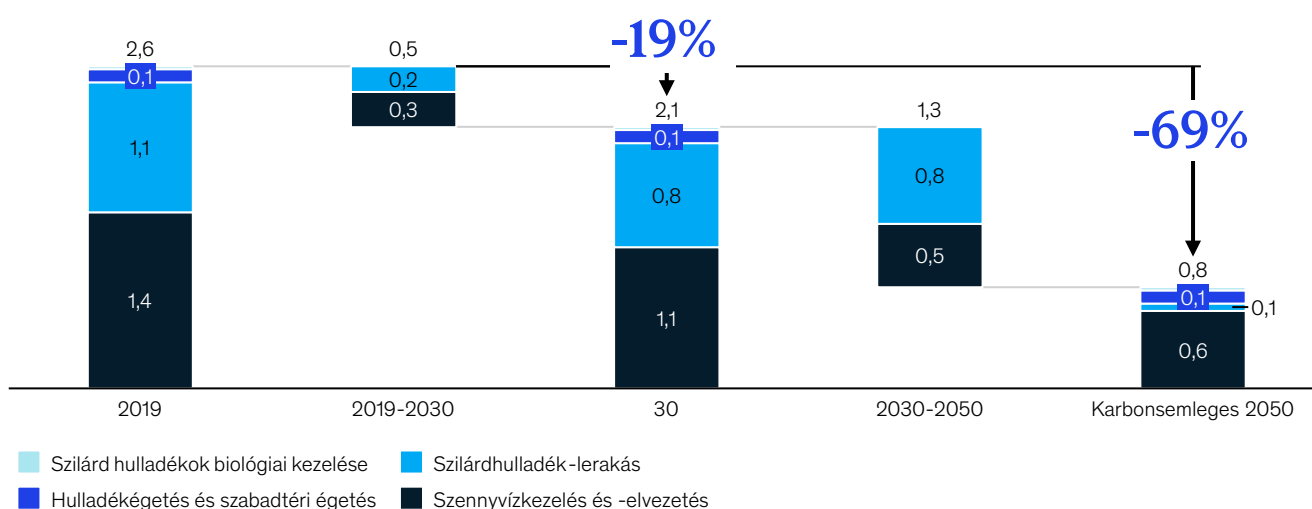
Megvalósítható dekarbonizációs pálya

A szennyvízkezelés és a szilárd hulladékok kibocsátáscsökkentése következtében a hulladékágazat teljes kibocsátása előrejelzésünk szerint 2050-re 69 százalékkal csökkenhet. A szilárd hulladékgazdálkodás javítása ennek 55 százalékát, a szennyvízkezelés pedig a fennmaradó

részt teszi ki. A hulladéklerakókból származó kibocsátás átfutási ideje miatt azonban ebben az ágazatban 2050-ig nem érhető el a szén-dioxid-semlegesség. Amennyiben a szilárd hulladékkal kapcsolatos célkitűzések teljesülnek, és tovább folytatódik a technológiai fejlesztés, a kibocsátás a jövőben tovább mérséklődhet.

Magyarország 69 százalékkal csökkentheti az üvegházhatású gázok kibocsátását a jelenlegi szinthez képest 2050-re

Hulladékgazdálkodás kibocsátása, MT CO₂e



Hatékony hulladékgazdálkodás Izraelben

A szilárd hulladékgazdálkodás része az újrahasznosítható hulladék, az elektronikai cikkek, a fémhulladék, a komposzt, a műanyag, a pelenkák és egyéb hulladékok gondos szétválogatása, ami még kommunális szinten is kevésbé hatékony és rendkívül gazdaságtalan folyamat. Az új technológiák megjelenése azonban hozzájárulhat a szilárd hulladékgazdálkodás hatékonyságának javításához azzal, hogy megkönnyíti a hulladék szétválogatását és tömörítését – mint például azt az izraeli Yavne városában láthatjuk.

2012-ben Yavne egyik városrészében, Neot Rabinban pneumatikus hulladékgyűjtő rendszert, más néven automatizált vákuumos hulladékgyűjtőket (AVAC) kezdtek használni. A többlakásos társasházak mindegyikét bekapcsolták abba a föld alatti csőhálózatba, amely egy központi szeméttárolóhoz vezet. Az egyes emeletek lakói a hulladékot száraz vagy nedves szemétdobókba ürítik, amelyek a föld alatti egységekhez csatlakoznak. A hulladékot hetente egyszer 50-80 kilométer/óra közötti sebességgel szivattyúzzák át a csöveken keresztül a központi gyűjtőtárolóba, ahol először átválogatják és tömörítik, majd konténerekben a végleges ártalmatlanítóhelyekre szállítják.

A rendszer olyan hatékonynak bizonyult, hogy Yavne a hulladékgyűjtési rendszert az egész településre kiterjesztette, bekapcsolva mind a lakóházakat, mind a köztisztviselőket. A hulladékgyűjtésre szolgáló központi pneumatikus szivattyúkat végül más településeken is használni kezdték.

Bár az AVAC-rendszer magas kezdeti beruházási költséggel jár, és a lakosságot is fel kell készíteni, az üzemeltetési költségei versenyképesek más rendszerekkel. Ráadásul a hulladékgyűjtés energiaköltségének csökkentésével, valamint a nagyobb újrahasznosítással tovább csökkentheti az emissziókat.^{73, 74, 75, 76}

Mezőgazdaság

Bevezetés

Magyarország teljes szén-dioxid-kibocsátásának 14 százalékát (9 megatonna CO₂ egyenérték) a mezőgazdasági termelés adja. A mezőgazdasági ágazat egy főre jutó kibocsátási aránya megfelel a regionális átlagnak, és Európa nagy részéhez hasonlóan a legnagyobb kibocsátást a haszonállatok bélfermentációja okozza, ezt követi a növénytermesztés (a műtrágyák használata miatt) és a mezőgazdasági üzemek energiafelhasználása.

Habár a közép- és kelet-európai országokhoz képest Magyarországon kevesebb szarvasmarha van, a haszonállat tartásból származó kibocsátások kétharmadáért mégis

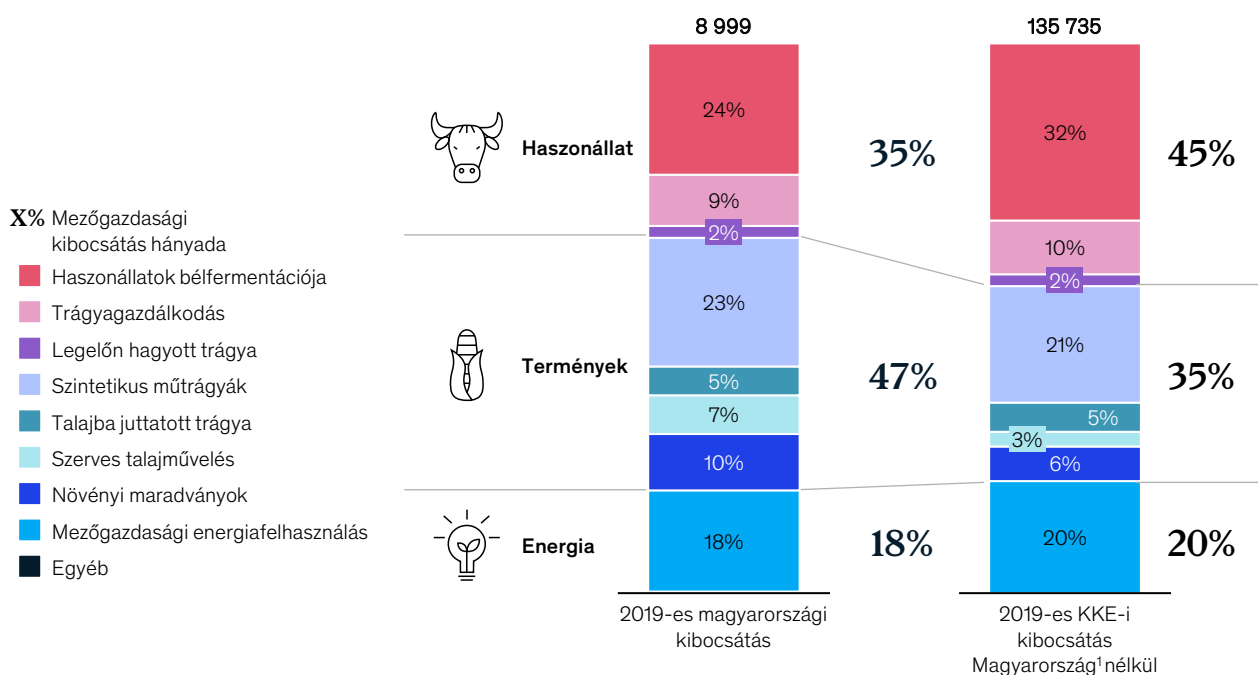
ők felelnek. Ez jól tükrözi azt a tényt, hogy a kérődző állatok – így különösen a szarvasmarha – tartása 10-szer nagyobb szén-dioxid-kibocsátással jár, mint a baromfitartás, és 30-szor nagyobb szén-dioxid-kibocsátással, mint a növényi fehérje előállítása.

A növénytermesztésből származó kibocsátás Magyarországon viszonylag magas, az összkibocsátás mintegy 47 százaléka, ami a szintetikus műtrágyák széles körű használatából adódik.

A mezőgazdasági üzemekben felhasznált energia mintegy 18 százalékkal járul hozzá Magyarorszag mezőgazdasági ágazatának kibocsátásához, ez valamivel alacsonyabb a szomszédos közép- és kelet-európai országokénál.

Magyarországon – Közép- és Kelet-Európa többi országához képest – a kibocsátások kisebb hányada származik haszonállat-tartásból és nagyobb hányada növénytermesztésből

Összes kibocsátás (ktonna)



Megjegyzés: A végösszegek a kerekítés miatt eltérhetnek.

1. A kibocsátás átlagos aránya a V4-országok adatai alapján, Magyarország kivételével

A megvalósítható dekarbonizációs pálya

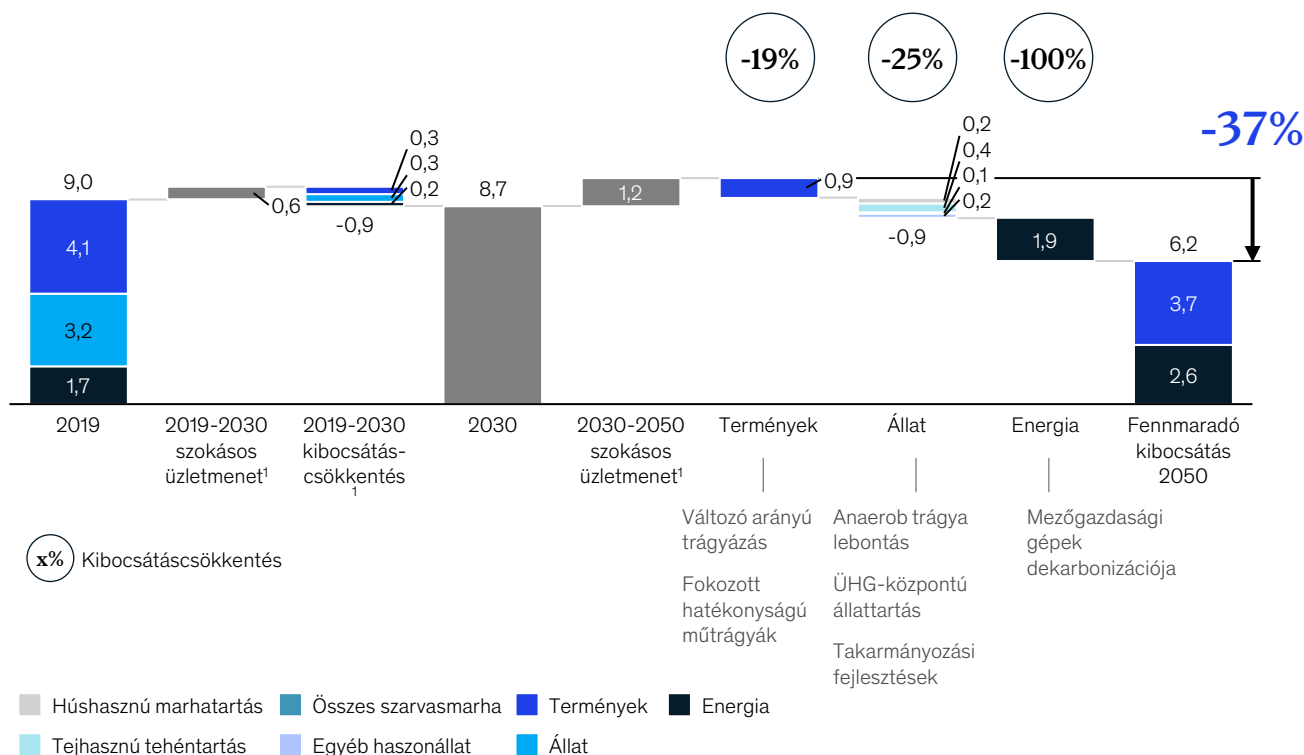
A mezőgazdaság kétségkívül a legnehezebben dekarbonizálható ágazat. A szükséges technológiák közül sok még kezdeti stádiumban van, és a mezőgazdasági tevékenységek szétszórt jellege is megnehezíti a nyomon követést. Mindazonáltal – számításaink szerint – a következő három évtizedben (különösen 2030 után) célzott intézkedésekkel Magyarország akár 37 százalékkal is csökkentheti a mezőgazdasági ágazat kibocsátását. Fontos megjegyezni, hogy elemzésünk nem veszi figyelembe az ágazat fenntarthatóságához szükséges további intézkedéseket, például a biológiai sokféleség és a vízellátás biztosítását.

Az alábbiakban bemutatott intézkedések révén a kibocsátás 2050-re 37 százalékkal csökkenhet.

A mezőgazdaság dekarbonizációjában Magyarország számára a legfontosabb lépés a haszonállatok bélfermentációjából származó kibocsátások csökkentése. Elsőként olyan új technológiák bevezetésére lehet szükség, amelyek hatékonyan csökkentik a kérődző állatokból származó kibocsátást, mint például a trágya anaerob kezelése. Az állattartással kapcsolatos kibocsátások csökkentése érdekében a gazdálkodók speciális takarmánytípusokat és takarmánykeverékeket is használhatnak, például tengeri algát, zsírokat és tanninokat, hogy csökkentsék a metán- és dinitrogén-oxid-koncentrációt.

Magyarország 2050-re 37 százalékkal csökkentheti az üvegházhatású gázok kibocsátását a várható változatlan üzletmenet kibocsátási szinthez képest

Mezőgazdasági kibocsátás, MT CO₂e



1. Az Oxford Economics előrejelzése alapján

Forrás: A McKinsey Fenntarthatósági Kutatása

Elemzésünk szerint míg e technológiák bevezetésével az állatállományból származó összes kibocsátás mintegy 22 százalékkal csökkenne, az is tény, hogy a kibocsátás egy része az állattartás velejárója, így teljesen nem küszöbölhető ki.

Éppen ezért a gazdálkodóknak a növénytermesztéssel összefüggő kibocsátások csökkentésére is törekedniük kell – ez az a terület, ahol a szintetikus műtrágyák használatát kiváltó fejlett technológiák különösen nagy hasznot hajthatnak Magyarországon.

Az olyan természetes stimulánsok, mint a tengeri moszatok kivonata, növelhetik a növények terméshozamát, és segíthetik a környezetben már jelenlévő (természetes vagy műtrágyákból eredő) tápanyagok felvételét, amivel csökkenthető a trágyázás mértéke és a kapcsolódó nitrogén-oxid-kibocsátás. Hasonlóképpen, a nagyobb hatékonyságú trágyák, így különösen a dinitrogén-oxid inhibitorok, segíthetnek lassítani a műtrágya lebomlását más kémiai vegyületekre. A folyamat következtében a növények számára több nitrogén áll rendelkezésre, míg kevesebb nitrogénből keletkezik káros gáz.

A műveléshez használt mezőgazdasági gépek energiafelhasználása 1,9 megatonna CO₂ egyenértékkel járul hozzá a magyarországi kibocsátáshoz. Ezek teljes egészében kiválthatók lennének, ha a fosszilis üzemanyaggal működő mezőgazdasági gépeket – például a traktorokat – elektromos vagy hidrogénüzemű járművekre cserélnék. A villamos energia jelenlegi részesedése a mezőgazdaságban felhasznált összes hajtóanyagból mindössze 12%, mivel a legtöbb mezőgazdasági gép még fosszilis üzemanyaggal, főként gázolajjal működik.⁷⁷ Elemzésünk szerint előbb az elektromos, majd a hidrogénüzemű mezőgazdasági gépek is versenyképesek lesznek a belső égésű motorokkal szemben, így 2050-re a mezőgazdasági gépek zéró kibocsátóvá válhatnak.

A technológiai fejlődésen túl a fogyasztói szokások megváltozása is csökkentheti a mezőgazdasági kibocsátást. A szarvasmarha- és juhtartás a mezőgazdasági (főként metán-) emisszió közel 35 százalékaért felelős, így a hús- és tejtermékek fogyasztásának mérséklődésével nagyban csökkenhetnek ezek a kibocsátások is. Bár az európai és globális trendek a növényi alapú

**A műveléshez használt
mezőgazdasági gépek
energiafelhasználása
1,9 megatonna
CO₂-egyenértékkel
járult hozzá a
magyarországi
kibocsátáshoz**



étrend felé való elmozdulást mutatnak, Magyarországon a vegetáriánusok aránya egyelőre 2 százalék alatt van.⁷⁸ Elemzésünk nem számol sem a magyar fogyasztók étkezési szokásainak, sem az állattartás nagyságrendjének megváltozásával, azonban ennek esetleges elmozdulása tovább csökkenthetné az emissziót.

Számításaink szerint a bemutatott intézkedések 37 százalékkal csökkentenék a magyar mezőgazdaságból származó károsanyag-kibocsátást.

Mindazonáltal, tekintve az ágazat struktúráját, az intézkedések mellett legalább ennyire fontos a végrehajtás minősége. Magyarországon összesen 234 ezer, többnyire közepes méretű gazdaság működik, amelyek fele bérelt

mezőgazdasági területet művel. Ez egyben azt is jelenti, hogy a földterület művelésében vagy a műveléshez alkalmazott technológiákban tervezett bármilyen módosításhoz meg kell szerezni a földtulajdonosok engedélyét. Mivel az új technológiák bevezetése általában jelentős beruházásokkal jár, a kis- és közepes méretű gazdaságok nem feltétlenül motiváltak ezek bevezetésére. Ezen segíthetnek az olyan dekarbonizációs megoldások, mint amelyet például dán gazdák alkalmaznak.

A mezőgazdasági dekarbonizációs törekvések megvalósításáért a kormányok is sokat tehetnek, például a klímasemlegességet célzó intézkedések finanszírozásával. Például az Európai Zöld Megállapodás (EU

Green Deal) az agrárágazattal szemben is megfogalmazott 2030-ig teljesítendő – bár egyelőre még nem kötelező érvényű – fenntarthatósági célokat. Az Európai Unió tagállamai többek között megállapodtak arról, hogy a 2023-2027 közötti időszakra vonatkozó közös agrárpolitikában (KAP) központi szerepet kapnak a környezetvédelmi és klímavédelmi intézkedések, és a következő öt éves ciklusban 16,9 milliárd eurónak megfelelő összegű támogatást nyújtanak a mezőgazdaság, az élelmiszeripar és a vidéki közösségek fejlesztési számára.⁷⁹ A finanszírozás elnyeréséhez a pályázóknak szigorúbb fenntarthatósági követelményeknek kell megfelelniük, ami hozzájárulhat az új, alacsony kibocsátású technológiák szélesebb körű alkalmazásához.



Esettanulmány: Az Arla Foods ÜHG-kibocsátás csökkentése

Az Arla Foods egy olyan nemzetközi tejipari szövetkezet, amely 1990-ben Dániából és Svédországból indult, és mára Európa-szerte 10 000 gazdálkodóval dolgozik együtt. Az Arla nemrégiben duplájára – 30 százalékról 63 százalékra – emelte a Scope 1 és Scope 2 kibocsátás (működés, szállítást beleértve) csökkentésére vonatkozó 2030-as célkitűzését. Ezen felül 30 százalékkal szeretné csökkenteni a Scope 3 kibocsátását.

A csökkentést a szövetkezet úgy érte el, hogy a gazdáktól, a termelőktől és a szállítóktól begyűjtött adatok elemzése alapján felmérte az értéklánc szereplőinek szénlábnomát, és meghatározta, hogy milyen támogatásra van szükség a kibocsátás mérsékléséhez. Az információmegosztás elősegítésére az Arla a tej kilogrammjáért 1 eurócentes ösztönzést kínál a gazdáknak, ha adatokat szolgáltatnak arról, hogy milyen üzemanyagokat és takarmányt használnak, hány állatot tartanak, milyen típusú trágyát, és milyen hulladékkezelési technikákat használnak. Az Arla mezőgazdasági termelőinek több mint 90 százaléka vett részt ebben.⁸⁰ Ezen adatok alapján az Arla célirányosan hajtja végre a szén-dioxid-kibocsátás⁸¹ csökkentésére fókuszáló beruházásait, például a meglévő gépek elektromosra⁸² cserélését vagy a megújuló energiaforrásokból származó villamos energia részarányának növelését. Ezen felül partnerséget kötött például a DSM⁸³ nevű céggel, hogy új hozzáadott anyagokkal kísérletezzenek, melyek a tejtelenek metánkibocsátását 30 százalékkal csökkenthetik.

Hasonló programok a magyar mezőgazdasági társulások/szövetkezetek esetében is célravezetők lehetnek a kibocsátáscsökkentés felgyorsításához.

Negatív kibocsátás

Bevezetés

A jelenlegi műszaki megoldások és a fogyasztói szokások ismeretében Magyarország 2050-ig várhatóan nem képes minden szén-dioxid-forrását felszámolni, így a legnehezebben megszüntethető kibocsátások ellensúlyozására negatív kibocsátási, karbonelnyelő forrásokat is fel kell használnia. Ezek két kategóriába bonthatók: természeti és technológiai alapú megoldásokra. A természetes karbonelnyelő megoldások köre, vagyis a földhasználat, földhasználat-megváltoztatás és erdőgazdálkodás

(angol rövidítéssel a LULUCF szektor) is meghatározó szerepet játszik a pozitív kibocsátásforrások ellensúlyozásában. A természetes karbonelnyelők Magyarország teljes szén-dioxid-kibocsátásának 8 százalékát képesek elnyelni, azaz mintegy 6 megatonna CO₂ egyenértéknyi kompenzációt jelentenek. Ezzel szemben az olyan technológiai alapú megoldások, mint a szén-dioxid-leválasztás és -tárolás, még gyerekcipőben járnak: nagyobb léptékű megoldás globális szinten sem létezik, Magyarországon egyelőre még prototípust sem alkalmaznak.

A természetes karbonelnyelők Magyarország teljes szén-dioxid-kibocsátásának 8 százalékát képesek elnyelni, azaz mintegy 6 megatonna CO₂ egyenértéknyi kompenzációt jelentenek



Az erdőterületek szénmegkötő potenciálja a fák kiterjedtségétől, korától és fajmegoszlásától függ

Dekarbonizációs lehetőségek

Természetes karbonelnyelő megoldások

Mivel a szén-dioxid-kibocsátás kompenzációjának 95 százaléka a szén-dioxid megkötésében hatékony erdőterületeknek köszönhető, az erdőgazdálkodás fenntartása és javítása, illetve az erdőtelepítés kulcsfontosságú ahhoz, hogy Magyarország 2050-re elérje a klímasemlegességet. Szén-dioxid-megkötő képességnek a biomassa (pl. fák) növekedése és a biomasszavesztés közötti különbséget nevezzük, ami a megköthető CO₂ mennyiségét fejezi ki. Az erdőterületek szénmegkötő potenciálja a fák kiterjedtségétől, korától és fajmegoszlásától függ. A fák növekedése például a koruk előrehaladtával lelassul, így a szén-dioxid-elnyelő képességük is csökken. A fa lombsűrűsége szintén hatással van a szénmegkötő potenciálra. A gyorsan növekvő és laza lombzatú nyárfafajok sokkal kevesebb szenet kötnek meg, mint a sűrűbb lombzatú tölgyek. Ennélfogva a fakivágásoknál és a telepítéseknél az egyes fajok növekedési ciklusait és állománysűrűségét is figyelembe kell venni.⁸⁴

Az Európai Környezetvédelmi Ügynökség előrejelzése szerint⁸⁵ a természetes karbonelnyelők kibocsátás-csökkentési potenciálja Magyarországon a következő 18 évben, vagyis 2040-re mintegy 80 százalékkal csökkenhet, ha a meglévő erdők korára és várható életciklusára tekintettel nem születnek további intézkedések. Elemzésünk szerint megfelelő intézkedések

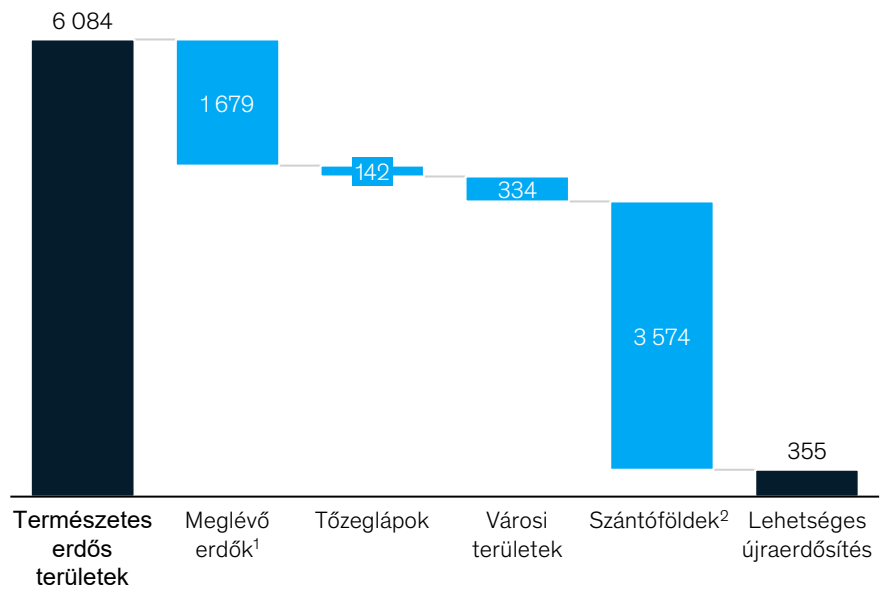
hiányában ez a csökkenés 2050-re akár 90% is lehet. A természetes karbonelnyelők növelésére azonban több lehetőség is kínálkozik.

Az erdőtelepítés (a tőzeglápok helyreállításával együttesen) elméletileg akár 5 millió tonna CO₂ egyenértéknyi kompenzációt is jelenthet. Ez a szén megkötésében hosszú és rövid távon is jelentős előrelépést jelent, mert míg az erdők megkötik a szén-dioxidot és azt biomasszává alakítják, addig a jelenleg önmagukban is kibocsátó tőzeglápok helyreállításával maga a kibocsátás is elkerülhető lenne. Az erdőtelepítés során jelenleg nem erdős területeket alakítanak át erdővé olyan helyeken, ahol korábban erdőgazdálkodás folyt, vagy ahol az erdők ökológiailag életképesek vagy szükségesek lehetnek. A McKinsey elemzése alapján Magyarország erdősítési potenciálja a meglévő erdők, tőzeglápok, városi területek és szántóföldek figyelembevételével a földterület 3,8%-át teszi ki. Egy ilyen mértékű erdőtelepítés megvalósítása hasonlóan ambiciózus cél, mint a jelenlegi erdészeti stratégiában megfogalmazott célkitűzés, amely – az erdőgazdálkodásra és -fenntartásra vonatkozó egyéb intézkedések mellett – 28%-os arányt kíván elérni az erdőkkel borított területek tekintetében. A legnagyobb újraerdősítési potenciál Bács-Kiskun és Veszprém megyében található. A tőzeglápokból származó kibocsátást a leromlott állapotú területek helyreállításával lehet kezelni, például a vízgyűjtő medencék szabályozásával, és a növényzet újratelepítésével.

Magyarország a meglévő erdők és az erre alkalmatlan területek kivételével hozzávetőleg 350 000 hektárnyi újraerdősítési potenciállal rendelkezik

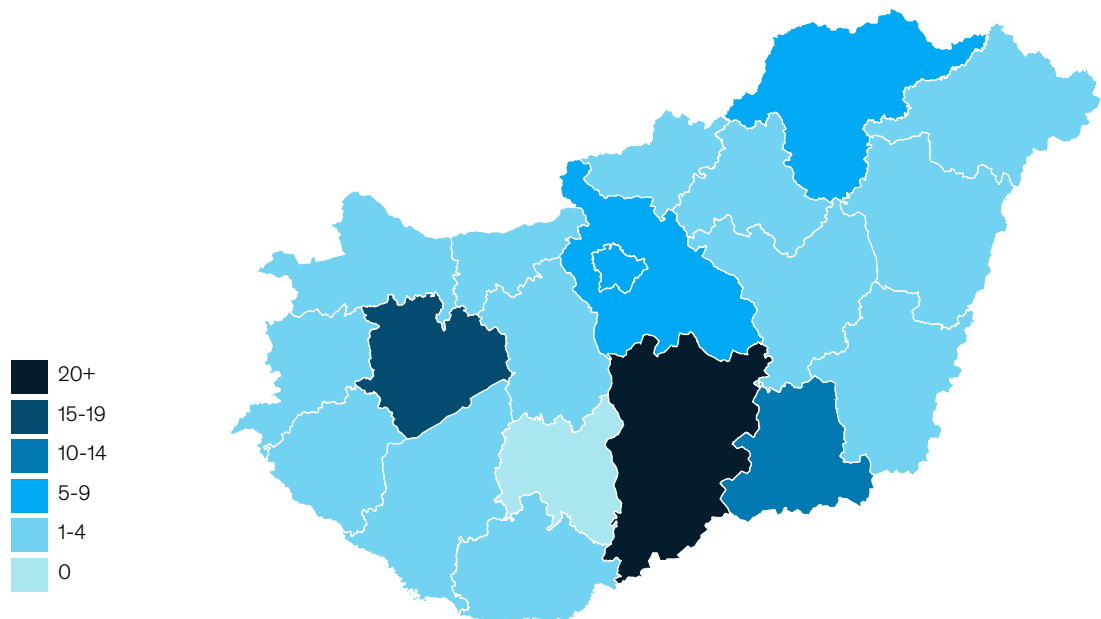
Újraerdősítési potenciál

1 000 ha



Újraerdősítési potenciál megyénként

Teljes terület %-a



1. Területek több, mint 25%-ban fával borítva

2. Tartalmaz fűves területeket (ahol az erdősítésen kívül más természetalapú megoldás is alkalmazható a klímaváltozás ellen)

Forrás: McKinsey Nature Analytics

A meglévő erdőgazdálkodási gyakorlatok kiterjesztése és új agrár-erdészeti gyakorlatok meghonosítása további 1 millió tonna CO₂ kibocsátáscsökkentést eredményezhetne. Például bizonyos erdőgazdálkodási módszerekkel, sűrű lombosítási fajok előnyben részesítésével vagy a fakitermelés lassításával növelhető az erdővel megköthető szénmennyiség. Léteznek továbbá olyan megoldások, amelyek a fákat úgy integrálják a szántóföldekbe, hogy azok alapvetően ne csökkentsék a terméshozamot (például szélvédő sáv létesítésével, sávos növénytermesztéssel, és a mezőgazdasági termelők által irányított természetes regeneráció révén).

Az erdőgazdálkodáson túl a természetes karbonelnyelő megoldások magukban foglalják a szántóföldi művelést és a gyepgazdálkodást is. A legelőgazdálkodás például az állatállomány takarmányozási ciklusának megváltoztatásával alkalmas lehet a szén megkötésére is, különösen a nedvesebb, nagy takarmánynövekedési sebességű régiókban.

Az intézkedések kibővítésével a természetes karbonelnyelési potenciál a 2019-es szinthez képest kismértékben növelhető, ami azonban jelentős javulás az egyébként várható 80-90%-os csökkenéshez képest. Elemzésünkben azzal a feltételezéssel számolunk, hogy az ágazat közel 6 millió tonna CO₂ egyenértéknyi kompenzációt valósíthat meg. Ahhoz azonban, hogy ez a potenciál 2050-ig megvalósuljon, az intézkedések végrehajtását már a 2020-as években meg kell kezdeni, ami összhangban van az EU Green Deal („Zöld Megállapodás”) azon törekvéseivel, amely a 2026 és 2030 közötti időszakra a természetes karbonelnyelők nettó célértékét 310 millió tonna CO₂ egyenértékben határozza meg, ami 37 százalékos növekedést jelent a korábbi, 2021 és 2025 közötti időszakhoz képest.

Technológiai megoldások

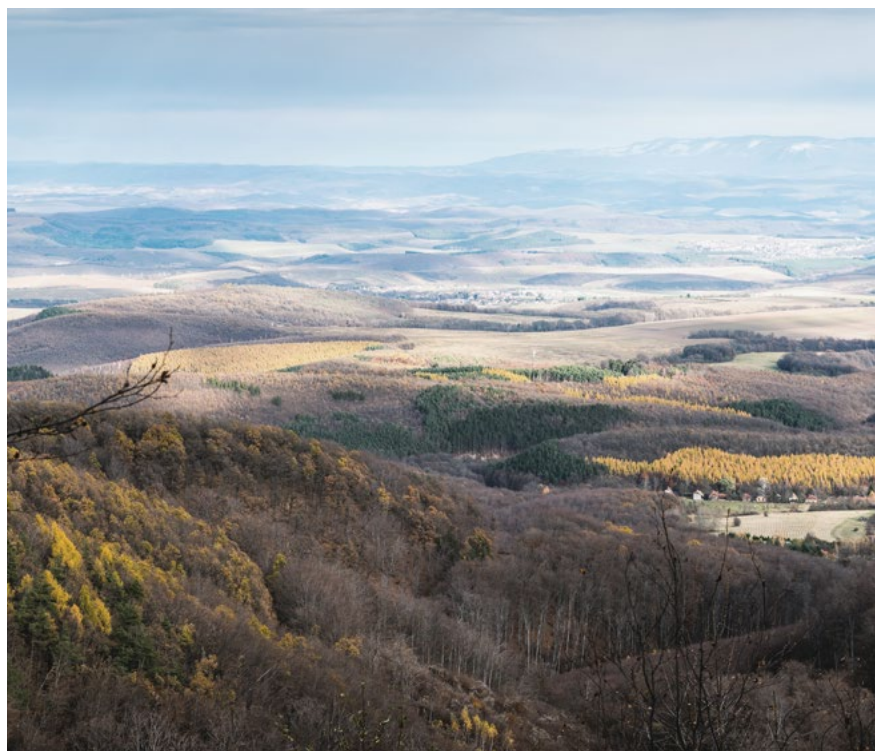
A technológiai alapú megoldások kulcsfontosságúak lesznek Magyarország számára a fennmaradó mintegy 2 millió tonna CO₂ egyenérték kompenzálásához, amelyet a természetes karbonelnyelők nem tudnak ellensúlyozni. Az elmúlt időszakban két fő területen történtek fejlesztések, nevezetesen a szén-dioxid

leválasztásával és tárolásával járó bioenergia (BECCS) és a közvetlenül a levegőből való szén-dioxid kivonás (DACs) területén.

A BECCS eljárásnál a biomassza erőművek füstgázából (például a cement- és mészgyártás során) kémiai módszerekkel kivonják a szén-dioxidot, majd föld alatti üregekben tárolják. Ma világszerte körülbelül 1 millió tonna nagyságrendben léteznek BECCS-erőművek.

A DACs reagensek segítségével a levegőből köti meg a CO₂-ot, ahol annak koncentrációja lényegesen alacsonyabb, mint az ipar vagy az energiaágazat füstgázaiban. Mivel a DACs-technológia egyelőre gyerekcipőben jár, kevesebb mint egy tucatnyi kísérleti projekt van folyamatban, és az első kereskedelmi üzem – is várhatóan 2024-re vagy 2025-re lesz működőképes. Tekintve, hogy a technológia még gyerekcipőben jár és magas költsége van, a klímasemlegesség eléréséért folytatott küzdelemben valószínűleg az egyik legutolsó lépés lesz a legnehezebben csökkenthető emissziók kompenzálásánál.

A technológiai alapú megoldások kulcsfontosságúak lesznek Magyarország számára a fennmaradó mintegy 2 millió tonna CO₂ egyenérték kompenzálásához, amelyet a természetes karbonelnyelők nem tudnak ellensúlyozni



A hidrogén szerepe

A hidrogén előtérbe kerülése

Az elmúlt néhány évben a zöld hidrogén a dekarbonizáció középpontjába került. Világszerte több mint 500 nagyszabású, zöldhidrogén-projekt van folyamatban, amelyek 160 milliárd USD értékű beruházást jelentenek. Európában az EU célkitűzése, hogy 2030-ra 40 GW elektrolizáló kapacitással rendelkezzen zöld hidrogén előállítására, ami a 2020-as kapacitás 340-szerese.⁸⁶

A hidrogént több tulajdonsága is ideális eszközzé teszi a szén-dioxid-kibocsátás csökkentésére: olyan energiaforrás, amelynek elégetésekor egyetlen melléktermék keletkezik, víz. Energiasűrűsége közel háromszor akkora, mint a dízelé vagy a benziné, ami rendkívül hatékony üzemanyaggá teszi a nem elektromos meghajtású járművek – például távolsági buszok, nehéz tehergépkocsik, repülőgépek és a tengeri közlekedés – számára. Ezenkívül a hidrogén kiválthatja a földgázt, mint alapanyagot az ipari folyamatokban, például az

ammónia előállításában, valamint redukálószerként szolgálhat a vasgyártásban (vasszivacs), elősegítve a rendkívül környezetszennyező kohótechnológia kiváltását. Az előállított hidrogén pedig szezonális energiatárolóként szolgálhat, növelve ezzel a villamosenergia-rendszer rugalmasságát.

Magyarország hidrogénelőnye

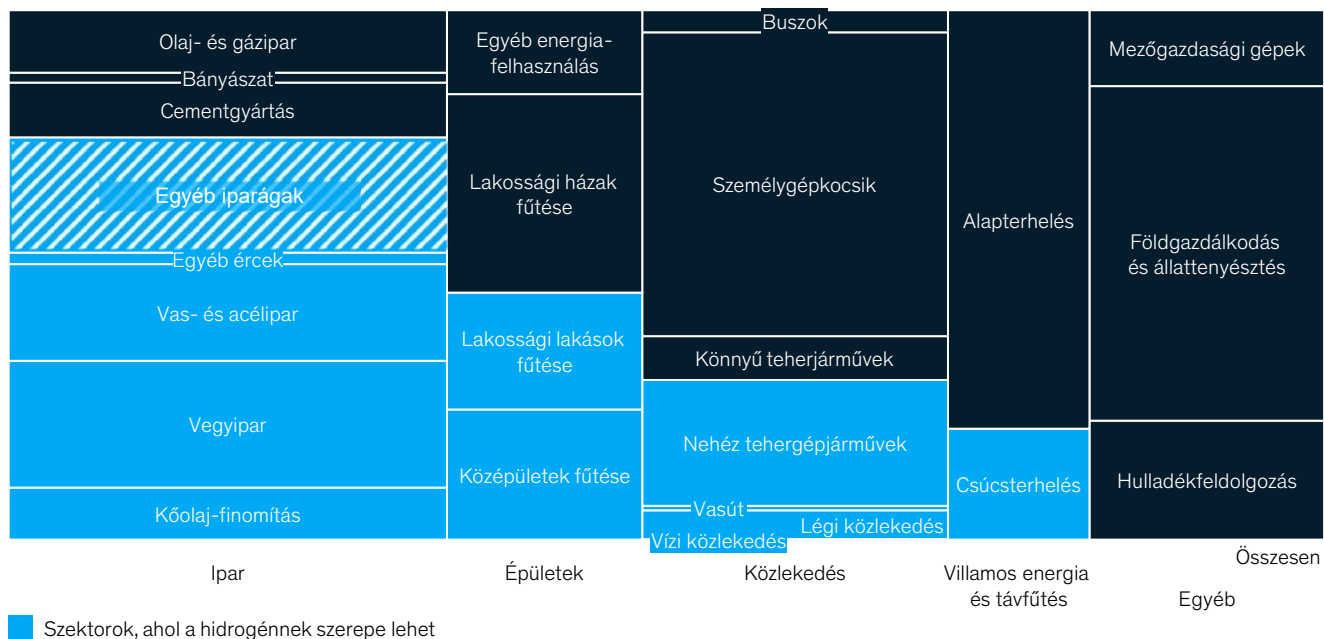
A jelenleg előállított hidrogén nagy részét földgáz elégetéséből nyerik. Az ilyen típusú hidrogént „szürke” hidrogénnek nevezik, mivel szén-dioxid-kibocsátással jár. Ezzel szemben a zöld hidrogént úgy állítják elő, hogy a vizet elektrolízis során hidrogénre és oxigénre bontják megújuló energiaforrások, például a nap- és szélenergia, felhasználásával. A zöld hidrogén az elektrolízis és a megújuló energia csökkenő költségeinek köszönhetően egyre versenyképesebbé válik.

A csökkenő költségek miatt a hidrogén alkalmazása a 2020-as évek során gyorsan versenyképesé válik, és a hidrogén a 2030-as évek elejétől kezdve várhatóan a dekarbonizáció egyik fő mozgatórugója lesz

A zöld hidrogén kulcsfontosságú bizonyos szektorok dekarbonizációjának

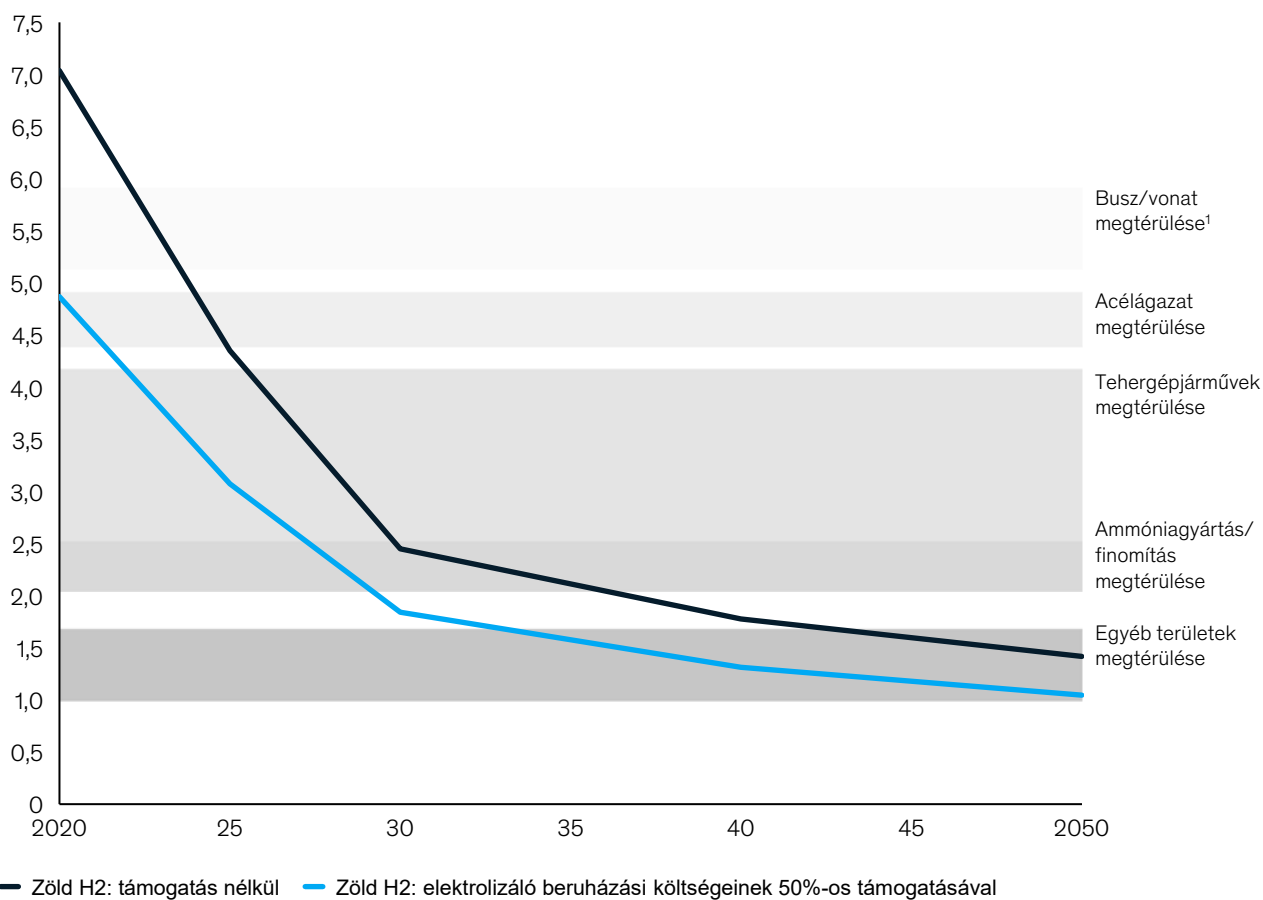
Teljes kibocsátás a természetes karbonelnyelő megoldások kivételével

▶ 65,4 MT



A 2020-as években számos zöld hidrogén alkalmazás válik versenyképessé

Indikatív zöld hidrogén versenyképesség, Magyarország, USD/kg



1. Az összes használati eset fedezeti pontja 100 USD / t CO₂ árát feltételez

2. Egyéb alkalmazások közé tartozik a villamosenergia-termelés, a magas hőmérsékletű ipari folyamatok, az épületfűtés és a kazánok

Magyarországnak ezen a téren több előnye is van. A napsütéses órák magas száma miatt viszonylag olcsón lehet megújuló energiát termelni, és így hidrogént előállítani. Ezenkívül olyan kiterjedt gázelosztási és -szállítási infrastruktúra áll rendelkezésre, amely a hidrogénszállítás gerincét képezheti. A csökkenő költségek miatt a hidrogén alkalmazása a 2020-as évek során gyorsan versenyképesé válik, és a hidrogén a 2030-as évek elejétől kezdve várhatóan a dekarbonizáció egyik fő mozgatórugója lesz. Tekintettel az igen ambiciózus szabályozási menetrendre (pl. 40 GW EU-s elektrolízis-kapacitás 2030-ig), elképzelhető, hogy lesznek olyan támogatások, amelyek tovább gyorsítják majd a folyamatot.

Hidrogénigény

A hidrogén meghatározó szerepet tölthet be Magyarország

dekarbonizációjában. Amennyiben Magyarország sikeresen teljesíti nettó nulla kibocsátási kötelezettségeit, a hidrogénből nyert energiafelhasználás 2050-re nagyobb lesz, mint a kőolaj és földgázé együttesen. Ez nemcsak azt jelenti, hogy a magyar kibocsátás 40%-a hidrogénnel semlegesíthető lenne, hanem több ágazatban a gazdasági növekedést is felgyorsíthatná, és Magyarországot akár nettó energiaexportőrré tehetné.

A következő lépések Magyarországon

Első konkrét lépésként Magyarország megkezdheti az úgynevezett hidrogén-klaszterek, azaz olyan ipari parkok kialakítását, amelyekben megújulókkal foglalkozó cégek, hidrogéngyártók és nagy végfelhasználók működnek együtt. Az ilyen parkok később a hidrogéntermelés epicentrumaivá válhatnak.



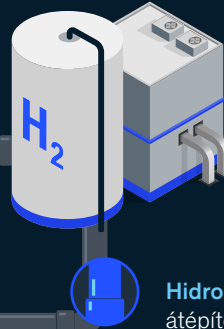
A hidrogén komoly szerepet tölthet be a karbonsemleges magyar gazdaságban – üzemanyagként, ipari alapanyagként és energiatárolóként is

Gyártás

Naperőművek és szélturbinák megújuló villamos energiát állítanak elő elektrolízishez

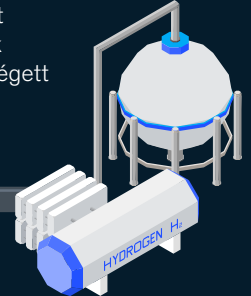


Elektrolizáló üzemek megújuló villamos energiát alakítanak hidrogénné



Energiatárolás

Energiatárolás a felhalmozódó megújuló energiák vonatkozásában történhet hidrogén formájában, a kereslet-kínálat ingadozásainak kiegyenlítése végett



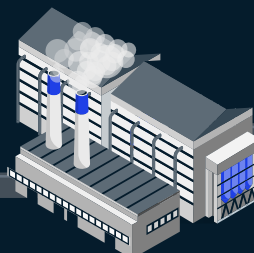
Hidrogén-infrastruktúra ráépülhet átépített gázvezeték-hálózatra, a hidrogént eljuttatva a végfelhasználókhoz

Üzemanyagként és alapanyagként való felhasználás

Lakások és középületek fűtése történhet hidrogén segítségével, átépített gázvezeték-hálózaton keresztül történő elosztással a háztartások vagy közvetlenül kerületi távfűtőközpontok felé



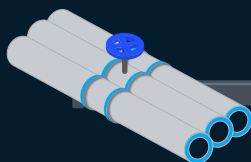
Vas- és acélüzemek redukálószerként hasznosíthatják a hidrogént vasszivacs előállításához, amely a villamosított nagyolvasztók alapanyaga



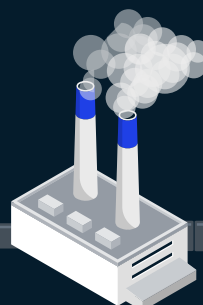
Nagyméretű buszok és nehéz tehergépkocsik üzemanyaga lehet hidrogén olaj helyett



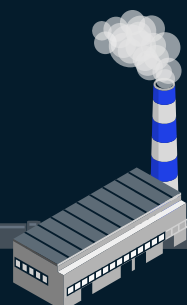
Korábbi gázvezetékek átalakítva alkalmasak a hidrogén exportálására nagyobb importőrök számára (például nyugat-európai acélüzemek részére)



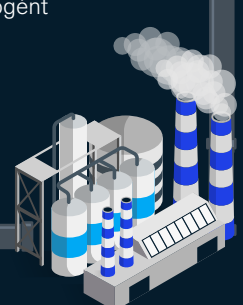
Magas hőmérsékletű ipari folyamatok, amelyek nem villamosíthatók, hidrogénalapú üzemre átállíthatók



Ammóniaüzem lehet zöld hidrogén forrása, CO₂-mentes ammónia- és műtrágyagyártáshoz



Vegyi üzemek metanol és egyéb alkoholok vagy aldehidek előállítására felhasználhatnak hidrogént



2050

-re a hidrogén iránti kereslet meg fogja haladni az olaj iránti keresletet Magyarországon

~40%

A magyar kibocsátás 40%-a hidrogénnel semlegesíthető lenne

5. fejezet

A dekarbonizáció költiségei és gazdasági hatásai





Amennyiben Magyarország az előzőekben ismertetett dekarbonizációs pályát követi, az sokrétű makrogazdasági következményekkel is jár. Bár a széndioxid-kibocsátás csökkentéséhez jelentős kezdeti beruházásokra van szükség, a tőkekiadásokat részben ellensúlyozná a nagyobb energiahatékonyság révén elérhető működési megtakarítás. A bemutatott dekarbonizációs pálya több iparágban (pl. az autópárban) is javíthatja Magyarország versenyképességét, illetve új exportlehetőségeket nyithat meg. Elemzéseink szerint a klímasemlegessé válás növeli a versenyképességet a GDP 30%-át kitevő ágazatokban, emellett közvetlenül évi 2-2,5%-kal növeli Magyarország GDP-jét, akár 80-100 ezer munkahely megteremtése mellett.

A dekarbonizáció egy további jelentős előnnyel jár: hozzájárul az ország energiabiztonságának növeléséhez. A tanulmányban vázolt pálya megvalósítása esetén 2050-re 27 százalékról 76 százalékra növekedhet a belföldön előállított elsődleges energia aránya.

A dekarbonizációs pálya gazdaságossági vonatkozásai

A következő 30 évben Magyarország dekarbonizációja 150-200 milliárd eurónyi többletberuházást igényel majd (a szokásos üzletmenethez képest szükséges beruházáson felül). A beruházások egynegyedére 2030-ig sort kell keríteni. Ezzel egyidejűleg a működési költségek várhatóan 100-150 milliárd euróval csökkennek 2050-ig, ráadásul a költségcsökkentő hatások az ezt követő évtizedekben is megmaradnak.

A dekarbonizációhoz kapcsolódó beruházás és megtérülés

A 2020-as években szükséges beruházások legnagyobb részét a napenergia-kapacitás és a villamosenergia-hálózat bővítése emészti fel. A 2030-as években az infrastruktúra fejlesztése, beleértve a villamosenergia-hálózat további fejlesztését, és az elektromos járművek töltésére szolgáló infrastruktúra további bővítése jelenti a legnagyobb tételt.

A legtöbb esetben a gazdasági szereplők a dekarbonizációs

beruházásaikat várhatóan működési megtakarításokból – például elektromos járművek, hőszivattyúk vagy jobb szigetelés használatából – visszanyerik. Ennek eredményeként a dekarbonizáció a gazdaság ~30%-ában növeli a versenyképességet, és évente 2-2,5%-os közvetlen GDP-növekedést eredményez.

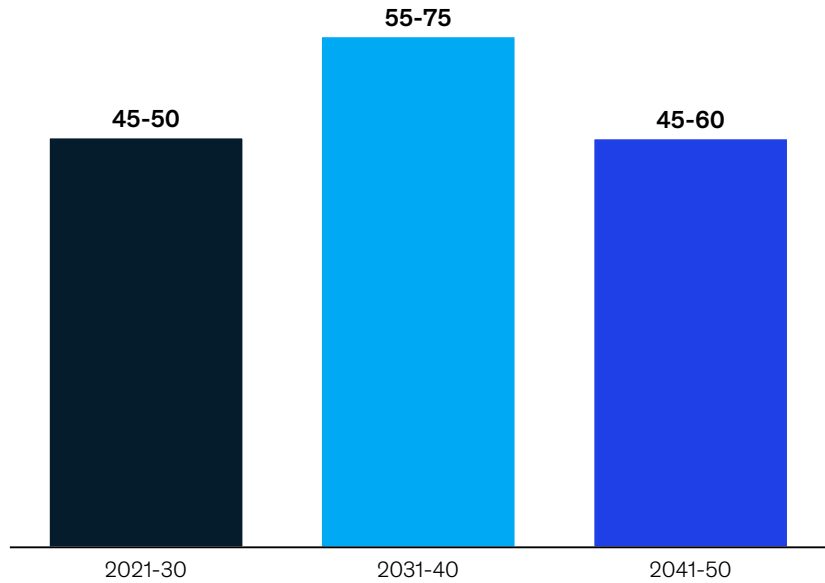
Beruházás és megtérülés ágazatonként

Magyarország dekarbonizációs pályájába fektetni egyedi lehetőség az ország versenyképességének növelésére. Magyarország megerősítheti exportorientált ágazatait, egyrészt a jövő értékkláncaiba fektetve, így növelve a külföldi közvetlentőke-beáramlást például az elektromos járművek és a töltőhálózatok fejlesztésébe, másrészt az exportágazatok széndioxid-intenzitásának csökkentésével, elektromos áramra történő átállással. Ezentúl tovább erősíthetné exportpotenciálját olyan iparágakban vagy szektorokban, amik jelentős átalakulás elé néznek.

Magyarország dekarbonizációja 80-100 ezer munkahelyet teremthet

Közelítőleg 150-200 milliárd eurós tőkebefektetés (CAPEX) szükséges a klímaváltozással szembeni tétlenséghez képest

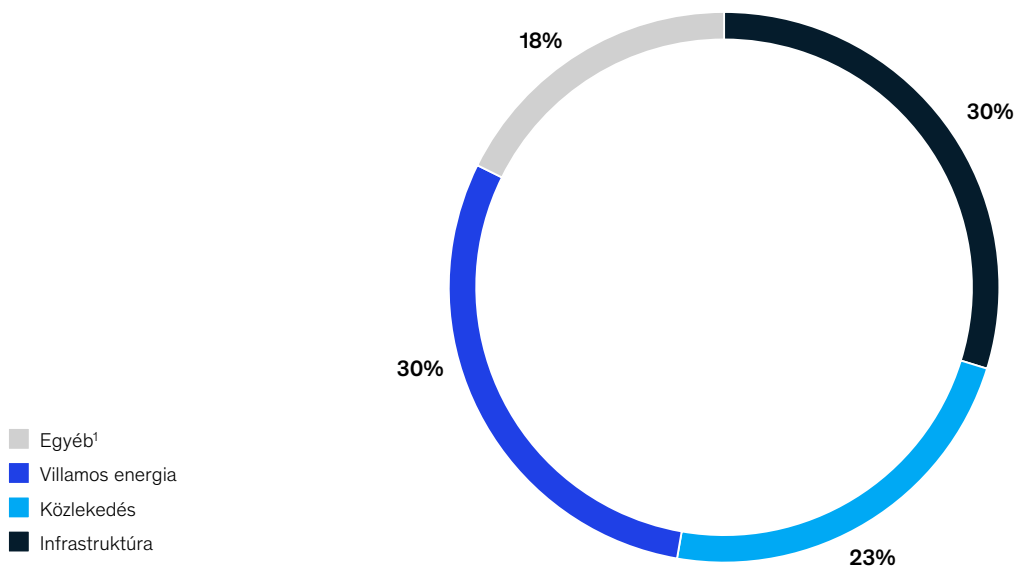
A nettó nulla kibocsátás eléréhez szükséges tőkebefektetés Magyarországon, milliárd euró



Szükséges összes tőkebefektetés szektoronként 2021-50

%

100% = EUR 145-195 md



Megjegyzés: A végösszegek a kerekítés miatt eltérhetnek.

1. Egyéb tartalmazza: Épületek, Ipar és Mezőgazdaság

Forrás: McKinsey elemzése

6. fejezet

Nagyobb energiabiztonság

6





Az energiaellátás biztonságának fontossága

A jelen fejezetben azt vizsgáljuk, hogy a klímasemlegességre való áttérés milyen hatást gyakorolhat Magyarország energiabiztonságára. Az energiabiztonságot egyrészt az ország belföldi energiaforrásainak mennyisége és stabilitása, másrészt az ország energiafüggősége (azaz a külső forrásokból importált energia mennyisége és stabilitása) határozza meg. Magyarország és sok más uniós ország is jelentős mennyiségben importál energiahordozókat Oroszországból, és az orosz-ukrán háború megmutatta ennek sérülékenységét.

Magyarország az Unió egyik leginkább importfüggő országa: azzal, hogy a primer energiahordozók⁸⁷ mintegy 80 százalékát⁸⁸ importból szerzi be, az ország energiainport-függősége messze az európai átlag felett van. 2020-ban Magyarország energiaszükségletének 27%-át fedezte az országon belül előállított primer energiatermelésből, 8%-át más uniós országokból, 65%-át pedig harmadik országokból (főként Oroszországból) származó energiainportból.^{89,90}

Magyarország energiainportjának legnagyobb részét a földgáz teszi ki: a teljes gázszükséglet 83 százalékát importálják, legnagyobb részét Oroszországból.⁹¹ Ezen kitétséget némileg enyhítendő Magyarország jelentős gáztárolási kapacitást épített ki: 2022-ben a kapacitás összesen 6,53 milliárd köbmétert⁹² tett ki, ami az éves szükséglet 63 százalékának⁹³ felel meg. A közelmúltban modernizált interkonnektorok mellett lehetővé teszik a gázimportot az északnyugati vezetékől is Ausztrián és Szlovákián keresztül. Ezek alternatív útvonalként szolgálhatnak az Ukrajnán keresztül érkező import helyett, amennyiben a jövőben az európai ellátási források átalakulnak (pl. az LNG szerepének esetleges növekedése).

Magyarország a felhasznált kőolaj 79 százalékát importálja, ennek nagy része szintén Oroszországból származik.⁹⁴ A vezetékes infrastruktúra elsősorban keleti importra épült, azonban Magyarország nyugati és déli vezetékai (Ausztria, Horvátország) lehetővé tehetnék a kőolaj nagyobb mértékű diverzifikációját.

Magyarország továbbá három hónapnyi importnak megfelelő kőolajkészlettel rendelkezik,⁹⁵ és a dunai finomító kapacitása további finomítási flexibilitást jelent.

A hazai atomenergiát szinte kizárólag a paksi atomerőmű termeli, Oroszországból importált fűtőelemek felhasználásával. A kőolajjal és gázzal szemben azonban a fűtőelemek tárolása lényegesen olcsóbb, és Magyarország jelenlegi tartalékai 2 évnél⁹⁶ paksi működést fedeznének. Továbbá valószínű, hogy fűtőelemeket a fenti 2 éves időszakon belül más forrásból is be lehetne szerezni, ezért Magyarország – elméletileg – az ellátás zavartalansága nélkül diverzifikálhatná a fűtőelemek beszerzését.

Más energiahordozók tekintetében Magyarország elsősorban hazai forrásokra támaszkodik (pl. nap- és szélenergia, biomassza és a hulladék), így ez csekély ellátásbiztonsági kockázatot jelent.⁹⁷

2020-ban Magyarország energiaszükségletének 27%-át fedezte az országon belül előállított primer energiatermelésből, 8%-át más uniós országokból, 65%-át pedig harmadik országokból (főként Oroszországból) származó energiainportból

A klímasemlegesség teljesítésének hatásai

Az elemzés egyik konklúziója, hogy a klímasemlegességre való áttérés jelentősen javíthatja Magyarország energiabiztonságát, mivel ezzel csökken a kőolaj- és a földgázigény, a megújuló erőforrások szerepe pedig nő: 2030-ra a hazai előállítású primerenergia-források aránya 27%-ról 34%-ra nőhet, ami az importált energia részarányának csökkenését jelenti, az EU-n kívülről érkező import 65%-ról 46%-ra mérséklődhet.

Becslésünk alapján a kőolaj- és földgázigény 2030-ra 22%-kal és 42%-kal, 2050-re pedig 90%-kal, illetve 95%-kal csökken majd, ami jelentősen mérsékli az Oroszországtól való függőséget. Továbbá, az ellátásbiztonság növelése és a

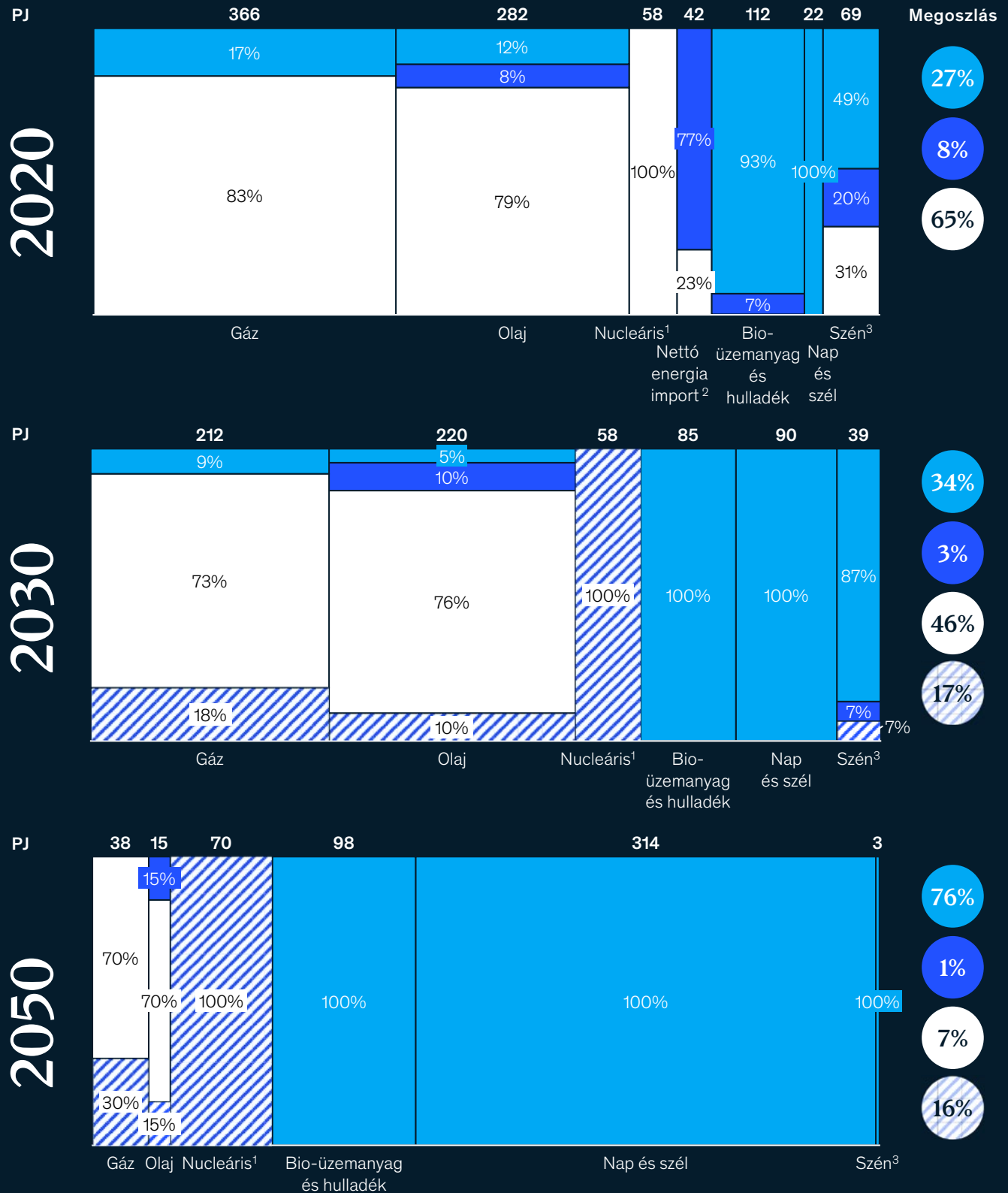
beszerzési piacok diverzifikálása céljából Magyarországnak érdemes felmérnie, hogy miképpen tud méginkább hozzáférést kapni alternatív piacokhoz (például LNG-import tengeri kikötőkből).

A helyi megújuló energiaforrások térnyerése növeli Magyarország energiabiztonságát egyrészt a hazai ellátás bővítésével, másrészt a tárolható, exportálható és rugalmasan felhasználható hidrogén előállításának elősegítésével. Meg kell azonban jegyezni, hogy még akkor is, ha Magyarország nettó energiaexportőrré válik, fokoznia kell a határokon átnyúló villamosenergia-szállításokat, hogy kiegyenlítsa a megújuló erőforrások ingadozását. Ennek megvalósítása azonban jelentős beruházásokkal jár.



Magyarország elsődleges energiatülszavának jelentősen javulni fog a nettó nulla kibocsátásra való átállással

Elsődleges energiatülszavát földrajzi régiók szerint, %



Megjegyzés: A végösszegek a kerekítés miatt eltérhetnek.

1. Megfelel a termelt villamos energiának, az fűtőelemeket importálják
2. Az energiakereslet és a hazai kínálat közötti különbség
3. Kőszén, barnaszén, kazánszén, antracit, egyéb bitumenes szén, koksizálókemence kokszi, kőszénkátrány, BKB
4. Különböző forrásokból importálható, uniós és nem uniós országokból egyaránt

Forrás: Nemzetközi Energia Ügynökség energiaadatai, MAVIR - Magyar Villamosenergia-rendszer Adatai; McKinsey elemzése

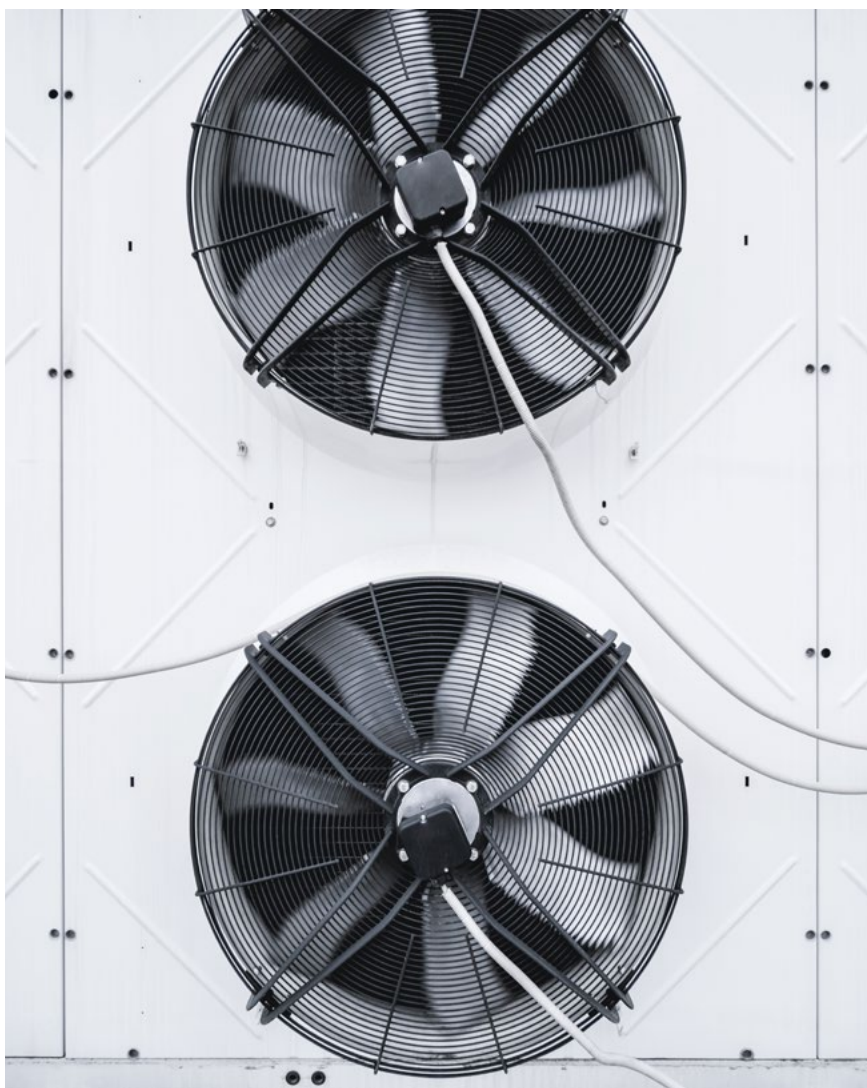
Taktikai lépések a klímasemlegességen túl

Bár a klímasemlegesség teljesítése pozitív hatással lesz az energiabiztonságra, becsléseink szerint Magyarország a 2030-as évek elejéig továbbra is nagymértékben ki lesz téve a nem uniós országokból származó potenciális ellátási zavaroknak és kockázatoknak. A jelentős földgáz- és kőolajtárolási kapacitáson túl, ami a rövid távú zavarokat enyhítheti, léteznek olyan további intézkedések, amelyek növelhetik Magyarország energiabiztonságát az átmenet során.

A földgázimporttól való függőség csökkentése érdekében Magyarország felgyorsíthatná például a hőszivattyúk alkalmazását és az épületek

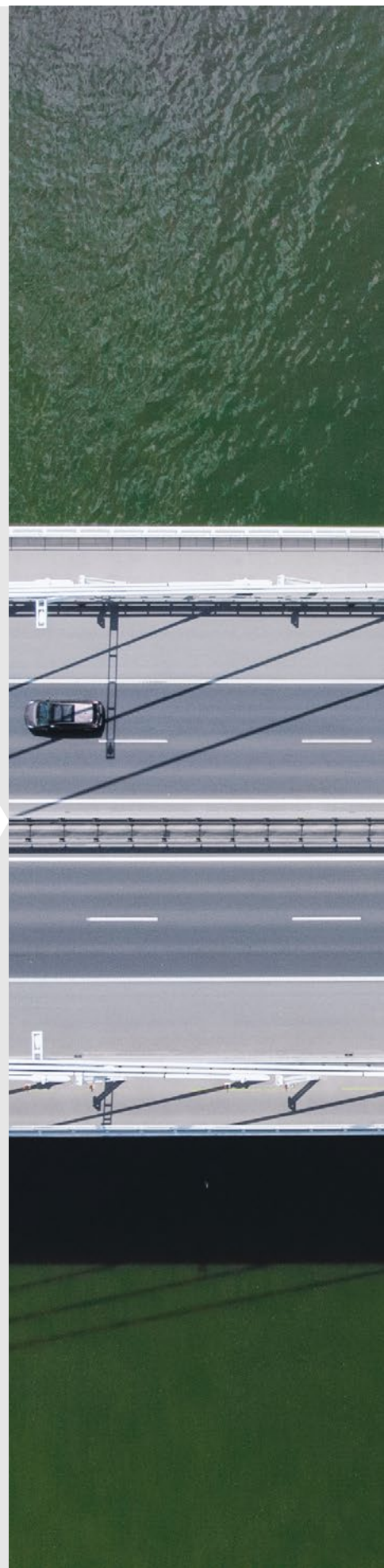
szigetelésének javítását, hogy csökkentse a gázalapú fűtéstől való függőséget; a zöld hidrogén felhasználásának növelését a műtrágyagyártásban; illetve az egyes gáztüzelésű erőművek átalakítását hidrogénkeverék használatára.

Magyarország fontolóra veheti energiaszállítói diverzifikációját is, például az északi és nyugati forrásokból származó alternatív gázellátási útvonalak kiaknázásával, valamint az LNG-terminálokba és az energia- és gázhálózatok összekapcsolásába történő társberuházások növelésével, hogy lehetővé váljon további importforrások bevonása.



7. fejezet

Merre tovább?





A klímaváltozás ijesztő kihívást jelent Magyarország és a világ számára – azonban az ebben a tanulmányban szereplő megállapítások némi optimizmusra is okot adnak a szén-dioxid-semleges jövővel kapcsolatban. Jelenleg is létező technológiák és igazolt módszertanok használatával Magyarországnak reális és költséghatékony lehetősége van a klímasemlegesség eléréséhez 2050-ig. Ráadásul a klímasemleges működésre való átállás lehetőséget biztosít Magyarország számára, hogy gazdasági fejlődést érjen el és növelje energiabiztonságát.

Azonban a rendelkezésre álló idő rövid, és a kihívás hatalmas. Ahhoz, hogy Magyarország kihasználja a potenciális lehetőségeket és elérje a klímasemlegességet, szükség van a vállalkozások, bankok és fogyasztók együttes erőfeszítéseire, ugyanúgy, mint a releváns jogszabályokra, valamint a megfelelő szabályozói és pénzügyi ökoszisztémára.

A sikerhez szükséges az érintett felek azonnali cselekvése a szén-dioxid-kibocsátás csökkentésének és a fenntartható növekedés felgyorsításának érdekében. Ezzel

együtt meg kell jegyezni, hogy Magyarország képessége a 2050-es klímasemlegesség eléréséhez néhány jelenleg széles körűen nem alkalmazható technológián is múlik.

A megújuló energiaforrások, mint például a szél és a nap, készen állnak a felhasználásra. Minél gyorsabban tudja növelni Magyarország a megújuló erőforrásainak kapacitását, annál gyorsabban lesz képes zöld hidrogén gyártására az ipar, a nehéz teherszállítás, valamint az export számára. Ehhez hasonlóan az akkumulátoros járművek gyorsított adaptációja mérsékelni fogja a közlekedési szektor kibocsátását, és új üzleti lehetőségeket hoz létre. A könnyen hozzáférhető, energiahatékony szigetelések és hőszivattyúk növekvő felhasználása csökkenti az épületek földgázimporttól való függését, és ezáltal növeli az ország energiabiztonságát. A metánfogó technológiák jelenlétének fokozása, az erdők szénelnyelő képességének fenntartásán túl, lehetővé fogja tenni Magyarországnak, hogy ellensúlyozza a hulladékból és mezőgazdaságból származó kibocsátást, melyeket nem lehet teljesen nullára csökkenteni.

A siker eléréséhez szükséges az érintett felek ösztönzése a pénzügyi, szabályozói és fogyasztói területeken egyaránt. Az Európai Unió ösztönzői, melyek célja a szén-dioxid-semlegesség gazdasági szektorokon átívelő elősegítése, jelenthetik az első lépést. Ezek mellett a kormányzatnak és a helyi önkormányzatoknak is van lehetőségük a saját jogszabályi kereteik és ösztönzőik alakítására, hogy felgyorsítsák a kibocsátás-csökkentést. A magyar bankok és pénzintézetek is fejleszthetik pénzügyi rendszereiket a szén-dioxid-semleges gazdasági tevékenységek és kutatás-fejlesztés támogatására (pl. zöld tőke). Végül a fogyasztók proaktívan tudják erőforrásaikat fenntarthatóbb termékek és szolgáltatások felé csoportosítani. Vannak biztató jelek Magyarországon a szén-dioxid-semleges gazdaság felé vezető úton, ráadásul ez az út a jelentős költségek mellett számos előnnyel is járhat az ország számára. Azonban a klímaváltozás veszélye szükségessé teszi, hogy minden érintett határozottan, gyorsan és egymással összhangban tegyen a 2050-es klímasemlegesség eléréséért.

Magyarország számára a klímasemlegességi átmenet új lehetőségeket nyithat meg



Függelék





Rövidítések jegyzéke

AVAC	Automated Vacuum Collection System	Automatizált vákuumos hulladékgyűjtő rendszer
BF	Blast Furnace	Nagyolvasztó
BEV	Battery-Powered Electric Vehicle	Tisztán elektromos jármű
BECCS	Bioenergy with Carbon Capture and Storage	Szén-dioxid megkötésével és tárolásával járó bioenergia
BOF	Blast Oxygen Furnace	Oxigénbefúvásos konverteres kohó
CAGR	Compound Annual Growth Rate	Összetett éves növekedési ráta
CAPEX	Capital Expenditures	Tőkeráfordítások
CCS	Carbon Capture and Storage	Szén-dioxid megkötése és tárolása
CCUS	Carbon Capture, Utilization, and Storage	Szén-dioxid-leválasztás, -hasznosítás és -tárolás
CO₂	Carbon Dioxide	Szén-dioxid
CO₂e	Carbon Dioxide Equivalent	Szén-dioxid-egyenérték
DACS	Direct Air Capture and Storage	Közvetlenül a levegőből történő szén-dioxid-leválasztás
DC	Direct Current	Egyenáram
DRI	Direct Reduced Iron	Vasszivacs
EAF	Electric Arc Furnace	Villamos ívkemence
EU	European Union	Európai Unió
EC	European Commission	Európai Bizottság
EV	Electric Vehicle	Elektromos jármű
EVCI	Electric Vehicle Charging Infrastructure	Elektromos járművek töltésére szolgáló infrastruktúra
FCEC	Fuel Cell Electric Vehicle	Üzemanyagcellás elektromos jármű
GDP	Gross Domestic Product	Bruttó hazai termék
GHG/ÜHG	Greenhouse Gases	Üvegházhatású gázok
GW	Gigawatt	Gigawatt
kW	Kilowatt	Kilowatt
KMS	Kilometers	Kilométer
ICE	Internal Combustion Engine	Belső égésű motor
IPCC	United Nations Intergovernmental Panel on Climate Change	Az ENSZ Éghajlatváltozási Kormányközi Testülete
LULUCF	Land Use, Land-Use Change, and Forestry	Földhasználat, földhasználat-változás és erdőgazdálkodás
MT	Megatonne	Megatonna
MT CO₂e	Megatonne Carbon Dioxide Equivalent	Megatonna szén-dioxid-egyenérték
MW	Megawatt	Megawatt
PV	Photovoltaic	Fotovoltaikus
RE	Renewable Energy	Megújuló energia
UN	United Nations	ENSZ Egyesült Nemzetek Szervezete

A szerzőkről



Jánoskuti Levente

Irodavezető partner, Budapest

Leventének kiterjedt tapasztalata van stratégiai, valamint transzformációs területeken a pénzügyi, az állami, az energetikai és egyéb ügyfélfókuszú iparágakban.



Engel Hauke

Partner, Nairobi

Hauke a McKinsey klímakockázathoz kapcsolódó munkáját vezeti globálisan, és ezen témákban támogat ügyfélprojekteket, valamint a McKinsey saját riportjait dekarbonizációs és energiaátmenet témákban.



Békés Márton

Associate Partner, Budapest

Márton kiterjedt tapasztalattal rendelkezik energetikai és dekarbonizációs témákban Nyugat- és Közép-Kelet-Európában, illetve a Közel-Keleten.



Hanzlík Viktor

Partner, Prága

Viktor szakterülete az energia-infrastruktúra és az energetikai átállás, illetve ő vezeti a McKinsey fenntarthatósággal kapcsolatos munkáját Közép-Kelet-Európában.



Havas András

Partner, Budapest

András jelentős tapasztalattal rendelkezik a pénzügyi és közszolgáltatási területeken nyújtott tanácsadásban európai, ázsiai, illetve amerikai ügyfelek részére.



Tamás Soma

Tanácsadó, Budapest

Soma iparágakon átívelő fenntarthatósági témákra fókuszál, és tagja a globális Fenntarthatósági munkacsoportunknak.

Források

- 1 Teljes felhasznált forráslista megtalálható a függelékben.
- 2 „Éghajlatváltozás: az emberi jólét és a bolygó egészségét fenyegető veszély”, ENSZ Éghajlatváltozási Kormányközi Testület, 2022. március, ipcc.ch
- 3 Nettó nulla kibocsátás vagy szén-dioxid-semlegesség alatt azt értjük, hogy egy adott ország határain belül nem termelnek több üvegházhatású gázt, mint amennyit meg tudnak kötni.
- 4 “2020 XLIV Törvény a klímavédelemről”, Magyar Közlöny, 2020. június 9., magyarkozlony.hu
- 5 “Eurobarométer felmérés: Eurobarométer 513. sz. Különkiadás: Éghajlatváltozás”, Európai Bizottság, 2021. március-április, ec.europa.eu
- 6 Split of passenger transport, Eurostat, 2022, ec.europa.eu
- 7 A károsanyag-kibocsátás fennmaradó 5 százaléka a szilárd hulladék elégetéséből és biológiai kezeléséből adódik. EDGAR dataset., European Commission, 2022, edgar.jrc.ec.europa.eu
- 8 “Tudományos konszenzus: A Föld éghajlata melegszik.”, Egyesült Államok Nemzeti Űrhajózási és Űrhajózási Hivatala (NASA), climate.nasa.gov
- 9 A „kibocsátáscsökkentés” kifejezés alatt kifejezetten az „üvegházhatású gázok (ÜHG-k) kibocsátásának csökkentését” értjük, melynek színimájaként használjuk a „dekarbonizálás” vagy „dekarbonizáció” kifejezéseket is. A különböző üvegházhatású gázok mennyiségének közös mértékegységgel való kifejezésére a tonnában megadott CO₂ egyenértéket alkalmazzuk. a „nettó nulla”, a „nettó zéró” vagy „nettó zéró kibocsátás” kifejezések az üvegházhatású gázok nettó nulla kibocsátására utalnak. A jelen tanulmányban a nettó nulla kibocsátás vagy karbonsemlegesség alatt azt értjük, hogy egy gazdaság nem bocsát ki több üvegházhatású gázt, mint amennyit az országhatárokon belül képes megkötni, illetve kompenzálni.
- 10 “Éghajlatváltozás 2021: A természettudományos alap.”, ENSZ Éghajlatváltozási Kormányközi Testület., 2021, pp. 18, ipcc.ch
- 11 Éves és évszakai középhőmérsékletváltozása, Magyar Meteorológiai Szolgálat, 2022, met.hu
- 12 Hőmérsékleti szélsőségek változása, Hungarian Meteorological Service, 2022, met.hu
- 13 „Eurobarométer az éghajlatváltozásról – 513. szám”, Európai Bizottság, Március-Április, 2021, ec.europa.eu
- 14 A válaszadás az orosz-ukrán háború és az azzal járó humanitárius válság kezdete előtt történt.
- 15 „Eurobarométer az éghajlatváltozásról – 513. szám”, Európai Bizottság, Március-Április, 2021, ec.europa.eu
- 16 Susanna Twidale, Sinead Cruise, Simon Jessop, “Big European banks face call to end funding for firms building coal-fired plants”, Reuters, december 5., 2019, reuters.com
- 17 “The Coal Companies Watchlist”, Reclaim Finance, December, 2021, reclaimfinance.com
- 18 “Időrendi áttekintés – Az európai zöld megállapodás és az „Irány az 55%!” intézkedéscsomag”, Európai Tanács, consilium.europa.eu
- 19 Ezt kiegészítendő, a 2021-ben közzétett Nemzeti Tiszta Fejlesztési Stratégia a 2020-2050 közötti időszakra vonatkozóan két olyan klímasegítségű forgatókönyvet vázol fel, amelyek alapján az EU 55 százalékos csökkentési célja már 2030-ra teljesülhet.
- 20 “EU Emissions Trading System (ETS) data viewer” European Environment Agency, ec.europa.eu
- 21 “EEA greenhouse gases - data viewer” European Environment Agency, ec.europa.eu
- 22 “Európa legnagyobb, tetőn kialakított napelemparkját adták át Győrben”, 24.hu, október 7., 2020, 24.hu
- 23 „There is something new under the sun: Europe’s largest rooftop solar park has been handed over in Győr”, Audi, October 7, 2020, audi.hu
- 24 “5,8%-kal nőtt az ipari termelés”, KSH, February 11, 2022, ksh.hu
- 25 “Sustainability and Responsibility in the Supply Chain”, Audi, audi.com; “Environmental protection along the entire value chain”, Bosch. bosch.com; “BMW, Mercedes, Audi, others race to make entire supply chain greener”, Automotive News Europe, szeptember 1, 2019, europe.autonews.com
- 26 “Sustainability and Responsibility in the Supply Chain”, Audi, audi.com
- 27 “CO₂ performance of new passenger cars in Europe”, Európai Környezetvédelmi Ügynökség, eea.europa.eu
- 28 Salzgitter AG Strategy Day 2022 <https://www.youtube.com/watch?v=OrGSb2PyqHg>
- 29 “ArcelorMittal signs MoU with the Spanish Government supporting €1 billion investment in decarbonisation technologies”, ArcelorMittal, július 13., 2021, corporate.arcelormittal.com
- 30 “ArcelorMittal Sestao to become the world’s first full-scale zero carbon-emissions steel plant”, ArcelorMittal, július 13., 2021, corporate.arcelormittal.com
- 31 Hybrit: Hydrogen Breakthrough Ironmaking Technology (áttörést jelentő hidrogén-alapú technológia).
- 32 “Sweden’s HYBRIT delivers world’s first fossil-free steel”, Reuters, augusztus 19, 2021, reuters.com; “HYBRIT Granted Support from EU Innovation Fund”, Hybrit, hybritdevelopment.se
- 33 Az upstream olaj- és gázipari műveletek közé tartozik a kutatás, a fúrás és a kitermelés.
- 34 A Haber-Bosch eljárás során 200-300 bar nyomáson hidrogénből és nitrogénből állítanak elő ammóniát. A dekarbonizált ammóniatermelésre vonatkozó költségbecsléseink a Haber-Bosch eljárás villamosítását feltételezik.
- 35 Amint az ábrán látható, a lakóingatlanok mintegy 19 százalékában – többnyire vidéki családi házakban – fát használnak az épület fűtésére. A jelentésünkben a fát megújuló erőforrásnak tekintjük, mert tüzelőanyagként való felhasználása ugyanannyi szén-dioxidot bocsát ki, mint amennyit a fa élete során megkötött, feltételezve, hogy mindez nem jár együtt erdőirtással.
- 36 Az épületek átlagéletkora Szlovákiában 52, Csehországban 50, míg Lengyelországban 49 év.
- 37 Bármely épület akkor kap BB minősítést, ha megfelel a 7/2006. (V. 24.) TNM rendeletben meghatározott energetikai követelményeknek, többek között annak, hogy az épület energiaigényét legalább 25%-os mennyiségben megújuló energiaforrásból kell biztosítani.
- 38 Bódia Lilla, “Te melyiket választanád – avagy mit kell(ene) tudnia egy épületnek 2021-től?”, Danube Capital, október 24., 2020, danubecapital.hu
- 39 Forrás: Greenpeace
- 40 “Energy Saver: Heat Pump Systems”, U.S. Department of Energy, energy.gov
- 41 “Lakossági napelemes rendszerek támogatása és fűtési rendszerek elektrifikálása napelemes rendszerekkel kombinálva”, Magyarország Kormánya, napelem.palyazat.gov.hu
- 42 “Hydrogen boilers: everything you need to know”, British Gas, január 21., 2022, britishgas.co.uk
- 43 James Wilmore, “What does the Gateshead pilot mean for the future of hydrogen-supplied homes?”, Unlock Net Zero, október 6., 2021, unlocknetzero.co.uk
- 44 Jaguar, Cadillac, Audi, BAIC, Changan, Lotus Cars, GM, Land Rover, PSA Group, Ford, Volvo, Mini, Mercedes, Subaru, Fiat, Toyota, Honda, Volkswagen, Nissan
- 45 “Vehicles in use Europe 2022”, ACEA, január, 2022, acea.auto
- 46 “New registrations of electric vehicles in Europe”, Európai Környezetvédelmi Ügynökség, eea.europa.eu
- 47 Passenger cars per 1 000 inhabitants, Eurostat, 2022, ec.europa.eu
- 48 “Bosch the go-to expert in a new area”, Bosch, szeptember 19., 2018, boschmediaservice.hu

- 49 Michael Nienaber, "Germany Aims to Scrap Hybrid Car Aid Earlier Than Planned", április 14., 2022, bloomberg.com
- 50 "President Biden, USDOT and USDOE Announce \$5 Billion over Five Years for National EV Charging Network, Made Possible by Bipartisan Infrastructure Law.", U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration, február 10., 2022, highways.dot.gov; Alan Ohnsman, "Biden Opens Access To \$5 Billion To Build National EV Charging Network, Forbes, február 10., 2022, forbes.com
- 51 "EV és EV töltő célú ösztönzők Európában: Teljes körű útmutató vállalkozások és magánszemélyek számára.", Wallbox, wallbox.com
- 52 2021, Az EAFO adatai
- 53 Az MCFM Németországra vonatkozó kalkulációi alapján Magyarországra vetített becslés
- 54 „Discover Norway's Unique EV And EV Chargers Perks”, Wallbox, wallbox.hu
- 55 Split of passenger transport, Eurostat, 2022, ec.europa.eu
- 56 „MVGÓ”, MVG, mvg.de
- 57 Patrick Sisson, „How Paris became a cycling success story—and built a roadmap for other cities”, Curbed, január 31., 2020, archive.curbed.com
- 58 "Santander Cycles, advocating sustainable transport in cities", Santander, május 28, 2021, santander.com
- 59 "Rólunk", MOL Bubi, molbubi.hu
- 60 Napfénytartam, MET, 2022, met.hu
- 61 Sunshine, World Meteorological Organization, 2022, data.un.org
- 62 Dorota Matuszko, Krzysztof Bartoszek, Jakub Soroka, Stanisław Węglarczyk, "Sunshine duration in Poland from ground- and satellite-based data", Royal Meteorology Society, december 20., 2019, rmets.onlinelibrary.wiley.com
- 63 "Sunshine in Germany: the number of sunny days, hours of sunshine quantity in Germany by year, season, month, and also by federated state", Ru-Geld, ru-geld.de
- 64 A 2015 és 2018 között végrehajtott összes beruházás elmaradt a V4-ek és más európai országokétól. Ebben az időszakban Magyarország egy főre vetítve 93 eurót fordított a villamos energia szállítás és elosztás korszerűsítésére, ami messze elmarad Lengyelországtól, ahol ez az összeg 145 euró volt, illetve Németországtól, ahol 180 euró volt egy főre vetített beruházás. Ez is azt mutatja, hogy a megújuló energiaforrásokra való áttéréshez szükséges előkészületek és beruházások nem történtek meg kellő mértékben Magyarországon. (A Repülőrajt című, 2020-as McKinsey-kiadványból)
- 65 Emissions Database for Global Atmospheric Research: Global Greenhouse Gas Emissions, European Commission, 2022, edgar.jrc.ec.europa.eu
- 66 Municipal waste statistics, Eurostat, 2022, ec.europa.eu
- 67 „Energy Efficiency in Water and Wastewater Facilities”, United States Environmental Protection Agency, 2013, epa.gov
- 68 Az üvegházhatású gázok globális felmelegedési potenciálját (GWP) jelen elemzésünkben a 4. IPCC. jelentésben (AR4) szereplő értékeknek megfelelően határozzuk meg.
- 69 „Landfill Gas Primer - An Overview for Environmental Health Professionals”, ATSDR, atsdr.cdc.gov
- 70 Feltéve, hogy az elméleti maximum 80 százalék Németországban pedig jelenleg 68 százalék; "Limits of Recycling 2020", Trinomics, 2020, trinomics.eu; "Indicator: Recycling municipal waste", Umwelt Bundesamt, november 15., 2021, umwelt-bundesamt.de
- 71 Magyarországon jelenleg egyetlen, füstgáztisztítós hulladékégetést alkalmazó üzem működik; "Waste-to-Energy: Energising your waste", CEWEP, cewep.eu; "Budapest Waste-to-energy plant", FKf, fkf.hu
- 72 "Gasification of waste for energy carriers", IEA Bioenergy, 2018, ieabioenergy.com
- 73 "What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050.", Világbank, 2018, documents1.worldbank.org
- 74 "How Israel deals with waste", Cognitivepaper, február 7., 2021, cognitivepaper.com
- 75 <https://apps.land.gov.il/IturTabotData/nispachim/darom/6051699/100/%D7%91%D7%A0%D7%99%D7%94%20%D7%99%D7%A8%D7%95%D7%A7%D7%94.pdf>
- 76 "Envac Iberia wins its third contract in Israel for the construction of a pneumatic urban waste collection system", SmartCity Cluster, július 16., 2019, smarctycluster.org
- 77 Use of fuels in agriculture, KSH, 2022, ksh.hu
- 78 "Egészségügyi helyzetkép, 2019", KSH, 2019, ksh.hu
- 79 "Magyarország benyújtotta a KAP stratégiai tervet", Daily News Hungary, hungarytoday.com
- 80 ARLA 2020 ESG report https://www.arla.com/493fe6/globalassets/arla-global/sustainability/esg-reports/arla_consolidated-esg-data_2020_uk.pdf
- 81 "Arla doubles CO₂e target for operations to meet 1.5 °C", Arla, January 11, 2022, arla.com
- 82 "Arla Foods doubles operational decarbonisation target to boost net-zero goal", Edie, január 12, 2022, edie.com
- 83 "Arla Foods and DSM start large-scale on-farm pilot to reduce greenhouse gas emissions from dairy cows by 30%", DSM, április 20, 2022, dsm.com
- 84 Elemzésünk az erdőtelepítések témakörét kizárólag a dekarbonizáció szempontjából vizsgálja. A biológiai sokféleségre és az élőhelyekre gyakorolt tágabb hatásokat nem részletezzük ugyan, de azokat az egyes erdőtelepítési döntéseknél figyelembe kell venni.
- 85 LULUCF sector emissions and removals in the EU, by main land use category, EEA, 2022, eea.europa.eu
- 86 Global installed electrolysis capacity by region, 2015-2020, IEA, 2022, iea.org
- 87 az EU-27 átlaga kb. 60%.; Energy imports dependency, Eurostat, 2022, ec.europa.eu
- 88 IEA Energy Information (2020), IEA, 2022, iea.org
- 89 A villamosenergia nem tekinthető primer energiaforrásnak, azonban jelen elemzésünk alkalmazásában a nettó energiaexportot/importot elsődleges energiaforrásnak tekintjük. A hazai energiatermelés másodlagos forrásnak minősül.
- 90 Az előállított elektromosáram részesedése az energiaellátás származási forrása szerint; Forrás: IEA Energy Information (2020; 2019-es adatok a villamosenergiára és a megújuló energiaforrásokra vonatkozóan)
- 91 IEA Energy Information (2020), IEA, 2022, iea.org
- 92 A Magyar Földgázrendszer 2020. évi adatai, FGSZ, 2022, fgsz.hu
- 93 Földgáz szerepe: Statisztikai adatok, FGSZ, 2022, fgsz.hu
- 94 IEA Energy Information (2020), IEA, 2022, iea.org
- 95 90 napi átlagos nettó import vagy 61 napi átlagos belföldi fogyasztás; "Hungary's legislation on oil security", IEA, July 31, 20220, iea.org
- 96 "15 hónapos üzemeltetési ciklus bevezetésének tapasztalatai a Paksi Atomerőmű 1-4 blokkján", MVM, február 2019, haea.gov.hu
- 97 A jelenlegi elemzés az üzemanyagellátás folyamatosságát feltételezi, és nem veszi figyelembe a naplemek és szél-turbinák ellátásának kockázatait.

2022. május

Copyright © McKinsey & Company

Tervező Visual Media Europe

www.mckinsey.com/hu

 @McKinsey

 @McKinsey