



INNOVÁCIÓS ÉS TECHNOLÓGIAI
MINISZTERIUM



Nemzeti Tiszta Fejlődési Stratégia 2020-2050



FELADATUNK A JÖVŐ

NEMZETI TISZTA FEJLŐDÉSI STRATÉGIA

Tartalomjegyzék

Bevezető.....	7
Vezetői összefoglaló	8
1. Hosszú távú jövőkép és a nemzeti klímapolitika alapelvei.....	18
2. Szakpolitikai és jogi környezet.....	21
3. A koncepció elkészítésének folyamata és az érdekelt felek bevonása.....	22
4. ÜHG kibocsátások, szakpolitikák és intézkedések, azok társadalmi-gazdasági hatásai és az azokhoz kapcsolódó zöld növekedési lehetőségek, alkalmazkodás az éghajlatváltozás elkerülhetetlen hatásaihoz.....	24
4.1. Az üvegházhatású gázok kibocsátásának a gazdaság egészére vonatkozó pályái.....	24
4.1.1. Az ÜHG kibocsátások historikus trendjei, valamint azok jelenlegi kulcs forrásai.....	24
4.1.2. A 2050-ig tartó, a gazdaság egészére kiterjedő dekarbonizációs útvonalak.....	26
4.1.3. Indikatív mérföldkövek.....	35
4.2. Szektor specifikus pályák, szakpolitikák és intézkedések	36
4.2.1. Energia.....	36
4.2.2. Ipari folyamatok.....	57
4.2.3. Mezőgazdaság.....	65
4.2.4. Földhasználat, földhasználat-változás és erdészet	71
4.2.5. Hulladékgazdálkodás	77
4.3. Társadalmi-gazdasági hatások	86
4.3.1. Elkerült költségek és addicionális előnyök.....	86
4.3.2. Munkahelyteremtés az alacsony szén-dioxid kibocsátású átállás során	88
4.3.3. Kapcsolódás az ENSZ Fenntartható Fejlesztési Céljaihoz	91
4.4. Alkalmazkodási politikák és intézkedések	91
4.4.1. Az alkalmazkodási szempontú klímapolitikai tervezési környezet.....	92
4.4.2. A lehetséges válaszlépések, intézkedések.....	92
4.5. Témákon átívelő területek.....	94
4.5.1. Oktatás és képzés	95
4.5.2. Az információkhoz való nyilvános hozzáférés és megosztás, társadalmi tudatosság.....	96
4.5.3. Valamennyi kormányzati szint és különböző szereplő teljes körű részvétele és együttműködése	97
4.5.4. Fenntartható életmódok, illetve a fenntartható fogyasztási és termelési minták.....	97
5. A klímasemleges átmenet finanszírozása és gazdaságpolitikai eszközei.....	99
5.1. A gazdaságpolitika átalakítása a klímasemleges átmenet érdekében	99
5.1.1. Az éghajlatbarát költségvetés-tervezés	100

5.2. A klímasemlegesség pénzügyi és beruházási igényei.....	101
5.3. A pénzügyi szektor szerepe a zöld átmenetben	102
5.3.1. A hazai pénzügyi piacok fejlesztésének szükségessége.....	102
5.3.2. Ágazati és specifikus zöld beruházások finanszírozása	103
5.3.3. A klímasemleges átmenet, mint a külpiazi befektetések bevonzásának eszköze.....	107
5.4. Az átmenet lehetséges finanszírozási forrásai és eszközei	107
5.4.1. A garanciavállalás intézménye a zöld finanszírozás előmozdítása érdekében.....	108
6. Kutatás, fejlesztés és innováció	112
6.1. Innovatív technológiák és megoldások.....	112
6.1.1. A kritikus energiatechnológiai értékláncok érettsége	112
6.1.2. Tiszta technológiák és megoldások a többi ágazatban.....	119
6.2. Az innovációt meghatározó keretfeltételek	122
6.3. A tiszta technológiák innovációjában rejlő gazdaságfejlesztési lehetőségek	124
7. A végrehajtás irányítása, nyomon követés és felülvizsgálat.....	126
7.1. A végrehajtás irányítása.....	126
7.2. Nyomon követés	127
7.3. Felülvizsgálat	127

Ábrajegyzék

1. ábra – A teljes gazdaságra vonatkozó összes éves nettó ÜHG kibocsátás várható alakulása a három vizsgált forgatókönyv szerint (CO ₂ eq/év)	9
2. ábra – Az összes éves ÜHG kibocsátás ágazatok szerinti megoszlásának várható alakulása a három vizsgált forgatókönyv szerint, 2019-2050 (CO ₂ eq/év).....	10
3. ábra – A végső energiafelhasználás szektorok szerinti összetétele a három vizsgált forgatókönyv szerint, 2016-2050 (PJ).....	11
4. ábra – A végső energiafelhasználás tüzelőanyag-összetétele a három vizsgált forgatókönyv szerint, 2016-2050 (PJ)	12
5. ábra – Összesített reál-GDP várható alakulása a három vizsgált forgatókönyv szerint	16
6. ábra – A reál GDP karbonintenzitása	16
7. ábra – Az egy főre jutó ÜHG kibocsátás és az egy főre jutó GDP változása Magyarországon.....	24
8. ábra – Az egy főre eső bruttó és nettó ÜHG kibocsátás EU tagállamonként 2018-ban	25
9. ábra – A teljes gazdaságra vonatkozó összes éves nettó ÜHG kibocsátás várható alakulása a három vizsgált forgatókönyv szerint (CO ₂ eq/év).....	28
10. ábra – A nettó ÜHG kibocsátás ágazati megoszlása a három vizsgált forgatókönyv szerint (CO ₂ eq/év)	30
11. ábra – Pótlólagos beruházási igények ágazatonként a HC-s és KC-s forgatókönyvek esetében az ÖTK forgatókönyvhöz képest	32
12. ábra – A reál GDP alakulása forgatókönyvenként.....	33
13. ábra –A magyar gazdaság karbonintenzitása forgatókönyvenként.....	34
14. ábra – A lakossági, szolgáltatási és a mezőgazdasági szektor energiafelhasználásból adódó ÜHG kibocsátása (kt CO ₂ eq) és az ÜHG intenzitás (kg CO ₂ eq/MJ) alakulása, 1990-2018.....	37
15. ábra – A villamosenergia- és távhőszektor, illetve az egyéb energiaipari felhasználásból adódó ÜHG kibocsátás (kt CO ₂ eq) alakulása, 1990-2018.....	38
16. ábra – Az ipari energiafelhasználásból adódó ÜHG kibocsátás (kt CO ₂ eq) és az ÜHG intenzitás (kg CO ₂ eq/MJ) alakulása, 1990-2018	38
17. ábra – A közlekedés energiafelhasználásából adódó ÜHG kibocsátás (kt CO ₂ eq) és az ÜHG intenzitás (kg CO ₂ eq/MJ) alakulása, 1990-2018.....	39
18. ábra – A végsőenergia-felhasználás összetétele és a primerenergia-felhasználás alakulása, 1990-2018 (PJ).....	40
19. ábra– Az ÜHG kibocsátás alakulása az egyes forgatókönyvekben, 2016-2050 (millió tonna CO ₂ eq/év).....	42
20. ábra – A végső energiafelhasználás szektorok szerinti összetétele az egyes forgatókönyvekben, 2016-2050 (PJ).....	43
21. ábra – A végső energiafelhasználás tüzelőanyag-összetétel az egyes forgatókönyvekben, 2016-2050 (PJ).....	44
22. ábra – A primerenergia-felhasználás tüzelőanyag-összetétel az egyes forgatókönyvekben, 2016-2050 (PJ).....	44
23. ábra – Az évesített költségtöbbletek megoszlása kategóriánként az ÖTK forgatókönyvhöz viszonyítva, milliárd forint/év	45
24. ábra – Az évesített költségtöbbletek megoszlása a HC-s és KC-s forgatókönyvekben, kategóriánként és szektoronként az ÖTK forgatókönyvhöz viszonyítva, milliárd forint/év .	46
25. ábra – A KC-s és az ÖTK forgatókönyvek éves kumulált beruházási költségének nettó jelenértékének különbsége a villamosenergia- és távhőszektorban, milliárd forint/év	47
26. ábra – A KC-s és az ÖTK forgatókönyvek éves kumulált beruházási költségének nettó jelenértékének különbsége a közlekedési szektorban, milliárd forint/év.....	47

27. ábra – A háztartási szektor energiafelhasználásának megoszlása az ÖTK és a KCs forgatókönyvben	49
28. ábra – A szolgáltatási szektor energiafelhasználásának megoszlása az ÖTK és a KCs forgatókönyvben	50
29. ábra – Az ipari szektor energiafelhasználásának megoszlása az ÖTK és a KCs forgatókönyvben	51
30. ábra – A közlekedési szektor energiafelhasználásának megoszlása az ÖTK és a KCs forgatókönyvben	53
31. ábra – A közlekedési szektor energiafelhasználásának megoszlása különböző közlekedési módok szerint az ÖTK és a KCs forgatókönyvben	54
32. ábra – A villamosenergia-fogyasztás összetétele az ÖTK és a KCs forgatókönyvben	55
33. ábra – A beépített villamosenergia-kapacitások összetétele az ÖTK és a KCs forgatókönyvben	56
34. ábra – A villamosenergia-termelés összetétele az ÖTK és a KCs forgatókönyvben	56
35. ábra – Az ipari folyamatokból és termékhasználatból származó ÜHG kibocsátás (millió CO ₂ eq/év) alakulása, 2000-2018	58
36. ábra – Az ipari folyamatokból és termékhasználatból származó ÜHG kibocsátás (millió CO ₂ eq/év) alakulása gáztípusonként, 2000-2018	59
37. ábra – Az ipari folyamatokból és termékhasználatból származó ÜHG kibocsátások várható alakulása 2020 és 2050 között a különböző forgatókönyvek megvalósulása esetén ..	64
38. ábra – A mezőgazdasági ÜHG kibocsátás trendje leltárkategóriánként 1990 és 2018 között	66
39. ábra – A mezőgazdasági ÜHG kibocsátás meghatározó forrásainak mennyiségi változása 1990 és 2018 között	66
40. ábra – A mezőgazdasági szektor ÜHG kibocsátásának várható alakulása 2016 és 2050 között az ÖTK és a KCs forgatókönyvek megvalósulása esetén	69
41. ábra – A LULUC ágazat nettó CO ₂ és 'non-CO ₂ ' emissziói 2020 és 2040 között	72
42. ábra – A LULUCF szektor becsült ÜHG kibocsátási és nyelési trendjei 1985 és 2018 között	73
43. ábra – Erdősültségünk és erdei ökoszisztémáink várható átalakulása az ÖTK forgatókönyv megvalósulása esetén 2065-ig	76
44. ábra – A hulladékkezelésből származó ÜHG kibocsátás	78
45. ábra – A hulladékkezelésből származó ÜHG kibocsátás előrejelzése az ÖTK és a KCs forgatókönyvek szerint	84
46. ábra – A hulladékkezelésből származó ÜHG kibocsátás előrejelzése alszektoronként a KCs forgatókönyv szerint	84
47. ábra – Az energiatermelési ágazat foglalkoztatottsága a különböző forgatókönyvek szerint	90
48. ábra – A HC _s és KC _s forgatókönyvekben előrejelzett közvetett munkahelyteremtés az ÖTK forgatókönyvhöz viszonyítva	90

Táblázatok jegyzéke

1. táblázat – Költség-haszon elemzés 2050-es időtávon (addicionális költségek és előnyök az ÖTK forgatókönyvhöz képest)	15
2. táblázat – Az ÜHG kibocsátások trendjei LULUCF szektor nélkül (millió tonna CO ₂ eq/év)	25
3. táblázat – Az ágazatok ÜHG kibocsátás csökkentése 2050-ig az 1990. évi szinthez képest a KCs forgatókönyvben (%)	32
4. táblázat – Az Energiaszektor SWOT-analízise.....	36
5. táblázat – A nagy folyamat-emisszióval jellemezhető ipari alszektorok SWOT-analízise .	57
6. táblázat – Az ipari folyamatokból és termékhasználatból származó ÜHG kibocsátás alszektorok közötti megoszlása, 1990-2018 (CO ₂ eq /év érték szerinti összevetés)	59
7. táblázat – A mezőgazdasági szektor SWOT-analízise.....	65
8. táblázat – Az LULUCF szektor SWOT-analízise.....	71
9. táblázat – A hulladékszektor SWOT-analízise	77
10. táblázat - A hulladék szektor költségeinek alakulása 2030-2050 között az egyes forgatókönyvek szerint (milliárd forint)	83
11. táblázat – Költség-haszon elemzés a 2020-2030-as, illetve a 2020-2050-es időtávon (Addicionális költségek és előnyök az ÖTK forgatókönyvhöz képest).....	88
12. táblázat – Ágazati és specifikus zöld finanszírozási javaslatok és vizsgálandó beavatkozások	107
13. táblázat – Az alacsony CO ₂ kibocsátású villamos energia értéklánc technológiai felkészültsége.....	114
14. táblázat – A CCUS értékláncának technológiai felkészültsége	116
15. táblázat – A hidrogén értéklánc technológiai felkészültsége.....	117
16. táblázat – A bioenergia értékláncának technológiai felkészültsége.....	118
17. táblázat – Szektorális áttekintés az innovatív tiszta technológiai megoldásokról	122

Rövidítések jegyzéke

AFOLU	mezőgazdaság, erdészet és egyéb földhasználat (agriculture, forestry and other land use)
BAU	Ölbe tett kéz forgatókönyv (Business-As-Usual)
CBA	költség-haszon elemzés (cost-benefit analysis)
CCUS	szén-dioxid-leválasztás/kivonás, hasznosítás és tárolás (carbon capture, utilisation and storage)
CE	körforgásos-gazdaság (circular economy)
CO_{2eq}	szén-dioxid egyenérték (CO2 equivalent)
COVID-19	Új típusú koronavírus
CSP	koncentrált napelemek (concentrated solar power)
EBRD	Európai Újjáépítési és Fejlesztési Bank (European Bank for Reconstruction and Development)
EEA	Európai Környezetvédelmi Ügynökség (European Environment Agency)
EGD	Európai Zöld Megállapodás (European Green Deal)
EIÖ	Egyetemi Innovációs Ökoszisztéma
ELKH	Eötvös Loránd Kutatási Hálózat
ENSZ	Egyesült Nemzetei Szervezete
ESCO	Energiahatékonysági szolgáltató cégek (Energy Services Companies)
ESG	környezeti, társadalmi és a vállalatirányítási aspektusok (Environmental, Social, and Governance)
ETS	EU kibocsátáskereskedelmi rendszere (Emission Trading System)
ÉTTT	Éghajlatváltozási Tudományos Tanácsadó Testület
EU	Európai Unió
EUA	megengedett uniós kibocsátás (European Union Allowance)
FDI	külföldi közvetlen tőkebefektetés (Foreign Direct Investment)
GDP	bruttó hazai termék (gross domestic product)
GEM	Zöld Gazdaság Modell (Green Economy Model)
GGGI	Globális Zöld Növekedési Intézet (Global Green Growth Institute)
HCs	Halasztott Cselekvés dekarbonizációs forgatókönyv
HIPA	Magyar Befektetés-ösztönző Ügynökség (Hungarian Investment Promotion Agency)
IEA	Nemzetközi Energiaügynökség (International Energy Agency)
IPCC	Éghajlatváltozási Kormányközi Testület (Intergovernmental Panel on Climate Change)
IPPU	ipari folyamatok és termékhasználat (industrial processes and product use)
IRENA	Nemzetközi Megújuló Energia Ügynökség (International Renewable Energy Agency)
ITM	Innovációs és Technológiai Minisztérium
KCs	Korai Cselekvés dekarbonizációs forgatókönyv
KFI	kutatás, fejlesztés és innováció
kkv	kis- és középvállalkozások
KSH	Központi Statisztikai Hivatal
LCOE	közüzemi méretű naperőművek üzemidőre számított villamosenergia-termelési egységköltsége (levelized cost of energy)
LiDAR	a légi lézer szkennelés (Light Detection and Ranging)
LPG	autógáz üzemanyag (Liquefied petroleum gas)
LULUCF	földhasználat, földhasználat-változtatás és erdészet (land-use, land-use change and forestry)
METÁR	Megújuló Energiák Támogatási Rendszere
MNB	Magyar Nemzeti Bank
NAS	Nemzeti Alkalmazkodási Stratégia
NAT	Nemzeti Alaptanterv
NÉS-2	Második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia
NFFS	Nemzeti Fenntartható Fejlődési Keretstratégia
NFFT	Nemzeti Fenntartható Fejlődés Tanács
NKFIH	Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal
NL	Nemzeti Laboratóriumok
NTFS	Nemzeti Tiszta Fejlődési Stratégia
OTKA	Országos Tudományos Kutatási Alapprogramok
ÖTK	Ölbe tett kéz forgatókönyv (Business-As-Usual, BAU)
PEM	polimer elektrolit membrán

RDF	másodlagos tüzelőanyag (refuse-driven fuel)
RFID	rádiófrekvenciás azonosítás (Radio Frequency Identification)
S3	Intelligens Szakosodási Stratégia (Smart Specialization Strategy)
SCC	a szén társadalmi költségei (social cost of carbon)
SDG	Fenntartható Fejlődési Cél (Sustainable Development Goal)
SMART	Specific, Measurable, Achievable, Relevant and Time-bound
SOEC	szilárd oxid-elektrolízis cellatechnológiák
SP	Science Parkok
SUP	egyszer használatos műanyag (Single-Used Plastic)
SWOT analízis	magyarul: GYELV elemzés (Strengths - erősségek, weaknesses - gyengeségek, opportunities - lehetőségek, threats - veszélyek elemzése)
TÉM	Tárcaközi Éghajlatváltozási Munkacsoport
TKP	Tématerületi Kiválósági Program
TRL	technológiai érettségi szint (Technology Readiness Level)
UNFCCC	ENSZ Éghajlatváltozási Keretegyezmény (United Nations Framework Convention on Climate Change)
ÜHG	üvegházhatású gázok
V4	Visegrádi Együttműködés

Bevezető

Itt, a Kárpát-medencében, Magyarországon is tapasztaljuk a klímaváltozás káros hatásait. Korunk meghatározó környezeti, gazdasági és társadalmi problémájává vált az éghajlatváltozás. Rajtunk áll, hogy milyen jövőt teremtünk, s milyen világot hagyunk örökül gyermekeink és unokáink számára. Felszínes szónoklatok helyett tettek kellene – Magyarország és a Magyar Kormány pedig jó példát mutatva a cselekvés útját választotta.

2020 januárjában határozott stratégiai célokat tűztünk ki a klímaváltozás és a környezetvédelem területén. Elfogadtuk az első Éghajlatváltozási Cselekvési Tervet, amely konkrét intézkedéseket tartalmaz a második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia közép- és hosszú távú célkitűzéseinek megvalósítására. Megszületett a 2030-ig szóló Nemzeti Energia- és Klímaterv, illetve az új Nemzeti Energiastratégia is, amelyek középtávon elérendő célokat határoznak meg. Ezen dokumentumokban vállaltuk többek között, hogy 2030-ra villamosenergia-termelésünket 90%-ban karbonmentessé tesszük. Az üvegházhatású gázok kibocsátási szintjének további csökkentése mellett kiemelt törekvés az energiabiztonság, a klímavédelem és a gazdaságfejlesztés céljainak – egymást erősítő – összehangolása és környezetünk megóvása, melyet a tavaly februárban elfogadott Klíma- és Természetvédelmi Akciótervben foglalt konkrét intézkedések segítenek elő. A klímavédelemről szóló, tavaly elfogadott törvény, amely rögzíti is a klímasemlegesség 2050-re történő elérését, illetve jelen Nemzeti Tiszta Fejlődési Stratégia, mely felvázolja a 2050-es klímasemlegesség elérésének útvonalát, megerősíti, hogy a Kormány a tetteket tartja fontosnak az éghajlatváltozás elleni küzdelemben. Ezzel a lépéssel Magyarország a múlt helyett a jövő, azaz a klímavédelem, az energiaszuverenitás és a zöld gazdasági fejlődés útját választotta.

A Kormánynak a klímavédelem területén reális és felelős politikát kell folytatnia. Úgy kell megvalósítania a klímasemlegességet, hogy közben biztosítja az ellátásbiztonságot és az igazságos átmenetet, s egyúttal támogatja a további gazdasági fejlődést is. A Kormány ahhoz is ragaszkodik, hogy a legnagyobb szennyező vállalatok fizessék a költségek nagy részét és a családok rezsikiadásai az átmenet miatt ne emelkedjenek. Mindez nem egyszerű feladat, a klímasemlegesség felé vezető 30 évet átívelő út egyike a legnagyobb kihívásának, mellyel most szembe kell néznünk. Olyan célhoz kívánunk eljutni, amihez az odavezető utat pontosan nem ismerjük – sőt, egyfajta ismeretlen (most formálódó) terepként térképünk sincs hozzá, ahogy nincs működő jó gyakorlat sem arra nézve, hogy mindez mit jelent majd a mindennapi életünkben. Ugyanakkor optimizmusra adhatnak okot az eddigi eredményeink. Hazánk kedvező helyzetből indulhat el a klímasemlegesség megvalósítása felé vezető úton. Magyarország európai és világviszonylatban is kiemelkedően teljesít a kibocsátás-csökkentés terén, ugyanis a világ azon kevés országai közé tartozik, ahol 2000 óta úgy nőtt a bruttó hazai termék, hogy közben csökkent a CO₂ kibocsátás és az energiafelhasználás. 2010 óta pedig egységnyi GDP előállítására 24%-kal kevesebb üvegházhatású gáz kibocsátása mellett képes a magyar gazdaság. Jelen, a gazdasági fejlődést egy tisztább pályára állító, és a jóléti célokat is magában foglaló hosszú távú koncepció ennek a kedvező tendenciának a folytatását alapozza meg.

Prof. Dr. Palkovics László
innovációért és technológiáért felelős miniszter

Vezetői összefoglaló

Hazánk idén a klímavédelemről szóló 2020. évi XLIV. törvényben rögzítette, hogy támogatja a teljes klímasemlegesség elérését 2050-re. A hosszú távú koncepció formáját öltő Nemzeti Tiszta Fejlődési Stratégia egy olyan 30 éves előretétekintésű társadalmi-gazdasági és technológiai fejlődési útvonalat vázol fel, amelynek segítségével 2050-re úgy leszünk képesek megvalósítani a klímasemlegességet, hogy közben a magyar emberek jólétét középpontba helyezve tudjuk biztosítani természeti értékeink védelmét és a gazdasági fejlődést.

Magyarország kedvező helyzetből indulhat el ezen az úton. Hazánk azon kevés ország közé tartozik a világban, ahol 1990 óta úgy nőtt a bruttó hazai össztermék (GDP), hogy közben a szén-dioxid-kibocsátás mintegy harmadával (33%-kal) csökkent. Ez azt bizonyítja, hogy a klímavédelem, a gazdasági fejlődés és az energiabiztonság céljai egymással összeegyeztethető, sőt egymást erősítő célok is lehetnek. A hosszú távú koncepció ezáltal hozzájárul a „Megfizethető, megbízható, fenntartható és modern energiához való hozzáférés biztosítása mindenki számára”, a „Fenntartható fogyasztási és termelési minták kialakítása”, valamint a „Sürgős lépések megtétele a klímaváltozás és hatásainak leküzdésére” elnevezésű ENSZ fenntartható fejlődési célok megvalósításához.

Az NTFS az érdekelt felekkel folytatott széles körű egyeztetés eredményeként született meg.

A stratégiaalkotás során, a hosszú távú fejlődési pálya felvázolása érdekében integrált modellezési megközelítést alkalmaztunk az ágazati sajátosságok, valamint a karbonmentesítési folyamat rendszerszintű és ágazatok közötti dinamikájának feltárására. Két modell segítette a projekcióalkotást.

- 1) A **Zöld Gazdaság Modell** (Green Economy Model, GEM), egy rendszerdinamikai megközelítésre épülő ágazatközi modell. A módszer a dekarbonizáció makrogazdasági hatásainak becslését, köztük a társadalmi és környezeti externáliák, illetve a munkaerőpiaci változások gazdasági értékelését teszi lehetővé.
- 2) A Zöld Gazdaság Modellel iteratív módon került felhasználásra a **HU-TIMES modell** az energiaágazat modellezésére, valamint az energia- és az ipari szektor kibocsátási útvonalainak felvázolására. A TIMES modell egy alulról felfelé építkező, részleges egyensúly-optimalizálási modell, amelyet az energiaárak különböző útvonalainak elemzésére használnak az energiaágazatokon belül.

Három fő forgatókönyv került kidolgozásra az üvegházhatásúgáz-kibocsátás (ÜHG-kibocsátás) 2050-ig terjedő előrejelzésére:

1) **Ölbe tett kéz (ÖTK) forgatókönyv, vagy más néven Business-as-Usual scenárió (BAU):** Ennek a forgatókönyvnek a kibocsátási pályája a jelenlegi trendeket követi, azt feltételezve, hogy minden aktuális ágazati szakpolitikai stratégia és intézkedés érvényben marad, s új intézkedések nem történnek.

2) **Halasztott Cselekvés (HCs) dekarbonizációs forgatókönyv:** A HCs forgatókönyv későbbi és 2045-ig lassabb ütemű kibocsátás csökkentést tervez az energiaágazatban. Ez a forgatókönyv lehetővé teszi az alacsony és nulla széndioxid-kibocsátású technológiák alacsonyabb költség szintjének kiaknázását. A HCs forgatókönyv azzal a feltételezéssel él, hogy – a Klímátörvényben rögzített céloknak megfelelően – a végső energiafelhasználás 2030-ban nem haladja meg a 785 PJ-t, a megújuló energia bruttó végső energiafelhasználáson belüli részaránya pedig eléri a 21%-ot. 2030 után a hulladékgazdálkodáson kívüli ágazatok 2050-ig a legalacsonyabb költségű pályán haladnak a klímasemlegesség felé, ami – a

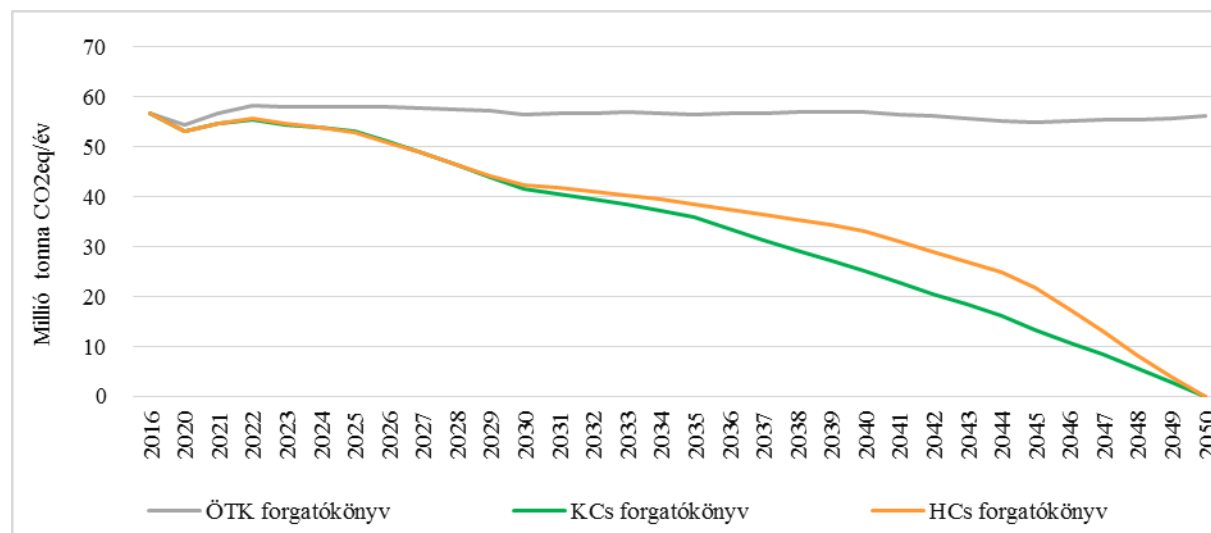
beruházásoknak a technológiai költségek csökkenését kiváró halasztása miatt – az időszak végére felgyorsuló kibocsátás-csökkentést eredményez.

3) Korai Cselekvés (KCs) dekarbonizációs forgatókönyv: A KCs forgatókönyv szerinti megközelítés a nettó szén-dioxid-kibocsátás 2050-ig történő elérését úgy vetíti előre, hogy közben a munkahelyteremtés és környezeti externáliák mérséklésének rövid és középtávú előnyeit, a korai lépéselőny gazdasági lehetőségeit, a magasabb termelékenység és gyorsabb GDP-növekedés lehetőségeit is feltárja. A KCs forgatókönyv kiinduló feltételezése, hogy Magyarország 2030-as végső energiafelhasználása nem haladja meg a 734 PJ-t, a megújuló energia bruttó végső energiafelhasználáson belüli aránya pedig eléri a 27%-ot. Az ipar, a földhasználat és erdőgazdálkodás (LULUCF), a hulladékgazdálkodás és a mezőgazdaság kibocsátás csökkentésének pályája megegyezik az HCs forgatókönyvével. 2030 és 2050 között a kibocsátások lineáris pályát követve érik el a nettó zero kibocsátási szintet.

Mind a HCs, mind a KCs forgatókönyvekben a széndioxid-leválasztásra, -hasznosításra és -tárolásra szolgáló CCUS technológiák 2030 után válnak kereskedelmileg életképesé az energia és az ipari szektorokban.

A modellezési eredmények szerint a 2019-es szintről csupán nettó 56 millió CO₂eq/év szintre csökken az ÜHG-kibocsátás az ÖTK forgatókönyvben. **A jelenleg érvényben lévő szakpolitikáknál és intézkedéseknél tehát lényegesen több erőfeszítésre lesz szükség a 2050-es klímasegességégi cél¹ eléréséhez.**

Mindkét vizsgált klímasegességégi célzó forgatókönyv szerint elérhető a nettó nulla kibocsátás az évszázad közepére, de a tiszta energiaátmenet más ütemben megy végbe a különböző feltételezések szerint, és a gazdasági-társadalmi hatások is eltérően alakulnak. (1. ábra)



Forrás: tényadat Eurostat, projekció saját modellezési eredmény

1. ábra – A teljes gazdaságra vonatkozó összes éves nettó ÜHG kibocsátás várható alakulása a három vizsgált forgatókönyv szerint (CO₂eq/év)

Az Európai Tanács 2020. december 10-11. közötti ülésén döntött a 2030. évi ÜHG kibocsátás csökkentési célkitűzés 55%-ra történő emeléséről. **A Stratégiában jelzett mindkét klímasegességégi forgatókönyv teljesíti a 2030-as megemelt célkitűzést.**

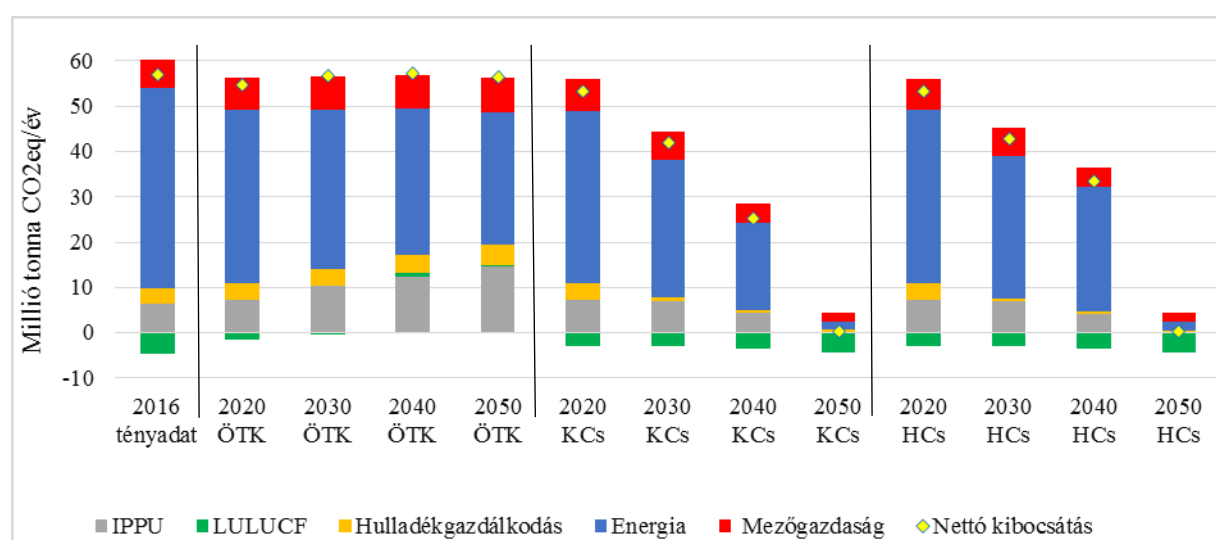
¹ Az üvegházhatású gázok hazai kibocsátása, valamint elnyelése a 2050. évre egyensúlyba kerül

A két forgatókönyv kibocsátás-csökkentési pályája a 2020-as évek közepétől elkezdi elválni egymástól, 2030-ra már a különbség meghaladja a 800 ezer t CO_{2eq}-t.

A KCs forgatókönyv esetében nagyobb erőfeszítésekre van szükség, mivel a növekvő beruházások pozitívan hatnak az ország GDP-jére, ami viszont megnöveli a végfelhasználói szegmensek keresletét, azaz például növekszik az utazási igény vagy a háztartási eszközök iránti kereslet.

Az **KCs forgatókönyv fokozatosabb kibocsátáscsökkentési pályát követ**, mivel az energiaátmenetet és a dekarbonizációt szolgáló beruházások előbb valósulnak meg. Mindezek mellett a „tisztá” elektrifikáció nagyobb mértékű felgyorsítása is jellemzi ezt a forgatókönyvet.

Az ÜHG-kibocsátás (CO_{2eq}/év) csökkentés különböző forgatókönyvek és szektorok szerinti alakulását a 2. ábra szemlélteti.



Forrás: tényadat Eurostat, projekció saját modellezési eredmény

2. ábra – Az összes éves ÜHG kibocsátás ágazatok szerinti megoszlásának várható alakulása a három vizsgált forgatókönyv szerint, 2019-2050 (CO_{2eq}/év)

A legnagyobb ÜHG kibocsátású energiaszektor kibocsátása 2050-re a KCs forgatókönyv szerint 1,7 millió tonna CO_{2eq}/év szint alá esik. A HCs forgatókönyv is 2 millió tonna CO_{2eq}/év alatti (várt kibocsátás 1,9 millió tonna CO_{2eq}/év) kibocsátást vetít előre az évszázad közepére. Ezekkel szemben az ÖTK forgatókönyv szerint csupán 29 millió tonna CO_{2eq}/év szintre csökkenthető a szektor kibocsátása a már elfogadott és alkalmazott intézkedésekkel és szakpolitikákkal.

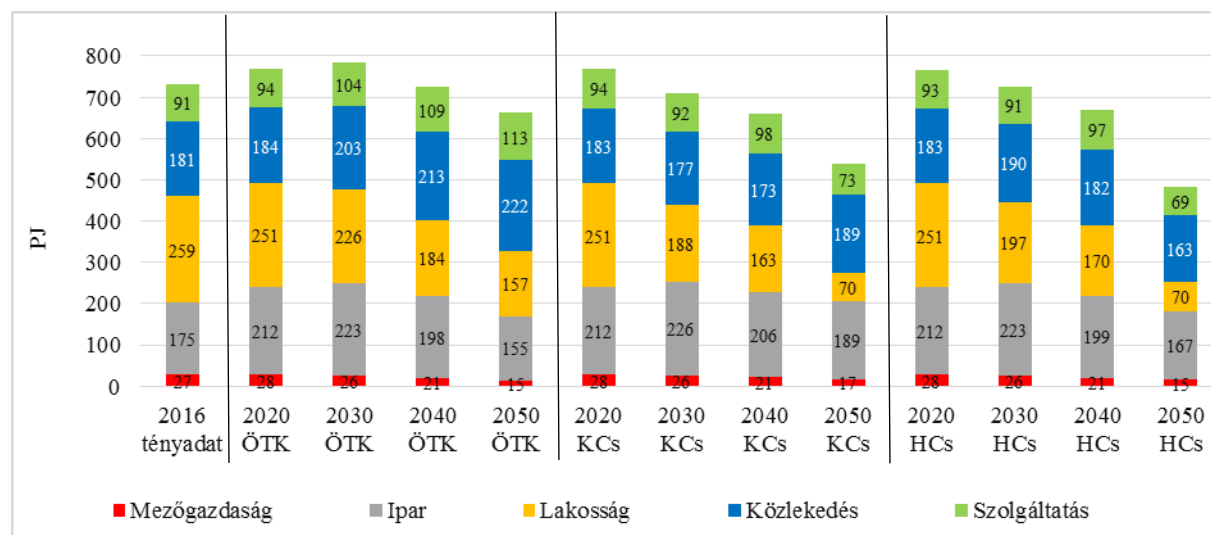
A HCs forgatókönyvhöz képest a KCs forgatókönyvben rendre alacsonyabbak a 2030 utáni szektoronkénti kibocsátások, egyedül az ipari folyamatokból származó kibocsátás alakul magasabban az időszak végén, amit a KCs forgatókönyv által elérhető sokkal nagyobb mértékű gazdasági növekedés és az azzal járó ipari termelésnövekedés magyaráz.

A 2050-ben még fennmaradó kibocsátások ellensúlyozására bővülni fognak a természetes nyelőkapacitásaink. A KCs és a HCs forgatókönyvekben 4,5 millió tonna CO_{2eq}/év természetes nyelés prognosztizálható, melynek legfőbb bázisát a növekvő erdőállomány jelenti majd. Adicionális beavatkozás nélkül (az ÖTK forgatókönyv szerint) viszont nettó kibocsátóvá válnak az erdők (nettó 140-145 ezer tonna CO_{2eq}/év lehet az erdők által kibocsátott ÜHG mennyisége).

Az energiaszektor – beleértve nemcsak az energiaellátást, de az ipar, a közlekedés, valamint az egyéb szektorok (mint pl. tercier szektor, lakossági szektor) energiafelhasználását is – **van a legnagyobb szerepe a kibocsátások csökkentésében**, részben mert a kibocsátásoknak is több mint 70%-áért ezen szektor felel, részben mert itt azonosítható a legnagyobb potenciál a csökkentésre (3. ábra). Ezért a szektorban gyökeres változásokra van szükség, **klímabarátta kell alakítanunk az energiaellátó-rendszereinket** (beleértve az energiatermelő kapacitásokat), **de egyúttal a végfelhasználói oldalt is képessé kell tenni a tiszta energiatechnológiák alkalmazására, valamint az energiafelhasználás csökkentésére.**

2016 és 2050 között a végső energiafelhasználás a jelenlegi intézkedések és szakpolitikák folytatásával 733 PJ-ról 662 PJ-ra csökkenthető. Ez azonban nem lenne elég a 2050-es klímasemlegesség eléréséhez. **A KCs forgatókönyve 538 PJ, a HCs forgatókönyve 484 PJ végső energiafelhasználást vetít előre 2050-re.** A KCs forgatókönyv magasabb energiafelhasználását a nevezett forgatókönyv által indukált nagyobb mértékű gazdasági növekedés magyarázza.

Szektoronkénti megoszlást tekintve (3. ábra) **a legnagyobb energiamegtakarítási potenciállal a háztartási alszektor (vagyis a lakosság) bír.**



Magyarázat: szakmai érvek alapján a 2016-os év jelentette a TIMES modellezés bázisét

Forrás: tényadat Eurostat, projekció HU-TIMES modellezési eredmény

3. ábra – A végső energiafelhasználás szektorok szerinti összetétele a három vizsgált forgatókönyv szerint, 2016-2050 (PJ)

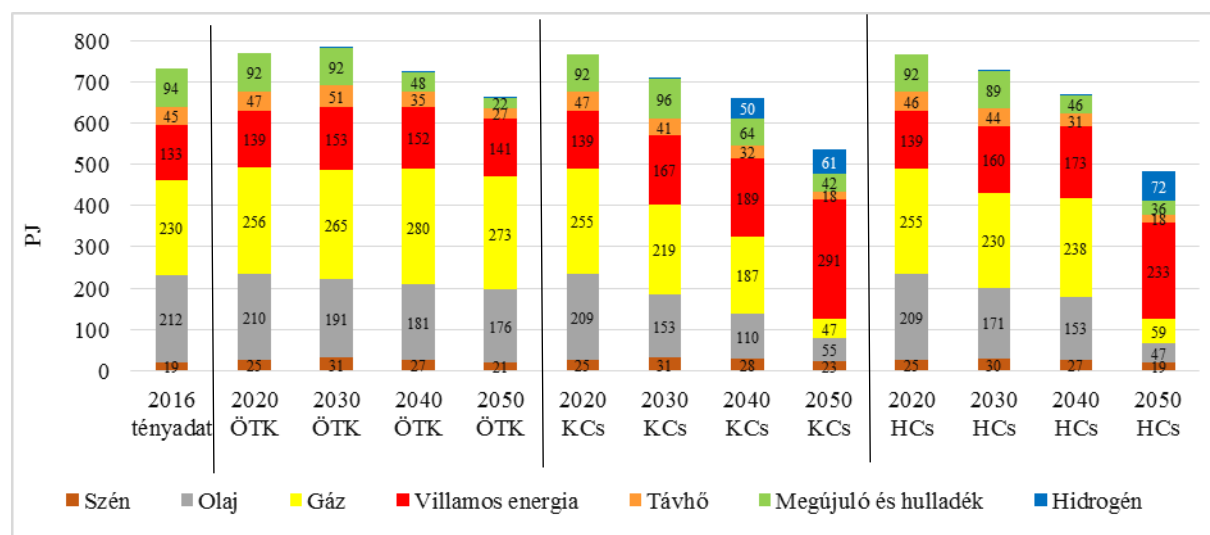
Már az ÖTK forgatókönyv esetében is jelentősen csökken a háztartások energiafelhasználása, köszönhetően az új eszközök lényegesen alacsonyabb energiafelhasználásának, az új építésű (és egyben energiatakarékos) lakásoknak, illetve a felújításoknak. Ezek oda vezetnek, hogy a kezdeti (2016 volt a bázisév) közel 260 PJ-os energiafelhasználás 2050-re az ÖTK forgatókönyvben is lecsökken 160 PJ alá. Ennél még jelentősebb a csökkenés a két klímasemlegességet célzó forgatókönyvben, ahol 2050-re a háztartások energiafelhasználása 70 PJ körüli szintre csökken.

Az ipari szektor energiafelhasználása eltérően alakul a vizsgált három forgatókönyvben. Az ÖTK forgatókönyvben a vizsgált időszak elején a GDP növekedése miatt az energiafelhasználás növekedése a domináns, majd az energiahatékonysági

beruházások ezt képesek ellensúlyozni, és a 2030-as évektől folyamatosan csökkenő tendenciát figyelhetünk meg. **A két klímasemlegességet célzó forgatókönyvben összességében csökkenő trend jellemző, bár 2030-ig némi növekedés prognosztizálható. 2030 után a KCs forgatókönyvben kevésbé csökken az energiafelhasználás, mint a HCs forgatókönyv esetében.** Ennek indoka is a KCs forgatókönyv gyorsabb GDP növekedésében és ebből fakadó magasabb ipari termelési szintjében keresendő.

A szolgáltatási és a közlekedési szektor hasonló pályát ír le a három forgatókönyvben. Ha nincsenek klímacélok meghatározva, akkor mindkét szektor energiafelhasználása kismértékben növekszik, míg a két klímasemlegességet célzó forgatókönyvben az energiafelhasználás az energiahatékonysági beruházásoknak, illetve a hatékonyabb tüzelőanyag-összetételnek köszönhetően 10-20%-kal csökken a jelenlegi sinthez képest.

A végső energiafelhasználás tüzelőanyag szerinti összetételének (4. ábra) jelentősen át kell alakulnia annak érdekében, hogy 2050-re elérhetővé váljon a kitűzött klímasemlegességi cél. Az ÖTK forgatókönyvben jelentős átrendeződés nem tapasztalható az üzemanyagok megoszlását tekintve, bár a földgáz súlya növekszik, kiszorítva elsősorban a megújuló energiaforrásokat.



Forrás: tényadat Eurostat, projekció saját modellezési eredmény

4. ábra – A végső energiafelhasználás tüzelőanyag-összetétele a három vizsgált forgatókönyv szerint, 2016-2050 (PJ)

A két klímasemlegességet célzó forgatókönyvben a legnagyobb változás a nagymértékű elektrifikációból adódik. A KCs forgatókönyv esetén a villamosenergia-felhasználás adja a teljes energiafelhasználás valamivel több, mint felét, de a HCs forgatókönyv esetén is közel van ezen arányhoz.

A közlekedésben tapasztalható elektrifikáció eredményeképpen **2050-re a kőolajfelhasználás is drámai mértékben, a jelenlegi felhasználás mintegy negyedére csökken** a két klímasemlegességet célzó forgatókönyvben. A másik jelentős változás, amely a modellezés alapján a 2040-es évektől indul el, **a földgázfelhasználás visszaszorulása, egyes szektorokban a teljes eltűnése.** A földgázt részben a hidrogén váltja ki, különösen a közlekedési és az ipari szektorban. **A hidrogén mindkét klímasemlegességet célzó forgatókönyv esetében lényeges szerepet tölt be már 2040-ben is, 2050-ben pedig már**

11%-át (KCs forgatókönyv), illetve 15%-át (HCs forgatókönyv) adja a végső energiafelhasználásnak.

A 2050-es nettó nulla ÜHG kibocsátás eléréséhez a jelenleg ismert technológiai fejlesztési irányok alapján **az alábbi területeken szükséges erőfeszítéseket tenni:**

- 1) **az energiahatékonyság javítása** a nemzetgazdaság valamennyi területén, illetve a körkörös gazdaság kiépítése;
- 2) **elektrifikáció** a gazdaság minden területén, melynek forrásoldali hazai bázisát a nukleáris és a megújuló energia jelenti;
- 3) **a széndioxid-leválasztási, -hasznosítási és -tárolási technológia** (CCUS technológia) alkalmazása az energiatermelési-szektorban, valamint a nagy kibocsátással bíró ipari létesítmények esetében;
- 4) **a hidrogén felhasználása és kapcsolódó hidrogéntekológiák** elterjedése;
- 5) **bioenergia fenntartható** (és korlátok közé szorított) **hasznosítása**;
- 6) **fenntartható, modern, innovatív mezőgazdaság**; illetve
- 7) **a természetes nyelőkapacitások, elsősorban az erdők szénmegkötő képességének növelése, illetve az erdők, mint legjelentősebb nyelőkapacitás fennmaradásának biztosítása és ennek érdekében az erdészeti szektor gazdasági, pénzügyi ösztönzőinek újragondolása**; valamint
- 8) **kutatás-fejlesztés és innováció** és megfelelő oktatási és képzési programok.

Főbb beavatkozási irányok:

- A lakossági **energiatakarékosság** elősegítése.
- Az **energiához való hozzáférést** javító beruházások felgyorsításának ösztönzése és kiszélesítése, különösen a lakossági és a kereskedelmi szektorban.
- Jelentős beruházásokra lesz szükség a gazdaság **elektrifikációjához**, különösen a közlekedési, a lakossági és a kereskedelmi szektorokban. A gazdaság elektrifikációja egyik fő feltétele az energetikai ágazat modernizációja és klímabarát (zöld) átalakítása.
- További beruházásokra lesz szükség a **CCUS és a hidrogéntekológia** fejlesztésébe, a a megújuló energiák hasznosításának növelésébe, valamint az energiátárolási rendszerek telepítésébe. Tekintettel a karbonkivezetési törekvésekre, a fosszilis tüzelőanyag-alapú technológiákba és iparágakba történő új beruházás az eszközök gyors értékvesztésének kockázatával fog járni.
- Az **ipari termelési/gyártási folyamatok** (Industrial Processes and Product Use, IPPU) hatékonyabbá tétele mellett a szén-dioxid leválasztásra, hasznosításra és tárolásra szolgáló CCUS technológiák, illetve a fosszilis energiahordozók (mint nyersanyagok) kiváltására alternatívát kínáló anyagok (a karbonmentes vagy alacsony karbon-tartalmú hidrogén és származékai, valamint biológiai eredetű alternatív nyersanyagok) alkalmazása is szükségessé válik a jövőben. Emellett a fogyasztási szokások átalakítására irányuló szemléletformálás és még inkább a körforgásos gazdaságra való áttérés is jelentős pozitív hatást gyakorol majd az ipari kibocsátások alakulására.
- A **közlekedési** ágazat villamosítása mellett a **második generációs (vagy fejlett) bioüzemanyagok** és a hidrogén felhasználásának bővítése, valamint a hatékonyabb üzemanyagfelhasználás és az autógáz üzemanyag (Liquefied Petroleum Gas, LPG) piaci

alapon történő fokozatos visszaszorulása² járul hozzá a szektor dekarbonizálásához és korszerűsítéséhez.³

- A **mezőgazdasági** ágazatban főként a műtrágya-felhasználás csökkentésére, a precíziós gazdálkodás, az automatizálás és a digitalizáció szélesebb körű alkalmazására, a szerves trágya hatékonyabb kezelésére lesz szükség, valamint a takarmányozás, az öntözés és az energiafelhasználás hatékonyságnövelését célzó egyéb beruházásokra. Jelentős beruházási igények merülnek fel a **LULUCF** szektorban is a 2030 utáni nettó szén-dioxid-megkötés (nyelés) fokozása érdekében, különösen – de nem kizárólagosan – az erdők alkalmazkodó képességének javítását, a fakitermelés középtávú csökkentését és az erdőtelepítés hosszú távú növelését célzó intézkedések terén. A fenntartható erdőgazdálkodás szempontrendszerében hangsúlyt kell helyezni a lehető legkedvezőbb CO₂ mérleggel rendelkező állományszerkezetek és gazdálkodási modellek fenntartására (térbeli- és korosztályszerkezet vonatkozásában) továbbá aktív beavatkozásokkal segíteni kell az erdőállományok fennmaradását, természetességi szintjük megőrzését, fejlesztését a klímaváltozás hatásai ellenére is.
- A **hulladékágazatban** jelentős beruházásokra lesz szükség a hulladéklerakás drasztikus csökkentése érdekében. A szektor kibocsátás-csökkentésének körülbelül 90%-át a hulladéklerakás visszaszorítása, a hulladékáramok eltérítése és a kezelési módszerek javítása adja. További beruházásokra lesz szükség az ipari hulladékok mennyiségének csökkentéséhez, a települési hulladék-kezelés fejlesztéséhez és a hulladék keletkezésének megelőzéséhez. A hulladékgazdálkodási tevékenységek jellegére tekintettel a szektor kibocsátás-csökkentéséhez más szektorokban végrehajtandó beruházásokra is szükség lesz (pl. hulladékszállítás okán a közlekedésben, avagy az újrafeldolgozásra nem alkalmas hulladékok égetése okán az energetikában).
- Energia- és éghajlati céljaink megvalósításának a **kutatás-fejlesztés és innováció** lesz az egyik kulcsa. Az új technológiák és eljárások ki-, illetve továbbfejlesztése, valamint piaci bevezetése révén olyan mértékű költségcsökkentést érhetünk el, ami nagyban segítheti a tiszta technológiák térnyerését.
- Az új technológiák és eljárások kifejlesztésére, telepítésére és /vagy alkalmazására is képes szakemberek **oktatása és képzése, illetve továbbképzése** szintén kulcsfontosságú a klímasemlegességi célok megvalósításában.

Költség-haszon elemzés

A klímasemlegesség 2050-ig történő eléréséhez a következő évtizedekben jelentős beruházásokra lesz szükség. **A nemzetgazdaság karbonmentesítéséből eredő közép- és hosszú távú lehetséges előnyök azonban meghaladják ezen költségeket. (1. táblázat)**

A **KCs forgatókönyv** esetében a **beruházási költségek 24 709 milliárd forinttal⁴ lesznek magasabbak az ÖTK forgatókönyvhöz képest.** Ezzel szemben a **HCs forgatókönyvnél** „csupán” 13 668 milliárd forint a többlet. A két forgatókönyv között a különbséget alapvetően az energiaszektor magyarázza. Az éves addicionális beruházásigény a GDP 4,8%-át teszi ki a **KCs forgatókönyv** esetében.

A projekciók szerint **a magyar gazdaság teljes karbonmentesítése ugyanakkor jelentős mértékű elkerült költségeket és gazdasági előnyöket is generál.** 2050-ig vizsgálódva azt láthatjuk, hogy az elkerült költségek és a társított hasznok értéke meghaladja a beruházási

² Az átmenetben még számolunk ezzel az üzemenyaggal.

³ Az LPG, mint átmeneti technológia szerepet játszhat rövidebb távon a teherfuvarozásban.

⁴ 1 EUR=350 HUF

költségeket. Az elkerült költségek és a társított előnyök ráadásul még jóval 2050 után is jelentkeznék, azokat azonban jelen anyagban nem számszerűsítettük. **Az elkerült költségek és gazdasági előnyök tekintetében a KCs forgatókönyv a legkedvezőbb.**

A zöld átmenetbe történő befektetések makrogazdasági hatásai tovább gyűrűznek, amelynek köszönhetően **jelentős gazdasági növekedés realizálódik, illetve az ÖTK forgatókönyvhöz képest több zöld munkahely jön létre.**

A KCs forgatókönyv szerint a kumulált többlet GDP hozzávetőlegesen 19 783 milliárd forintot tesz ki, a HCs forgatókönyvben pedig 11 170 milliárd forintot (1. táblázat, 5. ábra). Az állam bevételei 2020 és 2050 között kumuláltan **11 142 milliárd forinttal növekednek a KCs forgatókönyv esetében** (a HCs forgatókönyvben 6 200 milliárd forint a növekmény).

	KCs forgatókönyv	HCs forgatókönyv
Beruházási költségtöbblet – milliárd forint		
Mezőgazdaság	745	745
Hulladékgazdálkodás	480	476
IPPU	129	131
Energia	22 391	11 352
LULUCF	964	964
Beruházási költség összesen	24 709	13 668
Elkerült költségtöbblet - milliárd forint		
Materiális	2 393	556
<i>Elkerült energiaköltségek</i>	2142	305
<i>Műtrágya-használattal kapcsolatos elkerült költségek</i>	251	251
Nem materiális	4 993	3 441
<i>Karbonkibocsátással összefüggő elkerült társadalmi költségek</i>	2604	2269
<i>Közlekedéssel kapcsolatos negatív externáliák költsége</i>	2389	1172
Összes elkerült költség	7 387	3 997
További addicionális előnyök - milliárd forint		
Reál GDP	19 783	11 170
Állami bevételek	11 142	6 200
Addicionális munkahelyteremtés – álláshely száma		
Nettó új munkahely összesen	182 566	123 690
<i>Közvetlen munkahelyteremtés</i>	64 983	60 678
<i>Közvetett munkahelyteremtés</i>	117 583	63 012

Forrás: saját modellezési eredmény

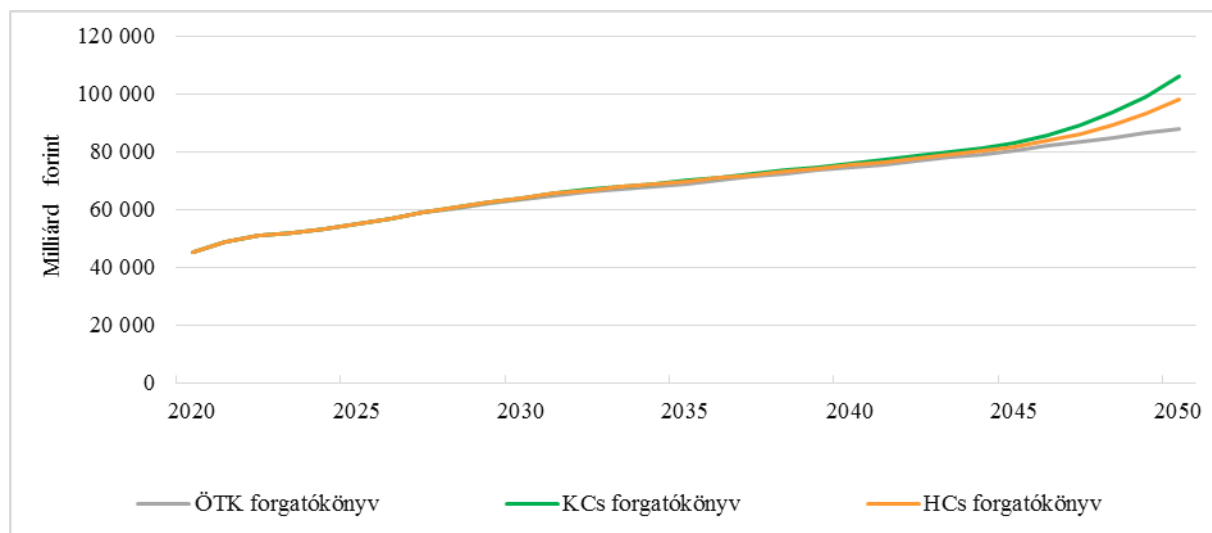
1. táblázat – Költség-haszon elemzés 2050-es időtávon (addicionális költségek és előnyök az ÖTK forgatókönyvhöz képest)

A modell előrejelzése szerint a gazdasági növekedés 2028 után jelentősen megélnkül. 2034-ig az ÖTK és a KCs forgatókönyvek szerinti GDP, illetve GDP növekedési ütem pályája az illeszkedik egymásra. 2035 után a KCs forgatókönyv szerinti GDP gyorsabban növekszik az ÖTK forgatókönyvhöz képest. **A KCs forgatókönyv évente átlagosan 2,9%-os⁵ GDP-**

⁵ A 2021-2050 közötti időszakra prognosztizált évi reál GDP növekedési ráták számtani átlaga. Elterjedt módszer az átlagos évi növekedési ráták kiszámítására a mértani átlag alkalmazása is, mely módszert alkalmazva 2,6%-os növekedés becsülhető a tárgyidőszakban. (Lásd erről a UN-ESCAP tájékoztató anyagát, mely elérhető a következő oldalon: https://www.unescap.org/sites/default/files/Stats_Brief_Apr2015_Issue_07_Average-growth-rate.pdf)

növekedési rátát becsül a 2021–2050 közötti időszakban. Az ÖTK forgatókönyv esetében a várt átlagos növekedés ugyanezen időszakban 2,5%.

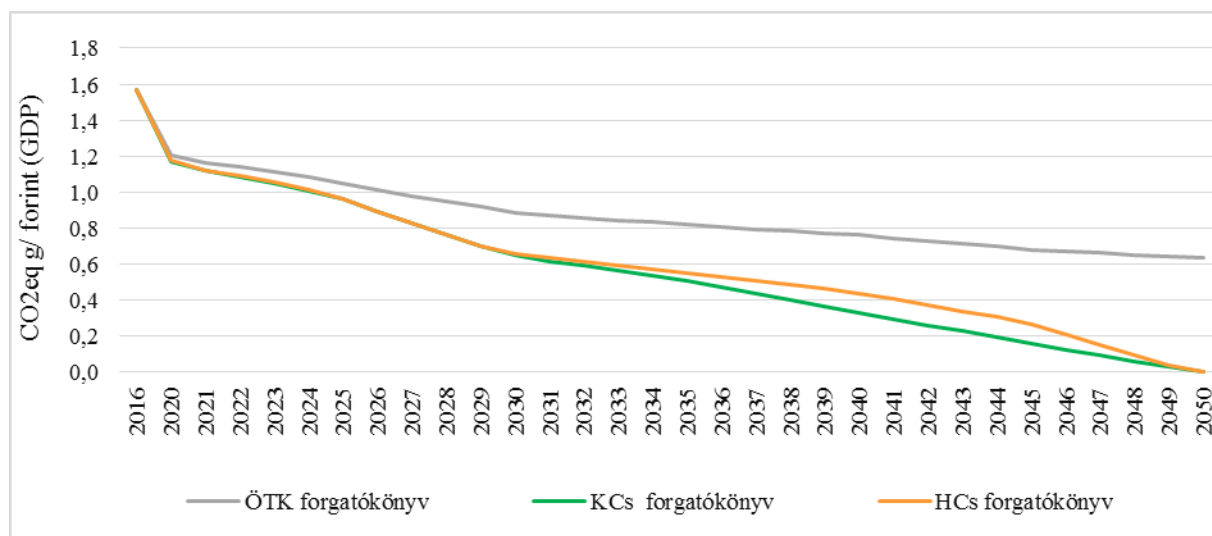
A KCs forgatókönyvben meghatározott korai beruházások, valamint a kibocsátások fokozatos és egyenletes csökkentése az előrejelzések szerint **2050-re 20,7%-kal magasabb GDP-t** eredményez az ÖTK forgatókönyvhöz képest. A HCs forgatókönyvben csak 11,3% a különbség. (5. ábra)



Forrás: saját modellezési eredmény

5. ábra – Összesített reál-GDP várható alakulása a három vizsgált forgatókönyv szerint

Ezen túlmenően a **KCs forgatókönyv szerint a magyar gazdaság karbonintenzitása fokozatosan csökken** a 2016-os 1,596 t CO₂eq / millió forintról a 2050-es nulla szintre, míg az ÖTK forgatókönyv szerint a karbonintenzitás 0,637 t CO₂eq / millió forint szinten várható 2050-re. (6. ábra)



Forrás: tényadat Eurostat, projekció saját modellezési eredmény

6. ábra – A reál GDP karbonintenzitása

A nemzetgazdaság karbonmentesítése új munkahelyeket teremt az elemzett ágazatokban. A KCs forgatókönyvben 2050-re az ÖTK forgatókönyvhöz képest közel 183 ezer új munkahely jön létre, míg a HCs forgatókönyv esetében az új, zöld munkahelyek száma ennek kétharmada. **Megfelelő oktatási, képzési és átképzési programok révén a magyar gazdaság összességében profitálhat a dekarbonizációs átmenetből.**

A forgatókönyvek 2050-ig tartó költség-haszon elemzése egyfelől arra világít rá, hogy **az ÖTK forgatókönyv nem teljesíti sem a megemelt 2030. évi ÜHG kibocsátás csökkentési célt, sem pedig a klímavédelemről szóló 2020. évi XLIV. törvényben rögzített 2050. évi klímasemlegességi célkitűzést. Másrészt azt is megmutatja, hogy a KCs forgatókönyv egyértelműen több gazdasági és foglalkoztatási lehetőséget rejt magában, miközben mérsékli a technológiai átmenet jelentette bizonytalanságot, melyet a HCS forgatókönyv túlzott mértékben tartalmaz. Továbbá a tiszta energiaátmenet felgyorsítása, a beruházások korai végrehajtása ösztönzőként szolgálhat a COVID-19 járvány által előidézett gazdasági válság idején a helyreállításra is. A szektorspecifikus eredményeket bemutató 4.2 alfejezetben ezért az ÖTK és a KCs forgatókönyvek összehasonlítására összpontosítunk.**

1. Hosszú távú jövőkép és a nemzeti klímapolitika alapelvei

E hosszú távú koncepció (röviden: NTFS) célja, hogy **felvázolja a klímavédelemről szóló 2020. évi XLIV. törvényben⁶ rögzített 2050. évi klímasemlegességi célkitűzés teljesítését szolgáló hosszú távú társadalmi-gazdasági és technológiai útvonalat.** A stratégia a **magyar családok boldogulását, gyarapodását és jóllétét helyezi középpontba** azzal, hogy az éghajlatváltozás negatív hatásai ellen szükséges megelőző, illetve a már elkerülhetetlen hatásokra felkészítő intézkedéseket integrálja az ország hosszú távú fejlesztési és jóléti céljaival.

A tiszta fejlődés egy olyan fejlődési utat jelent, amely fenntartható gazdasági növekedést és ezzel együtt zöld munkahelyteremtési és gazdaságfejlesztési lehetőségeket teremt, miközben minimalizálja a környezetszennyezést és az ÜHG gázok kibocsátását. A NTFS-ben bemutatott kibocsátáscsökkentési pályák a 2050-es klímasemlegesség elérését társadalmilag igazságosan, költséghatékonyan és a jelenlegi, illetve jövőbeli technológiai megoldások integrálásával teszik elérhetővé.

A klímasemlegesség elérése jelentős ráfordításokat igényel a nemzetgazdaság minden szektorában. A célok eléréséhez elengedhetetlen a klímaszennyező iparágak, illetve a magánszféra hozzájárulása. A magyar kormány határozott álláspontja, hogy a legnagyobb szennyezők fizessék a költségek nagy részét, a családok energia- és élelmiszerköltségei ne emelkedjenek az energiaátmenet miatt. A klímasemlegesség mellett, hogy jelentős költségeket indukál, **hatalmas jóléti lehetőséget is magában hordoz az elkövetkező 30 évre szóló fenntartható gazdasági növekedés megalapozásával.**

Az átalakulás óhatatlanul nehézségekkel és átmeneti veszteségekkel is együtt jár. A Stratégia ezért nagy hangsúlyt helyez arra, hogy az átmenet igazságos legyen: mindenki részesedjen annak hasznából, még ha átmenetileg nehézségekkel is kell szembenéznie. E megközelítéssel az NTFS növeli az ambiciózus klímavédelmi fellépés társadalmi támogatottságát, demonstrálva, hogy megfelelő kompenzációs intézkedések ellensúlyozhatják a kibocsátáscsökkentésre irányuló szakpolitikák esetleges nem kívánt hatásait.

Az NTFS hosszú távú víziójának eléréséhez nélkülözhetetlen a kutatás, fejlesztés és innováció támogatása, az oktatás és képzés minden szintjének fejlesztése és a megfelelő zöld finanszírozás biztosítása.

Hazánk kedvező helyzetből indul el ezen az úton, hiszen korábban bizonyította, hogy a gazdasági növekedés és a klímavédelem céljai nem feltétlenül ellentétesek. Magyarországon 1990 óta úgy nőtt a bruttó hazai össztermék (GDP), hogy közben a CO₂ kibocsátás harmadával (33%-kal), az energiafelhasználás pedig 15%-kal csökkent. A Magyar Országgyűlés által elfogadott klímavédelmi törvény (2020. évi XLIV. törvény a klímavédelemről) a régióban az első, a világon pedig a hetedik ilyen jellegű kötelezettségvállalás klímánk megóvására. Elköteleztük magunkat abban, hogy e cél érdekében konkrét lépéseket is tegyünk.

Az NTFS tovább vezet azon az úton, amit a 2018-ban elfogadott Második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia (NÉS-2), illetve a 2020-ban elfogadott Nemzeti Energia- és Klímaterv (NEKT), valamint a Nemzeti Energiastratégia (NES) középtávon kijelölt.

⁶ 2020. évi XLIV. törvény a klímavédelemről.

Elérhető: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=A2000044.TV&searchUrl=/gyorskereso>

Az NTFS az érdekelt felekkel folytatott széles körű egyeztetés, valamint a jövőbeni alacsony CO₂ kibocsátási útvonalak alapos modellezésének és elemzésének eredménye: Mindez lehetővé tette a politikai és technológiai döntések következményeinek szakszerű és megalapozott feltárását az integrált társadalmi-gazdasági célok szempontjából. Az átmenettel kapcsolatos világos vízió elengedhetetlen a befektetett eszközök idő előtti leértékelődéséből és a magas kibocsátású infrastruktúrákba való bezáródásból eredő kockázatok csökkentése érdekében is.

Magyarország az alábbi 2050-re vonatkozó jövőképek megvalósulása felé törekszik az egyes éghajlatváltozási szempontból kulcsszerepet játszó ágazatokban:

- **Energetika: klímasemleges, tiszta, okos és megfizethető energiaszektor** a magyar emberek és vállalkozások szolgálatában, amely megújuló és nukleáris energiaforrásokra épül, decentralizált, digitalizált, hatékony, biztonságos, összekapcsolt és mégis szuverén. Rugalmasan képes tárolni és felhasználni az időjárásfüggő megújuló termelésből származó energiát, zöld munkahelyeket és piaci lehetőségeket tud biztosítani, valamint gazdasági hasznot is hoz a családoknak azáltal, hogy aktív fogyasztókká, esetleg „prosumerekké” (egyszerre termelőkké és fogyasztókká) teszi őket.
- **Közlekedés: fenntarthatóbb, zöldebb, biztonságosabb és jobb összeköttetésű közlekedés**, amelyet high-tech infrastruktúra támogat, és amely a tömegközlekedés és az egyéni közlekedés közötti helyes egyensúlyra épül, elismerve mindenkinek azt a jogát, hogy utazási módjáról önállóan döntsön, miközben a CO₂ kibocsátás szempontjából előnyös utazási módokat ösztönözi, és mindannyiunk tiszta és egészségesebb levegőhöz, kevesebb zajszennyezéshez és a biztonságosabb életérhez fűződő érdekét szolgálja.
- **Ipar és vállalkozások: klímabarát, innovatív és tudásalapú ipari szektor és körforgásos gazdaság**, amelyben a magyar high-tech és zöld kis- és középvállalkozások (kkv) vezető szerepet töltenek be. A magyar kkv stratégia céljaival összhangban a szektorban végbemenő zöld fordulat segítségével a nemzeti ipar a zöld átmenet legnagyobb nyertesei között lesz, hozzájárulva a tiszta gazdasági fejlődéshez és a magyar emberek jóléthez.
- **Mezőgazdaság: egészséges, produktív, a klímaváltozás negatív hatásainak ellenálló és magas minőséget előállító mezőgazdaság**, amely teljes mértékben képes ellátni a magyar embereket, és amely megfelelő piaci környezetben exportra is képes termelni. A 2030-as évek elejétől egyre inkább beszélhetünk majd a mezőgazdaság digitális korszakának a beköszöntéről, a mezőgazdaság 5.0 eszközrendszerek (robotika, drón-alapú távérzékelés, automatizálás, iparszerű fehérje-, szénhidrát- és bioaktív anyagtermelés, molekuláris farming, a funkcionális talajok és trágyák, funkcionális élelmiszer- és takarmánytermelés, bioherbicidek, biopeszticidek) használatán alapuló közel nulla ÜHG és egyéb szennyezőanyag kibocsátású, körkörös anyagforgalmú, hulladékmentes gazdálkodásról.
- **Földhasználat és erdészet: egészséges, az éghajlatváltozásnak ellenálló erdő- és gyepállomány elérése.** A mezőgazdasághoz hasonlóan a szektorban is egyre inkább teret nyerne a térinformatika és a gazdálkodás digitalizációs és automatizálási eszközei, az erdőtelepítési programokban pedig megjelennek telepített fafajaink stressztűrőbb variánsai.. Megőrizzük és bővítjük természetes nyelőképességeinket, amelyek nélkülözhetetlenek a 2050-es klímasemlegesség eléréséhez.
- **Hulladék: minimális hulladékot termelő, majdnem teljesen hulladékmentes, tiszta ország**, amelyben a legkisebb ÜHG kibocsátású ágazatként, a körforgásos gazdaság

célkitűzéseivel összhangban, a hulladékot nyersanyagként kezelik, és annak mértékét a lehető legnagyobb mértékben csökkentik, újrahasználják és újrafeldolgozzák.

- **Finanszírozás: a fenntarthatósági és klímasemlegességi célokkal összehangoltan működő pénzügyi szektor és a növekedést támogató, klímabarát költségvetési politika,** amelyben a köz- és magánforrások áramlása összhangban áll a hazai zöld és klímavédelmi beruházások finanszírozási igényével.

Az átmenet által elérhető előnyök magyar szempontból történő maximalizálása, illetve a magyar emberek érdekeinek és értékeinek lehető legteljesebb körű érvényesítése során az alább meghatározott alapelvek fogják vezetni a klímapolitikai döntéshozatalt:

A nemzeti klímapolitika alapelvei:

- **Kontextualitás:** a nemzeti politikáknak és intézkedéseknek igazodniuk kell a klímavédelmet szolgáló nemzetközi és európai uniós vállalásainkhoz.
- **Egységesség:** a Kárpát-medence egészét érintően kell érvényes válaszokat adni, tekintettel az egységes ökoszisztéma jellegére.
- **Átfogó jelleg:** a hazai környezetet, társadalmat és gazdaságot tekintve is meg kell felelni minden előttünk álló kihívásnak. Az éghajlatváltozás negatív hatásait megelőző, mérséklő és a már elkerülhetetlen hatásokhoz való alkalmazkodást elősegítő szemléletformálási intézkedések egyforma fontosságúak.
- **Karbonmentes energiaforrások együttes alkalmazása:** a klímasemleges magyar gazdaság megteremtése a megújuló energiaforrások hasznosítása mellett épít a nukleáris energia hasznosítására is. A 2050-es klímasemlegesség nem érhető el nukleáris kapacitások nélkül, így mindkettőt figyelembe kell venni.
- **A „szennyező fizet” elve, illetve a környezeti felelősség, valamint a méltányosság és társadalmi igazságosság:** a legnagyobb szennyező vállalatoknak kell fizetni a költségek nagy részét. A válaszlépéseknek az arányos és reális beavatkozások logikáján kell alapulniuk.
- **Költséghatékonyság:** a kitűzött célokat a magyar adófizetők, fogyasztók és vállalkozások számára a lehető legalacsonyabb költséggel kell teljesíteni.
- **Előnyök maximalizálása:** a zöld átmenetben rejlő társadalmi és gazdasági előnyöket a lehető legnagyobb mértékben ki kell használni.
- **Szuverenitás és ellátásbiztonság fenntartása:** csak azokat a beavatkozásokat és intézkedéseket szabad figyelembe venni, amelyek tiszteletben tartják Magyarország szuverén döntéshozatali képességét, energiafüggetlenségi törekvéseit és ellátásbiztonságát.
- **Kutatás, fejlesztés és innováció alkalmazása és a kapcsolódó oktatási-képzési háttér fejlesztése:** a zöld átmenetet támogató technológiák és megoldások ösztönzése kulcsszerepet játszik a klímacélok elérésében, ezért ezek fejlesztését, gyártását, telepítését és alkalmazását elősegítő készségek és ismeretek fejlesztése is elengedhetetlen.
- **Fenntarthatóság:** csak azon technológiák és alacsony CO₂ kibocsátású megoldások támogathatók, amelyek ökológiai és társadalmi szempontból is fenntarthatóak.
- **Fenntartható területhasználat:** a biológiailag aktív felületek megtartására szükséges törekedni az NTFS végrehajtásához szükséges területhasználat során.

2. Szakpolitikai és jogi környezet

A **2015-ös Párizsi Megállapodás** keretében minden aláíró nemzet vállalta, hogy aktívan részt vesz az éghajlatváltozás elleni küzdelemben. A Párizsi Megállapodás 4. cikke kimondja, hogy a kollektív erőfeszítések hosszú távú célja, hogy „a jelen század második felében méltányossági alapon, a fenntartható fejlődés és a szegénység felszámolásával összefüggésben egyensúly jöjjön létre az üvegházhatású gázok emberi eredetű forrásokból való kibocsátásai és a nyelők általi eltávolításai között”. Ezt az egyensúlyt – azaz a klímasemlegességet – az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület (IPCC) 1,5°C-os globális melegedés hatásait vizsgáló különjelentése⁷ szerint globálisan 2050-ig el kell érni, annak érdekében, hogy az éghajlatváltozás legrosszabb következményei elkerülhetők legyenek.

Az ENSZ Környezetvédelmi Programjának 2019-es „Emissions Gap” című jelentése⁸ szerint ugyanakkor a globális ÜHG kibocsátás mértéke továbbra is növekszik, az utolsó 10 évben átlagosan évi 1,5%-kal nőtt, és 2018-ban soha nem látott csúcsot ért el. A jelentés szerint még csak jele sincs a globális kibocsátások tetőzésének az elkövetkezendő néhány évben, holott minden elszalasztott év azt jelenti, hogy később egyre radikálisabb és gyorsabb csökkentésre lesz szükség. A jelentés megállapítása szerint 2030-ra a globális kibocsátásoknak 25%-kal, illetve 55%-kal kellene alacsonyabbnak lenniük a 2018-as szinthez képest annak érdekében, hogy a világ a 2 °C, illetve a 1,5 °C mértékű átlaghőmérséklet-emelkedés alatt maradjon a legkisebb költségű pályán érje el. Ez csak akkor teljesíthető, ha minden ország hozzáteszi a saját részét a globális erőfeszítésekhez az ENSZ Éghajlatváltozási Keretegyezményében (UNFCCC) szereplő „közös, de megkülönböztetett felelősség” elve alapján, figyelembe véve saját nemzeti körülményeit.

Magyarország jó példával jár elöl annak ellenére is, hogy a globális ÜHG kibocsátásnak csak kb. 0,15%-ért felelős. Hazánk már korábban is ambiciózus vállalásokat tett a Kiotói Jegyzőkönyv első és második kötelezettségvállalási időszakában, amelyeket jelentősen túl is teljesített. A legfrissebb Nemzeti Leltárjelentés⁹ szerint a Kiotói Jegyzőkönyvben alkalmazott báziséhez (1985–87-es évek átlaga), illetve a nemzetközileg elterjedtebb bázisához, 1990-hez, képest a magyar ÜHG kibocsátás 2018-ban 43%-kal, illetve 33%-kal volt alacsonyabb. Magyarország volt az első ország az Európai Unióban (EU), amelynek parlamentje egyhangúan ratifikálta a Párizsi Megállapodást. 2019 decemberében az EU 2050-es klímasemlegességi célkitűzése mellett szavaztunk, majd a Magyar Országgyűlés 2020 júniusában elfogadta a **klímavédelemről szóló XLIV. törvényt**, amely jogi kötelezettséget ír elő az ország számára a klímasemlegesség 2050-ig történő elérésére. Ez megfelel a jelenlegi nemzetközi referenciaértéknek, és a tudományos közösség által szükségesnek ítélt célnak.

Tekintettel kell ugyanakkor lenni arra is, hogy az éghajlatváltozás nem az egyetlen környezeti és társadalmi kihívás, amellyel a világnak és Magyarországnak is szembe kell néznie, és amely összehangolt globális fellépést igényel. A legfontosabb problémák átfogó megoldása

⁷ IPCC (2018). Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. Elérhető: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/06/SR15_Full_Report_High_Res.pdf

⁸ UN Environment Programme (2019). Emissions Gap Report 2019. Elérhető: <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/30797/EGR2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

⁹ OMSZ (2017). Magyar Nemzeti Kibocsátási Leltárjelentés 1985-2018. Elérhető: <https://unfccc.int/documents/226419>

érdekében az ENSZ Közgyűlése 2015-ben elfogadta a 2030-ig tartó időszakra vonatkozó fenntartható fejlődési menetrendet.¹⁰

Magyarország 2004 óta az EU tagállama, ezért az EU politikai és jogi környezete meghatározó az ország számára. Az EU is elindította a klímasemlegesség felé vezető átmenet folyamatát a közös 2050-es klímasemlegességi cél elfogadásával és az **Európai Zöld Megállapodás** (European Green Deal, EGD) kezdeményezéssel. A már jelenleg is hatályban lévő EU-s környezet- és klímavédelmi jogszabályok, illetve az EGD kezdeményezés jelenleg kidolgozás alatt álló részletszabályai és végrehajtása alapvetően befolyásolják Magyarországi lehetőségeit és szakpolitikai döntéseit is az NTFS végrehajtása során. Ennek megfelelően az NTFS megalkotásánál és végrehajtásánál is kiemelt szerepet játszik ez a szabályozási környezet, így utalás szinten több helyen megjelenik, ugyanakkor annak részletes bemutatása nem a jelen stratégia feladata. Az NTFS szakpolitikai és jogi környezetének részletes bemutatása érdekében a legfontosabb nemzetközi, EU-s és magyar dokumentumokat az NTFS 2. melléklete tartalmazza. Ha a szükséges innovációk, energiahatékonysági intézkedések, emberi erőforrás, valamint az ipari és megújuló kapacitások kiépülésében az EU megelőzi versenytársait, az lépéselőnyt biztosítana, és jobb helyzetbe hozná a térséget az átmenetben, egyúttal jó példaként szolgálva mások számára. Ugyanez vonatkozik Magyarországra is az EU többi tagállamával összefüggésben.

A Kormány meggyőződése, hogy a megerősített regionális együttműködés is kulcsfontosságú lesz a klímasemlegesség eléréséhez és fenntartásához. A **Visegrádi Együttműködés** tagjaként Magyarország Csehországgal, Lengyelországgal és Szlovákiával együtt az éghajlatváltozással és a környezeti kihívásokkal kapcsolatos együttműködés elmélyítését tervezi, hogy hatékony és kölcsönösen előnyös helyi és regionális politikák és intézkedések születhessenek.

3. A koncepció elkészítésének folyamata és az érdekelt felek bevonása

Az NTFS széleskörű szakmai-, civil és társadalmi egyeztetésekre épül. A hosszú távú koncepció kidolgozásának fő felelőse az Innovációs és Technológiai Minisztérium (ITM) volt, amely mélységében vonta be a kormányzati és egyéb szereplőket a dokumentum kidolgozásába. A kormányzaton belüli legfontosabb egyeztetési és koordinációs fórum a Tárcaközi Éghajlatváltozási Munkacsoport (TÉM) volt. Emellett a széles nyilvánosság és a legfontosabb érdekelt felek bevonása is megtörtént. Az ITM nyilvános online egyeztetést szervezett 2019. november 18-25 között, amelynek keretében a Kormány honlapján elérhető felmérésen keresztül mindenkinek lehetősége volt elmondania véleményét a téma kapcsán. A kérdőívre több mint 200 000 válasz érkezett, és az ott tett javaslatok hozzájárultak az NTFS kidolgozásához. A nyilvános „egyeztetés” eredményének részletes összefoglalása a Kormány honlapján szintén bemutatásra került.

A Magyar Kormány 2020 januárjában fogadta el jelen hosszú távú koncepció tervezetét, amely a kormány és az Európai Bizottság honlapján is megjelent. Ennek a tervezetnek a bázisán az ITM tovább folytatta és kibővítette az NTFS-ről folytatott egyeztetéseket 2020 folyamán, többek között „Klímareggelik” c. online rendezvénysorozat szervezésével, ahol az autóiipari szereplők, nagy energiafogyasztók és termelők, a városi közlekedés szolgáltatói, pénzügyi intézmények, civil szervezetek, valamint ifjúsági szervezetek is kifejthették a nemzeti klímasemlegességi célkitűzéshez való tervezett hozzájárulásuk módját, az ahhoz

¹⁰ ENSZ Közgyűlés (2015). Agenda 2030: Fenntartható Fejlesztése Menetrend. 2015. szeptember 25. Elérhető: https://www.un.org/en/development/desa/population/migration/generalassembly/docs/globalcompact/A_RES_70_1_E.pdf

kapcsolódó kihívásait, lehetőségeiket és igényeiket. Az általuk készített részletes írásbeli javaslatok beépítésre kerültek a hosszú távú koncepció végleges változatába. Ezen javaslatok rövid összefoglalását az NTFS 4. melléklete tartalmazza.

Az ITM emellett bevonta a dokumentum elkészítésébe a Globális Zöld Növekedési Intézetet (Global Green Growth Institute, GGGI), mint független nemzetközi stratégiai tanácsadó szervezetet, és hasznosította annak széleskörű tapasztalatait a nemzeti tiszta növekedési stratégia összeállításában. Ezen együttműködés keretében **három szakmai workshopra is sor került a modellezési eredmények validálása és az ágazati politikák és prioritások megvitatása céljából**. A lefolytatott egyeztetések teljeskörű listáját az NTFS 3. melléklete foglalja össze, míg az érdekelt feleknek és a szélesebb nyilvánosságnak az NTFS végrehajtásába és felülvizsgálataiba történő bevonásának módjáról az NTFS 7. fejezete szól részletesen.

Az egyes tervek, illetve programok környezeti vizsgálatáról szóló 2/2005. (I. 11.) Korm. rendelet alapján az NTFS-re készült stratégiai környezeti vizsgálat fő ajánlásait a 8. melléklet tartalmazza. **Érdekelt felekkel történő egyeztetés**

A gazdaság egészére kiterjedő, illetve az ágazati dekarbonizációs útvonalak kialakítása részben a különböző érdekelt felekkel történő egyeztetések inputjain alapult:

- i) egyeztetések a magánszektor és a civil szervezetek képviselőivel az úgynevezett „Klímareggelik” című virtuális rendezvénysorozat keretében, amelyek lehetővé tették, hogy az ágazati piaci szereplők és érdekképviselők megosszák nézeteiket és jó gyakorlataikat. A klímareggelik egyes javaslatait a modellezés során figyelembe vettük.
- ii) Az NTFS elkészítésének ideje alatt három, széleskörű munkaműhely került megszervezésre, ahol a különböző szakterületek, illetve a tudomány képviselőinek volt lehetőségük megosztani nézeteiket a modellezésről, továbbá validálták a klímasemlegességet célzó forgatókönyveket.

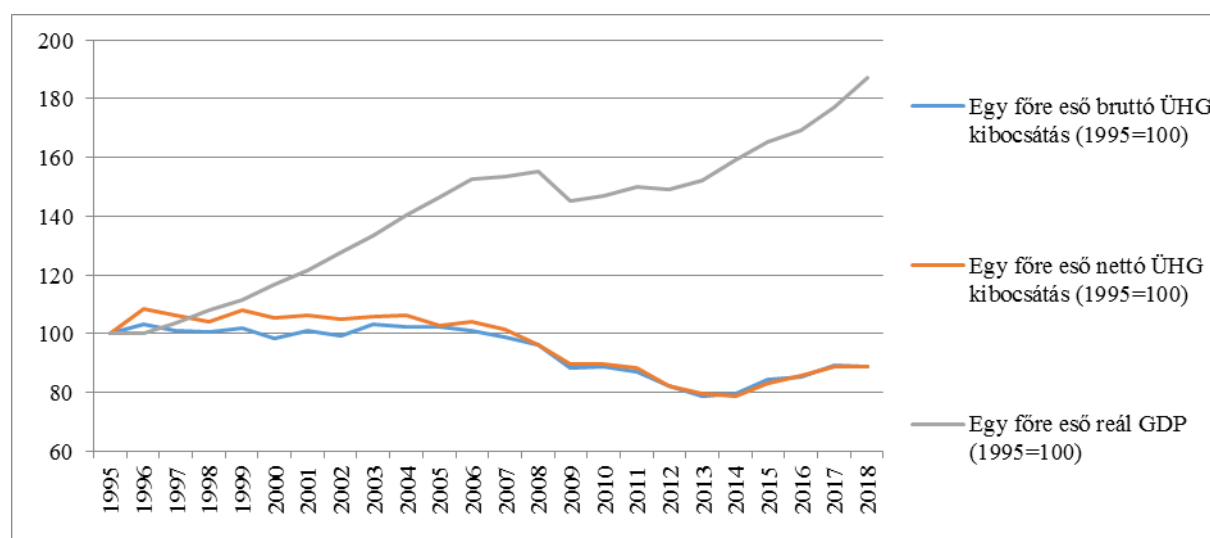
4. ÜHG kibocsátások, szakpolitikák és intézkedések, azok társadalmi-gazdasági hatásai és az azokhoz kapcsolódó zöld növekedési lehetőségek, alkalmazkodás az éghajlatváltozás elkerülhetetlen hatásaihoz

4.1. Az üvegházhatású gázok kibocsátásának a gazdaság egészére vonatkozó pályái

4.1.1. Az ÜHG kibocsátások historikus trendjei, valamint azok jelenlegi kulcs forrásai

A legfrissebb elérhető adatok¹¹ alapján 2018-ban a teljes magyar ÜHG kibocsátás 63,2 millió t CO₂eq volt, a földhasználat, a földhasználat-megváltoztatás és az erdőgazdálkodás (LULUCF) szektort nem számítva. Az ÜHG nyelő LULUCF szektort is figyelembe vevő nettó kibocsátás 58,6 millió t CO₂eq-t tett ki ugyanekkor. Habár 2017-hez képest nem változott jelentősen a kibocsátások szintje, a korábbi évek növekvő trendje megtört, és közel 1%-os csökkenés következett be. A kibocsátások így 33%-kal voltak 2018-ban az 1990-es szint alatt.

Kedvező trend, hogy a rendszerváltás utáni visszaesést követően úgy nőtt folyamatosan az ország GDP-je, hogy közben az ÜHG kibocsátás összességében nem növekedett, vagyis a GDP növekedése és a kibocsátás elvált egymástól. **Az ÜHG kibocsátás és a gazdasági fejlődés szétválása rávilágít arra, hogy a gazdaságfejlesztés és a klímavédelem céljai együttesen is érvényesülhetnek. (7. ábra)**



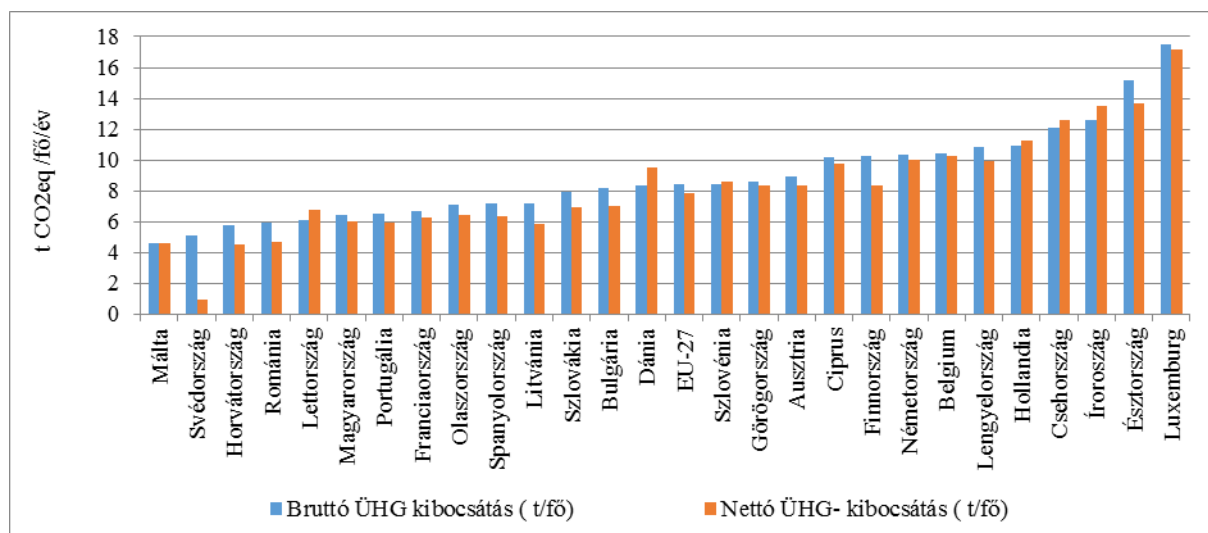
Forrás: Eurostat

7. ábra – Az egy főre jutó ÜHG kibocsátás és az egy főre jutó GDP változása Magyarországon

Az egy főre jutó bruttó¹² ÜHG kibocsátás értéke 6,5 tonna CO₂eq/fő/év, ami a hatodik legkedvezőbb az EU-ban, jóval az európai átlag alatt (8. ábra). Ezzel a V4 országok között a legjobb mutatóval rendelkezik Magyarország.

¹¹ OMSZ. (2017). Magyar Nemzeti Kibocsátási Leltárjelentés 1985-2018. Elérhető: <https://unfccc.int/documents/226419>

¹² A bruttó kibocsátás nem tartalmazza a LULUCF kibocsátásait (azaz a nyelő kapacitásokat).



Forrás: EEA, Eurostat

8. ábra – Az egy főre eső bruttó és nettó ÜHG kibocsátás EU tagállamonként 2018-ban

A 2018-ra elért 33%-os kibocsátáscsökkenés egyrészt a 1989-90-es politikai és gazdasági rendszerváltozás következménye volt, amelynek eredményeként az 1990-es évek elején a termelés a nemzetgazdaság valamennyi szektorában radikális mértékben csökkent. Ugyanakkor tizennégy évnyi (1992-2005) stagnálást követően, 2005-2013 között az ÜHG kibocsátások ismét jelentősen, kb. 25%-kal csökkentek. Ebből a 2008-2009-es gazdasági világválság kb. 9%-nyi csökkenést eredményezett. Az ezt követő gazdasági talpra állás 2013-tól átmenetileg ismét emelkedő pályára állította a kibocsátásokat: 2017-ig 12%-os emelkedés volt megfigyelhető, 2018-ban azonban ismét sikerült csökkenteni az összkibocsátást (2. táblázat).

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018
Összesen	93,9	75,3	73,2	75,3	64,8	60,7	61,2	63,7	63,2

Forrás: Eurostat

2. táblázat – Az ÜHG kibocsátások trendjei LULUCF szektor nélkül (millió tonna CO₂eq/év)

Az összes emberi tevékenységgel összefüggő ÜHG kibocsátás 78-79%-át a CO₂ teszi ki. A CO₂ kibocsátás legfőbb forrása az energetikai célú fosszilis energiafelhasználás, beleértve a közlekedési szektort is. A metán a kibocsátások 12%-áért felelős, legfőbb forrása a hulladéklerakás, valamint az állattartó telepek. A nitrogén oxidok kb. 8%-ot képviselnek, és nagyrészt a műtrágya felhasználásból származnak. A maradék kb. 2%-ot a fluor gázok teszik ki.

A bruttó kibocsátások szektorok szerinti megoszlása (10. ábra) tekintetében **messze az energiaszektor felelős a legnagyobb mértékben az ÜHG kibocsátásért**, ez az arány 2018-ban 72%-ot tett ki. A fosszilis tüzelőanyagok felhasználásában ugyanakkor kedvező trend, hogy a szén aránya az elmúlt harminc évben 30%-ról 10%-ra csökkent. **2018-ra a közlekedés nem csak az energiaszektoron belül, hanem az összes alszektor közül a legnagyobb kibocsátóvá vált**, a magyar kibocsátás 22%-áért felelős. A közúti közlekedés dominálja a közlekedésen belül a kibocsátásokat, amelyek az elmúlt öt évben közel 40%-kal emelkedtek.

Az ipari folyamatokból és termékhasználatból eredő kibocsátások jelentik a második, míg a mezőgazdaság a harmadik legnagyobb kibocsátó szektort, mindkettő kb. 11%

körül arányban részesedik az összkibocsátásból. 2018-ban a vegyiparból származott az ipari kibocsátások 37%-a, míg 19% az ózont károsító anyagokat helyettesítő anyagok felhasználásának következménye volt. Az ásvány- és fémipar 19, illetve 20%-kal járult hozzá az ipari szektor kibocsátásaihoz. Az egyéb termékhasználat (4%), valamint az üzemanyagok nem energetikai célú felhasználása (1%) képviselte a legkisebb részt.

A mezőgazdaság aránya az összkibocsátásokból az elmúlt 30 évben érdemben nem változott (10-11%). A legkisebb arányban a hulladék szektor járult hozzá a kibocsátásokhoz (5%), ugyanakkor összességében egyedül ebben a szektorban nőttek az ÜHG kibocsátások 1985 óta, összesen 7%-kal. A LULUCF szektor nagy változatosságot mutat évről évre, elsősorban a természetes folyamatok miatt. 1990 és 2018 között nagyjából átlagosan évente 3,8 millió t CO₂eq mennyiséget vont ki a légkörből a szektor. 2018-ban ez 4,7 millió tonnát jelentett, ami a bruttó kibocsátások kb. 7%-a. Ez nagyrészt az erdőknek volt köszönhető.

4.1.2. A 2050-ig tartó, a gazdaság egészére kiterjedő dekarbonizációs útvonalak

A klímasemlegesség 2050-ig történő eléréséhez a következő évtizedekben jelentős beruházásokra lesz szükség valamennyi nemzetgazdasági ágazatban. A nemzetgazdaság karbonmentesítésének **közép- és hosszú távú előnyei azonban meghaladják ezen költségeket.** Az alacsony ÜHG kibocsátású technológiákba és infrastruktúrába történő befektetés nem csak a 2050-es klímasemlegességi cél eléréséhez járul hozzá, hanem más nemzeti fejlesztési célokhoz is, beleértve a környezeti fenntarthatóságot, az energiaellátás biztonságát, valamint a magyar emberek egészségét és jólétét.

A COVID-19 járvány okozta válság tanulságai egyértelműen szemléltetik, hogy gazdasági értelemben is előnyösebb megelőzést célzó stratégiákat kialakítani, mint a keletkezett károkat utólagosan és költségesen elhárítani. Az ÜHG kibocsátás csökkentését célzó korai intézkedések jóval előnyösebbek, mint az éghajlati hatások anyagi következményeinek későbbi viselése.

A 2050-es klímasemlegesség különböző útvonalainak azonosítása az egész gazdaságra kiterjedő, átfogó integrált modellezésen alapul. Az érdekelt felek széles köre vett részt a modellezés megalapozásában és a koncepcióalkotás folyamatában, ideértve a minisztériumok és háttérintézmények szakértőit, valamint a magánszektor képviselőit is, minden szektort lefedve. A lefolytatott egyeztetéseket a 3. melléklet mutatja be, a 4. melléklet pedig az érdekelt felek által tett javaslatokat foglalja össze.

A hosszú távú pálya felvázolása érdekében integrált modellezési megközelítés került alkalmazásra az ágazati sajátosságok, valamint a karbonmentesítési folyamat rendszerszerű és ágazatok közötti dinamikájának feltárására:

- A **Zöld Gazdaság Modell** (Green Economy Model, GEM) egy olyan ágazatközi modell, amely ún. rendszerdinamikai megközelítést alkalmaz. Ez a nemzeti körülményekre szabott integrált modell, amely figyelembe veszi a népesség, a gazdasági tevékenységek és a környezeti mutatók közötti összefüggéseket, a nemzetgazdaság egészére kiterjedő kibocsátáscsökkentési útvonalak értékelésére alkalmas. A módszer a karbonmentesítés makrogazdasági hatásainak becslését, beleértve a társadalmi és környezeti externáliák, illetve a munkaerőpiaci változások gazdasági értékelését teszi lehetővé.
- A Zöld Gazdaság Modellel iteratív módon került felhasználásra a **HU-TIMES modell**, mely az energiaágazat modellezésére, valamint az energia és az ipari szektor

kibocsátási útvonalainak felvázolására szolgál. A TIMES modell egy alulról felfelé építkező, részleges egyensúly-optimalizálási modell, amelyet az energiaáram különböző útvonalainak elemzésére használnak az energiaágazatokon belül, figyelembe véve az összes alágazat exogén keresletére vonatkozó feltételezéseket, a jelenlegi és a jövőbeli elérhető technológiákat, valamint a gazdasági környezetet (pl. GDP, népesség, ETS kvótaár, üzemanyagárak stb.). Az energiaárak elemzése mellett a HU-TIMES modell képes technológia- és ágazatspecifikus információkat szolgáltatni az ÜHG kibocsátásáról és az ezzel járó többletköltségekről, amelyek a különböző klímasemlegességet célzó forgatókönyvekben meghatározott célok eléréséhez szükségesek.

A modellezéssel kapcsolatos további részletek, beleértve az ágazati és az egész gazdaságot érintő kibocsátási útvonalak kialakítására vonatkozó összes feltételezést, a 8. mellékletben található.

Minden gazdasági ágazat eltérő kibocsátáscsökkentési potenciállal rendelkezik, az alacsony és nulla, illetve a negatív kibocsátású technológiai megoldások rendelkezésre állásától és az azokhoz kapcsolódó költségektől függően. Tekintettel az egyes ágazatok szerkezeti és technológiai fejlődésében meglévő különbségekre, gyakorlatilag lehetetlen minden ágazatban nulla kibocsátást elérni. Ezért rendszerszintű, integrált és ágazatokon átívelő megközelítés került alkalmazásra az emissziós útvonalak kialakításában.

A modellezés nemcsak a klímasemlegességi cél 2050-ig történő eléréséhez szükséges költségeket becsülte meg, hanem a karbonmentesítési útvonalak makrogazdasági hatásait is feltárta, ideértve a GDP növekedésére, a foglalkoztatásra és az állami bevételekre gyakorolt hatásokat is. Ezen kívül az elemzés figyelembe vette a kibocsátáscsökkentés olyan fontos előnyeit is, mint az erőforrás- és anyagmegtakarítás, a negatív közlekedési externáliák mérséklése, a pozitív egészségügyi hatások és a termelékenység növekedése.

Az üvegházhatású gázok (ÜHG) kibocsátásának három 2050-ig terjedő forgatókönyve került kidolgozásra:

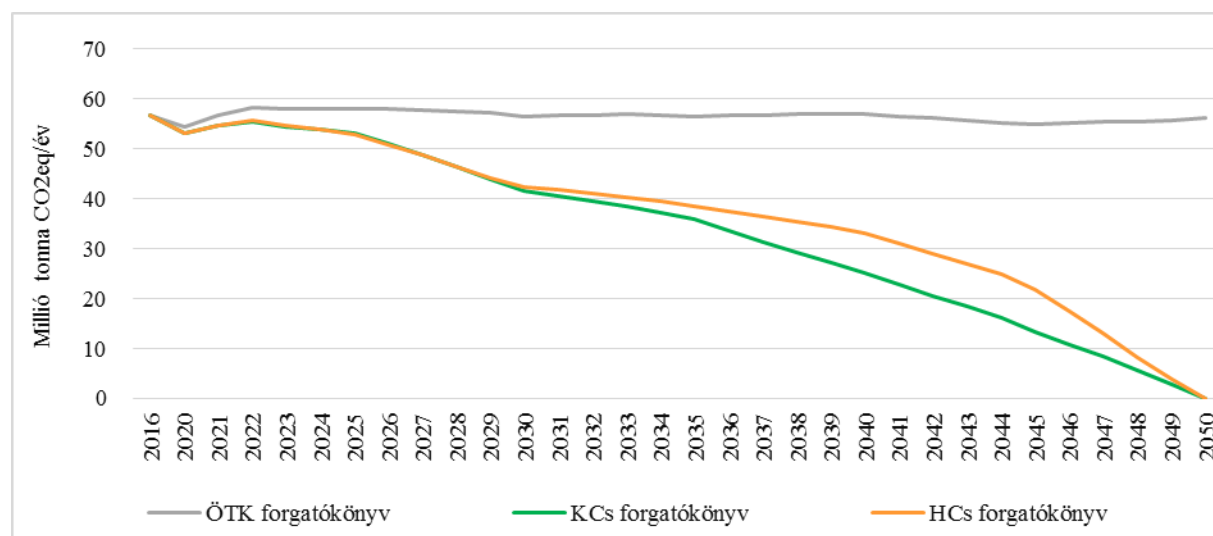
- a) **Ölbe Tett Kéz (ÖTK) forgatókönyv, vagy más néven Business-as-Usual scenárió (BAU):** a forgatókönyv kibocsátási pályája a jelenlegi trendeket követi. A forgatókönyv nem tartalmaz 2030-ra, illetve 2050-re vonatkozó energiahatékonysági, megújuló energia- vagy ÜHG kibocsátás-csökkentési célokat, így nem tartalmazza a Nemzeti Energia- és Klímatervben valamint az új Nemzeti Energiastratégiában kijelölt célokat sem. Minden szektorban a jelenlegi tendenciák lettek figyelembe véve, a kibocsátások csökkentésére irányuló további erőfeszítések nélkül.
- b) **Halasztott Cselekvés (HCs) klímasemlegességi forgatókönyv:** a forgatókönyv a nettó klímasemlegesség 2050-ig történő elérését oly módon célozza meg, hogy az energiaágazatban a kibocsátások lassabb ütemű pálya mentén kerülnek csökkentésre 2045-ig, majd az időszak végén fokozott erőfeszítéssel számol. Ez teszi lehetővé az alacsony és nulla kibocsátású technológiák alacsonyabb költség szintjének kiaknázását. A forgatókönyv azt feltételezi, hogy – a Klímátörvényben rögzített céloknak megfelelően – a végső energiafelhasználás 2030-ban legfeljebb 785 PJ-t érhet el, a megújuló energia részaránya pedig legalább 21%-ra nő. 2030 után a hulladékgazdálkodáson kívüli ágazatok a legalacsonyabb költségű pályán haladnak a klímasemlegesség felé, ami – a beruházásoknak a technológiai költségek csökkenését kiváró halasztása miatt – az időszak végére felgyorsuló kibocsátás-csökkentést eredményez. A hulladékgazdálkodás esetében már 2030-ra nagyobb ambíciószintet feltételez a modell a hulladéklerakók

igénybevételének csökkentésére vonatkozó uniós célok (körforgásos gazdaság) teljesítése érdekében.

- c) **Korai Cselekvés (KCs) klímasemlegességi forgatókönyv:** a megközelítés a klímasemlegesség 2050-ig történő elérését úgy vetíti előre, hogy közben a munkahelyteremtés és környezeti externáliák mérséklésének rövid és középtávú előnyeit, a korai lépéselőny („first mover”) gazdasági lehetőségeit, a magasabb termelékenységet és GDP-növekedést is feltárja. A forgatókönyv azt feltételezi, hogy Magyarország 2030-as végső energiafelhasználása maximum 734 PJ, a megújuló energia penetráció pedig eléri a 27%-os arányt. Az ipar, a LULUCF, a hulladékgazdálkodás és a mezőgazdaság kibocsátásainak csökkentési pályája megegyezik az HC-s forgatókönyvével. 2030 és 2050 között a kibocsátások lineáris pályát követve érik el a nettó nulla kibocsátási szintet. Mind a HC-s, mind a KC-s forgatókönyvekben a CO₂ leválasztásra, hasznosításra és tárolásra vonatkozó (CCUS) technológiák 2030 után válnak kereskedelmileg életképesé az energia- és az ipari szektorokban.

Mindhárom forgatókönyv esetében azonos demográfiai trendek kerültek meghatározásra, míg a GDP értékeket endogén módon becsülte meg a GEM modell.

Az ÜHG-kibocsátásnak a három vizsgált forgatókönyv szerinti alakulását a 9. ábra szemlélteti.



Forrás: tényadat Eurostat, projekció saját modellezési eredmény

9. ábra – A teljes gazdaságra vonatkozó összes éves nettó ÜHG kibocsátás várható alakulása a három vizsgált forgatókönyv szerint (CO₂eq/év)

A forgatókönyvek 2050-ig tartó költség-haszon elemzése azt állapította meg, hogy a **KCs forgatókönyv egyértelműen több gazdasági és foglalkoztatási lehetőséget rejt magában**, amelyek kiaknázására a COVID-19 válságot követő gazdaságösztönzés esetében különösen nagy szükség van:

- Az ÖTK forgatókönyvhöz képest szükséges **pótlólagos beruházások megközelítőleg 24 709 milliárd forintot érnek el** ebben a scenárióban. Ezekre a beruházásokra főként a tiszta energiatermelési kapacitások kiépítése, az élettartamuk végéhez érő erőművek és ipari létesítmények bezárása, a meglévő épületállomány felújítása és új, energiahatékony épületek építése, valamint az elektromos közlekedési infrastruktúra kialakítása érdekében lesz szükség. Jelentős beruházásokat követel a

hulladékgazdálkodási rendszer átalakítása és a körforgásos gazdaság bevezetésének felgyorsítása, valamint az új, fenntartható mezőgazdasági gyakorlatok bevezetése is.

- Ugyanakkor a beruházások korai végrehajtása eredményeként 2050-re nagyobb lesz a **GDP**, az **állam bevétele** és az **elkerült költségek** összege, és nagyobb lesz a negatív környezeti externáliák elhárításának mértéke, mint ezen beruházások későbbi megvalósulása esetén.
- Fontos szempont, hogy a **beruházások korai végrehajtása ösztönzőként szolgálhat a COVID-19 járvány által előidézett gazdasági válság idején a helyreállításra új és zöld munkahelyek ezreinek megteremtésével és a magyar emberek jólétének fokozásával.**
- Ugyan a finanszírozás költségei és a tőkeköltségek jelenleg alacsony szinten vannak, a köz- és a magánforrások zöld beruházások irányába történő terelése minden eddiginél fontosabb, tekintettel arra, hogy az éghajlatváltozás elleni fellépés sürgető feladat.
- Ezenkívül a zöld átalakulás felgyorsítása lehetővé teszi Magyarország számára az anyagköltségek (beleértve az üzemanyagköltségeket is) és az import csökkentését, javítva ezzel a kereskedelmi mérleget és erőforrásokat felszabadítva más fontos célokra, illetve növelve az ellátás biztonságát is.

A 4.3. alfejezet és az ott közölt **Hiba! A hivatkozási forrás nem található.** részleteiben mutatja be a KCs és a HCs forgatókönyvek zöld foglalkoztatási lehetőségeit és társadalmi-gazdasági előnyeit.

A modellezés eredményeképp az alábbi főbb **következtések** állapíthatóak meg:

- 2050-re a nettó nulla kibocsátási cél elérhető a meglévő és kipróbálás alatti, de jelenleg még nem vagy csak részben piacképes technológiák felhasználásával. Becslésünk szerint a CCUS és a hidrogén technológiák 2030 után fokozatosan teret nyernek;
- minden ágazatnak hozzá kell járulnia a klímasemlegességi cél eléréséhez saját csökkentési potenciálja, a kapcsolódó költségek és a technológiai felkészültség függvényében; illetve
- a hazai ÜHG elnyelő potenciál fokozása nélkülözhetetlen az ország klímasemlegességi céljának eléréséhez.

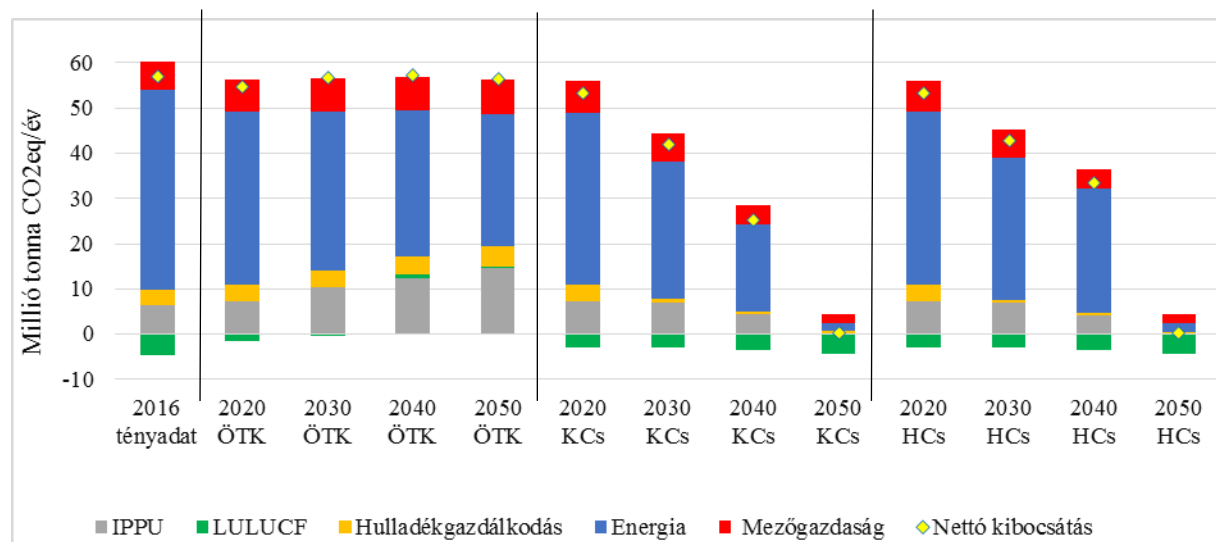
A két klímasemlegességet célzó forgatókönyv kibocsátás-csökkentési pályája a 2020-as évek közepétől elkezd elválni egymástól, 2030-ra már a különbség meghaladja a 800 ezer tCO_{2eq}-t. Nagyobb mértékű csökkentést természetesen a KCs forgatókönyv eredményez. A Korai Cselekvés esetében ehhez nagyobb erőfeszítésekre van szükség, ami azzal magyarázható, hogy a növekvő beruházások pozitívan hatnak az ország GDP-jére, ami viszont megnöveli a végfelhasználói szegmensek keresletét, azaz például növekszik az utazási igény, vagy a háztartási eszközök iránti kereslet, s ezzel az energiafogyasztás is. 2030-ra mindkét forgatókönyv szerint a nettó ÜHG kibocsátás jelentősen, 54,4%-kal (KCs forgatókönyv), illetve 53,5%-kal (HCs forgatókönyv) csökken (a 91,33 millió tonna CO_{2eq} bázisértéket alapul véve).

Mind a HCs, mind pedig a KCs forgatókönyv esetében három korlát került alkalmazásra 2030 tekintetében: ÜHG-, energiahatékonysági, és megújuló energia korlát. Mindkét forgatókönyv esetében **az igazán szigorú követelményt a megújulóenergia-felhasználás bővítése jelenti**: a HCs forgatókönyvben legalább 21, a KCs forgatókönyvben pedig legalább 27%-os penetrációt kell elérni. Ezen különbség eredményezi azt, hogy a KCs forgatókönyv esetében lényegesen magasabb a megújulóenergia-felhasználás, amelynek következtében

kisebbs az ÜHG-kibocsátás. A modellezési eredmények alapján a KCs forgatókönyvben 1 TWh-val magasabb a megújuló alapú villamosenergia-termelés, mint a HCs forgatókönyvben, de ez nem fosszilis termelést vált ki, hanem az importarányt befolyásolja, így ÜHG-mérlege Magyarország szempontjából „semlegesnek” tekinthető.

2030-at követően 2045-ig a kibocsátási pálya a két forgatókönyvben élesen elválk, mivel a KCs forgatókönyv fokozatos és egyenletes kibocsátás-csökkentési pályát követ, míg a HCs forgatókönyv lassabb mértékű csökkenést határoz meg. 2045 után a HCs forgatókönyv szerint a kibocsátások meredek csökkenése figyelhető meg, 2050-re elérve a klímasemlegességet. A KCs forgatókönyv a CCUS technológiákat és a hidrogénfelhasználást korábban integrálja a villamosenergia-termelési és ipari szektorba, miközben felgyorsítja a gazdaság és a közlekedés elektrifikációját. A villamosenergia-mixből kivezetésre kerülnek a fosszilis tüzelőanyagok, ami az energia és a közlekedési ágazatok kibocsátásának meredek csökkenését eredményezi.

Az ÜHG kibocsátáscsökkenés ágazati megoszlásának különböző forgatókönyvek szerint alakulását az alábbi ábra szemlélteti.



Forrás: tényadat Eurostat, projekció saját modellezési eredmény

10. ábra – A nettó ÜHG kibocsátás ágazati megoszlása a három vizsgált forgatókönyv szerint (CO₂eq/év)

Az alábbi trendeket és változásokat szükséges elősegíteni a gazdaság minden ágazatában a zöld gazdaságfejlesztési és foglalkoztatási előnyök kiaknázása mellett:

- A lakossági **energiatakarékosság** elősegítése tájékoztatási és figyelemfelhívási kampányok segítségével.
- Az **energiahatékonysági** beruházások felgyorsítása és kiszélesítése – elsősorban az energiahatékonysági kötelezettségi rendszeren¹³ keresztül –, különösen a lakossági és a kereskedelmi szektorban.

¹³ Az energiahatékonysági kötelezettségi rendszerben az energiahatékonysági célok megvalósítása a piaci szektor bevonásával, az áramot, gázt és üzemanyagot értékesítő társaságok közös tehervállalásával valósul meg, melynek eredményeként a lakosság a felújítás költségét nem egy összegben, hanem több éven keresztül törleszti.

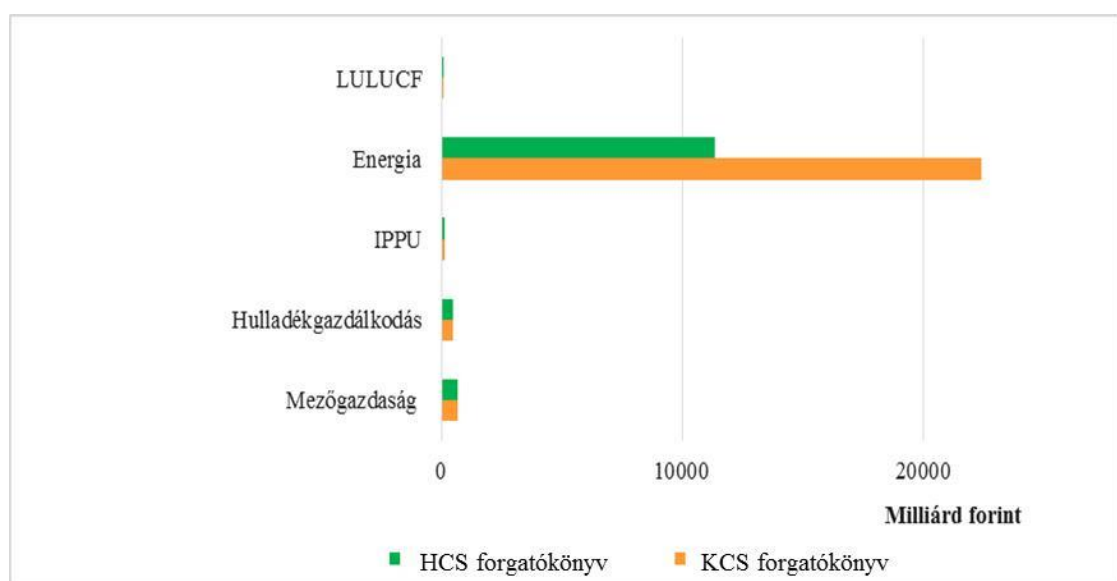
- Jelentős beruházásokra lesz szükség a gazdaság **elektrifikációjához**, különösen a közlekedési, a lakossági és a kereskedelmi szektorokban. A gazdaság elektrifikációjának egyik fő feltétele az energetikai ágazat modernizációja és klímabarát átalakítása.
- További beruházásokra lesz szükség a **CCUS technológia fejlesztésébe, a megújulóenergia-hasznosítás fokozásába és az energiatárolási rendszerekbe**. Tekintettel a karbonkivezetési törekvésekre, a fosszilis tüzelőanyag-alapú technológiákba és iparágakba történő új beruházás az eszközök gyors értékvesztésének kockázatával jár.
- A **közlekedési** ágazat villamosítása mellett a második generációs (vagy fejlett) bioüzemanyagok és a karbonmentes (vagy az átmeneti időszakban alacsony széntartalmú) hidrogén felhasználásának bővítése, valamint az autógáz üzemanyag (Liquefied Petroleum Gas, LPG) időszak végére eső fokozatos kivezetése és a hatékonyabb üzemanyagfelhasználás járul hozzá a szektor dekarbonizálásához és korszerűsítéséhez.
- A **mezőgazdasági** ágazatban főként a műtrágya-felhasználás csökkentésére, a precíziós gazdálkodás, az automatizálás és a digitalizáció szélesebb körű alkalmazására, a szerves trágya hatékonyabb kezelésére lesz szükség, valamint a takarmányozás, az öntözés és az energiafelhasználás hatékonyság növelését célzó beruházásokra.
- A **hulladékágazatban** jelentős beruházásokra lesz szükség a hulladéklerakás drasztikus csökkentése érdekében. A szektor kibocsátáscsökkentésének körülbelül 90%-át a hulladéklerakás visszaszorítása, a hulladékáramok eltérítése és a kezelési módszerek javítása adja. További beruházásokra lesz szükség az ipari hulladékok mennyiségének csökkentéséhez, a települési hulladékkezelés fejlesztéséhez és a hulladék keletkezésének megelőzéséhez. A hulladékgazdálkodási tevékenységek jellegére tekintettel a szektor kibocsátás-csökkentéséhez más szektorokban végrehajtandó beruházásokra is szükség lesz (pl. hulladékszállítás okán a közlekedésben).
- Az **ipari szektorban** (Industrial Processes and Product Use, IPPU) a termelési/gyártási folyamatok fejlesztésére, nagyobb anyaghatékonyságra, a körforgásos gazdaság bevezetésére, alternatív nyersanyagokra és új, hatékony eszközökre van szükség a kibocsátások szinte teljes eliminálása érdekében.
- Nagymértékű beruházási igény jelentkezik a **LULUCF** szektorban is a 2030 utáni CO₂ megkötés (nyelés) megtartása és fokozása érdekében, különösen az erdők alkalmazkodó képességének javítását, a fakitermelés középtávú csökkentését és az erdőtelepítés hosszú távú növelését célzó intézkedések terén. A fenntartható erdőgazdálkodás szempontrendszerében hangsúlyt kell helyezni a lehető legkedvezőbb CO₂ mérleggel rendelkező állományszerkezetek és gazdálkodási modellek fenntartására (térbeli- és korosztályszerkezet vonatkozásában) továbbá aktív beavatkozásokkal segíteni kell az erdőállományok fennmaradását, természetességi szintjük megőrzését, fejlesztését a klímaváltozás hatásai ellenére is.
- Energia- és éghajlati céljaink megvalósításának a **kutatás-fejlesztés és innováció** lesz az egyik kulcsa. Az új technológiák és eljárások ki-, illetve továbbfejlesztése, valamint piaci bevezetése révén olyan mértékű költségcsökkentést érhetünk el, ami nagyban segítheti a tiszta technológiák térnyerését.
- Az új technológiák és eljárások kifejlesztésére és/vagy alkalmazására is képes szakemberek **oktatása és képzése, illetve továbbképzése** szintén kulcsfontosságú.

Szektor	Csökkenés vs. 1990 (%)
Energia	-98%
Ipar (IPPU)	-98%
Mezőgazdaság	-79%
LULUCF	-71% ¹⁴
Hulladék	-87%
Összesen	-100%

Forrás: saját modellezési számítás

3. táblázat – Az ágazatok ÜHG kibocsátás csökkentése 2050-ig az 1990. évi szinthez képest a KCs forgatókönyvben (%)

A klímasemlegesség 2050-ig történő elérése jelentős pótlólagos beruházásokat igényel az összes kibocsátó ágazatban. (11. ábra)



Forrás: saját modellezési eredmény

11. ábra – Pótlólagos beruházási igények ágazonként a HCs és KCs forgatókönyvek esetében az ÖTK forgatókönyvhöz képest

A KCs forgatókönyv esetében a költségek körülbelül **24 709 milliárd forintig** növekednek az ÖTK forgatókönyvhöz képest. Az éves addicionális beruházásigény a **GDP mintegy 4,8%-át** teszi ki a KCs forgatókönyv esetében.

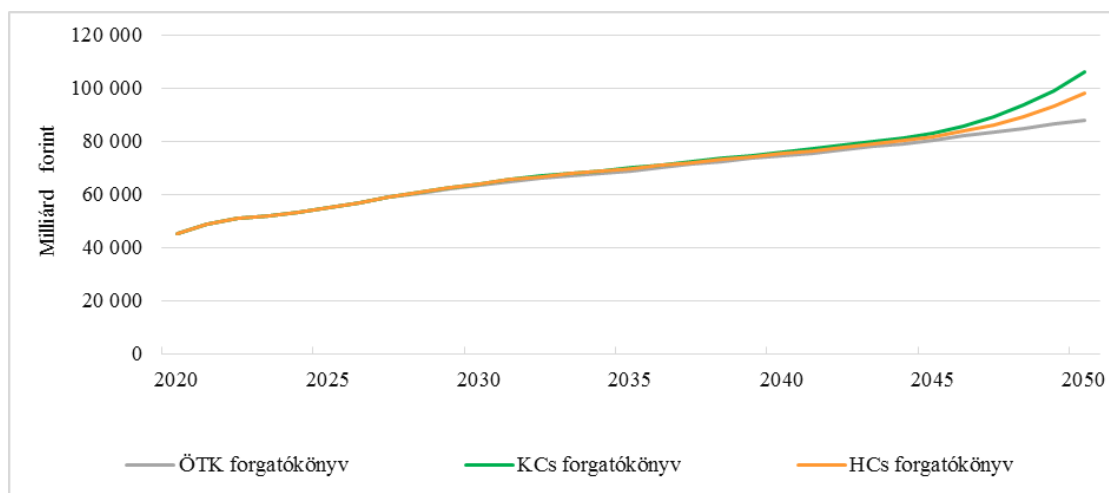
A projekciók szerint a magyar gazdaság teljes karbonmentesítése ugyanakkor jelentős mértékű **elkerült költségeket és gazdasági, társadalmi előnyöket is generál**. Jelentős anyagmegtakarítás érhető el a kevesebb energia- és műtrágya-felhasználásból, ami az anyagköltségek mintegy 2 393 milliárd forintos csökkenését eredményezi. A beruházások és az elkerült költségek **gazdasági növekedéshez és munkahelyteremtéshez** vezetnek, ami az ÖTK és a HCs forgatókönyv gazdasági növekedési és munkahelyteremtési potenciálját egyaránt felülmúlja.

A KCs forgatókönyvben meghatározott korai beruházások, valamint a kibocsátások fokozatos és egyenletes csökkentése az előrejelzések szerint 2050-re 20,7%-kal magasabb GDP-t eredményez az ÖTK forgatókönyvhöz képest. 2020 és 2050 között az éves

¹⁴ A nettó elnyelés növekedése

GDP növekedés átlaga 0,56%-kal lesz magasabb, mint az ÖTK forgatókönyv esetén. Ezek a projekciók összhangban vannak az EU szimulációival, amelyek a hatásokat -0,4% és +0,5% GDP/év között becsülték meg az 55%-os kibocsátás-csökkentési cél 2030-ra történő elérése vonatkozásában.

A KCs forgatókönyv szerinti a kumulált többlet-GDP hozzávetőlegesen 19 783 milliárd forintot tesz ki, és az előrejelzések szerint az állam bevételei 2020 és 2050 között kumuláltan mintegy 11 142 milliárd forinttal növekednek. (12. ábra)



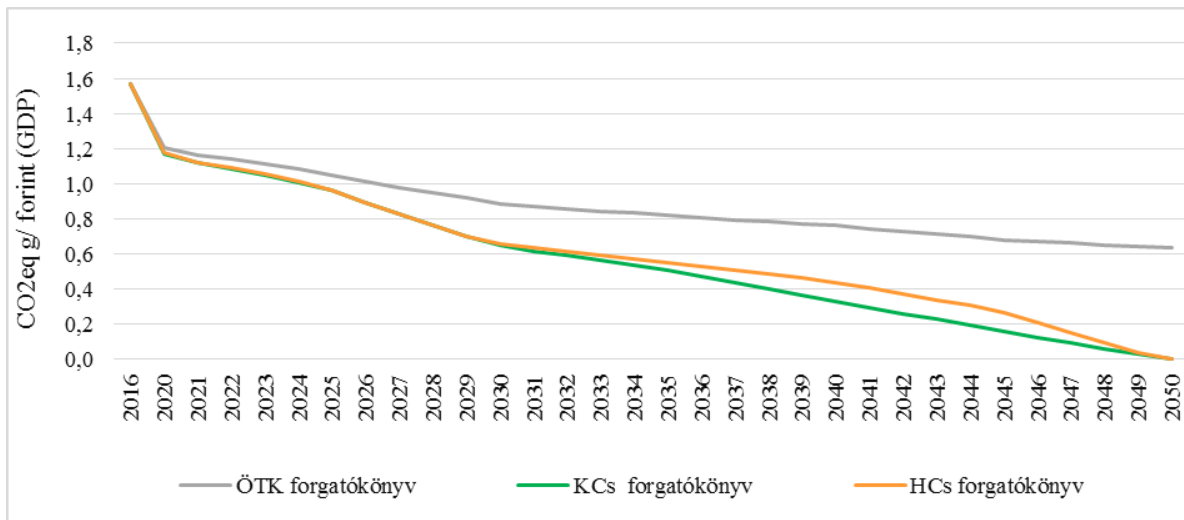
Forrás: saját modellezési eredmény

12. ábra – A reál GDP alakulása forgatókönyvenként

A modell szerint a gazdasági növekedés a jelentős többletberuházás következtében 2028 után megélné. 2034-ig a GDP és a GDP növekedési ütemének pályája mindhárom forgatókönyvben illeszkedik egymásra. 2035 után az KCs forgatókönyv szerinti GDP gyorsabban növekszik a másik két forgatókönyvhöz képest. A KCs forgatókönyv évente átlagosan 2,9%-os átlagos GDP-növekedési rátát becsül a 2021–2050 közötti időszakban.¹⁵ Az ÖTK forgatókönyv esetében a várt átlagos növekedés ugyanezen időszakra 2,5%.)

Ezen túlmenően – ahogyan azt a 13. ábra is mutatja – a KCs forgatókönyv szerint a magyar gazdaság karbonintenzitása fokozatosan csökken a 2020-as 1,174 t CO₂eq / millió forintról a 2050-es nulla szintre, míg az ÖTK forgatókönyv szerinti a karbonintenzitás 0,637 t CO₂eq / millió forint szinten várható 2050-re.

¹⁵ A 2021-2050 közötti időszakra előrejelzett évi reál GDP növekedési ráták számtani átlagán alapján számolt érték. Elterjedt módszer az átlagos növekedési ráta kiszámítására a mértani átlag is, mely módszert alkalmazva 2,6%-os növekedés becsülhető a 2021-2050 között. (Lásd erről a UN-ESCAP tájékoztató anyagát, mely elérhető a következő oldalon: https://www.unescap.org/sites/default/files/Stats_Brief_Apr2015_Issue_07_Average-growth-rate.pdf)



Forrás: tényadat Eurostat, projekció saját modellezési eredmény

13. ábra –A magyar gazdaság karbonintenzitása forgatókönyvenként

A rendszerdinamikai modellszámítások szerint a nemzetgazdaság karbonmentesítése új munkahelyeket teremt az elemzett ágazatokban. A zöld átmenetbe történő befektetések makrogazdasági hatásai továbbgyűrűznek, amelynek köszönhetően magasabb GDP és több zöld munkahely jön létre az ÖTK forgatókönyvhöz képest. A KCs forgatókönyv számításai szerint az energiaszektor karbonmentesítésébe, az energiahatékonysági intézkedésekbe, a hulladékkezelésbe, az autóbusz-közlekedés és az újraerdősítésbe történő beruházások 2050-re a ÖTK forgatókönyvhöz képest közel **183 ezer** új munkahelyet teremthetnek. Az ágazatok zöldítéséből eredő munkahelyteremtés jelentős mértékben ellensúlyozza a hulladékgazdálkodási és a fosszilis üzemanyag-alapú iparágakban bekövetkező munkahelyek megszűnését. Megfelelő átképzési programok, valamint az EU Igazságos Átmenet Alap forrásainak hatékony felhasználása révén a magyar gazdaság összességében profitálhat a zöld átmenetből.

Az energiatakarékosság szerepe kiemelkedő

A legnagyobb energiamegtakarítási potenciállal a **lakossági szektor** rendelkezik, köszönhetően az elsősorban az energiahatékonysági kötelezettségi rendszer keretében végrehajtandó megtérülő felújításoknak, valamint az új építésű lakások kedvező energiafelhasználási mutatóinak. A primerenergia-szükségletet tovább csökkenti a modern háztartási eszközök jobb energiahatékonysága.

A lakossági szektor mellett az **iparban** érhető el nagyobb arányú energiamegtakarítás, ugyanakkor a két klímasemlegességet célzó forgatókönyv eredményei (főként a KCs forgatókönyv esetében) növekvő energiafelhasználási tendenciát mutatnak az ÖTK forgatókönyvben tapasztaltakkal szemben. Ennek oka, hogy a magasabb beruházási aktivitás pozitívan hat a GDP-növekedésre, erősítve az ipari szektorok teljesítményét is. Emiatt várható nagyobb (540 PJ) végsőenergia-felhasználás a KCs forgatókönyvben a 2050-es céldátumra, mint a HCs forgatókönyvben (485 PJ). A magasabb GDP hatása a végsőenergia-felhasználásra főként akkor szembetűnő, ha figyelembe vesszük a KCs forgatókönyv ambiciózusabb 2030-as energia-megtakarítási célját. Ebből is adódik, hogy a 2040-es végsőenergia-felhasználási értékekben nem tapasztalható nagyobb eltérés a két forgatókönyv között.

A **közlekedési szektor** esetében a KCs forgatókönyvben szintén megfigyelhető egy kisebb mértékű energiafelhasználás-növekedés a HC's forgatókönyvben látott értékekhez képest 2050-re, ami ugyancsak a GDP gyorsabb növekedésével magyarázható. A köztes években ugyanakkor a KC's forgatókönyvben alacsonyabb energiafelhasználás várható, mivel az épületek mellett az közlekedési szektorban a legköltséghatékonyabb az energiafelhasználást csökkenteni, és ezt a GDP-hatás sem ellensúlyozza. A nagyfokú üzemanyagváltásnak és a módváltásnak köszönhető, hogy 2050-re is csak kisebb mértékben haladja meg a szektor energiafelhasználása a 2016-os szintet.

A közlekedés karbonmentesítésében egyrészt a megújulóenergia-alapú energiafelhasználás, illetve a karbonmentes hidrogén térnyerése játszik meghatározó szerepet, másrészt az a tény, hogy az ezen energiahordozókat felhasználó technológiák hatásfoka magasabb, mint a jelenleg használt belsőégésű motoroké. A közösségi közlekedés előtérbe helyezése az egyéni közlekedéssel szemben tovább csökkenti a közlekedési szektor primer energiaigényét. A KC's forgatókönyvben tapasztalt kisebb arányú energiafelhasználás-növekedéssel szemben a HC's forgatókönyvben – a kisebb GDP-hatásnak köszönhetően – a 2050-es érték a 2016-os érték 90%-át adja eredményül.

A megújulóenergia-résarány jelentősen bővül

A megújuló energia résarányának 2050. évi magas, közel 90%-os résarányát több tényező együttes hatása magyarázza. A megújulóenergia-felhasználást nagy mértékben növeli az elektrolízis technológiával működő, és egyre inkább megújuló forrásból származó villamos energián alapuló, a földgáz felhasználását csökkentő hidrogéntermelés. Emellett a nagyfokú elektrifikációnak köszönhetően – ami az energiaszektor minden területén, így az épület- és közlekedési, valamint ipari szektorokban is jelentkezik – több 10 GW-nyi megújuló energiára épülő erőművi kapacitásra van szükség, amelynek zavartalan üzemeltetéséhez hasonló nagyságrendű energiatároló (akkumulátoros) kapacitás is szükséges.

Harmadrészt a biomassza alapú, CCUS technológiával üzemelő villamosenergia-termelés nagyfokú kihasználása okozza a megújuló energia résarányának további növekedését. Ezen technológia alkalmazására a klímabarát (karbonmentes) villamosenergia-termelés mellett azért is szükség van, mert ez tekinthető az egyetlen tényleges addicionális nyelőkapacitásnak. Míg a jelenlegi módszertan alapján nulla CO₂ kibocsátással könnyvelhető el a biomassza égetés, addig a CCUS technológiával negatív kibocsátással számolhatunk.

A megújulóenergia-felhasználás növekedése nagyban hozzájárul az energiainport nagymértékű csökkenéséhez, így hozzájárulva az energiabiztonság növekedéséhez. Ez érinti az energiaszektor minden területét: a villamosenergia-szektort, a kőolaj-felhasználást, illetve a földgáz-felhasználás csökkenése révén a földgáz importszükséglet mérséklését is. A megújulók legnagyobb részét a naperőművek, a biomassza, illetve a bioüzemanyagok adják.

4.1.3. Indikatív mérföldkövek

A 2050-es nettó nulla ÜHG kibocsátási cél elérése érdekében a KC's és HC's forgatókönyv esetében indikatív mérföldkövek határozhatóak meg, amelyek a modellezési eredmények alapján mutatják a 2050-es klímasemlegességhez vezető út elérendő köztes állomásait 2030-ra, illetőleg 2040-re. Ezen mérföldkövek támpontot nyújtanak abban is, hogy a 2050-es nettó nulla kibocsátást milyen mértékű energiahatékonysági mutatók, és a bruttó végső energiafelhasználáshoz képest mekkora megújulóenergia-arány mellett lehet optimálisan, költséghatékony módon elérni.

Amint azt a 9. ábra is mutatja, a HC's forgatókönyv esetében gyorsuló nettó ÜHG kibocsátási csökkentési pálya adódik, amely esetben a 2018. évi 35,9%-os ÜHG kibocsátás csökkenés 2030-ra 54%-ra, 2040-re pedig 64%-ra növekszik. Ezzel szemben a KC's forgatókönyvben egy sokkal kiegyensúlyozottabb, lineáris pályát leíró ÜHG kibocsátás-csökkentés került meghatározásra, amely esetben a 2040-es csökkenés mértéke már eléri a nettó 73%-ot.

A KC's forgatókönyv esetén a megújuló energia bruttó végső energiafelhasználáson belüli részaránya szintén kiegyensúlyozottabb emelkedést mutat a modellezés alapján. A 2017-es, 13,3%-os megújuló arány 2030-ra arány megduplázódik, majd 2040-re szinten marad (25,1%). Ezzel szemben a HC's forgatókönyvben 2017 és 2030 kevesebb, mint 8 százalékpontnyi a növekedés a modellezés alapján.

A 2017-es 775 PJ végsőenergia-felhasználáshoz képest 2030-ra 5,3%-os, 2040-re közel 15%-os, míg 2050-re több mint 30%-os indikatív energiahatékonysági cél adódik a KC's forgatókönyv esetében. Ezzel szemben a HC's forgatókönyvben 2030-ra 1,2%-os növekedés, majd 2040-re 14,5%, 2050-re pedig 37,4%-os energiamegtakarítási igény adódik a klímasemlegesség elérése érdekében.

4.2. Szektor specifikus pályák, szakpolitikák és intézkedések

A forgatókönyvek 2050-ig tartó költség-haszon elemzése (4.3 alfejezet) rávilágít arra, hogy az ÖTK forgatókönyv nem teljesíti sem a megemelt 2030. évi ÜHG kibocsátás csökkentési célt, sem pedig a klímavédelemről szóló 2020. évi XLIV. törvényben rögzített 2050. évi klímasemlegességi célkitűzést. Az elvégzett költség-haszon elemzés alapján a KC's forgatókönyv nettó haszna meghaladja a HC's forgatókönyvét, ezért jelen alfejezet csak az ÖTK és a KC's forgatókönyv összehasonlítására fókuszál.

4.2.1. Energia

<p>Erősségek</p> <p>Működési költségek csökkenése Csökkenő és fenntarthatóbb biomassa-felhasználás Externális költségek csökkenése (pl. légszennyezés) Magas a karbonmentes villamos energia aránya a villamosenergia-termelésben</p>	<p>Gyengeségek</p> <p>Jelentős addicionális beruházási költségek Korlátozott technológiai választási lehetőség a 2050-es klímasemlegességi cél eléréséhez</p>
<p>Lehetőségek</p> <p>Innováció a villamosenergia-tárolásban Hidrogéntechnológia CO₂-leválasztás, -használat és -tárolás Kedvező adottságok a napenergia és a geotermikus energia hasznosítására</p>	<p>Veszélyek</p> <p>CO₂-leválasztás, -használat és -tárolás bizonytalansága Hidrogén nagyobb arányban történő bekeverése a gázhálózatba problémákba ütközhet Alacsony vagy nulla kibocsátású technológiák költségszintje nem a várakozások szerint csökken</p>

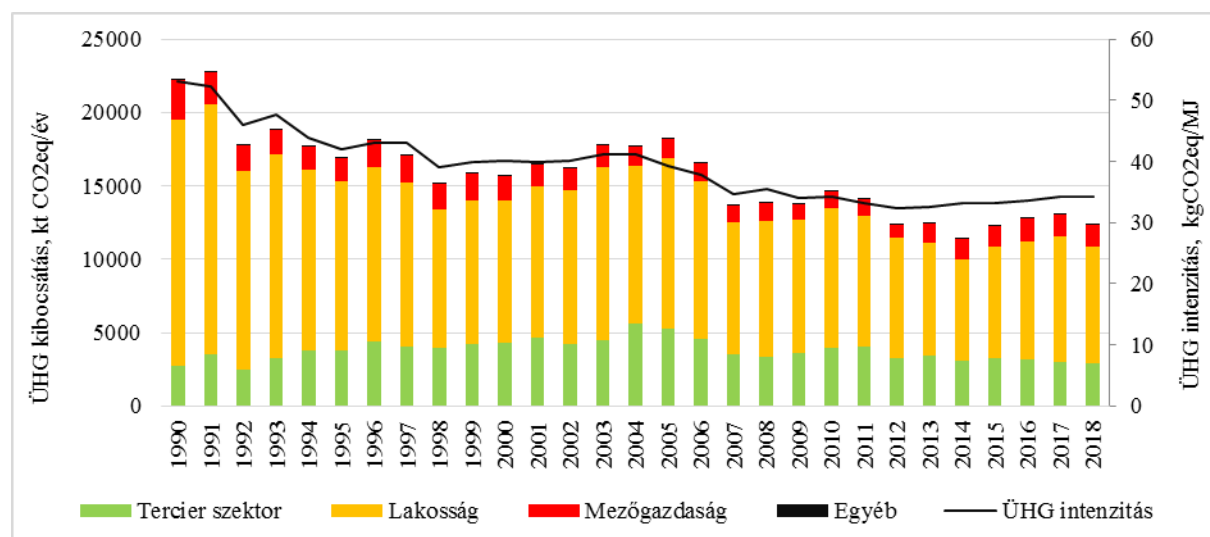
4. táblázat – Az Energiaszektor SWOT-analízise

A múltbeli kibocsátások alakulása és főbb trendjei

Magyarországon, csakúgy, mint a világban általában, **az energiaszektor tekinthető a legnagyobb ÜHG kibocsátó szegmensnek**. 2018-ban a szektor ÜHG kibocsátása meghaladta a 45,5 millió tonna CO₂eq-t, ami a teljes magyar ÜHG kibocsátás 72%-át jelenti (14. ábra). Ezen kibocsátás **28,8%-a a villamosenergia- és távhőszektorból származik, 30,6%-át a közlekedés, 11,7 %-át az ipari energiafelhasználásból eredő ÜHG kibocsátás**

adja. Az energiaszektoron belül jelentős kibocsátás társítható az épületekhez és a mezőgazdasági szektorok energiafelhasználásához (27,1%), míg a maradékot a szivárgó emissziók teszik ki (1,8%).

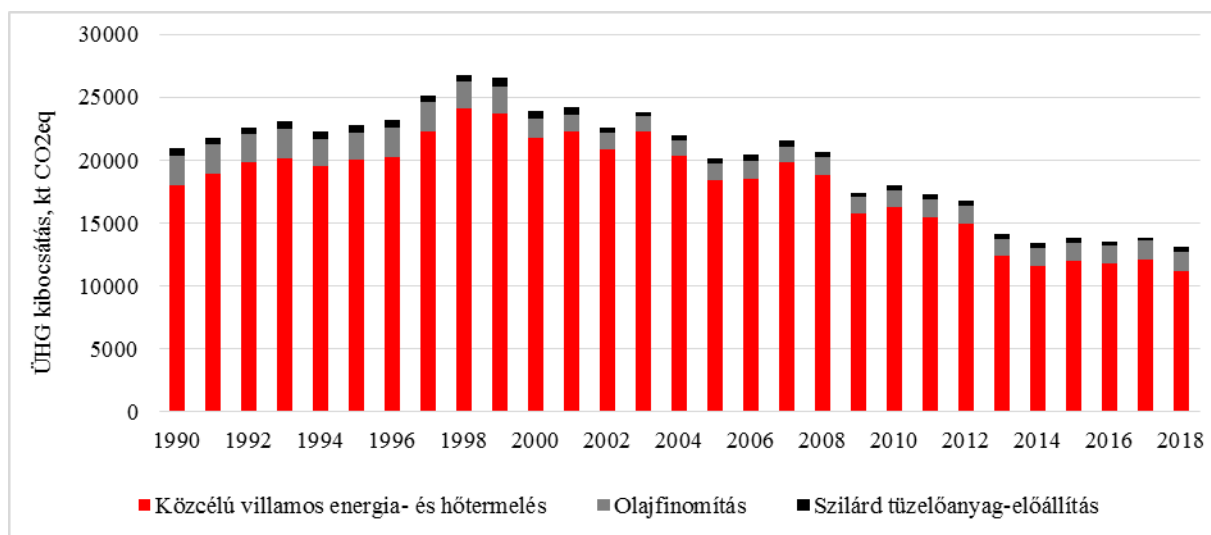
A lakossági, szolgáltatási és a mezőgazdasági szektorok energiafelhasználáshoz kapcsolódó kibocsátása jelentősen csökkent a rendszerváltás óta, egyrészt a növekvő energiahatékonyságnak köszönhetően, másrészt a felhasznált tüzelőanyagok alacsonyabb ÜHG intenzitása nyomán. Míg az 1990-es évek elején a háztartások, illetve a tercier szektor jelentős szén- és olajfelhasználással bírt, addig a rendszerváltást követően ezen tüzelőanyagok felhasználása számottevően mérséklődött. A lakossági és a tercier szektor esetében az ÜHG kibocsátás 1990 és 2007 között folyamatosan csökkent, majd 2007-től kezdve egy közel stagnáló pályára állt. Az egyes évek közötti változást elsősorban a fűtési energiaszükséglet magyarázza. Ezen időszakban az ÜHG intenzitás nem változott szignifikánsan, 37-39 kg/MJ-os szinten stabilizálódott.



Forrás: EEA és Eurostat

14. ábra – A lakossági, szolgáltatási és a mezőgazdasági szektor energiafelhasználásból adódó ÜHG kibocsátása (kt CO₂eq) és az ÜHG intenzitás (kg CO₂eq/MJ) alakulása, 1990-2018

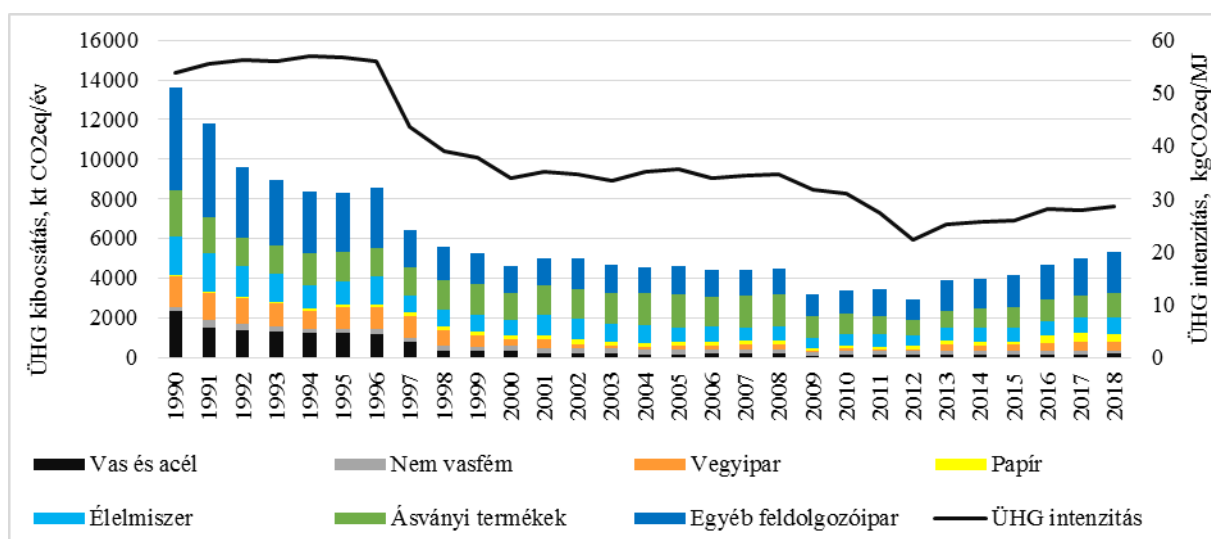
A villamosenergia- és távhőtermelésből adódó ÜHG kibocsátás (15. ábra) a rendszerváltozást követő években – ellentétben a többi szektorral – növekedésnek indult, és az 1990-es évek végén tetőzött. Ezt követően a fosszilis – elsősorban szén és lignit alapú – villamosenergia-termelés visszaszorulásával jelentős csökkenésnek indult, egészen a 2010-es évek elejéig. Az utóbbi 5-6 évben a villamosenergia- és távhőtermelésből adódó ÜHG kibocsátás 12-14 millió tonna CO₂eq/év szint között stagnált, ebből mintegy 5-6 millió tonna az ország utolsó lignitalapú nagyerművéből, a Mátrai Erőműből származik.



Forrás: EEA és Eurostat

15. ábra – A villamosenergia- és távhőszektor, illetve az egyéb energiaipari felhasználásból adódó ÜHG kibocsátás (kt CO₂eq) alakulása, 1990-2018

Az 1990-es rendszerváltást követő években az ipari létesítmények – elsősorban a nehézipar – leépülésével párhuzamosan az ipari szektor energiafelhasználása is csökkent, illetve ebből kifolyólag az ipari energiafelhasználáshoz kapcsolódó ÜHG kibocsátása is mérséklődött (16. ábra). Míg a rendszerváltáskor az ipari energiafelhasználásból adódó ÜHG kibocsátás 14 millió tonna körül alakult, addig néhány év leforgása alatt ez 10 millió tonna CO₂eq/év alá csökkent. Az ÜHG intenzitás mérséklődése azzal magyarázható, hogy azon ipari alszegmensek, amelyek esetében jelentősen csökkent a termelés, elsősorban szén, illetve kőolajat használtak. Az ÜHG kibocsátás csökkenése egészen a 2000-es évek elejéig folytatódott, majd a 2008-2009-es gazdasági válság újabb csökkenést eredményezett. Az utóbbi néhány évben összességében azonban növekedésnek vagyunk szemtanúi, az elmúlt 6 évben 80%-kal növekedett az ipari szektor energiafelhasználásából adódó ÜHG kibocsátás, amit az ipari termelés gyors bővülése magyaráz.

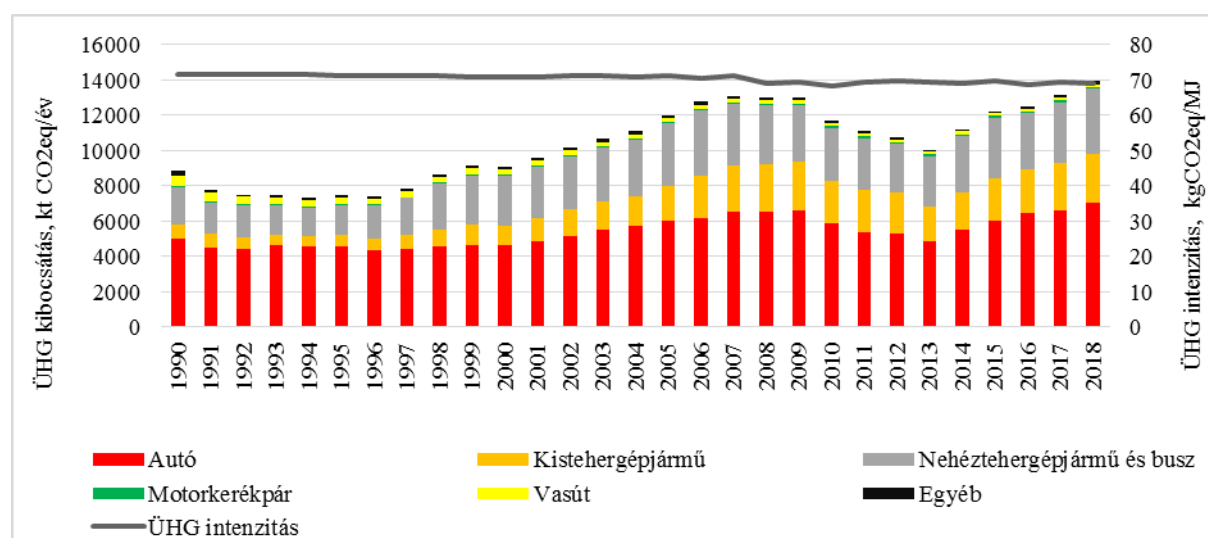


Forrás: EEA és Eurostat

16. ábra – Az ipari energiafelhasználásból adódó ÜHG kibocsátás (kt CO₂eq) és az ÜHG intenzitás (kg CO₂eq/MJ) alakulása, 1990-2018

Magyarországon az összes ÜHG kibocsátás 20%-áért a közlekedési szektor felelős (17. ábra). Az Eurostat adatai szerint 2018-ban a közlekedés ÜHG kibocsátása 13,9 millió tonna CO₂eq/év volt, amelynek 92,8%-a a közúti, 5,1%-a a légi, 1,1%-a a vasúti, 0,1%-a a vízi, 1% pedig egyéb közlekedéshez volt köthető.

2013 óta a közlekedési kibocsátások 31,4%-kal növekedtek, és jelentős szakpolitikai beavatkozás nélkül a közeljövőben további növekedés várható, így elmondható, hogy Magyarországon ezen szektor ÜHG kibocsátásának a mérséklése lesz a legnagyobb kihívás rövid távon. A dinamikus bővülés oka elsősorban a jövedelmek emelkedésével összefüggésben a motorizációs szint növekedése, illetve a közép-kelet-európai régió gazdasági fejlődése miatt a közúti teherszállítás, különösen a hazánkon keresztülhaladó tranzit-forgalom dinamikus bővülése. A hazai kibocsátásokat figyelembe véve a hosszú távú koncepciótervezési folyamatában kiemelt figyelmet szükséges fordítani a közúti, valamint a vasúti közlekedésre, amelyek együttesen 2017-ben hazánkban a személyszállítási teljesítmény 88%-át¹⁶, az áruszállítási teljesítmény 84,3%-át¹⁷ adták. Emellett figyelemmel kell lenni a jelentős ÜHG kibocsátó légiközlekedésre is, mert a Budapest Liszt Ferenc Nemzetközi Repülőtér forgalma a 2013-2018 között 8,5-ről 14,9 millió főre nőtt.



Forrás: EEA és Eurostat

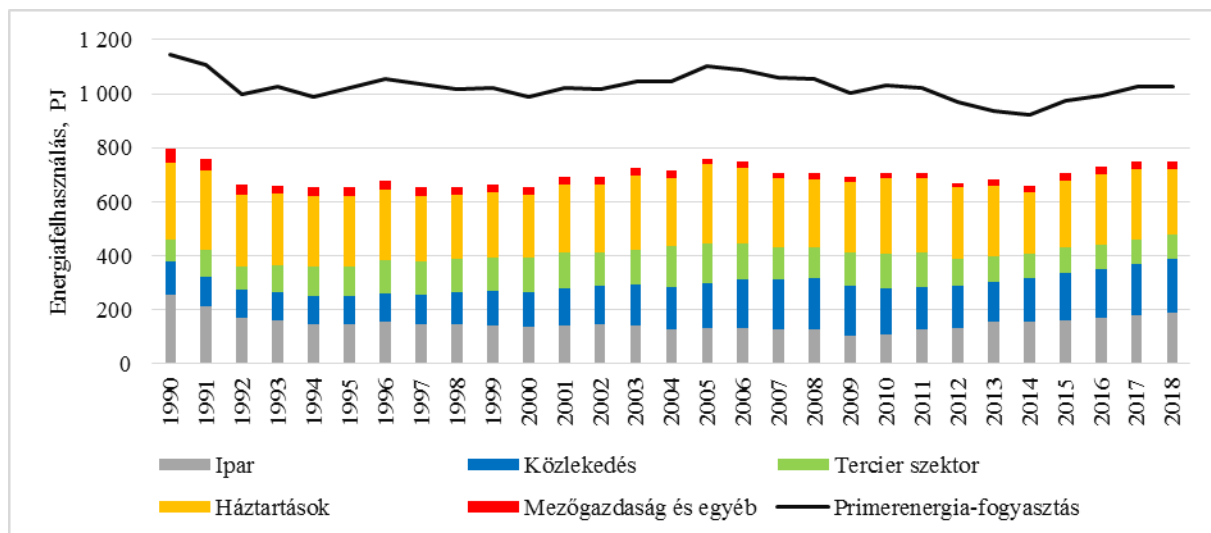
17. ábra – A közlekedés energiafelhasználásából adódó ÜHG kibocsátás (kt CO₂eq) és az ÜHG intenzitás (kg CO₂eq/MJ) alakulása, 1990-2018

A múltbeli végsőenergia-felhasználás alakulása

A végső energiafelhasználás az utóbbi közel három évtizedben egy viszonylagos szűk sávban mozgott, kevésbé látunk benne olyan mértékű változásokat, mint az ÜHG kibocsátások alakulásába (18. ábra).

¹⁶ <https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/pb2019-section23.xls> Eurostat 2017-es ukm adatok alapján

¹⁷ http://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_odmv003.html KSH 2017-es tkm adatok alapján



Forrás: Eurostat

18. ábra – A végsőenergia-felhasználás összetétele és a primerenergia-felhasználás alakulása, 1990-2018 (PJ)

1990-ben 800 PJ-ról néhány év alatt 650 PJ-ra csökkent, köszönhetően az ipar összeomlásának. A 2000-es évek elejéig ezen a szinten mozgott, majd a közlekedési szektor erőteljes növekedésének köszönhetően növekvő pályára állt át, és 2005-ben tetőzött, mintegy 760 PJ-on. A háztartási és a szolgáltatási szektorban megjelenő energiahatékonysági beruházások és energiamegtakarítások eredményeképpen csökkent a végső energiafelhasználás, 2014-re 660 PJ-ra. Az utóbbi években ismét növekedést tapasztalhatunk, köszönhetően az ipari és a közlekedési szektor energiafelhasználás-növekedésének.

A primerenergia-felhasználás alakulása is hasonló pályát írt le az elmúlt évtizedekben, mint a végsőenergia-felhasználás.

Az energiaszektor területén szükséges lépések a nemzetgazdasági szintű nettó nulla ÜHG kibocsátáshoz

Ahhoz, hogy teljesülhessen a 2050-es nettó nulla ÜHG kibocsátás nemzetgazdasági szinten, az energiaszektor kibocsátását minimálisan 2 millió tonnára kell csökkenteni. Ehhez az energiahatékonyság javítása, az elektrifikáció növelése, valamint a CCUS technológiák, a hidrogénteknológiák és a modern bioenergia-technológiák alkalmazása szükséges.

Ezek a kívánalmak az energiaszektor tüzelőanyag-összetételének markáns átalakulását vonják maguk után. Meghatározó lesz a földgáz szerepének jelentős mérséklődése és fokozatos kivezetése egyes szektorokban (pl. háztartások). A nagyfokú elektrifikáció miatt a villamosenergia-termelés oldalán is jelentős beavatkozásokra lesz szükség. A tiszta, időjárásfüggő megújuló technológiák nagymértékű, több 10 GW-nyi kapacitású kiépítésére lesz szükség annak érdekében, hogy az évszázad közepére a jelentősen megnövekedett villamosenergia-igényt ki lehessen elégíteni. Mivel a napon belüli időjárásfüggő megújuló villamosenergia-termelés és a napi csúcsfogyasztás nem esik egybe, ezen technológiák térnyeréséhez jelentős villamosenergia-tárolói (elsősorban akkumulátoros) kapacitások kiépítésre is szükség lesz. Az ágazati szakértőkkel történő egyeztetések is megerősítették, hogy a tárolók kínálta flexibilitásnak a megléte kulcskérdés a XXI. századi villamosenergia-rendszerekben.

Az időjárásfüggő megújuló energiatermelés éves változása nincs összhangban az éves fogyasztási profillal sem. Éppen ezért hasonlóan fontos a nagy energiameennyiséget hosszabb

időn keresztül tárolni képes technológiák (különösen a P2G technológiák) hazai alkalmazásának az előmozdítása is.

A dekarbonizáció egyik alapköve, a hidrogén

A HU-TIMES modell különböző típusú hidrogén-előállítási módokat különböztet meg:

- Szürke hidrogén: előállítása földgázból történik, így jelentős ÜHG kibocsátási hatással bír.
- Kék hidrogén: előállítása földgázból történik, de társul hozzá CCUS technológia is. Habár ezen előállítási mód lényegesen jobb ÜHG mérleggel bír, mint a szürke hidrogén, ám mivel a CCUS hatásfoka nem 100%-os, azaz nem képes a keletkező teljes CO₂ kibocsátást megkötni, ezért ÜHG kibocsátás szempontjából nettó szennyezőnek minősül.
- Karbonmentes vagy alacsony karbontartalmú hidrogén: előállítása karbonsemleges módon, vagy alacsony karbontartalmú villamos energiából történik.

Jelenleg a hidrogént komprimált gáz vagy cseppfolyós halmazállapotban szállítják, Nagy mennyiségek esetén a csővezetékes szállítás lehet az ideális, kisebb mennyiségek esetén a közúti, vasúti és vízi szállítás tűnik jobb alternatívának.

A hidrogén vezetékes szállítása két módon történhet. Egyrészt dedikált hidrogénhálózaton keresztül, amelynek kiépítése jelentős beruházási költséggel jár, másrészt pedig a földgáz-hálózatba történő bekeveréssel. Ez utóbbi téren további vizsgálatok szükségesek a biztonságos mértékű bekeverés maximális szintjének, műszaki lehetőségeinek és a kapcsolódó fejlesztési igények meghatározásához.

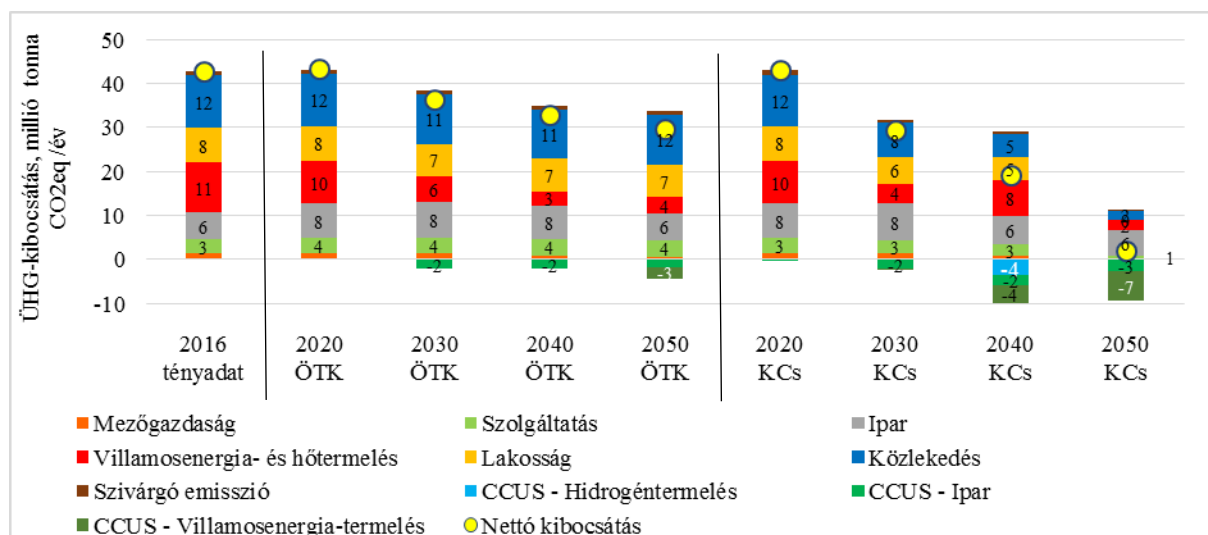
A dedikált hidrogén-hálózatot elsősorban a nagy ipari létesítmények irányába érdemes kiépíteni (vagy akár a hidrogén előállítása is történhet ott), míg a bekeverést olyan szegmensben kell alkalmazni, ahol a hidrogénhálózat kiépítése igen költséges lenne (pl. lakosság, vagy egyéb földrajzilag szétszórt energiafogyasztók).

Az ÜHG kibocsátás alakulása

A nemzetgazdasági szintű nettó nulla üvegházhatású gázkibocsátás elérése abban az esetben lehetséges, ha az energiaszektor kibocsátása legfeljebb 2 millió tonna CO₂eq-ra csökken a jelenlegi 40 millió tonnás értékről, azaz mintegy 96%-os csökkentésre van szükség (*19. ábra*).

A célok eléréséhez elengedhetetlenül fontos a CCUS technológia, hiszen a jelenlegi ismeretek/technológiák mellett karbonmegkötés nélkül nem lenne lehetséges a szükséges szintre csökkenteni az ÜHG kibocsátást az energiaszektorban. Számos alszektorban, így például az iparban, a közlekedésben, illetve az egyéb szegmensekben (szénszivárgás és a mezőgazdaság energiafelhasználása) pedig nem valósítható meg az alkalmazott feltételezések mellett a teljes dekarbonizáció. A CCUS technológiák jellemzően csak a 2030-as, esetleg a 2040-es években lépnek be a rendszerbe, mivel a legtöbb esetben léteznek olcsóbb megoldások az ÜHG kibocsátás elhárításra.

Az ÖTK forgatókönyv esetében az ÜHG kibocsátás kismértékben csökken az energiaszektor vonatkozásában, de még 2050-ben is közel 30 millió tonna CO₂eq-es kibocsátással bír, ami az 1990-hez bázisévhez képest csak mintegy 57%-os csökkentést jelent. A legnagyobb csökkenés az energiatermelő szektor esetében tapasztalható, ráadásul az ÖTK forgatókönyvben is megjelenik a biomassza CCUS, köszönhetően a magas CO₂ kvótaárnak.



Forrás: tényadat Eurostat, projekció saját modellezési eredmény

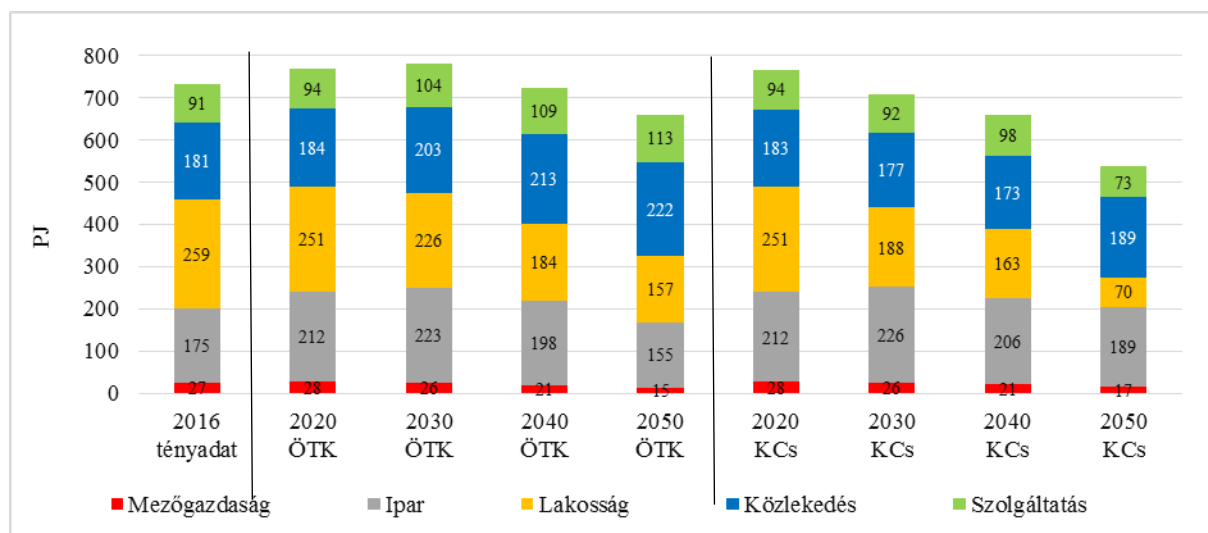
19. ábra– Az ÜHG kibocsátás alakulása az egyes forgatókönyvekben, 2016-2050 (millió tonna CO₂eq/év)

A végső energiafelhasználás szektorok szerinti alakulása

A legnagyobb energia-megtakarítási potenciállal egyértelműen a háztartási alszektor bír (20. ábra). Már az ÖTK forgatókönyv esetében is jelentősen csökken a háztartások energiafelhasználása, köszönhetően az új eszközök lényegesen alacsonyabb energiafelhasználásának, az új építésű lakásoknak, illetve az elsősorban az energiahatékonysági kötelezettségi rendszerben megvalósuló és megtérülő felújításoknak. Ezek oda vezetnek, hogy a kezdeti közel 260 PJ-os energiafelhasználás 2050-re a ÖTK forgatókönyvben is lecsökken 160 PJ alá. Ennél még jelentősebb a csökkenés a KCs forgatókönyvben, ahol 2050-re a háztartások energiafelhasználása 70 PJ-ra csökken, ami a kiinduló év fogyasztásához viszonyítva mindössze 26%-os felhasználást jelent.

Az ipari szektor energiafelhasználása igen eltérően alakul a vizsgált forgatókönyvekben. A ÖTK forgatókönyvben a vizsgált időszak elején a GDP bővülését az energiafelhasználás növekedése kíséri, majd az energiahatékonysági beruházások ezt képesek ellensúlyozni, és a 2030-as évektől folyamatosan csökkenő tendenciát figyelhetünk meg. A KCs forgatókönyvben a tendencia 2030-ig teljesen hasonló, de azt követően kevésbé csökken az energiafelhasználás, mint az ÖTK forgatókönyv esetében. Ez nem azért következik be, mert itt nem valósulnának meg energiahatékonysági beruházások, hanem azért, mert a KCs forgatókönyv gyorsabb GDP bővülést eredményez, ami viszont az ipari termelés, és így az energiafelhasználás növekedésével jár együtt. A gyorsabb gazdasági növekedés annak köszönhető, hogy a klímasemlegességet célzó forgatókönyvben lényegesen magasabb a beruházási aktivitás nemzetgazdasági szintje.

A szolgáltatási és a közlekedési szektor nagyon hasonló pályát ír le a két forgatókönyvben. Ha nincsenek klímacélok meghatározva, akkor mindkét szektor energiafelhasználása kismértékben növekszik, míg a KCs forgatókönyvben az energiahatékonysági beruházásoknak, illetve a hatékonyabb tüzelőanyag-összetételnek köszönhetően 10-20%-kal csökken a jelenlegi szinthez képest.



Forrás: tényadat Eurostat, projekció saját modellezési eredmény

20. ábra – A végső energiafelhasználás szektorok szerinti összetétele az egyes forgatókönyvekben, 2016-2050 (PJ)

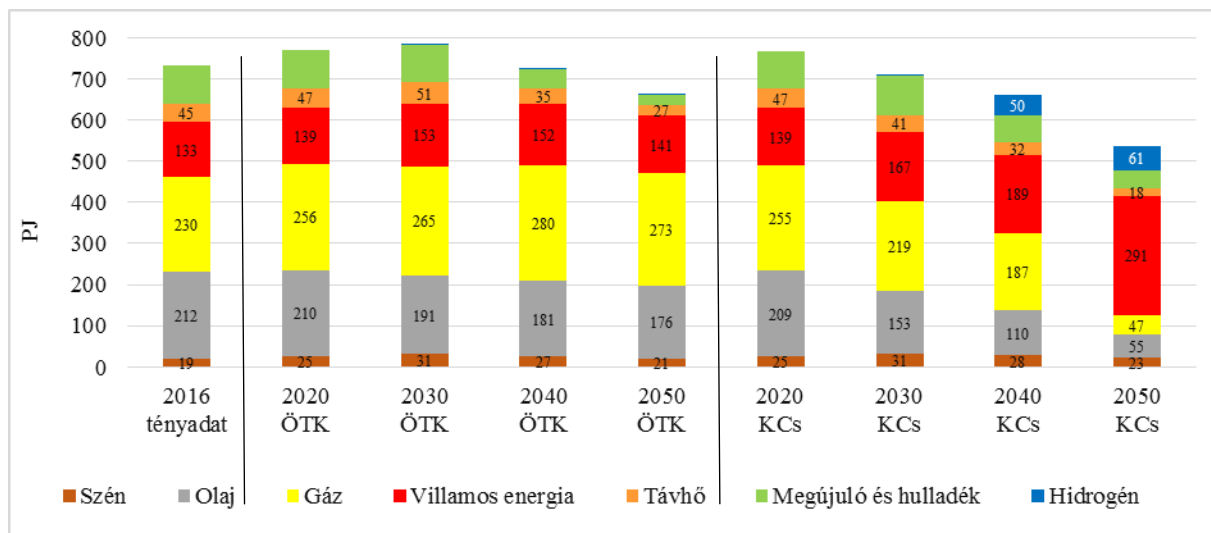
A végső energiafelhasználás tüzelőanyag-összetétele – részben a hidrogén váltja a földgázt; nagyfokú elektrifikáció

A végső energiafelhasználás összetételének jelentősen át kell alakulnia, hogy 2050-re elérhetővé váljon a kitűzött klímasemlegességi cél. (21. ábra).

A ÖTK forgatókönyvben jelentős elmozdulást nem tapasztalható, sőt a földgáz részaránya növekszik, kiszorítva elsősorban megújuló energiaforrásokat. **A KCs forgatókönyvben a legnagyobb változás a nagymértékű elektrifikációból adódik, ami az energiaszektor teljes spektrumát érinti,** 2050-re a villamosenergia-felhasználás adja a teljes energiafelhasználás több mint felét. A nagyfokú elektrifikáció együtt jár a villamosenergia-termelés drasztikus növekedésével. A közlekedésben tapasztalható elektrifikáció eredményeképpen 2050-re a kőolaj-felhasználás drámai mértékben, a jelenlegi felhasználás negyedére csökken.

A másik jelentős változás, ami a modellezés alapján a 2040-es évektől indul el, a földgázfelhasználás visszaszorulása, egyes szektorokban teljes eltűnése. A földgázt részben a hidrogén váltja ki, elsősorban a közlekedési és az ipari szektorban. A hidrogén lényeges szerepet tölt be, 10-15%-át adva a végső energiafelhasználásnak, részben a földgázhálózatba való bekeverés révén. A bekeverés maximális mértéke 2050-ben 50%. Ez egy elméleti átlagos érték, ami azt mutatja meg, hogy a hazai „gázfogyasztás” (elméleti keveréke a hidrogénnek és a földgáznak) fele részben földgázból, fele részben hidrogénből áll majd. Lesznek olyan dedikált hidrogénvezetékek, amelyek 100%-ban tiszta hidrogént fognak szállítani, illetve olyan szektorok, tevékenységek is, ahol tiszta hidrogénre lesz szükség (pl. közlekedés, ipari nyersanyag). A földgázhálózatba ténylegesen nem kerül betáplálásra 50%-ban hidrogén.

Első ránézésre meglepő eredménynek tűnhet, hogy a megújuló energiaforrások felhasználása mindkét forgatókönyvben a jelenlegi szint harmadára, negyedére csökken az évszázad közepére. Ez azzal magyarázható, hogy a korlátos biomassza-felhasználás a villamosenergia-termelésben hasznosul, ahol a legnagyobb ÜHG-megtakarítást lehet elérni a CCUS technológiával felszerelt biomassza erőművek segítségével.

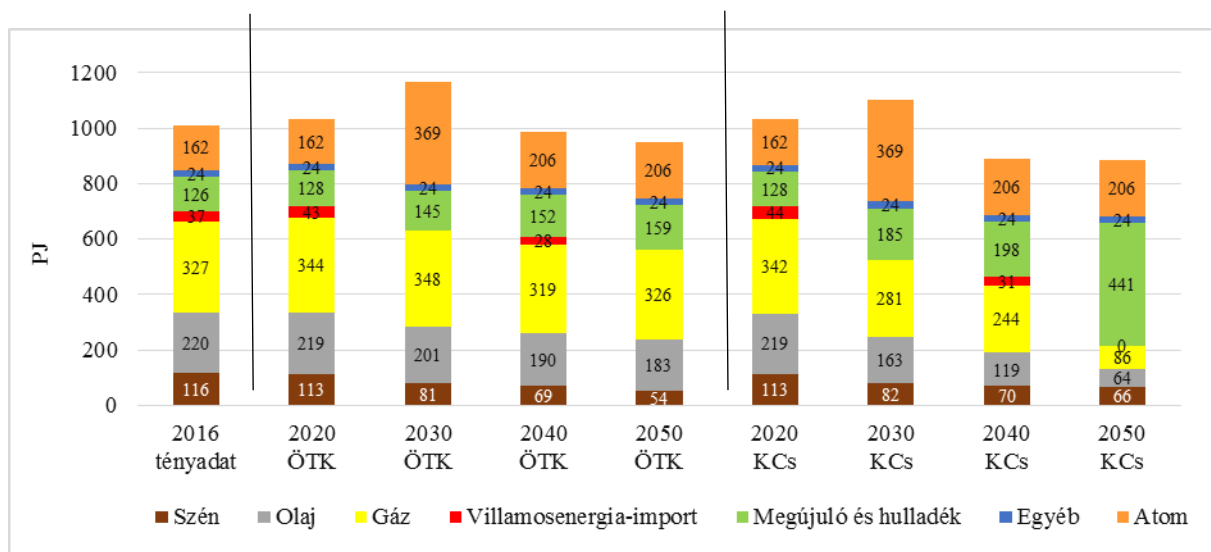


Forrás: tényadat Eurostat, projekció saját modellezési eredmény

21. ábra – A végső energiafelhasználás tüzelőanyag-összetétel az egyes forgatókönyvekben, 2016-2050 (PJ)

A primerenergia-felhasználás tüzelőanyag-összetétele – erőteljes megújuló elterjedés a 2050-es évekre

A primerenergia felhasználásban növekedés tapasztalható 2030-ig, mind az ÖTK, mind pedig a KCs forgatókönyvben, ami annak köszönhető, hogy az új paksi atomerőművi blokkok üzembe lépnek, és ebben az időszakban még a régi blokkok sem futnak ki a rendszerből. Ugyanakkor már ekkor is elkezd szétválni a két forgatókönyv; elsősorban a földgázfelhasználásban, illetve a megújulók esetében találhatunk különbségeket. Az ÖTK esetében 2050-re a maihoz szinten alakul a primerenergia-felhasználás mértéke, míg a KCs forgatókönyvben 900 PJ alá süllyed. Ez utóbbi forgatókönyvben **2050-ben már erőteljes megújuló dominancia figyelhető meg a primerenergia-összetételben**, ami a nagymértékű napenergia, illetve biomassza- és bioüzemanyag-felhasználásból adódik. (22. ábra)



Forrás: tényadat Eurostat, projekció saját modellezési eredmény

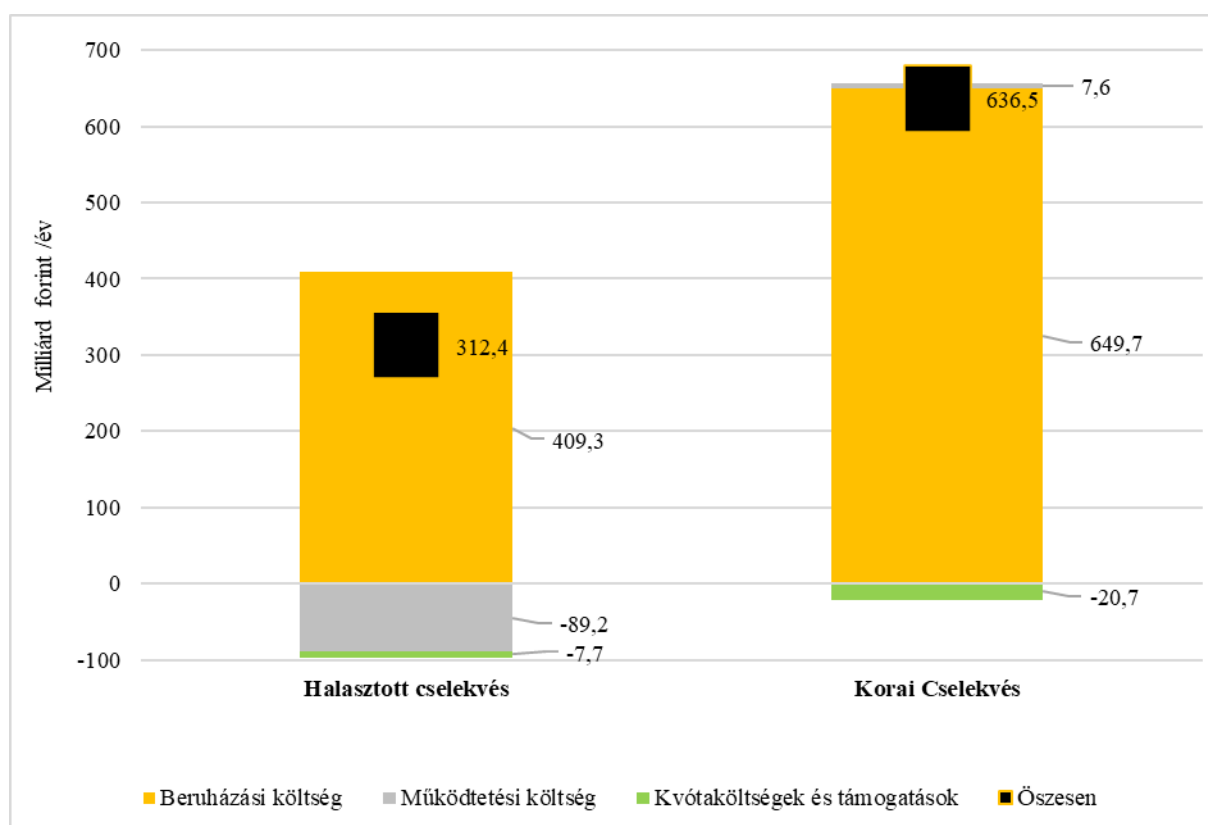
22. ábra – A primerenergia-felhasználás tüzelőanyag-összetétel az egyes forgatókönyvekben, 2016-2050 (PJ)

A kitűzött célok társadalmi költsége – évente 637 milliárd forintos ráfordítás szükséges

A HU-TIMES modell lehetőséget teremt arra, hogy számszerűsíthetővé váljon, mekkora addicionális költségekkel jár a kitűzött célok elérése az energiaszektorban. (23. ábra) Ezen költségek nem teljes mértékben az államháztartást terhelik, az adott alszektor szabályozásának függvénye, hogy hogyan oszlik meg a teher az állam és a magánszereplők között.

Az elemzések során három fő költségkategória különböztethető meg: beruházási költség (CAPEX), működtetési költség (OPEX), illetve a kvótaköltségek és támogatások. Az utóbbiak közé tartozik a megújuló támogatásának összege, illetve az ETS alá tartozó vállalatok CO₂ kvóta költsége is. Fontos hangsúlyozni, hogy a HU-TIMES modell csak a költségeket számszerűsíti az energiaszektorban, az elérhető hasznokat – pl. a légszennyezésből eredő költségek elkerülése, vagy a GDP-re való hatást – a GEM modell szimulálta.

A legnagyobb változás a beruházási költségekben figyelhető meg. A KCs forgatókönyv esetében évente 650 milliárd forintnyi extra beruházásigény jelentkezik az ÖTK forgatókönyvhöz képest, amit ellensúlyoz az alacsonyabb működtetési költség és a kvótaköltségek/támogatások kisebb összege. **A hasznok és a költségek nettó értéke éves szinten 637 milliárd forint addicionális költséget jelent a kijelölt célok elérése érdekében.**



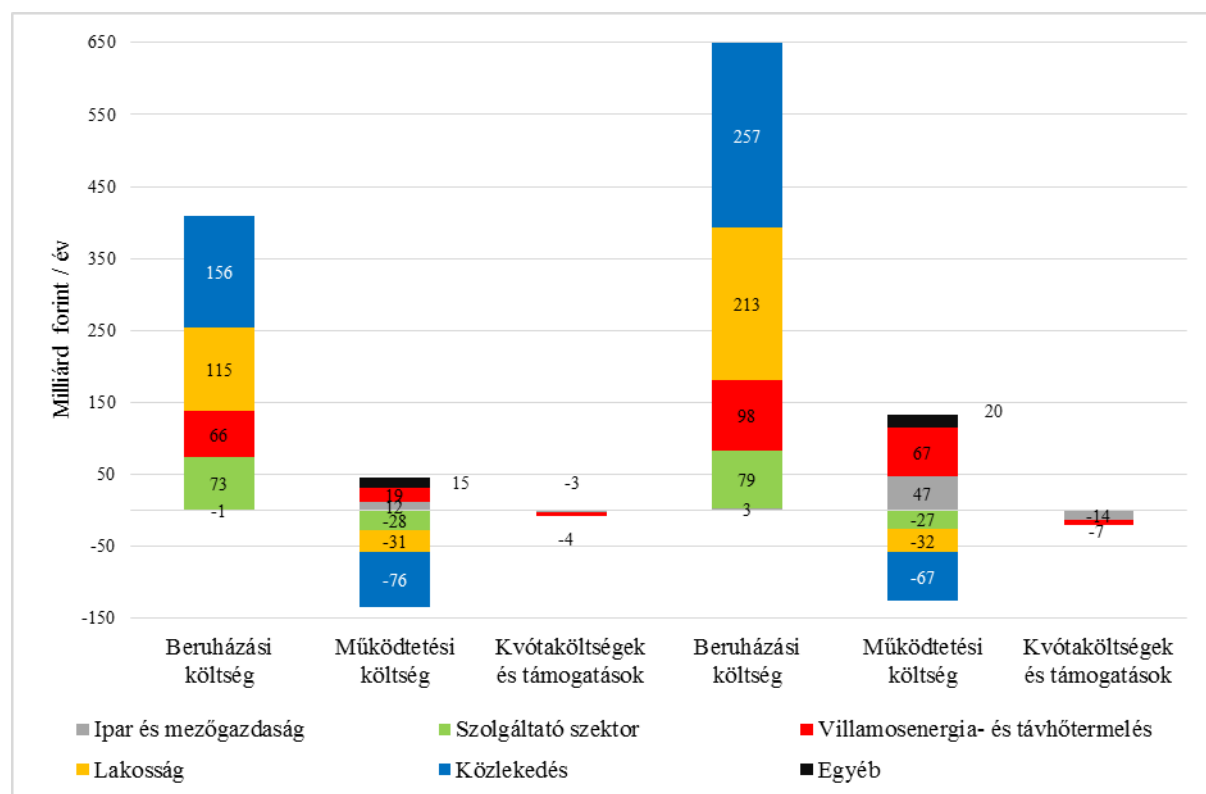
Forrás: HU-TIMES modellezési eredmény

23. ábra – Az évesített költségtöbbletek megoszlása kategóriánként az ÖTK forgatókönyvhöz viszonyítva, milliárd forint/év

Az addicionális beruházási költségek legnagyobb részben a közlekedési szektorra, illetve a háztartásokra összpontosulnak. (24. ábra) A KCs forgatókönyvben a közlekedési szektorban az addicionális beruházási költségigény 256 milliárd forint évente (a teljes addicionális beruházás 40%-a), a lakossági szektorban 210 milliárd forint éves szinten (33%). A villamosenergia- és távhőszektorra jut a beruházások 15%-a, míg a szolgáltatási szektorra 12%.

Nem látható érdemben addicionális beruházási költség az ipari szegmens esetében. Ez annak köszönhető, hogy az iparban az ÖTK forgatókönyvben is megvalósulnak azon beruházások, amelyek a KCs forgatókönyvben is. Ugyanakkor az ipari szektor esetében tüzelőanyag-váltást jeleznek a klímasemlegességet célzó forgatókönyv projekciói, ami a működési költségek alakulásában is tetten érhető. Annak érdekében, hogy az energiaszektorban teljesíthetők legyenek a dekarbonizációs célok, szükséges drágább, de tisztább üzemanyagra átállni (pl. karbonmentes hidrogénre vagy villamos energiára).

Az addicionális beruházások eredményeképpen viszont a háztartási szegmensben, a közlekedésben és a szolgáltatási szektorban egyaránt csökken a működési költség. Ez pl. a kisebb üzemanyag-fogyasztású gépjárművek térnyerésének, vagy éppen az energiahatékonysági beruházásoknak (pl. szigetelés, ablakcsere, hatékonyabb fűtés) köszönhető.



Forrás: HU-TIMES modellezési eredmény

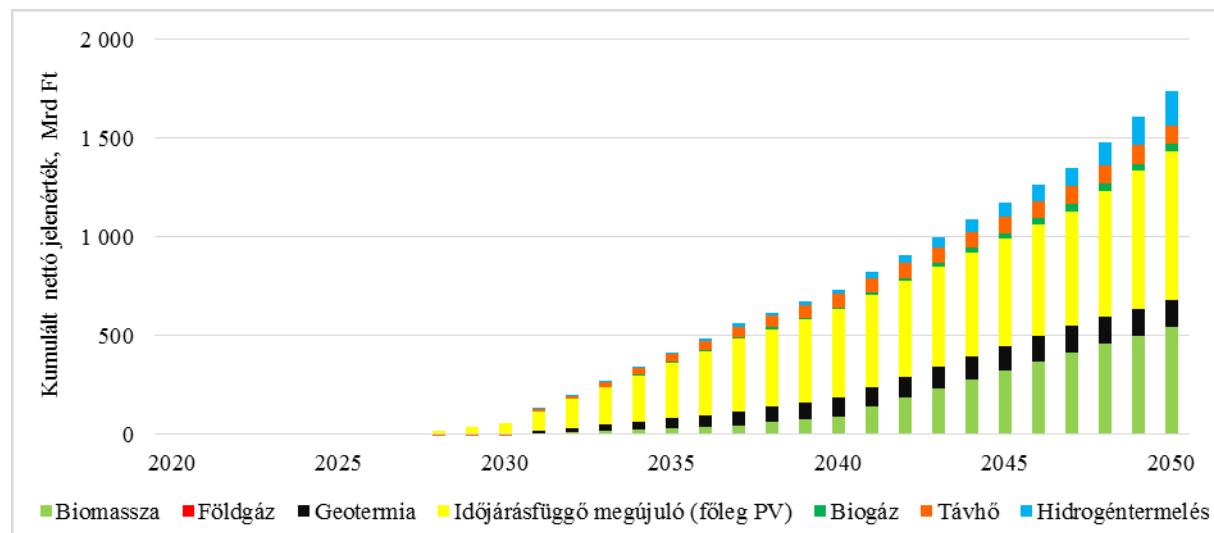
24. ábra – Az évesített költségtöbbletek megoszlása a HCs és KCs forgatókönyvekben, kategóriánként és szektoronként az ÖTK forgatókönyvhöz viszonyítva, milliárd forint/év

A költségek elemzése során érzékenységvizsgálattal elemeztük a kvótaárak hatását a KCs forgatókönyv esetében, azt feltételezve, hogy a CO₂ kvóta ára 2030 és 2050 között kétszeresére emelkedne. Ennek hatására a dekarbonizációs cél elérésének költsége mintegy 1,5%-kal, éves szinten 10 milliárd forinttal növekszik. Ugyanakkor a magasabb

kvótaár ösztönzőleg hat a célok elérésére azáltal, hogy a vállalatok számára komolyabb költségtényezővé teszi a szennyezést.

A HU-TIMES modell lehetőséget ad a beruházási költségek részletesebb megjelenítésére is, különösképpen a közlekedési, illetve a villamosenergia- és távhőszektorban.

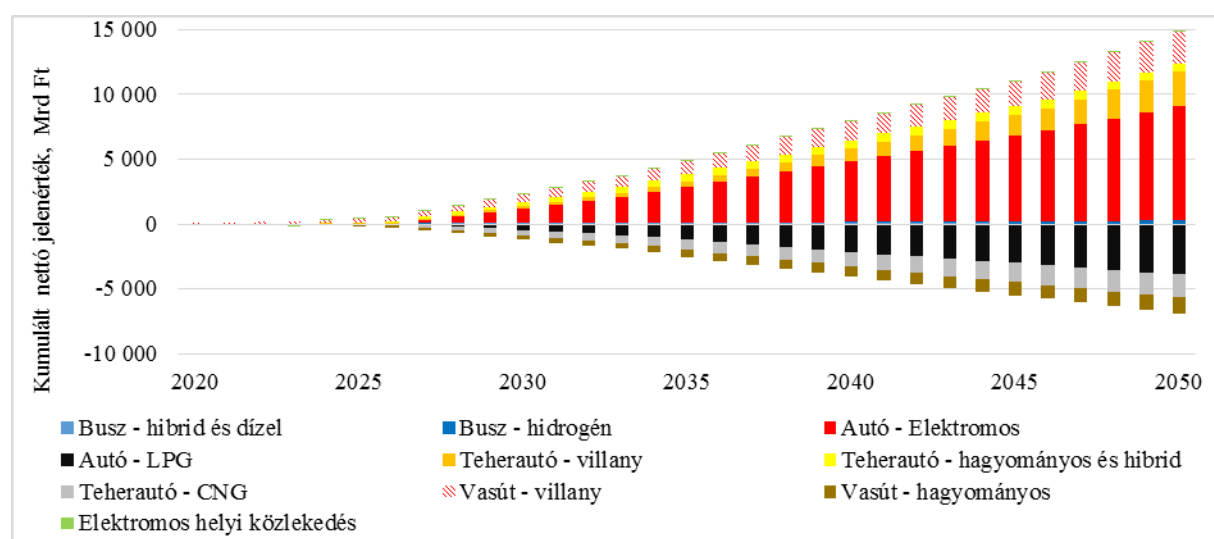
A villamosenergia- és távhőszektorban a KCs forgatókönyv és az ÖTK forgatókönyv közti beruházási költség különbségeket mutatja a 25. ábra. A költségek 2016-os évre diszkontált, kumulált értékeket mutatnak. Összességében 2050-ig a dekarbonizációs célok eléréséhez mintegy 3600 milliárd forint addicionális beruházásra van szükség. Az addicionális költségek 2045-ig egyenletesen oszlanak el, majd ezt követően magasabb addicionális beruházási költségek adódnak.



Forrás: tényadat Eurostat, projekció HU-TIMES modellezési eredmény

25. ábra – A KCs és az ÖTK forgatókönyvek éves kumulált beruházási költségének nettó jelenértékének különbsége a villamosenergia- és távhőszektorban, milliárd forint/év

A közlekedési szektorban lényegesen heterogénebb kép adódik (26. ábra).



Forrás: tényadat Eurostat, projekció HU-TIMES modellezési eredmény

26. ábra – A KCs és az ÖTK forgatókönyvek éves kumulált beruházási költségének nettó jelenértékének különbsége a közlekedési szektorban, milliárd forint/év

A nettó addicionális összköltség 10 ezer milliárd forintot tesz ki, ugyanakkor vannak olyan beruházások, amelyek csak az ÖTK forgatókönyvben jelennek meg, míg mások csak a KCs forgatókönyvben. Utóbbi esetben a legnagyobb tételt (az ÖTK forgatókönyvhöz viszonyítva) az elektromos autók adják (10 ezer milliárd forint), de igen szignifikáns a vasúti villamos energiát használó járművek (2800 milliárd forint), illetve a villamos energiát használó teherautók addicionális beruházási költsége (3 300 milliárd forint). Ugyanakkor a KCs forgatókönyv esetében vannak olyan költségelemek, amelyek nem jelennek meg, szemben az ÖTK forgatókönyvvel. Mintegy 4400 milliárd forinttal kevesebbet kell költeni LPG meghajtású autókra, 2000 milliárd forinttal kevesebbet CNG meghajtású teherautókra, és 1300 milliárd forinttal kevesebbet dízel meghajtású vasúti kocsikra a KCs forgatókönyvben az ÖTK-hoz viszonyítva. Az addicionális beruházási költségek felmerülése a teljes időszak alatt közel lineáris a közlekedési szektor esetében.

A háztartások karbonmentesítéséhez szükséges a földgáz visszaszorulása és az alternatív megoldások (különösen a hőszivattyúk) elterjedése

A háztartások energiafelhasználása (27. ábra) az ÖTK forgatókönyv esetében is csökken. Ez elsősorban az új építésű épületek alacsony energiafelhasználásából adódik, illetve sok esetben az épületek felújítása megtérülő beruházás, azaz a felújítás utáni rezsimegtakarítás kompenzálni képes a felújítási költséget. Tüzelőanyag-összetétel tekintetében a tűzifa-felhasználás folyamatosan háttérbe szorul, a kezdeti 74 PJ-os szintről 2050-re néhány PJ-ra csökken az értéke. Ennek oka, hogy a háztartások sokkal hatékonyabb és hosszú távon gazdaságosabb tüzelőanyagra, elsősorban földgáztüzelésre állnak át. A földgázfelhasználás esetében így kismértékű növekedés figyelhető meg. A villamosenergia-felhasználás a háztartási eszközök várható cseréje miatt csökken, mivel az új eszközök lényegesen kisebb energiaintenzitással működnek.

A KCs forgatókönyvben már 2030-ban is más tendenciák láthatók. **Az erőteljesebb energiahatékonysági beruházásoknak köszönhetően 2030-ban már közel 50 PJ-lal kisebb ezen szektor energiafelhasználása, mint az ÖTK forgatókönyvben.** Az energiahatékonysági beruházások a 2030-es évek után is folytatódnak. Ezzel párhuzamosan folyamatos tüzelőanyagváltás figyelhető meg: a földgáz egyre inkább háttérbe kerül, és 2050-re minimális szintre szorul vissza a forgatókönyv szerint. Eközben a szén eltűnik¹⁸ az energiamixből hozzájárulva ahhoz, hogy a nettó nulla ÜHG kibocsátás nemzetgazdasági szinten is elérhetővé váljon.¹⁹ Ennek kapcsán úgy látjuk, hogy nagy léptékű infrastruktúrafejlesztés előtt állunk. Az átalakulás része lesz például a napelemes program. S vannak olyan mintaprojektek is, amelyek azokat a településeket célozzák, ahol jelenleg nincsen bevezetve a földgáz.²⁰ Lényeges és kulcsfontosságú eleme lesz az átállásnak az ezen projektek során szerzett tapasztalat is.

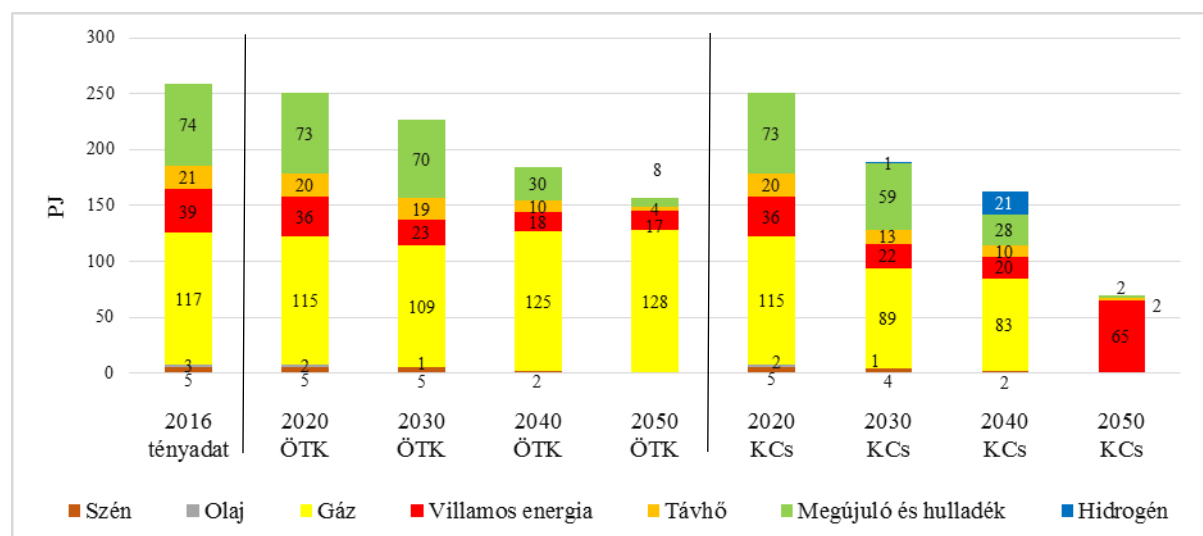
¹⁸ A szénttüzelés kivezetése levegőszennyezési szempontból is fontos. Az egyes szilárd tüzelőanyagok lakossági használatának korlátozását, és a szociális tüzelőanyag támogatási rendszer környezetbarátabbá tételét a Országos Levegőtérhelés-csökkentési Program a meghozandó intézkedések között sorolja fel.

¹⁹ A magyarországi gázvezetékek kihasználtságának racionalizálása kapcsán tervezett intézkedések vonatkozásában további részletek Magyarország 2020 januárjában elfogadott Nemzeti Energia- és Klímatervében lelhetők fel.

²⁰ A 2020 márciusában kiírt energetikai innovációs pályázati csomag keretében került meghirdetésre a „Települések energiaellátásának biztosítása földgázhelyettesítő alternatív ellátási módok felhasználásával, valamint modern technológiák, rugalmassági szolgáltatások igénybevételével” c. felhívás, melynek keretösszege 3 milliárd forint volt.

Mivel a biomassza, azaz a tüzipfa csak korlátozottan áll rendelkezésre, ezért ennek a tüzelőanyag-típusnak a felhasználása minimális szintre csökken. A KCs forgatókönyvben 2040-ben megjelenik a hidrogén, mint a földgázhálózatba bekevert energia, de ez inkább csak átmeneti megoldás, mivel hosszabb távon az egyetlen széles körben elérhető, nulla ÜHG kibocsátással bíró tüzelőanyagként a villamos energia marad meg

Az érintett szereplőkkel történt egyeztetések is megerősítették, hogy a hosszú távú dekarbonizációs célok elérésének egyik legköltséghatékonyabb módja a háztartási és szolgáltató szektorokban az energiahatékonyság növelése, valamint a megújulóenergia-alapú villamos energia hasznosítása, amihez szükséges a decentralizált – prosumer – hálózatok kialakításának ösztönzése.

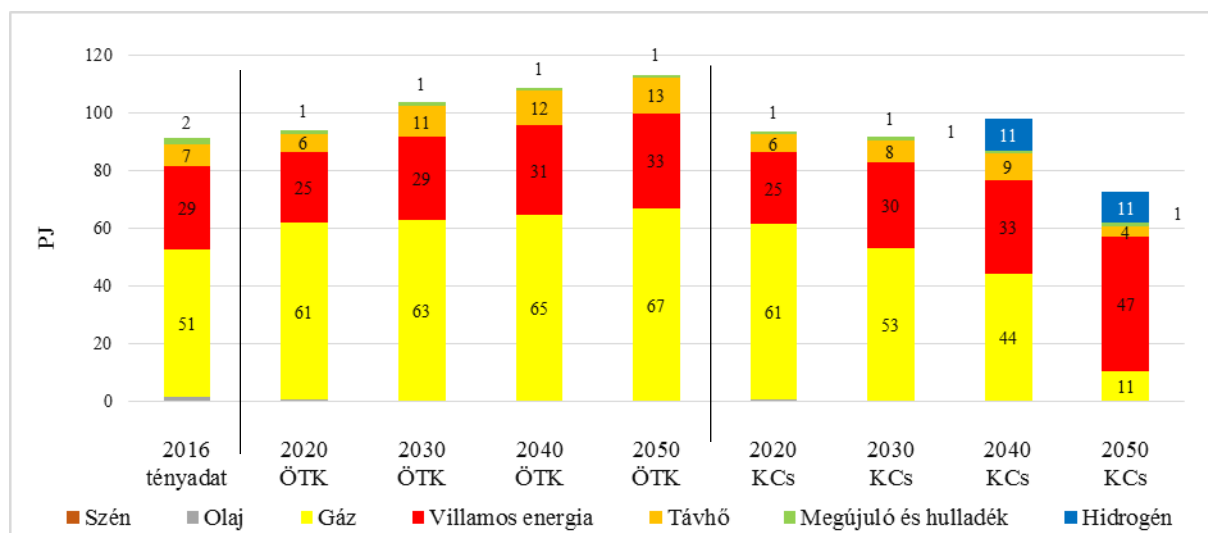


Forrás: tényadat Eurostat, projekció saját modellezési eredmény

27. ábra – A háztartási szektor energiafelhasználásának megoszlása az ÖTK és a KCs forgatókönyvben

Elektrifikáció és részleges földgáz-kivezetés a szolgáltató szektorban

Az ÖTK forgatókönyv esetében a **szolgáltatói szektor energiafelhasználása** (28. ábra) is növekszik, a 2016-os 91 PJ-ről 113 PJ-ra, amely növekedést a GDP növekedés generálja, és az energiahatékonysági beruházások nem tudják ellensúlyozni. A tüzelőanyag-összetétel nem változik szignifikánsan.



Forrás: tényadat Eurostat, projekció saját modellezési eredmény

28. ábra – A szolgáltatási szektor energiafelhasználásának megoszlása az ÖTK és a KCs forgatókönyvben

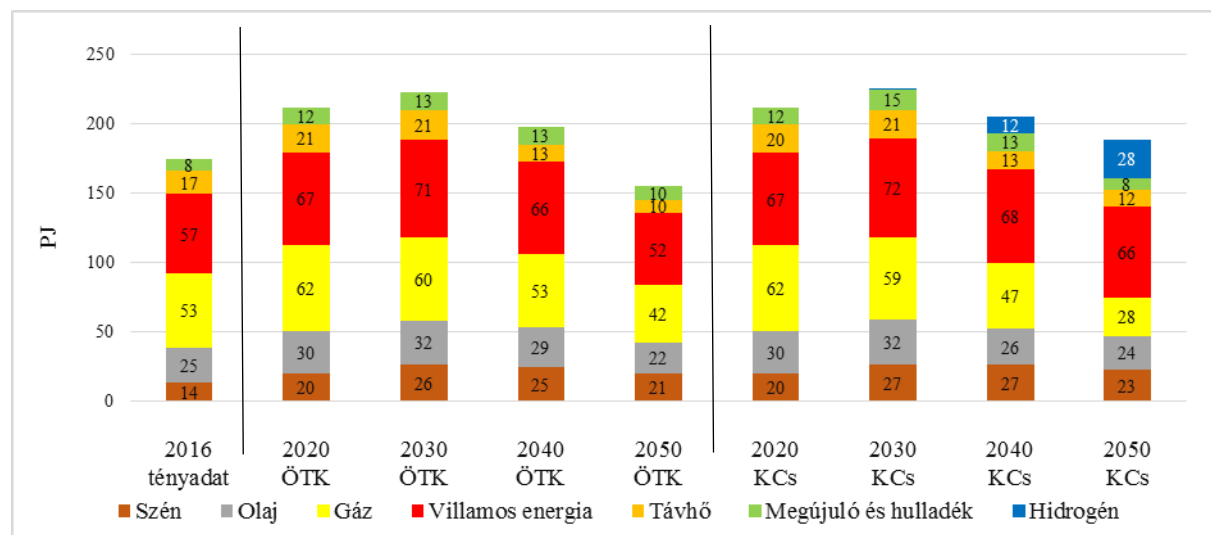
A KCs forgatókönyv megvalósulása azonban fontos változásokat feltételez. Egyrészt az energiafelhasználás 2040-ig stagnál, kismértékben növekszik, azt követően azonban egy csökkenő tendencia rajzolódik ki. Habár az energia-megtakarítás lényegesen kisebb, mint a lakosság esetében, de mindenképpen látszódik, hogy beavatkozás szükséges ezen szektor energiafelhasználásának csökkentése érdekében. Ilyen szabályozói eszköz lehet a bevezetendő energiahatékonysági kötelezettségi rendszer, a beruházási vagy működési támogatások, de ezek közé sorolhatók a direkt, pl. tiltó eszközök is. Szintén jelentős változás tapasztalható a tüzelőanyag-összetételben. Egyrészt jelentősen csökken a földgáz-felhasználás, amit a hidrogén egyre nagyobb arányú bekeverése kísér, illetve nagyfokú elektrifikáció is megvalósul **2050-re**, amikor is **a teljes szolgáltatási szektor energiafelhasználásának kétharmadát a villamos energia adja.**

Az ipar részleges dekarbonizációjában a CCUS mellett főszerepet játszik a hidrogén és az elektrifikáció

Az ipari energiafelhasználás alakulását (29. ábra) mind az ÖTK, mind a KCs forgatókönyvben először növekvő tendencia jellemzi, ám a 2030-as évektől elkezd csökkenni az energiafogyasztás, köszönhetően a megvalósuló energiahatékonysági beruházásoknak. Ezek a beruházások mindkét forgatókönyvben piaci alapon megtörténnek, vagyis nincs szükség állami ösztönzőkre. A KCs forgatókönyvben az energiafelhasználás-csökkenés mértéke kisebb, mint az ÖTK forgatókönyvben. Ez annak köszönhető, hogy a nemzetgazdasági szinten magasabb beruházási aktivitás növeli a GDP-t, ami fokozza az ipari keresletet, így az energiafelhasználást is.

Míg az ÖTK forgatókönyvben jelentős változás nem tapasztalható a tüzelőanyag-szerkezetben, addig **a KCs forgatókönyvben jelentős ártrendeződés jelezhető előre. 2040-től megjelenik a hidrogén, és egyre fontosabb szerepet kap, 2050-ben már a 15%-át adja a teljes energiafelhasználásnak.** A hidrogén elsősorban a földgázt szorítja ki. A klímareggelők során a hidrogén szerepét az érintett vállalatok is kiemelték, mint fontos tényezőt az ipari dekarbonizációban.

Az iparági szereplőkkel folytatott megbeszélések megerősítették a digitalizáció és az elektrifikáció fontosságát is a hosszú távú ipari dekarbonizációs folyamatban. Emellett a vállalatok képviselői az energiahatékonyság növelésének szükségességét hangsúlyozták. Az iparági szereplők különösen fontosnak tartják olyan ösztönzőrendszer bevezetését, amely támogatást nyújthat a kutatás és a fejlesztés terén, versenyképessé téve a hazai szereplőket az új, energiahatékony és megújulóenergia-alapú technológiák kifejlesztésében, előállításában és exportálásában.



Forrás: tényadat Eurostat, projekció saját modellezési eredmény

29. ábra – Az ipari szektor energiafelhasználásának megoszlása az ÖTK és a KCs forgatókönyvben

Az elektrifikáció, a bioüzemanyagok és hidrogén egyaránt szükséges a közlekedési szektor részleges dekarbonizációjához

A közlekedési szektorban (30. ábra) mind az ÖTK, mind pedig a KCs forgatókönyvben növekszik az energia felhasználása, bár igen különböző mértékben. Míg az ÖTK forgatókönyvben mintegy 50 PJ-al nő 2016 és 2050 között az energiafelhasználás, addig ez az érték a KCs forgatókönyvben mindössze 8 PJ.

A legnagyobb mértékben a dízel-felhasználás csökken 2050-re: harmadára, 34 PJ-ra az ÖTK forgatókönyvben, míg a KCs forgatókönyvben ezen üzemanyag teljesen eltűnik a vizsgált időszak végére. Ehhez szükség van olyan szabályozási beavatkozásra, amely vagy támogatja a tisztább megoldások elterjedését (pl. elektromos autók támogatása), vagy bünteti (pl. magasabb adó), adott esetben korlátozzák a fosszilis energiahordozókat felhasználó technológiákat.

Magyarország már jelenleg is jelentős lépéseket tesz az elektromobilitás népszerűsítésére. A jövőben várhatóan egyre hangsúlyosabbá válik az elektromobilitás és az elektromos meghajtás, ezért várhatóan a piac egyre inkább magától is alkalmazkodni fog az új körülményekhez, és kevesebb ösztönzöt fog igényelni. Már az ÖTK forgatókönyvben is 37 PJ a villamosenergia-felhasználás 2050-ben, amely így a teljes közlekedési szektor 17%-át adhatja további intézkedés nélkül. A KCs forgatókönyvben ez az érték pedig már közel 60% (111 PJ).

Elektrifikáció a közúti közlekedésben, és hatása a magyar járműiparra

Az elektromos meghajtású járművek egyre elterjedtebbé, népszerűbbé válnak Magyarországon is. Az akkumulátoros elektromos autók terjedése (a szűkebb értelemben vett elektromobilitás) tekintetében hazánk már most is a térség egyik éllovasa, emellett hosszabb távon a hidrogén-üzemanyagcellás elektromos meghajtással²¹ is egyre inkább számolni kell majd. E folyamatot a gépjárműveket érintő uniós környezetvédelmi előírások szigorítása is támogatja.

Rövid, illetve középtávon elsősorban az akkumulátoros elektromos meghajtás térnyerésével, illetve annak járműiparra gyakorolt hatásaival kell számolnunk. Az elektromobilitás amellet, hogy új technológiák megjelenését eredményez, kihívás elé állítja a hazai beszállítói hálózatot, egyrészt mert csökkenti, másrészt meg átalakítja az alkatrészigényt, tekintettel arra, hogy az elektromos autók kevesebb és részben más típusú alkatrészekből épülnek fel. Az elektromos hajtásláncok gyártása a foglalkoztatottak számát, szükséges képzését is megváltoztatja: kevesebb és részben új kompetenciákkal rendelkező munkaerőre lesz szükség a szektorban. Mindezek eredményeként Magyarország autóiipari beszállítói és szolgáltatói láncának és szükséges munkaerejének tekintetében átalakulás várható.

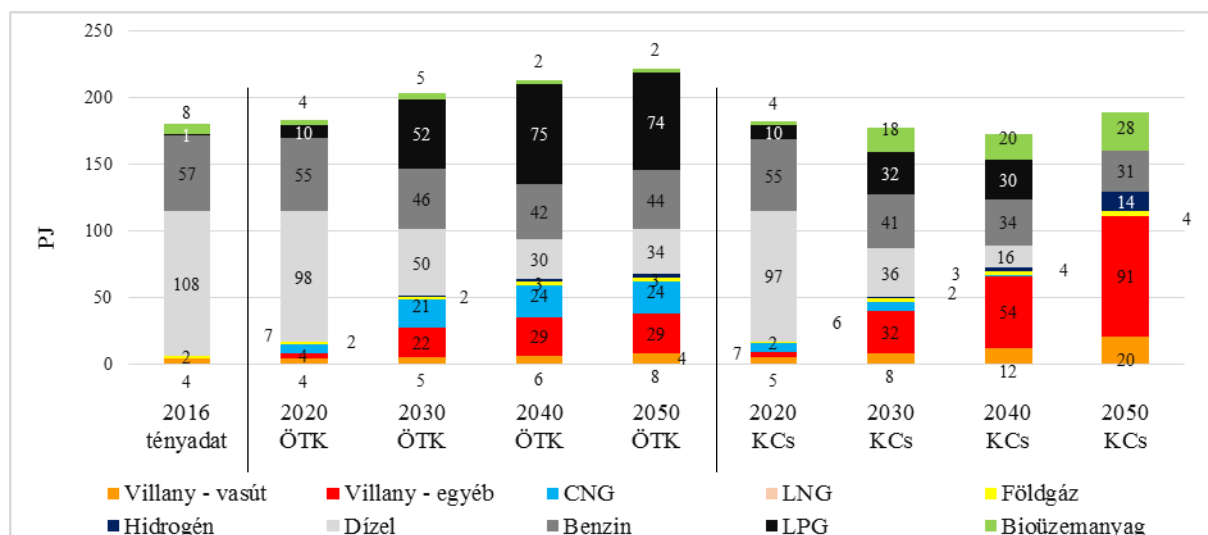
Az, hogy ebben az éppen változó környezetben Magyarország, illetve a hazai járműipari szektor miként tud helytállni, s versenyképes maradni, nagymértékben függ a hazai innovációs képesség (beleértve a tudást is) növelésén és a szervezetváltási hajlandóságon. „Hazánkban, az utóbbi években, autóiipari beruházások az új és fejlődő területeken jönnek létre, mint például az akkumulátorok és az elektromos motorok gyártása. A legvalószínűbb forgatókönyv egy iparágon belüli átrendeződés irányába mutat, ahol az ágazat gazdasági teljesítménye nem csökken, alapjai viszont fokozatosan változnak.”²²

A dekarbonizációs célok eléréséhez nélkülözhetetlen a hidrogén közlekedésben való felhasználása is. Ezen üzemanyag a 2040-es években tűnik fel nagyobb mértékben, majd 2050-re már szignifikáns mértéket ölt a részaránya (8%). Kétszer ekkora részesedéssel bír a bioüzemanyag-felhasználás, a második generációs bioüzemanyagok térnyerése, és az első generációs bioüzemanyagok háttérbe szorulása mellett.

Az iparági szereplőkkel történő egyeztetések is megerősítették, hogy az autóiiparban üzemanyagváltással, illetve hidrogén bevezetésével, valamint szemléletváltással mozdítható elő a dekarbonizáció. Az ÜHG kibocsátás jelentős csökkentéséhez az ágazati képviselőkkel folytatott egyeztetések alapján a „tisztán” elektromos meghajtású járművek (akkumulátoros járművek és a hidrogén-üzemanyagcellás buszok) tömegközlekedési eszközök beszerzésének támogatása, valamint a töltőállomás-hálózat és az infrastruktúra megfelelő kiépítése indokolt.

²¹ A hidrogén és az oxigén egyesítésével energiát előállító üzemanyagcella és az elektromotor közé egy kisebb akkumulátor is kerül, ami biztosítja, hogy a motor számára minden esetben rendelkezésre álljon a megfelelő mennyiségű energia.

²² PWC (2018): Magyarországi Autóiipari Beszállítói Felmérés 2018 Elérhető: https://www.pwc.com/hu/hu/kiadvanyok/assets/pdf/automotive_survey_2018.pdf



Forrás: tényadat Eurostat, projekció saját modellezési eredmény

30. ábra – A közlekedési szektor energiafelhasználásának megoszlása az ÖTK és a KCs forgatókönyvben

A közlekedési módokban is jelentős változások adódnak (31. ábra). Míg az ÖTK forgatókönyvben a személyautók energiafelhasználása csak kismértékben csökken, addig a KCs forgatókönyvben mintegy kétharmaddal 2050-re. A személyszállítás részben áttérül a vasútra, illetve a buszra, amelyeknek az egységnyi utaskilométerre vetített ÜHG mérlege lényegesen kedvezőbb. Tovább népszerűsíthető a kerékpáros közlekedés és a közösségi autózás („car sharing”) is.

Ami kifejezetten az autóbuszos forgalmat illeti, mintaprojekt került kidolgozásra a helyi közösségi közlekedési feladatokat ellátó buszállomány cseréjére. A Zöld Busz Program²³ célja a helyi közösségi közlekedésben résztvevő autóbusz-állomány cseréje a hazai buszgyártás ösztönzésével, az üzemeltetett buszok átlagéletkorának, a buszos közlekedés károsanyag-kibocsátási értékeinek és fenntartási, üzemeltetési költségeinek csökkentése, továbbá az utazási szolgáltatások minőségének javítása.

A vasút kapcsán pedig célként fogalmazható meg, hogy 2040-ig minden villamos vontatású vasúti jármű a ma ismert leghatékonyabb vontatásra lesz képes, fékezéskor a hálózatba, vagy saját akkumulátorba visszatáplálva fogyasztása számottevően alacsonyabb a ma futó típusok nagy részénél. A nem villamosított vonalszakaszokra pedig akkumulátoros járművekkel lehetséges kijárni, melyek beszerzése 2021-től fokozatosan tervezett.

A kerékpáros közlekedés jelenlegi szintje mellett Európában 15,25 millió tonna CO₂ kibocsátás csökkentés érhető el évente. Ez a kibocsátás csökkentés éppen a leginkább problémás, sűrűn lakott városi területeken jelentkezik, ezért az ott élő lakosság egészségét, életminőségét és a városok élhetőségét nagyban javítja. A hagyományos kerékpáros közlekedés és az ehhez szükséges infrastruktúra kiépítése mellett hosszú távon nagyobb szerepet kaphatnak az elektromos meghajtású kerékpárok és rollerek is a városi közlekedésben és annak karbonmentesítésében.

²³ Magyarország új buszstratégiai koncepciójával és a Zöld Busz Mintaprojektrel kapcsolatos feladatokról szóló 1537/2019. (IX. 20.) Korm. határozatban került kihirdetésre Magyarország új buszstratégiai koncepciója, a Zöld Busz Program.

Egyéb közlekedési ÜHG kibocsátást érintő területek

A Párizsi Megállapodás hatálya nem terjed ki a **légiközlekedésre**. A légiközlekedés ÜHG kibocsátását és környezeti hatásait az EU és az ICAO égisze alatt tárgyalja Magyarország, és a kérdés kezelése csakis nemzetközi szinten szabályozható hatékonyan- kis országként esetünkben ez még inkább igaz.

Belföldön lényegében csak sportrepülés, kisgépes szabad idős repülés, oktatás, illetve katonai repülések vannak, amelyek környezeti hatások szempontjából nem olyan jelentősek, mint a menetrend szerinti légiforgalom. Így hazánkban a belföldi légiközlekedés volumene, valamint az ebből származó kibocsátások marginálisak, azok mérvadó növekedése jelenlegi tendenciák mellett nem várható.

A légiközlekedés környezetterhelése szempontjából a kibocsátás volumenének csökkenése hosszú távon a technológiafejlesztésektől (pl. új géptípusok, alternatív üzemanyagok) várható, nem a gépmozgások számának csökkenéséből.

Rövidebb szakaszokon a légiközlekedés más közlekedési módokkal való kiváltása is opció lehet, pl. gyorsvasút, eredményezhet kibocsátás csökkenést. Ehhez szükséges lehet a multimodális szállítások, kombinált jegyek fejlődése.

A **belvízi közlekedés** meghatározó részét a Dunai személy- és áruszállítás adja; a hazai flotta a nemzetközi személyszállításból nem, a Magyarországot érintő nemzetközi teherforgalomból kb. 15%-kal részesedik.

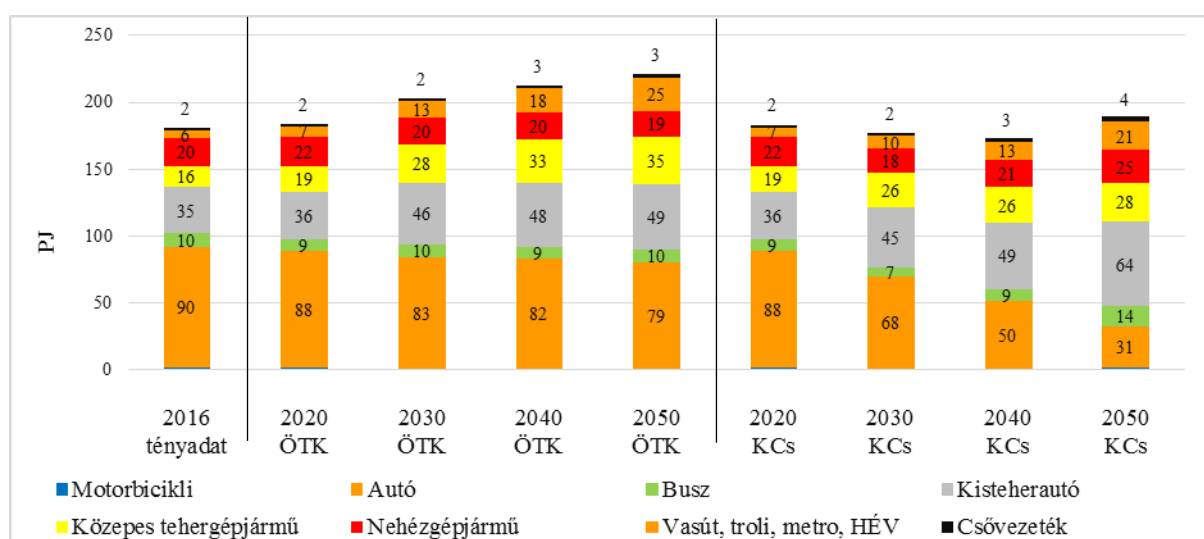
A közúti és légiközlekedéshez képest környezetbarátnak tekinthető belvízi áruszállítás tekintetében a Tisza folyó is jelentős potenciállal rendelkezik, azonban az áruk sikeres átereléséhez az infrastruktúra fejlesztése szükséges.

A magyar lajstromban 2018-ban 14 db tolóhajó, 70 db önjáró áruszállító, 133 db személyhajó-, és mintegy 24,000 db kishajó volt (KSH 2018).

A vízi teher- és személyszállítás vonatkozásában az LNG, CNG technológia ÜHG kibocsátás szempontjából nem jelent lényeges különbséget a dízel üzemanyaghoz képest.

A hidrogén potenciál lehet a hajózásban is, ám az arra való átállást még számos tényező akadályozza (hajózásban nagyobb a főgépek, hajótestek élelciklusa, jelentős beruházási igényt jelent a technológiaváltás, jelenleg nincs kiépített üzemanyag ellátó hálózat, stb.).

A kedvtelési hajózásban az elmúlt években jelentős teret nyertek az elektromos hajtású hajók, és a fejlődés egyik fő motorja a belső égésű motorok használatának tiltása a nagy tavainkon; ennek eredményeképp több versenyképes hazai vállalkozás is található a piacon.

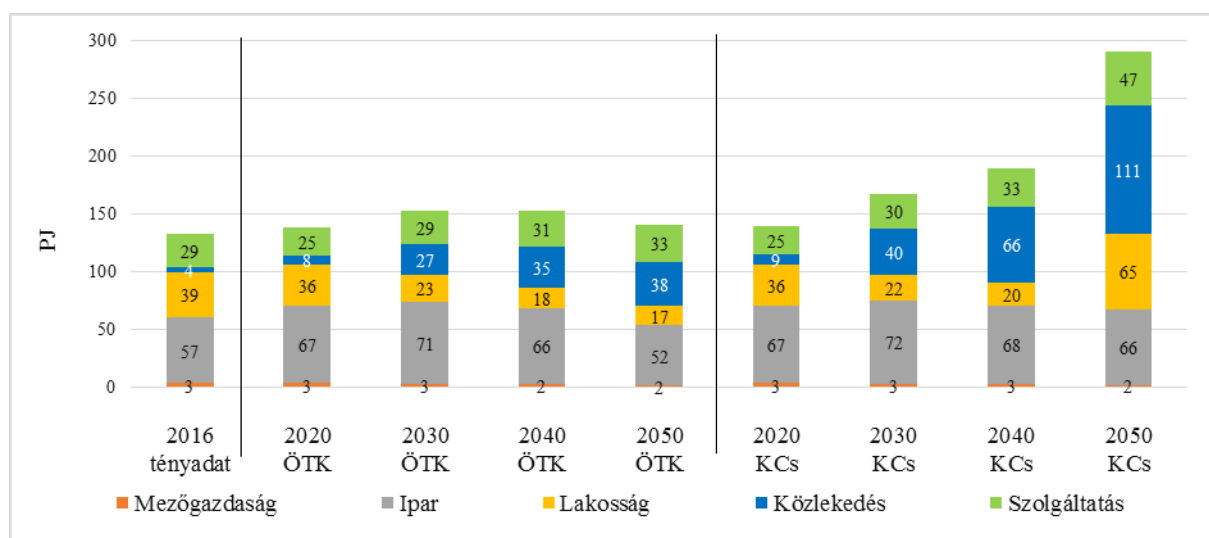


Forrás: tényadat Eurostat, projekció saját modellezési eredmény

31. ábra – A közlekedési szektor energiafelhasználásának megoszlása különböző közlekedési módok szerint az ÖTK és a KCs forgatókönyvben

Megújuló és nukleáris alapú villamosenergia-fogyasztás és -termelés

Az energiaszektor egészét áthatja az elektrifikáció, ami egyúttal a dekarbonizációhoz vezető legfontosabb trend. Az ÖTK forgatókönyv esetében az tapasztalható, hogy villamosenergia-fogyasztás nem igazán változik, 2016 és 2030 között egy növekvő tendencia látható, azt követően viszont – elsősorban az ipar és a lakossági energiahatékonysági beruházásoknak köszönhetően – csökken, így 2050-re a mai szint körül alakul a villamosenergia-felhasználás. Ezzel szemben jelentős változás látható a KCs forgatókönyvben. Már a 2020-as évektől egy erőteljes növekedésnek lehetünk a szemtanúi, amit döntő módon a közlekedés elektrifikációja hajt. A legnagyobb növekedés azonban a 2040-es években tapasztalható, amikor is 190 PJ-ról 291 PJ-ra növekszik a fogyasztás, köszönhetően a közlekedés és – a hőszivattyúk terjedésével – a háztartási szektor elektrifikációjának. A teljes időszakot tekintve a növekedési ütem 2,2%-os. (32. ábra)



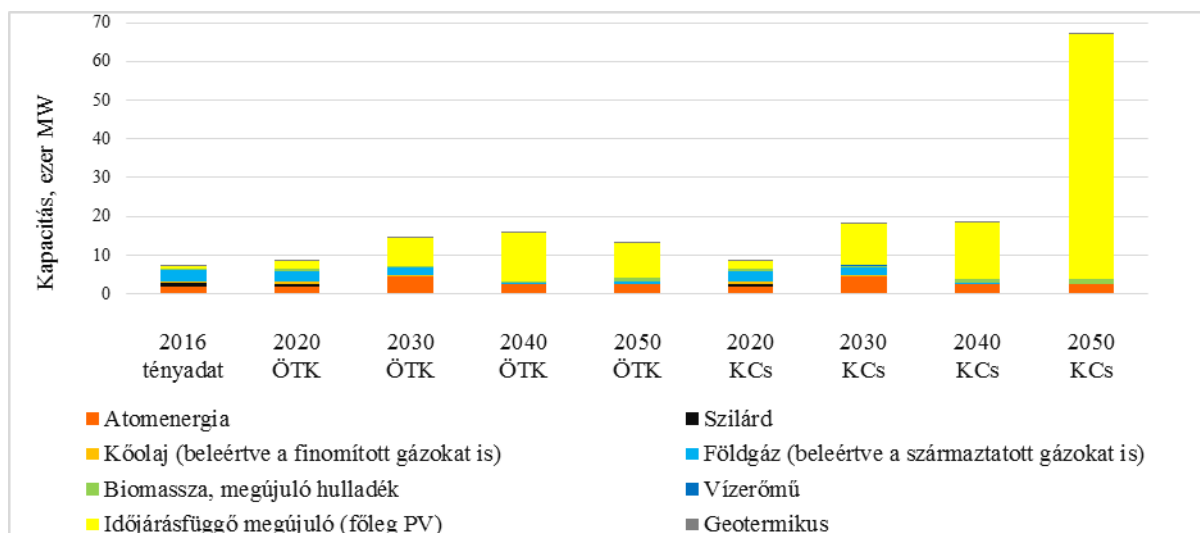
Forrás: tényadat Eurostat, projekció saját modellezési eredmény

32. ábra – A villamosenergia-fogyasztás összetétele az ÖTK és a KCs forgatókönyvben

Ilyen jelentős villamosenergia-fogyasztás növekedés együtt jár a termelési szükséglet növekedésével is. **A 2050. évi klímasemlegességi cél eléréséhez és a fogyasztás kielégítéséhez a nukleáris kapacitások mellett mintegy 65 GW tiszta termelőkapacításra van szükség.** Ebből 51 GW a PV kapacitás. (33. ábra)

A nagyfokú elektrifikáció a 2040-es évektől gyorsul fel igazán. A lakossági fűtési rendszerek mostani korszerűsítésére szánt támogatás addig kifut.

Fontos itt még azt is megjegyezni, hogy a fenntartható területhasználat elvének megfelelően a megújuló energiatermelő kapacitások (főleg a napelemek) telepítése kapcsán barnamezős területeket kell előtérbe helyezni.

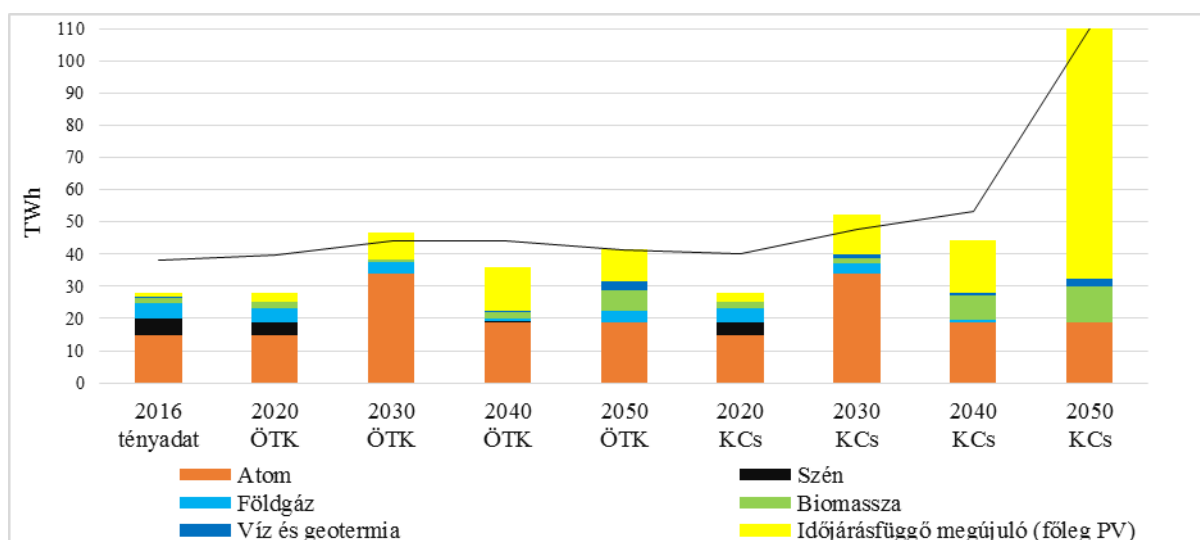


Forrás: tényadat Eurostat, projekció saját modellezési eredmény

33. ábra – A beépített villamosenergia-kapacitások összetétele az ÖTK és a KCs forgatókönyvben

A sok időjárásfüggő termelő kapacitás kiépülésével a 2040-es évektől egyre jelentősebb tárolói kapacitás kiépítésére is szükség lesz annak érdekében, hogy a rendszer elegendő flexibilis kapacitással rendelkezzen. A villamosenergia-tárolói kapacitások 2050-ben a KCs forgatókönyvben több tíz gigawattnyi kapacitást tesznek ki. Az iparági szakértők véleménye is megerősíti az akkumulátoros energiatároló technológiák, a hidrogén, illetve a hidrogénon keresztül a villamosenergia- és a földgázszektor összekapcsolásának a karbonmentesítési folyamatban betöltendő fontos szerepét.

Az elektrifikációval párhuzamosan az ellátásbiztonság is növekszik. 2030-ban a meglévő és az új paksi blokkok párhuzamos működése miatt nettó export pozícióba kerül hazánk, majd a régi atomerőművi blokkok leállításával ismét nettó importórré válunk, de az importhányad a KCs forgatókönyvben a mainak csak mintegy fele, 16%. 2050-ben az óriási megújulóenergia-termelő kapacitásnak, illetve a rendelkezésre álló tárolói kapacitásnak köszönhetően a hazai termelés szinte teljes mértékben fedezi a fogyasztást. (34. ábra)



Forrás: saját modellezési eredmény

34. ábra – A villamosenergia-termelés összetétele az ÖTK és a KCs forgatókönyvben

4.2.2. Ipari folyamatok

<p>Erősségek Képzett munkaerő. Jelentős mértékű külföldi és hazai beruházás az ipari szektorban. Javuló energia-, folyamat- és anyaghatékonyság. Zöld és hatékony gazdaság kiépítését előtérbe helyező gazdaságpolitika (“magyar, zöld és high-tech”).</p>	<p>Gyengeségek Kedvezőtlen fogyasztási szokások (túlfogyasztás, pazarlás). Lakosság klímatudatossága bár javul, de még mindig alacsony. Hulladékgyűjtésben rejlő hiányosságok. Klímacélok integrálásának korlátozottsága. Bár javul az ipar energiahatékonysága, még mindig elmarad a nyugat-európai szinttől.</p>
<p>Lehetőségek KFI aktivitás kedvező bázisa. Hidrogén-technológiák által kínált lehetőségek. Zöld átmenet által generált új gazdaságfejlesztési lehetőségek. Külföldi vegyipari befektetők pozícionálása, hazai letelepítése. Körforgásos gazdaság kiépítése. További digitalizáció és automatizáció, valamint a mesterséges intelligencia által kínált lehetőségek. Növekvő fogyasztói tudatosság. Az egyetemek, kutatóintézetek és az ipar együttműködésének erősödése.</p>	<p>Veszélyek A fosszilis energiahordozóktól való függés. Azok a technológiai megoldások, melyek elősegítik ezen szektorokban a folyamat-emisszió csökkentését, még jellemzően nem érett technológiák. Esetenként nagy a technológiák kapcsán a bizonytalanság. Függőség a nemzetközi ellátási láncoktól és piacoktól. Külföldi tőke túlzottan magas aránya bizonyos alszektorokban. Bizonyos területeken fennálló munkaerőhiány. A megnövekedett gyártói költségek áthárítása a fogyasztókra. Az új iparágak és technológiák új, jelenleg még nem meglévő kompetenciákat igényelnek.</p>

5. táblázat – A nagy folyamat-emisszióval jellemezhető ipari alszektorok SWOT-analízise

Az ipari folyamatok dekarbonizációjának modellezésekor számos olyan intézkedésre, jó gyakorlatra és technológiai megoldásra támaszkodott az NTFS, amelyet az iparági szereplők javasoltak a széles körű egyeztetés során. A vállalatok képviselői a **megújuló energia** (elsősorban PV) használatán túl a termelés **energiahatékonyságának** fokozására és az **energia- és erőforrás-takarékosság** (körforgásos gazdaság) fontosságára hívták fel a figyelmet. A javaslatok értelmében a termelés-optimalizáláson, digitalizáción, a „tárgyak internetén” keresztül hatékonyabbá váló termelési folyamatok karbonlábnyomát olyan új technológiák segíthetik tovább csökkenteni, mint a **CCUS** és a **zöld**²⁴ és **kék**²⁵ **hidrogén**.

Ezen kívül az új technológiák kifejlesztéséhez és bevezetéséhez szükséges a vállalatok **KFI** tevékenységeinek támogatása, a szakemberképzés, illetve egyes iparágak (pl. autógyártás) dolgozóinak jövőbeni **átképzése**, mivel a technológiaváltás (elektrifikáció) és a robotizáció miatt át fog rendeződni a szektor foglalkoztatottsági szerkezete.

A múltbeli kibocsátások alakulása és főbb trendjei

Az ipari folyamatok ÜHG kibocsátása egyrészt azok energiafelhasználásból fakad (lásd ennek kapcsán a 4.2.1. alfejezetet), másrészt az ipari folyamatok további jelentős mértékű ÜHG kibocsátással is járnak.

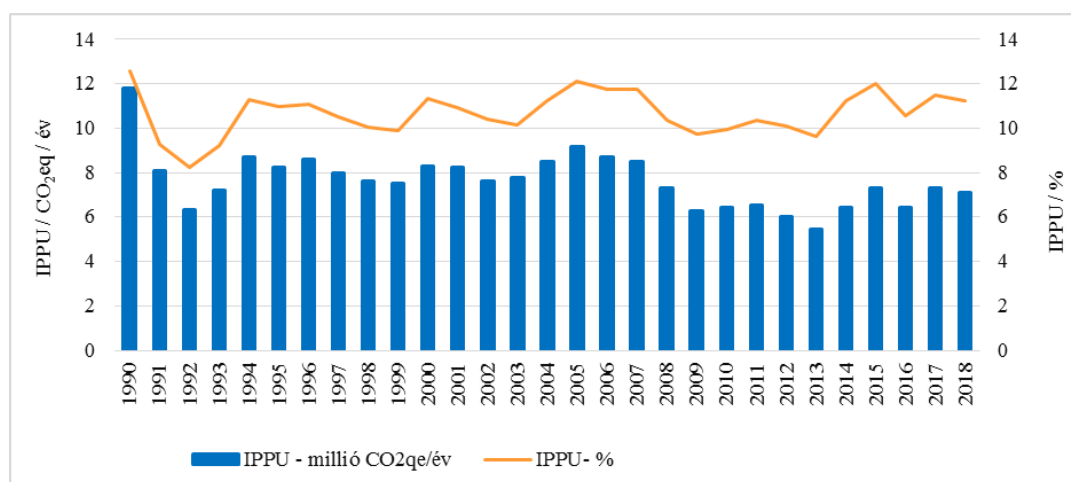
A legtöbb ipari tevékenység esetében csak a gyártáshoz szükséges energiafogyasztásból származik ÜHG kibocsátás, de bizonyos ipari folyamatok során, pl. cementgyártás, kerámiagyártás, vegyipar (pl. petrolkémia, műtrágyagyártás), nagy mennyiségű

²⁴ Megújuló energia felhasználásával előállított hidrogén.

²⁵ Földgázból, SMR és CCUS technológiával előállított hidrogén.

üvegházhatást okozó gáz kerülhet a légkörbe. Ezek a gázok az ország összes antropogén eredetű kibocsátásának igen tekintélyes részét, mintegy 10-12%-át, teszik ki.

1990-hez, illetve a kétezres évek közepéhez képest is kedvezően alakul az ipari folyamatokhoz és termékhasználathoz köthető kibocsátás (35. ábra). A tárgyidőszak elején az ÜHG kibocsátás csökkenése mögött egyrészt az ipari termelés rendszerváltás utáni visszaesése, másrészt az azt követő gazdasági és ipari szerkezetváltás áll. Ahogy azonban nőtt az ipari termelés, ismét növekedni kezdett a kibocsátás, bár a 2008-2009-es gazdasági válság újabb, átmeneti csökkenést eredményezett. 2010. óta ismét nőtt az emisszió, de – a dinamikus gazdasági növekedés ellenére – a 2008-2009-es gazdasági válság előtti szintet meg sem közelíti a szektor kibocsátása. A gazdasági növekedés fajlagosan egyre kisebb mértékben növeli az ipari folyamatokkal járó ÜHG kibocsátást, hiszen a szektorban komoly anyag- és folyamathatékonyság ment végbe, javítva egyúttal az energiahatékonyságot is.



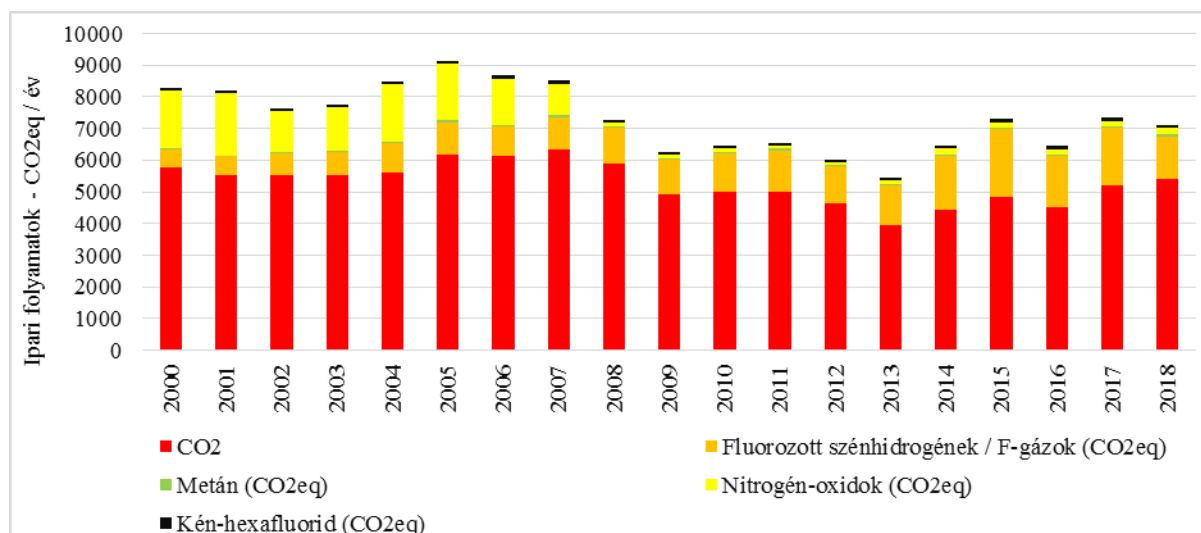
Forrás: EEA, Eurostat

35. ábra –Az ipari folyamatokból és termékhasználatból származó ÜHG kibocsátás (millió CO₂eq/év) alakulása, 2000-2018

Az ipari folyamatokkal és termékhasználattal összefüggő ÜHG-kibocsátás gáztípusok szerinti megoszlását a 36. ábra szemlélteti. Jól látható, **hogy a kibocsátások ¾-ét a CO₂ kibocsátása jelenti, de számottevő a fluorozott szénhidrogének (az ún. F-gázok) részaránya is (2018-ban 19%).**

Az ipari folyamatokból származó ÜHG emisszió túlnyomó részét néhány alszektor adja, és a kibocsátás döntően a CO₂ kibocsátását jelenti. 2018-ban az ipari folyamatok és termékhasználat miatti ÜHG kibocsátás 79%-át jelentette a CO₂, további 12, illetve 8%-ért a metán, illetve a nitrogén-oxidok voltak a felelősek.²⁶

²⁶ CO₂eq/év szerint történt az összevetés.



Forrás: EEA, Eurostat

36. ábra – Az ipari folyamatokból és termékhasználatból származó ÜHG kibocsátás (millió CO₂eq/év) alakulása gáztípusonként, 2000-2018

A 6. táblázat a kibocsátások szektorális alakulását mutatja.

	Össz. ÜHG-kibocsátás (CO ₂ eq)	CO ₂	Metán (CO ₂ eq)	Nitrogén-oxidok (CO ₂ eq)	F-gázok (CO ₂ eq)
Ipari folyamatok és termékhasználat összesen	100	100	100	100	100
Ásványipar	19	25	0	0	0
Cementgyártás	12	16	0	0	0
Vegyipar	37	47	90	18	0
Ammóniagyártás	16	21	0	0	0
Nitritsavgyártás	1	0	0	18	0
Petrolkémia	20	26	90	0	0
Fémipar	20	26	10	0	0
Vas-és acélgártás	20	26	10	0	0
Alumíniumgyártás	0	0	0	0	0
Energiahordozókból és oldószerekből származó nem energetikai termékek	1	2	0	0	0
Elektronikai termékek gyártása	0	0	0	0	0
Termékhasználat az ózonréteg lebontásáért felelős anyagok helyettesítésére	19	0	0	0	93*
Egyéb termékek gyártása és felhasználása	4	0	0	82	7

* Lényegében ez lefedi az ózonréteg lebontásáért felelős anyagok helyettesítésére szolgáló anyagfelhasználásból adódó kibocsátást.

Forrás: EEA, Eurostat

6. táblázat – Az ipari folyamatokból és termékhasználatból származó ÜHG kibocsátás alszektorok közötti megoszlása, 1990-2018 (CO₂eq /év érték szerinti összevetés)

Megállapítható, hogy egyértelműen a **vegyipar** dominál, a szektor 2018-ban közel 37%-kal részesedett az ipari folyamatokkal és termékhasználattal járó kibocsátásokból. **Az alszektoron belül a kibocsátás lényegében a petrokkémiahoz (kőolajfinomítás), az ammóniagyártáshoz és a nitrilsav gyártáshoz kapcsolódik.** Az ammóniagyártás alapvetően csak CO₂ kibocsátásért felel, a petrokkémia elsősorban a metánkibocsátásért tehető felelőssé, de nőtt az alszektor részesedése a CO₂ kibocsátásból is (1990-hez képest mintegy 2,8-szorosára nőtt az alszektorban a CO₂ kibocsátás mennyisége). A nitrogén-oxidok kibocsátását egyértelműen a nitrilsavgyártás okozza. Az F-gázok esetében a kibocsátás 93%-áért az ózonréteg lebontásáért felelős anyagok helyettesítését szolgáló anyagok használata áll.

A vegyipar mellett tekintélyes súlyt képvisel a **fémipar (20%) és az ásványi termékek gyártása (19%)** is. Előbbi esetében szinte az összes kibocsátás a vas- és acélgyártáshoz köthető, de némi kibocsátás jellemzi még az alumíniumgyártást is. Az ásványi anyagok gyártása tekintetében pedig a cementgyártást kell kiemelni, mint nagy kibocsátó alszektor. A fémipari kibocsátás CO₂-kibocsátást és metánkibocsátást is tartalmaz, míg a cementgyártás lényegében csak CO₂-kibocsátást okoz.

F-gázok

Az ózonkárosító anyagokat helyettesítő anyagok, az ún. F-gázok erős üvegházhatású gázok, amelyek százszor, de akár ezerszer is jobban károsítják az éghajlatot, mint a szén-dioxid. Ezek alkalmazása széleskörű, így például jelen vannak hűtőberendezésekben, klímaberendezésekben, tűzgátló habokban, hőszivattyúkban stb. Ezért ezen berendezések javítására, karbantartására, a megsemmisítésükre egyre szigorúbb szabványok, címkézések, előírások vonatkoznak. Az előrejelzések szerint azonban a következő évtizedekben óriási sebességgel nő majd az igény a légkondicionáló és hűtőberendezések iránt. Fontos tehát, hogy az éghajlat-károsító anyagokat – az ózonréteget károsítókhöz hasonlóan – fokozatosan kivonjuk a forgalomból. Magyarországon az F-gázokra vonatkozó szabályozást az Európai Unió jogszabályok határozzák meg: az F-gáz Rendelet (517/2014/EU Rendelet), illetve az ún. MAC Irányelv (2006/40/EK Irányelv). Az F-gáz rendelet legfőbb rendelkezései:

- Limitálják a legfontosabb F-gázok EU-ban eladható teljes mennyiségét, és fokozaton lecsökkenti azt a 2014-es mennyiség ötödére 2030-ra.
- Betiltják az F-gázok használatát olyan berendezéseknél, ahol rendelkezésre áll kevésbé káros alternatíva (pl. a háztartási vagy bevásárlóközpontokban elhelyezett hűtőszekrények vagy légkondicionáló berendezések)
- Megelőzik a meglévő berendezésekből az F-gázok légkörbe kerülését rendszeres vizsgálatok, megfelelő szervizelés és az életciklusuk végén történő megfelelő lefejtésre vonatkozó szabályok bevezetésével.

Az F-gázok kibocsátásai az F-gáz Rendelet segítségével összességében EU-s szinten a 2014. évi értékhez képest kétharmaddal fognak csökkenni 2030-ra. Magyarországon az összes ÜHG kibocsátás kb. 2%-a adják az F-gázok, amely az ipari szektor kibocsátásai alatt jelenik meg. A legfrissebb ÜHG leltár adatok alapján 2017-ről 2018-ra mintegy 25%-kal csökkent ezen gázok kibocsátása, amely 2015-ben érte el a legmagasabb értéket, 2018-ra viszont történelmi mélypontra csökkent. Ennek legfőbb oka a használt, illetve az értékesített berendezések mennyiségi változása. A hűtő- és légkondicionáló berendezések jelentős változásokon mennek keresztül, amelyek legfőbb oka az EU-s F-gáz rendelet által bevezetett szigorú szabályozás. Magyarországon ezen közösségi szabályozáson keresztül tervezi tovább csökkenteni az F-gáz kibocsátásait.

Az ipari folyamatok területén szükséges lépések a nemzetgazdasági szintű nettó nulla ÜHG kibocsátás eléréséhez

Ahhoz, hogy teljesülhessen a 2050-es nettó nulla ÜHG kibocsátás nemzetgazdasági szinten, az ipari folyamatokkal kapcsolatos kibocsátásokat legalább 200-250 ezer tonna CO₂eq/év szintre kell csökkenteni 2050-re.

A dekarbonizációs cél elérése az iparban nem alapulhat a termelés visszafogásán, hatékonysági beruházásokra és technológiai fejlesztésekre van szükség. A folyamat-emisszió hatékony csökkentése érdekében a jövőben azon ipari alszektorokban kell drámai

változást elérni, melyek az ÜHG kibocsátás tekintélyes részét adják, nevezetesen a petrokémiában, a vas- és acélgyártásban, az ammóniagyártásban és a cementgyártásban.

Az ipari folyamatok során keletkező nitrogén-oxidok (főleg N₂O) kibocsátása viszonylag gyorsan mérsékelhető már 2030-ig is, bár azt követően a további csökkenés korlátozott a jelenlegi ismereteink szerint. A CO₂-kibocsátás csökkentésének felgyorsítására hosszabb időtávon lesz lehetőség.

Az ipari szektorban a termelési/gyártási folyamatok fejlesztése, az anyaghatékonyság növelése mellett a CCUS technológiák, illetve bizonyos alapanyagként hasznosított fosszilis alapú energiahordozók kiváltására szolgáló alternatív nyersanyagok alkalmazása is szükségessé válhat a jövőben. Emellett a fogyasztási szokások átalakítására irányuló szemléletformálás, és még inkább a körforgásos gazdaságra való áttérés is jelentős pozitív hatást gyakorol majd az ipari kibocsátások csökkenésére. Mindezek megvalósítását még indokoltabbá teszi az, hogy az ipari termelés (vegyipar) és az építőipar (ezzel pedig a cement, illetve a vas és az acél iránti igény) tovább bővül, így további beavatkozások nélkül a kibocsátások két-háromszorosára növekednének az évszázad közepére.

Innovatív technológiák az ipari folyamatok dekarbonizálására: hidrogén és CCUS

A jövőben a karbonmentes hidrogén és derivatívái, illetve a CCUS technológiák is kulcsszerepet játszhatnak a nehezen szénmentesíthető ipari folyamatok kibocsátáscsökkentésében.

A hidrogénfelhasználás kapcsán a vas- és acélgyártás jelentheti az egyik potenciális alkalmazási területet. A vasat tüzi kohászati eljárással állítják elő a vas érceiből, melynek során a vasérből az oxigént koksszal történő redukálással távolítják el. Ez jelentős mértékű szén-dioxid kibocsátást okoz. A karbonmentes vagy alacsony karbon tartalmú hidrogénnel történő redukálás azonban alternatívát kínálhat a szénmentesített termeléshez. A hidrogén és származékai a vegyipari folyamatok, illetve a kőolaj-finomítás karbonmentesítéséhez is alapul szolgálhatnak. Az üzemanyagok és a vegyipari termékek előállítását jelentős részben fosszilis, elsősorban szénhidrogén bázison történik. A nyersanyagként („feedstock”) szolgáló fosszilis szénhidrogének szintetikus szénhidrogénekké válhatnak helyettesítővé a jövőben, melyeket a légkörből vagy egyéb folyamatok során eltávolított CO₂-ből és karbonmentes hidrogénből lehetne előállítani. Az ammónia előállítása kapcsán szintén számolni lehet a karbonmentes hidrogénnel, így az ammónia felhasználása és az ammónia alapú egyéb vegyipari termékek használata is karbonmentessé tehető.

Nagy energiasűrűsége miatt a hidrogén olyan, rendkívül hőenergia-intenzív ipari folyamatok számára is életképes megoldásul szolgálhat, mint például a gőzkrakkolás (vegyipar / finomítás), a vas- és acélgyártás (ahol a kokszt folyamathőt is biztosít), valamint a klinker előállítás (cementipar). A cementiparban egy másik folyamat, az ún. kalcinálás is jelentős mértékű CO₂-kibocsátással jár, amely akkor következik be, amikor a mészkövet (amely 90%-ban kalcium-karbonáttól (CaCO₃) áll) felmelegítik, s aminek következtében kalcium-oxidra (CaO) és CO₂-re bomlik. A gyakorlatban ezt a kibocsátást CCUS-technológiával lehetne csökkenteni. (A CCUS természetesen a hőenergia-intenzív folyamatok kibocsátáscsökkentésére is megoldást kínálhat.)

A fentieknek megfelelően az alábbi tényezők figyelembevétele szükséges:

- Össze kell hangolni a gazdaságfejlesztés és a klímavédelem kérdéseit.
- A nagy folyamatemisszióval jellemezhető iparágak azonosítása mellett mindenképpen ajánlatos azon **fenntarthatósághoz kapcsolódó iparágak azonosítása**, amelyek potenciálisan elősegíthetik az ország hosszú távú versenyképességének erősödését.
- Az iparban az ÜHG-kibocsátás minimális szintre, közel nullára történő csökkentése további termelőkorszerűsítést, illetve **folymathatékonyságot** követel meg bizonyos alágazatokban. A digitalizáció és az automatizáció tovább terjed az iparban. Esetenként pedig akár teljes gyártási technológiaváltásra is sor kerülhet egyes területeken, s mindez piaci alapon is megvalósulhat.
- Az **anyaghatékonyságban** további potenciál rejlik. ÜHG-csökkentési potenciál e tekintetben elsősorban az építőiparhoz kapcsolódóan, illetve a vegyiparban azonosítható.
- A **CCUS** technológiának nem csak az energiatermelésben lesz szerepe, de az ipari folyamatok klímabarátabbá tételében is számolni lehet vele. Sajnos ezen technológia még nem kínál költséghatékonyan alkalmazható alternatívát. (A technológia kapcsán további részletek a 6.1.1. alfejezetben olvashatók.)
- A fosszilis energiahordozók (mint nyersanyagok) helyettesítése alternatív, **“tiszta” nyersanyagokkal** közép-, illetve hosszabb időtávon következik be. A hidrogén és származékai (pl. szintetikus metán, szintetikus ammónia), valamint a biomassa alapú üzemanyagok kínálhatnak karbonmentes anyagfelhasználási alternatívát a jövőben. (A technológiák kapcsán további részletek a 4.2.1., illetve a 6.1.1. alfejezetekben olvashatók.)
- Az elsődleges nyersanyag-felhasználás mennyiségének csökkentésével számottevő kibocsátás-csökkentés realizálható, melyet a **körforgásos gazdaság** megvalósításával lehet elsődlegesen elérni. A körforgásos gazdaság kiépítése nem képzelhető el az ipari szimbiózis szemlélet nélkül, amely arra épül, hogy az egyes iparágak keletkező hulladékait más iparágak nyersanyagként tudják hasznosítani; valamint, hogy fontos a hulladék megelőzési, újrahasznosítási újrafeldolgozási és egyéb kezelési törekvések előmozdítása, dekarbonizációs szempontból pedig a lerakókban és a szennyvíztisztítóknak képződő depóniagáz gyűjtése és energetikai hasznosítása. Az újrafeldolgozás terjedésével számos ipari termék, például az acél, az üveg és a műanyag előállítása válik erőforrás-hatékonyabbá. Az egyszer használatos műanyagok betiltása további pozitív hatásokat generál. (Lásd még a 4.2.5. alfejezetet a hulladékgazdálkodásról.)
- A nyersanyagok iránti igény és ezáltal a folyamat-emisszió tovább csökkenthető hatékony szemléletformálással, a **felhasználási szokások megváltoztatása** által. Ennek kapcsán megjegyzendő, hogy fontos lenne, hogy a jövőben a termékek és szolgáltatások karbonlábnyomával kapcsolatos adatok elérhetőek és átláthatóak legyenek, így a tudatos fogyasztók megalapozottan lennének képesek döntéseiket meghozni.
- A kibocsátás-csökkentésre legnagyobb potenciált kínáló technológiák jelentős része még nem tekinthető kellőképpen érettnek. Sőt, számos megoldás még csak a fejlesztés korai szakaszában tart. Ezért további **kutatás-fejlesztési és innovációs** tevékenységre van szükség az előrehaladás érdekében. Ennek kapcsán megfontolandó a KFI ösztönző és pályázati rendszer átalakítása oly módon, hogy az nagyobb mértékben vegye figyelembe az ipari folyamatok klímacélokot szolgáló erőforráshatékonyság-javításának szükségességét.

- Fel kell ismerni és tudatosítani kell, hogy a vállalatok csak akkor fognak tudni megfelelni a szigorodó előírásoknak és a társadalmi elvárásoknak, illetve a dekarbonizációs átmenet által teremtett új versenyfeltételeknek, ha maguk is **aktív és felelősségteljes szerepet** vállalnak az átmenetben, fejlesztenek és innoválnak. Az állam szerepe pedig ennek elősegítése – elsősorban, de nem kizárólagosan – a megfelelő ösztönzők és kiszámítható keretfeltételek megteremtésével. (Az innovációs lehetőségek kapcsán a 6. fejezet tájékoztat. Az innováció lehetséges finanszírozási forrásai kapcsán pedig lásd az 5. és a 6. fejezetben írtakat.)
- Végezetül, de nem utolsó sorban szükség van továbbá az éghajlatváltozás, mint peremfeltétel iparfejlesztési politikákba történő teljes körű integrálására.

Az ipar energiafelhasználásából származó kibocsátásokról a 4.2.1. alfejezet tájékoztat.

Az EU kibocsátáskereskedelmi rendszerének (EU ETS) várható trendjei

Az EU ETS az éghajlatváltozás elleni küzdelemre irányuló uniós politika kulcsfontosságú eszköze az üvegházhatást okozó gázok kibocsátásának költséghatékony csökkentése érdekében. Ez a világ első és legnagyobb szén-dioxid-kereskedelmi piaca. Az EU ETS az összes EU tagországban, valamint Izlandon, Liechtensteinben és Norvégiában működik. Több mint 11 000 létesítmény (erőművek és ipari üzemek) tartozik a hatálya alá, és hatálya alá tartozó országok összességére nézve az üvegházhatásúgáz-kibocsátások mintegy 40%-át fedi le.²⁷

Az EU ETS jövője sokban függ a piac integritásától és a közösen vállalt ambíciószinttől, de várhatóan az alábbi trendek határozzák meg az elkövetkező időszakot.²⁸

Az EU-s klímátörvényre vonatkozó javaslat és az EU 2030-as ambíciószintjének növelése: Amennyiben az EU elkötelezi magát magasabb ambíciószint mellett, akkor az ETS megerősítése várható a meglévő létesítményi körön belül. Az EU ETS megerősítése és finomhangolása, majd hatályának kiterjesztése további, jelenleg le nem fedett ágazatokra a szén-dioxid-árképzés következetességét eredményezheti. Az EU ETS-nek a magasabb 2030-as uniós klímacél miatti felülvizsgálata a karbonkvóta mennyiség felső határának felülvizsgálatát jelenti a lineáris csökkentési tényező (LRF) növelése révén.

Az EU ETS és az energiarendszerek integrációja: Egy megerősített EU ETS kulcsszerepet játszhat az energiarendszerek integrációjának fokozatos megkönnyítésében és a legkisebb költségű kibocsátás-csökkentési technológiák és megoldások elterjesztésének ösztönzésében is.

A piaci stabilitási tartalék (market stability reserve, MSR) 2021-es felülvizsgálata: A kvótapiaci egyensúly fennmaradását biztosító piaci stabilitási tartalék (MSR) működésének eleve 2021-re tervezett felülvizsgálata együtt fog járni az EU ETS egészének felülvizsgálatával.

Aukciós bevételek felhasználása: Az EU ETS-irányelv értelmében a tagállamok kötelesek az EU ETS általános felhasználású kibocsátási egységei értékesítéséből származó források legalább felét, míg a légiközlekedési kibocsátási egységek értékesítéséből származó források egészét az éghajlat és az energiával kapcsolatos beruházásokra fordítani. Emellett, az EU ETS irányelv 2018-ban elfogadott felülvizsgálata során létrehozták a Modernizációs Alapot 10 alacsony jövedelmű tagállam (mint Magyarország) energetikai és energiahatékonysági beruházásainak támogatására, illetve ezen országok számára továbbra is adott az energiarendszerük korszerűsítése céljából az EU ETS irányelv 10c. cikke szerinti támogatási mechanizmus alkalmazása (10c derogáció). Fontos még megemlíteni az Innovációs Alapot is, amely egyes innovatív technológiák első nagyméretű demonstrációs projektjeit támogatja.

Az EU ETS és a globális szén-dioxid-piac: Hosszú távon várható, hogy az EU-ETS összekapcsolódik más országok, térségek karbonpiacaival a szénszivárgás megakadályozása és a globális CO₂-kibocsátás költséghatékony csökkentése érdekében (ahol van ilyen). Első lépésként, 2020-ban működésbe lépett a Svájci ETS rendszerével való összekapcsolás.

²⁷ https://ec.europa.eu/clima/policies/ets_en

²⁸ EFET (2020. június 19.), Future role of the EU ETS in achieving Europe's decarbonisation targets; Elérhető: https://efet.org/Files/Documents/Emissions%20and%20RES/Emissions%20trading/2020/EFET_discussion%20paper_future%20role%20of%20the%20EU%20ETS_final.pdf

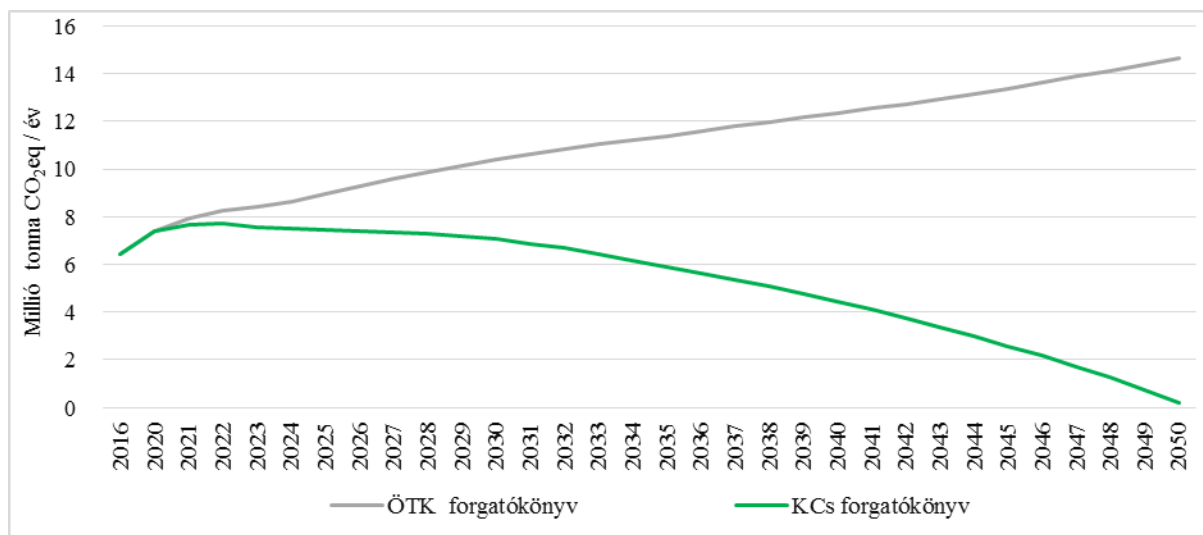
Az ipari folyamatok dekarbonizációjának útvonalai

Az ÖTK forgatókönyv esetében az ÜHG kibocsátás a termelés növekedésével, pótlólagos intézkedések nélkül a duplájára nő 2050-ig, meghaladva a 14 millió tonna CO₂eq/év szintet. A KCs forgatókönyv szerint az ipari folyamatok középtávon a gazdaság egészénél valamivel kisebb mértékben válnak karbonmentessé, de 2050-re jelentős további csökkentést lehet elérni. A végrehajtott kibocsátáscsökkentési, illetve anyag-, folyamat- és energiahatékonysági intézkedéseknek és technológiáknak (beleértve többek között a digitalizációt és automatizációt, az alternatív „tisztá” nyersanyagokat), s még inkább a körkörös gazdaságra való áttérésnek köszönhetően a kibocsátások jelentősen visszaesnek, mintegy 215 ezer tonna CO₂eq/év szintre (37. ábra).

A hazai körforgásos gazdaság

Fontos nemzetgazdasági és környezetvédelmi cél az ún. „körforgásos gazdaság” irányába történő elmozdulás, azaz törekedni kell a nulla hulladékkal járó termelésre és használatra, a természeti erőforrások hatékonyabb, takarékosabb és ezzel együtt fenntarthatóbb felhasználására, a hulladéknak a hulladékhierarchia szerinti prioritás figyelembevételével történő minél nagyobb arányú hasznosítására. A végső cél a körkörös gazdasági rendszer megteremtése, ahol az anyagcsere folyamatai zárt rendszerben áramlanak, a hulladékok és melléktermékek magas szinten anyagukban hasznosulnak.

A lineáris gazdaságról a körforgásos gazdaságra való váltás beindulása és tényerése érdekében jött létre 2018-ban a Körforgásos Gazdaság Platform. A platformon belül a szakmai munka már elkezdődött, megalakult az ezt támogató Körforgásos Gazdaság munkacsoport. A kutatás-fejlesztés területén a Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft. kapcsolódott be ebbe a munkába (körforgásos gazdaság, az erőforrások kaszkádszerű hasznosítása, hulladékhierarchia, kiterjesztett gyártói felelősség, ipari szimbiózis és új üzleti modellek), mely szervezetten belül már évek óta foglalkoznak a körforgásos gazdaságra való áttérés gyakorlati kihívásaival az alkalmazott ipari KFI tevékenységük révén.



Forrás: tényadat Eurostat, projekció saját modellezési eredmény

37. ábra – Az ipari folyamatokból és termékhasználatból származó ÜHG kibocsátások várható alakulása 2020 és 2050 között a különböző forgatókönyvek megvalósulása esetén

4.2.3. Mezőgazdaság

Erősségek	Gyengeségek
Innovációra alapozott mezőgazdasági szerkezetváltás, Kiszámíthatóbb bevételek az uniós közös agrárpolitika és a hazai támogatások révén, A mezőgazdaság modernizációja és ebből következően a környezeti terhelés csökkentése	Jelentős beruházási költségek Jelentős technológia- és humán erőforrás-fejlesztési igény Jelentős politikai és egyéb döntéshozói elköteleződési igény
Lehetőségek	Veszélyek
A mezőgazdasági termelés fenntartható intenzifikálása a biodiverzitás megőrzésének figyelembe vételével, Közel nulla ÜHG és egyéb szennyezőanyag kibocsátású, körkörös anyagforgalmú, hulladékmentes gazdálkodás, Digitalizáció	Az olcsóbb agrártermékek versenye A több agrártámogatást nyújtó tagországok versenye Az orosz embargó fenntartása Elmaradó intézkedések Nem fenntartható fogyasztói szokások és élelmiszerpazarlás

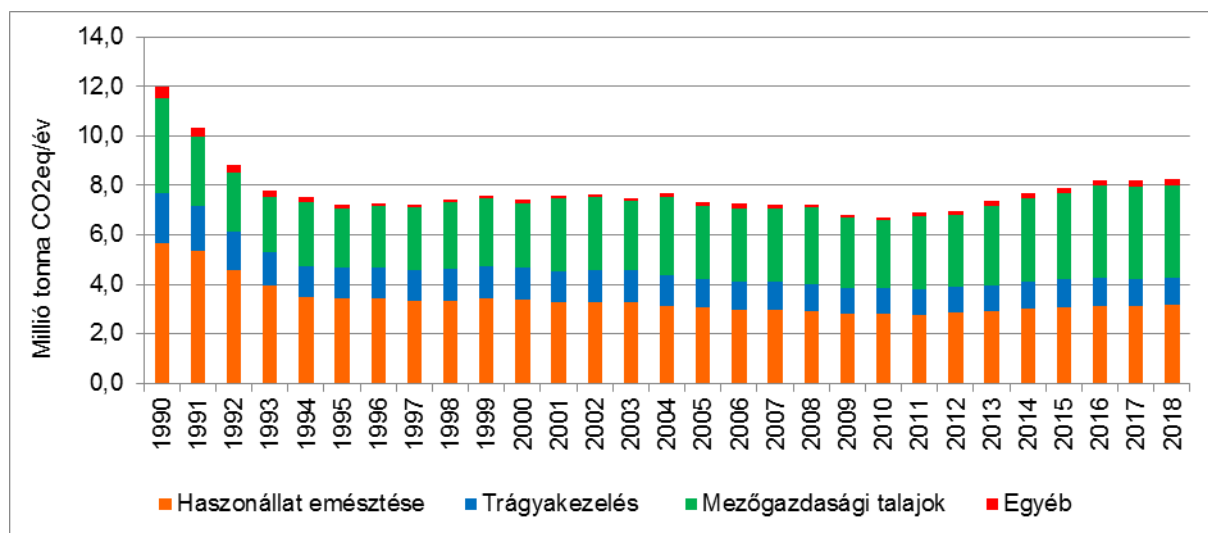
7. táblázat – A mezőgazdasági szektor SWOT-analízise

A múltbeli kibocsátások alakulása és főbb trendjei

A mezőgazdaság 2018-ban 11%-kal járult hozzá Magyarország teljes ÜHG kibocsátásához. A mezőgazdasági tevékenységek metán és dinitrogén-oxid kibocsátással járnak, a dinitrogén-oxid kibocsátásunk legnagyobb része (87%-a) ebből a szektorból származik. **A mezőgazdasági ágazati ÜHG emisszió legfontosabb forrásai a termőföldek dinitrogén-oxid kibocsátása, a trágyakezelés emissziója (dinitrogén-oxid és metán) és a haszonállatok emésztése (metán).**

A kibocsátás jelentősen csökkent 1985 és 1995 között, amikor a mezőgazdasági termelés több mint 30%-kal esett vissza, és az állatállomány is drasztikusan csökkent. 1996 és 2008 között a mezőgazdaság kibocsátása 6,2 millió tonna körül stagnált $\pm 5\%$ közötti ingadozásokkal. A háttérben ellentétes hatású folyamatok rajzolódtak ki: az állatállomány további csökkenése alacsonyabb kibocsátáshoz vezetett volna, ám a műtrágya-felhasználás 1995 és 2007 közötti jelentős, 68%-os növekedése a talajok növekvő N_2O kibocsátását vonta maga után. 2008-ban a műtrágya árak jelentősen emelkedtek, aminek hatására csökkent a felhasználás, és ennek eredményeképpen a mezőgazdaságból származó emissziók is csökkenni kezdtek.

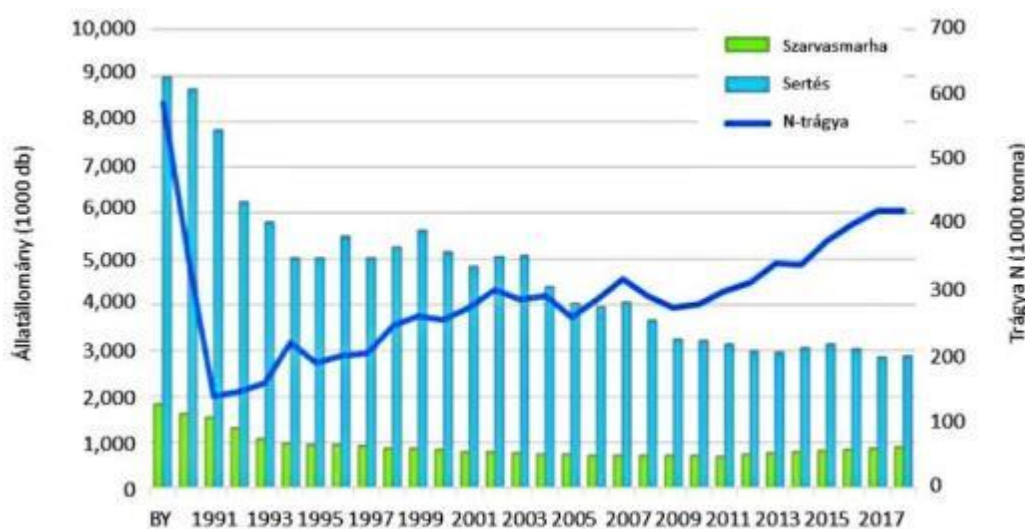
A mezőgazdasági emissziók 2009-ben és 2010-ben is csökkentek. (38. ábra) Jelentősebb visszaesés 2009-ben következett be, amikor a kisebb mértékű műtrágya-felhasználás mellett a sertés létszám 11%-os csökkenése is hozzájárult az emissziók csökkenéséhez. A 2010. évi – a bázisév óta legalacsonyabb – kibocsátást követően 2011 óta folyamatosan növekszik a mezőgazdaság ÜHG kibocsátása, főként a műtrágya-felhasználás és a szarvasmarha állomány, valamint az egy tehénre eső tejtermelés növekedése miatt. Ez a növekvő trend 2018-ban is folytatódott. 2018-ban 2017-hez képest 1,4%-kal, 2005-höz viszonyítva pedig 17%-kal nőtt a mezőgazdasági eredetű ÜHG kibocsátás.



Forrás: Nemzeti Leltárjelentés, 1985-2018.

38. ábra – A mezőgazdasági ÜHG kibocsátás trendje leltárkategóriánként 1990 és 2018 között

A mezőgazdaságban a 2004 óta bekövetkezett szerkezetváltás, a növénytermesztés meghatározóvá válása az állattenyésztéssel szemben az ÜHG-kibocsátásban is nyomon követhető. 2004 óta egyre inkább csökken a főként az állattenyésztésből származó CH₄ emisszió aránya a kibocsátásokban és egyre inkább növekszik a főként növénytermesztésből származó dinitrogén-oxidé. Egyes műtrágyafajták, mint a karbamid tartalmú műtrágyák, illetve a Magyarországon leginkább pétisó néven ismert mész-ammonsalétrum típusú műtrágyák nemcsak nitrogén, hanem széntartalmuk miatt is hozzájárulnak a mezőgazdasági eredetű ÜHG kibocsátásokhoz. Különösen az utóbbi műtrágyafajtának az elmúlt években tapasztalt egyre növekvő népszerűsége miatt 2005 óta megháromszorozódott a hozzá köthető N₂O, illetve CO₂ kibocsátás. (39.ábra)



Forrás: Nemzeti Leltárjelentés, 1985-2018.

39. ábra – A mezőgazdasági ÜHG kibocsátás meghatározó forrásainak mennyiségi változása 1990 és 2018 között

A 2010. évi – a bázisév óta legalacsonyabb – kibocsátást követően 2011 óta folyamatosan növekszik a mezőgazdaság ÜHG-kibocsátása, főként a műtrágya-felhasználás, és a szarvasmarha állomány, valamint az egy tehénre eső tejtermelés növekedése miatt.

Fejlesztéspolitikai célok az alacsony ÜHG kibocsátású mezőgazdaság megteremtésére

A társadalmi szervezetek és az érintett iparágak képviselőinek a bevonásával folytatott „klímareggeli” egyeztetések arra hívták fel a figyelmet, hogy a fenntartható mezőgazdasági gyakorlatban különös hangsúlyt kell fektetni a biodiverzitás megőrzésére és az ökológiai gazdálkodás támogatására. Ezen kívül az öntözés alkalmazása növekvő kibocsátással járhat. Az öntözés nagyobb hozamot fog eredményezni, mint az öntözés nélküli gazdálkodás. A gazdasági termeléssel együtt nő a zöldtömeg is, fokozottabb talajérettel kell számolni, nagyobb tápanyag-felhasználással, sőt több növényvédő szerrel is. Ez összességében tehát megnöveli az ÜHG kibocsátást is, mellyel számolni kell.

Az alacsony CO₂ kibocsátású mezőgazdaság megvalósításának legfontosabb eszközei:

Áttérés a precíziós gazdálkodásra, a Mezőgazdaság 4.0 és 5.0 eszközrendszerének kiterjedt használata.

- *Precíziós gazdálkodás és a Mezőgazdaság 4.0* eszközrendszere, azaz a termesztett növények víz-, tápanyag-, kórokozó- és környezeti stressz állapotának távérzékelése és az ezen alapuló precíziós beavatkozások lehetősége. A precíziós gazdálkodás célja a peszticid-, műtrágya és vízhasználat csökkentése, a talajtermelékenység javítása a termés hozamok optimalizálása mellett. Talajszkeneléssel, talajtérkép kialakítással, tápanyag kijuttatási terv készítésével valóban csak a szükséges mennyiségű tápanyag kerül kijuttatásra. Optimalizált logisztika, energia- és üzemanyag-felhasználás. Az állattenyésztésben a növénytermesztéshez hasonlóan a folyamatos állategészségügyi-, tápanyag-ellátottsági- és teljesítmény monitoringon alapuló célzott beavatkozásokra épített fenntarthatóbb gazdálkodás.
- *Mezőgazdaság 5.0* eszközrendszeren (robotika, drónalapú távérzékelés, automatizálás, iparszerű fehérje-, szénhidrát- és bioaktívanyag-termelés, molekuláris farming, a funkcionális trágyák, illetve funkcionális élelmiszer- és takarmánytermelésen bioherbicidek, biopeszticidek) alapuló közel nulla ÜHG és egyéb szennyezőanyag kibocsátású, körkörös anyagforgalmú, hulladékmentes gazdálkodás.

Az EU közös agrárpolitikája keretében az alábbi klímapolitikát is érintő intézkedések várhatók:

- a mezőgazdaság ÜHG kibocsátásának csökkentése hozamnövekedést is elősegítő eszközökkel;
- mezőgazdasági eredetű ammónia kibocsátásának csökkentése 32%-kal 2030-ig;
- szénmegkötés fokozása (a talajok szerves szénkészletének növelésével és a biomasszában);
- a mezőgazdasági terület bruttó tápanyagmérlegének javítása;
- növényi eredetű melléktermékek körforgásos felhasználása a talajerő-gazdálkodásban és a biomassza-alapú mezőgazdaságban;
- kísérleti üzemek beindítása a biomassza-alapú gazdaság innovációinak bemutatására;
- agrár-környezetvédelmi programokban szereplő területek nagyságának és arányának növelése az összes mezőgazdasági területből;
- mezőgazdasági eredetű megújuló energia termelése a melléktermékek okszerű felhasználásával;
- termelői együttműködések keresztül a klímavédelmi beruházások és agrotechnikai megoldások ösztönzése.

Hosszú távű cselekvési irány

2050-ig a dekarbonizációs követelmények és a ténylegesen bekövetkező klímamódosulások figyelembevételével az éghajlatváltozás, mint peremfeltétel teljes körű integrálása a mezőgazdasági politikákba és a mezőgazdasági gyakorlatba.

ÜHG kibocsátás csökkentési útiterv 2050-ig

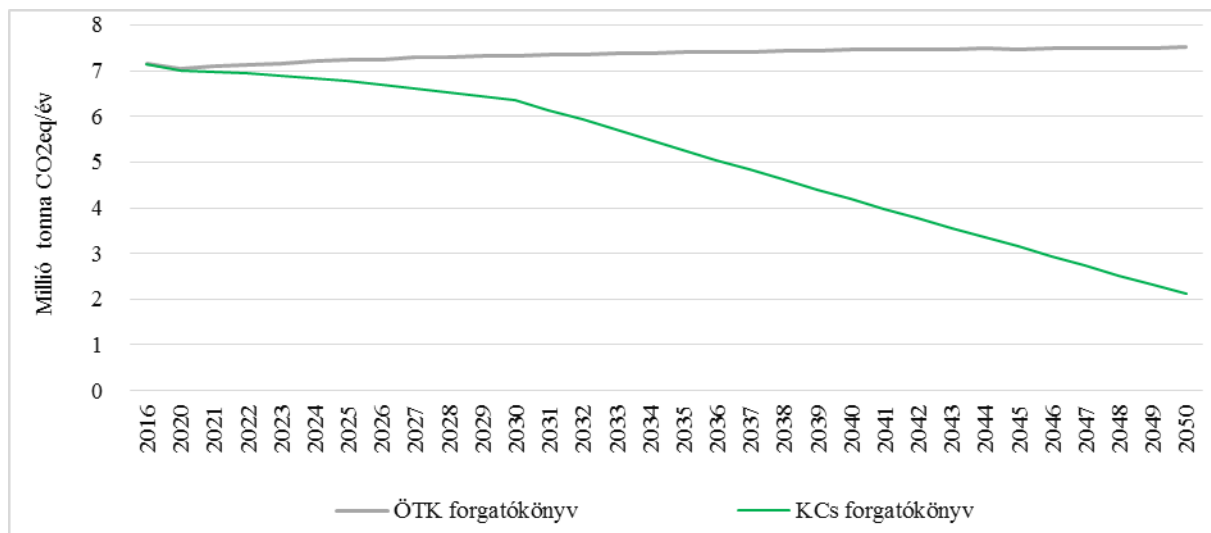
A mezőgazdasági eredetű ÜHG kibocsátás előrejelzés célja annak a bemutatása, hogy a különböző szakpolitikai forgatókönyvek hogyan befolyásolják az antropogén eredetű kibocsátás alakulását. A számítások a legfrissebb, 2018. évre vonatkozó nemzeti kibocsátási leltár adatain alapulnak. Az előrejelzés végpontja 2050, de tartalmaz információkat a köztes időpontokra is.

A mezőgazdasági eredetű üvegházgáz-kibocsátás becslésénél az alábbi szennyező forrásokra készültek számítások: emésztésből származó metán, trágyakezelésből származó metán, trágyakezelésből származó direkt dinitrogén-oxid, trágyakezelésből származó indirekt dinitrogén-oxid, földhasználatból származó direkt dinitrogén-oxid, földhasználatból származó indirekt dinitrogén-oxid, rizstermesztésből származó metán, meszezésből származó CO₂, karbamid alapú műtrágyából származó CO₂ és egyéb széntartalmú műtrágyákból származó CO₂.

A modell előrejelzi a trágya-felhasználást a mezőgazdasági területek, valamint olyan szakpolitikai intézkedések alapján, amelyek a szerves trágyák használatát, valamint a felhasznált trágya mennyiségét határozzák meg (pl. precíziós mezőgazdasági technikák alkalmazásával). A modell az állatállomány alakulását és a mezőgazdasági hulladékkezelési gyakorlatokat is előrejelzi (pl. trágya gyűjtése és felhasználása).

Az állattartás tekintetében a metán-kibocsátás a nemzeti nyilvántartási jelentés 1. szintű módszertana alapján kerül kiszámításra. Az állattartásból származó teljes metán kibocsátás a trágyakezelésből származó metán és az enterális erjedésből származó metán kibocsátások összegzésével becsülhető. Ez utóbbinál a metánkibocsátást az emésztési folyamatok és az állatok által kibocsátott gázok okozzák. Az előbbi esetében a trágyakezelésből származó kibocsátások úgy számíthatók ki, hogy az állatok (pl. sertések) számát megszorozzák a trágyatermelés szorzójával és az alkalmazott metán kibocsátási tényezővel. A historikus idősorokat a szimulációs eredmények és a referencia-emissziók közötti összhang biztosítására, valamint az állattartási gyakorlatok (pl. takarmányozás) változásainak elszámolására használta a modell.

A modellhez két scenárió készült, melyek a makrogazdasági környezetre, az élelmiszerfogyasztásra, a demográfiai változásokra és a szakpolitikai intézkedések megvalósulására vonatkozó feltételezéseken alapulnak. (40. ábra)



Forrás: tényadat Eurostat, projekció saját modellezési eredmény

40. ábra – A mezőgazdasági szektor ÜHG kibocsátásának várható alakulása 2016 és 2050 között az ÖTK és a KCs forgatókönyvek megvalósulása esetén

ÖTK forgatókönyv: A mezőgazdasági eredetű ÜHG kibocsátás csökkentése érdekében a múltbeli és a 2020-as év végéig bevezetett intézkedések megvalósulására épül. A scenárió alapfeltételezése, hogy a jelenlegi szabadkereskedelmi megállapodások érvényben maradnak, az Oroszország elleni gazdasági embargó 2025-ben véget ér, és az étkezési szokások jelentősen nem változnak. A scenárió szerint az állatállomány piaci alapon fokozatosan növekszik a nitrogén műtrágya felhasználással együtt. A klímaváltozás hatására a tavaszi vetésű szántóföldi növények (kukorica, napraforgó) hozamai csökkennek, az őszi növényeknél (búza, árpa, repce) ezzel szemben magasabb hozamok várhatók. A scenárió szerint az ÜHG kibocsátás 2011-ben megkezdődött lassú, egyenletes növekedése folytatódik 2050-ig. A kibocsátás ÖTK forgatókönyv szerinti 2050-re előre jelzett értéke várhatóan 7,679 millió tonna CO₂eq/év lesz, ami a folyamatos emelkedés ellenére is az 1985. évi mezőgazdasági eredetű ÜHG kibocsátásnak mindössze 64,7%-a.

Támogatásokkal és piaci alapon egyre nagyobb teret nyer a precíziós gazdálkodás és a Mezőgazdaság 4.0 eszközrendszere, azaz a termesztett növények víz-, tápanyag-, kórokozó- és környezeti stressz állapotának távérzékelése és az ezen alapuló precíziós beavatkozások lehetősége. Az állattenyésztésben a növénytermesztéshez hasonlóan megjelenik a precíziós gazdálkodás és a Mezőgazdaság 4.0 eszközrendszere, azaz a folyamatos állategészségügyi-, tápanyagellátottsági- és teljesítmény-monitoringon alapuló célzott beavatkozások lehetősége.

KCs forgatókönyv: A scenárióban olyan intézkedések és olyan innovatív technológiai megoldások szerepelnek, melyek vizsgálati, illetve kísérleti szakaszban vannak, viszont a megvalósulásuk – megfelelő Európai Unió és hazai szabályozás esetén – elképzelhető.

Az elképzelhető intézkedések közé tartozik a nitrogén műtrágya felhasználás korlátozása az árak befolyásolásán keresztül, a húsmarhatartás támogatásának megszüntetése, a műtrágya kijuttatás módjának szigorúbb szabályozása, és a szarvasmarhákra vonatkozó államilag támogatott szelekciós programok. Ide tartoznak a táplálkozási szokások megváltoztatására vonatkozó szemléletformálási akciók és esetleges adminisztratív intézkedések is, amelyek hatására fenntarthatóvá válhat a hús- és a tejfogyasztás.

A mezőgazdasági szektor dekarbonizációjában a fentiekén túl kiemelt szerepet kell kapnia az innovációnak, melynek eredményeként a szektor mély strukturális átalakuláson fog keresztül menni. A 2030-as évek elejétől egyre inkább beszélhetünk majd a mezőgazdaság digitális

korszakának a beköszöntéről, a Mezőgazdaság 5.0 eszközrendszerek (robotika, drónalapú távérzékelés, automatizálás, iparszerű fehérje-, szénhidrát- és bioaktívanyag-termelés, molekuláris farming, funkcionális trágyák, funkcionális élelmiszer- és takarmánytermelés, bioherbicidek, biopeszticidek) használatán alapuló közel nulla ÜHG és egyéb szennyezőanyag kibocsátású, körkörös anyagforgalmú, hulladékmentes gazdálkodásról. Az innováción alapuló mély átalakulás eredményeként eljutunk a mezőgazdasági termelés fenntartható intenzifikálásig, ami globális szinten lehetővé teszi azt, hogy 2050-ben környezet- és klímabarátabb módon tudjunk előállítani a jelenleginél akár 70%-kal is több élelmiszert.

Az ÖTK forgatókönyv megvalósulása azt jelentené, hogy a kibocsátás 8,4%-kal emelkedne a szektorban 2050-re, a 2020-as 7,085 millió tonna CO₂eq/évről 7,679 millió tonna CO₂eq/évre. Ezzel szemben a KCs forgatókönyv megvalósulása esetén 2050-re várhatóan 70,46%-kal csökken a mezőgazdasági szektor ÜHG kibocsátása, azaz a 2020-as 7,085 millió tonna CO₂eq/év értékről 2,093 millió tonna CO₂eq/év érték érhető el.

A KCs forgatókönyv esetén a legnagyobb ÜHG kibocsátás csökkenési potenciál egy lényegi strukturális átalakulásból adódik; 2050-re az élelmiszer- és keveréktakarmány gyártás fehérje, szénhidrát-, zsír- és biokatív anyag szükségletének legalább 30%-a zárt rendszerű ipari fermentorokban lesz előállítható, nemesített élesztő és egysejtű alga biomasszából történő kivonással, nettó klímamentes mérleggel, megújuló energia használatának segítségével. Ez lehetővé teszi az állattenyésztési ágazat fehérje- zsír- és szénhidrát alapanyag termelésének klímamentes technológiákkal való növelését vagy részleges helyettesítését.

További jelentős ÜHG kibocsátás csökkenés prognosztizálható a talaj eredetű kibocsátások esetén, a nitrogén tartalmú műtrágya alkalmazás a precíziós gazdálkodás (a valós növényi tápanyagellátottsághoz igazodó folyamatos N bevitel), valamint az addig megvalósuló innovációk révén (a talajmikroorganizmusok számára nem elérhető, specifikusan csak a magasabb rendű növények által hasznosítható funkcionális N-trágyák kifejlesztése, az urea- és egyéb széntartalmú műtrágyák biológiailag tisztított, folyamatos vizsgálatoknak alávetett és komposztált szennyvíziszappal és biogázosítás után visszamaradt komposztált zaggal való kombinálása). A szennyvíziszap összetétele nem állandó, ebből kifolyólag nagy a kockázat olyan szennyezők miatt, amelyek a biológiai tisztítás folyamán megmaradnak a szennyvíziszapban vagy szennyvíziszap komposztban (nehézfémek, gyógyszer-maradványok, peszticidek stb.), ezért javasolt folyamatos vizsgálata. Különösen a cink veszélyes mértékben feldúsulhat és onnan a talaj közvetítésével könnyen bekerülhet a termesztett növényekbe és ezáltal a tápláléklánc további szintjeire. Mindezzel együtt a kibocsátás a 2020-as 3,639 millió tonna CO₂eq/év értékről 90%-kal 0,364 millió tonna CO₂eq/év értékre csökkenhet 2050-ig.

A szerves trágya alkalmazására a szakterület szerint elsősorban a termőföldeken van szükség tápanyagutánpótlási céllal. A helyes szervesanyag-gazdálkodás a versenyképes és környezettudatos mezőgazdasági termelés fontos feltétele, ezért lényeges, hogy a hazai gyakorlatban a termelők miként gazdálkodnak a termelési melléktermékekkel, pl. a szalmával és a szervestrágyával. A mezőgazdasági alapanyagok (biomassza) energetikai hasznosításának hatásai a talajok tápanyagutánpótlására tekintettel közvetve és közvetlenül is érinti mind a közel 180 ezer magyarországi gazdálkodót. Amennyiben nem gondoskodunk a talaj tápanyagának megfelelő utánpótlásáról és nem tartjuk fenn a talaj biológiai aktivitását, élővilágát, valamint nem növeljük a növénytermesztéssel kivont humuszt, akkor a talaj nem lesz képes megújulni, ennek következtében pedig hosszú távon a termésmennyiség drasztikusan csökkenni fog.

Az agráriumnak a más szektorokból jövő igények kiszolgálása mellett saját zöldítési céljait, feladatait is teljesítenie kell. Az Európai Unió Termőföldtől az Asztalig (Farm to Fork) stratégiája (mely a Biodiverzitás Stratégiával együtt az új európai Zöld Megállapodás céljait szolgálja) emellett a műtrágyahasználat jelentős csökkentését várja el a mezőgazdasági termelőktől: 2030-ig 20%-kal kell csökkenteniük a felhasznált műtrágya mennyiségét, így a szerveztrágyára való igény várhatóan az ágazaton belül is növekedni fog.

A szerves trágyák kijuttatása és teljes szerves trágya menedzsment ezért része kell legyen a precíziós gazdálkodásnak, pontosan igazodnia kell az aktuális növényi igényekhez, mind időben, mind mennyiségben. Ennek az igénynek pedig le kell képeződnie a szerves trágya menedzsment szigorúbb szabályozásában és a támogatás-politikában. A fent javasolt intézkedések meghozatala és sikeres végrehajtása esetén a jelenlegi 1,121 millió tonna CO₂eq/év trágyakezelésből származó kibocsátás 82%-kal, 0,200 millió tonna CO₂eq/évre csökkenhet 2050-re a növény-specifikus és funkcionális kompozit trágyák alkalmazásával.

A mezőgazdasági szektoron belül a legkisebb kibocsátás csökkenés az állattartás ágazatban várható, ahol az emésztésből származó kibocsátás a 2020-as 2,093 millió tonna CO₂eq/évről 1,429 millió tonna CO₂eq/évre csökken 2050-ig. Ez ugyan közel 32%-kal alacsonyabb ÜHG kibocsátást jelent a 2020-as bázisévhez képest, de nem jelenti automatikusan az állatállomány csökkenését. Az ipari fehérjetermelés arányának a növekedése, a kisebb enterikus metán emissziót eredményező takarmányozási innovációk, a *precíziós állattenyésztés* és a *Mezőgazdaság 5.0* eszközrendszerének intenzív használata magában rejti az ÜHG kibocsátás csökkentés lehetőségét növekvő állatállomány mellett is.

A kibocsátás szempontjából marginálisabb leltár ágazatok (rizstermesztés, meszezésből, karbamid alapú műtrágyából és az egyéb széntartalmú műtrágyákból) ÜHG kibocsátása összesen várhatóan 0,100 millió tonna CO₂eq/év lesz 2050-ben.

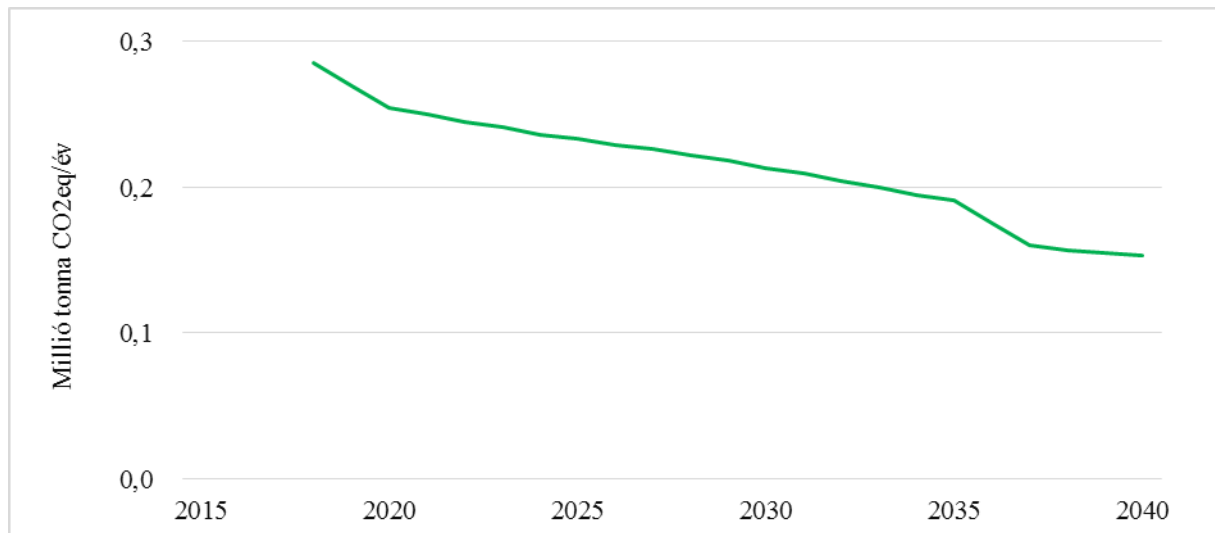
4.2.4. Földhasználat, földhasználat-változás és erdészet

<p style="text-align: center;">Erősségek</p> <p>Jól szabályozott, fenntartható erdőgazdálkodás, Az ország alacsony erdősültsége mellett is jelentős szénmegkötés, Az erdőtelepítési program folytatása, az ország fával borított területének gyorsabb ütemű növelése, klímatudatos és fenntartható erdősítés, Az erdők gazdasági, védelmi és rekreációs funkcióinak összehangolt fenntartása, fejlesztése</p>	<p style="text-align: center;">Gyengeségek</p> <p>Jelentős beruházási és támogatási költségek, Jelentős technológia- és humán erőforrás-fejlesztési igény, Jelentős politikai és egyéb döntéshozói elköteleződés-igény, 10-20 évre való előre tervezés a klímaváltozás hatásainak ellensúlyozása érdekében</p>
<p style="text-align: center;">Lehetőségek</p> <p>Őshonos fajokból álló erdőkben a természetközeli erdőgazdálkodás további erősítése, A térinformatikai eszközök és módszerek alkalmazásának növelése, Az erdőink CO₂ nyelési kapacitásának fenntartása, lehetőség szerinti növelése A lehető legkedvezőbb CO₂ mérleget biztosító és a biodiverzitás szempontjait figyelembe vevő állományszerkezet fenntartása, A megkötött CO₂ hosszú távú tárolását biztosító faanyag felhasználás és új feldolgozási technológiák alkalmazása</p>	<p style="text-align: center;">Veszélyek</p> <p>Túl gyors klímaváltozás, erdőkárok növekedése, termőhelyek minőségi romlása, Energetikai célú fa biomassa hasznosítás iránti igény jelentős mértékű növekedése, A politikai akarat, pénzeszközök és intézkedések hiánya, Védettségi szintek, területek és korlátozások növelésével az erdők védelmi, gazdasági és közjóléti hármas funkciójának eltorzulásával a szén tárolásához is hozzájáruló természetes alapanyagok felhasználása veszélybe kerülhet, Az ország egyes területein a nagy vadsűrűség a klímaváltozás hatásaival együttesen veszélyezteti az erdőállományok fennmaradását.</p>

8. táblázat – Az LULUCF szektor SWOT-analízise

A múltbeli kibocsátások alakulása és főbb trendjei

Az emberi tevékenységből származó légköri CO₂ megkötésében az erdők szerepe továbbra is óriási. A 41. ábra azt demonstrálja, hogy a nem erdészeti földhasználat, földhasználat-változás ágazat a jövőben inkább enyhén ÜHG kibocsátó lesz, így a szektoron belül az erdők lesznek felelősek a nettó CO₂ megkötés 100%-áért.



Forrás: Somogyi Z. (2019): Projections for the LULUCF sector under the MMR, NAIK ERTI.

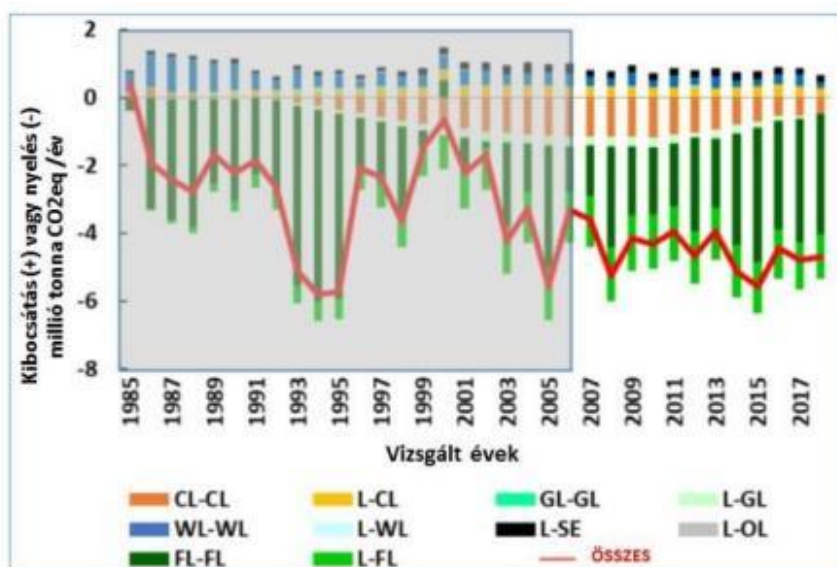
41. ábra – A LULUC ágazat nettó CO₂ és 'non-CO₂' emissziói 2020 és 2040 között

Az erdők a klímaváltozás hatásainak mérsékléséhez nem csak a légköri CO₂ jelentős mennyiségű megkötésével, hanem annak átmeneti vagy tartós tárolásával, fosszilis eredetű nyersanyagok felhasználásának kiváltásával, illetve a kedvező mikro-, mezo- és makroklimatikus hatásaik révén is hozzájárulnak.

A fentieknek megfelelően a LULUCF szektor az elmúlt évtizedekben összességében ÜHG nyelőnek volt tekinthető. Ennél a nyelésnél azonban több volt a mezőgazdaságban keletkező kibocsátás, így a két szektort együttesen kezelő AFOLU²⁹ szektor (mezőgazdaság, erdészet és egyéb földhasználat) összességében nettó kibocsátó volt 2018-ban. Ugyanakkor a 2050-es cél, egyben Magyarország klímasemlegességének fontos előfeltétele, hogy az AFOLU szektor nettó CO₂ nyelővé váljon, mégpedig a lehetséges legnagyobb mértékig.

Ahogy az fentebb bemutatásra került, **a LULUCF szektor nettó nyelésének fő oka az erdők tekintélyes CO₂ megkötése, ami az elmúlt évtizedekben zajlott jelentős mennyiségű erdőtelepítésnek, és a fenntartható erdőgazdálkodásnak köszönhető.** A szektor nettó nyelése 1985 és 2018 között jelentősen ingadozott, az átlagos éves elnyelés mértéke 3,6 millió tonna CO₂ egyenérték. Az utolsó rendelkezésre álló adatok alapján 2018-ban az erdők 4,4 millió tonna CO₂-ot kötöttek meg. (42. ábra)

²⁹ Agriculture, Forestry and Other Land Use, Mezőgazdaság, Erdészet és Egyéb Földhasználat



Magyarázat: A kibocsátási adatok a függőleges tengely pozitív tartományába, a nyelési adatok a negatív tartományba esnek. Rövidítések: FL: erdő; CL: szántó; SA-CL: pihentetett szántó, ugar; GL: használatban lévő legelő; SA-GL: pihentetett legelő, gyep; WL: vizes területek; SE: települések, infrastruktúra; OL: egyéb területek

Forrás: Nemzeti Leltárjelentés 1985-2018, Hungary

42. ábra – A LULUCF szektor becsült ÜHG kibocsátási és nyelési trendjei 1985 és 2018 között

Az erdők mellett a mérsékelt övi gyepek is szerepet játszanak a CO₂ megkötésében a vizes gyepek, tőzeges talajok öngyulladás kockázata ellenére.

Fejlesztéspolitikai célok a LULUCF szektor nyelési kapacitásainak megőrzése érdekében

A társadalmi szervezetek és az érintett iparágak képviselőinek a bevonásával folytatott „klímareggeli” elnevezésű rendezvénysorozat során egyetértés volt abban, hogy fenntartható erdőgazdálkodást folytatva az erdei biomassa segíthet a fosszilis tüzelőanyagok kiváltásában, továbbá a faipari termékeken keresztül a szénkötésben. Ennek alapvető feltétele az, hogy az erdőtelepítés fokozottan klímatudatos legyen, azaz klímaváltozásnak jobban ellenálló fajok kerüljenek előtérbe, őshonos fajokunk déli, szárazságtűrőbb szaporítóanyagai is kerüljenek felhasználásra és ahol lehetséges támogatni kell az ún. örök-erdő-gazdálkodásra való áttérést.

Fokozatos gazdálkodási forma-váltás az erdők nyelési kapacitásának és biodiverzitásának a megőrzése érdekében:

Fokozatos áttérés a vágásos gazdálkodásról az örök-erdő gazdálkodásra a természetközeli erdők esetén, valamint az őshonos fajokból álló erdők esetén, ott ahol indokolt és megvalósítható.

- A vágásos gazdálkodás, vagy térszakozás: van létjogosultsága, hiszen erdőink 50%-a nem őshonos és az ilyen erdeink jelentős része szinte monokultúrás, de törekedni kell, a vele járó talajdegradáció csökkentésére és támogatni kell a természetes felújulást.
- Az örök-erdő-gazdálkodás: a többkorú, színtezett, változatos szerkezetű, termőhelynek megfelelő fajokból álló elegyes, stabil erdők kialakítása azokon a természetközeli élőhelyeken, ahol őshonos fajokunk élnek természetes társulásokban és ahol ezt egyéb szempontok is alátámasztják...

A paleobotanikai kutatások szerint a honfoglalás korában hozzávetőlegesen 40%-os volt a Kárpát-medence erdősültsége. De még az I. világháború végét lezáró békeszerződés megkötésekor is jellemző volt egy magas, 27% körüli erdősültség, amely 11,8%-ra csökkent a II. világháború végére. Ennek eredményeként Magyarország Európa erdőben-fában negyedik legszegényebb országává vált. Azóta az erdősültségi mutató jelentősen javult, jelenleg 20% fölött van. A 20%-os erdősültség azt jelenti, hogy erdőink nagyjából 1,9-2,0 millió hektárt foglalnak el Magyarország 9,3 millió hektárnyi területéből.

A Nemzeti Erdőtelepítési Program és a Nemzeti Erdőstratégia azonban az erdőterületek további növelését tűzte ki céljául, aminek eredményeként 2050-re újra elérjük a 27%-os erdősültségi szintet. Ehhez tehát további 350.000-400.000 hektáron kell erdősíteni, a jogilag nem erdőterületnek számító fával borított területek bekalkulálásán túl, természetesen úgy, hogy meglévő erdőinkben továbbra is fenntartható erdőgazdálkodást folytatunk a klímapolitikai- és a biodiverzitás megőrzési célok fokozott figyelembevételével.

Mezőgazdasági és vidékfejlesztési politikákhoz való kapcsolódások

A magyar vidékfejlesztési program erdészeti intézkedései közt számos, az erdők klímaváltozáshoz történő alkalmazkodását, illetve szénmegkötő képességük növelését is segítő intézkedést tartalmaz. Fontos hangsúlyozni, hogy az adaptációs intézkedések meghatározóan fontosak az erdők szénkészletének megőrzése miatt. A várhatóan szárazabb és melegebb klíma számos erdőterületen a növekedés csökkenéséhez, a fák egészségi állapotának leromlásához, a károsítók elszaporodásához, kedvezőtlen esetben pusztulási folyamatokhoz vezethetnek, amit lehetőség szerint meg kell előzni. A 2014-2020-as vidékfejlesztési időszak klímaváltozással kapcsolatos intézkedéseit ezért a 2021-2027-es időszakban is fenn kell tartani, sőt azok bővítése tervezett.

A hatályos erdőtörvény előtérbe helyezi a klímaváltozás hatásainak jobban ellenálló, ezen belül a folyamatos erdőborítású erdőterületek növelését is, illetve kiemelten az őshonos fafajok esetében a természet közeli elegyes faállományok kialakítását. Az ország fával borított területének növelése érdekében meghirdetésre került a nemzeti erdőtelepítési és fásítási program, mely a lakosságot is mozgósítja a fával borított terület növelésére. A faültetési programok mellett jelentős mértékben megemelésre kerültek a vidékfejlesztési program erdőtelepítési intézkedésének egységárai, a jövedelempótló támogatás időszaka és mértéke.

További releváns intézkedések:

- az erdők fokozott védelme, az erdőpusztulások, erdőtüzek megelőzése, a kedvezőtlen hatások mérséklése;
- a szakszerű, minőségi faalapanyagot szolgáltató erdőgazdálkodás és a faanyag minél nagyobb arányú feldolgozására képes faipar fejlesztése, a nagyobb energia-befektetéssel, magas ÜHG kibocsátással előállított alapanyagok, termékek fával történő helyettesítése;
- az éghajlatváltozás, mint peremfeltétel teljes körű integrálása az erdészeti politikába.

Hosszú távú cselekvési irány

2050-ig a dekarbonizációs követelmények és a ténylegesen bekövetkező klímamódosulások figyelembevételével az éghajlatváltozást, mint peremfeltételt teljeskörűen integrálni kell az erdészeti politikákba és erdőgazdálkodási gyakorlatba.

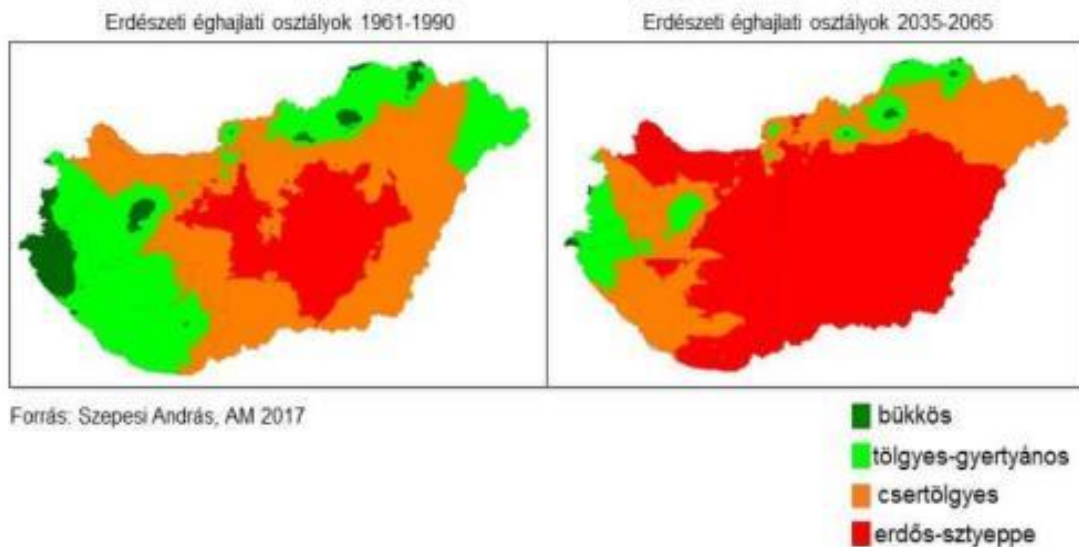
ÜHG kibocsátás csökkentési útiterv 2050-ig

A GEM modell az erdőterületek, a művelés alatt nem álló területek (parlag), a mezőgazdasági és a lakott területek kibocsátását jelzi előre. A talajból származó kibocsátást a négy földhasználati kategória mindegyikéből származó kibocsátás összegeként számítja ki.

A négy földhasználati kategória kibocsátása úgy kerül kiszámításra, hogy az adott földhasználati állományt megszorozzuk egy kibocsátási tényezővel. A földhasználat és az emissziós tényezők kalibrálása a nemzeti ÜHG leltár jelentésben szereplő adatok alapján történik.

Az erdőterületből - az Országos Erdőállomány Adattárban-ban erdőrészlétként, szabadrendelkezésű erdőként nyilvántartott területek, valamint a fásszárú ültetvények és egyéb a nemzetközi erdő definícióknak megfelelő erdei fafajokból álló faállományok összessége - származó kibocsátásokat az (1) erdőállomány felhasználásával az erdőből származó kibocsátások és az erdőterületre vonatkozó kibocsátási tényező, (2) a fák elöregedése miatt történő szénelnyelés-csökkenés, valamint (3) az erdőtelepítés miatt történő szénelnyelő-képesség növekedés összegeként számítja ki a modell. A (2) és (3) kibocsátási előrejelzések az ÖTK és a KCs forgatókönyvek segítségével kerültek meghatározásra.

ÖTK forgatókönyv: Akkor fog megvalósulni, ha 2020 és 2050 között az elmúlt évek tapasztalata alapján egy mérsékelt erdőtelepítés lesz a jellemző (3500 ha/év), ami nem teszi lehetővé a Nemzeti Erdőstratégiában kitűzött célok teljesítését. Emiatt az erdősültség nem fog jelentős mértékben emelkedni, és miután az erdők átlagéletkora egyre magasabbá válik, egyre inkább nőni fog a faállományok mortalitási rátája. Fokozatosan túlsúlyba kerülnek a szerves anyagukat lebontó idős erdők, amelyek CO₂ kibocsátókká válnak. Ráadásul a klímaváltozással összefüggő élőhely „szárazodás” és az extrém időjárási jelenségek gyakoriságának növekedése azt fogja eredményezni, hogy a jelenleg még zárt középhegységi erdőink állományai is fragmentáltakká válnak, és a 21. század folyamán Magyarország jelentős része erdős-sztyeppé alakul. (43. ábra)



Forrás: Erdészeti Tudományos Intézet, 2017

43. ábra – Erdősültségünk és erdei ökoszisztémáink várható átalakulása az ÖTK forgatókönyv megvalósulása esetén 2065-ig

KCs forgatókönyv: Megvalósítása a Nemzeti Erdőtelepítési Program és a Nemzeti Erdőstratégia célszámainak elérését jelenti, vagyis az erdősültségi ráta a jelenlegi 20,8%-ról 27%-ra emelkedik 2050-ig, az évenkénti „nettó” erdősítés pedig eléri a 13000 hektárt.

A KCs forgatókönyv esetén az is figyelembevételre került, hogy a mezőgazdasághoz hasonlóan az erdőgazdálkodásban is egyre inkább teret nyernek a digitalizációs és automatizálási eszközök, valamint az erdőtelepítési programokban túlnyomórészt az őshonos fajok stressztűrőbb déli országokból származó szaporítóanyagok kerülnek alkalmazásra.

A támogatáspolitikai területén megfontolás tárgyává kell tenni azt, hogy a nemzetközi kibocsátási kereskedelmi rendszer keretében, a CO₂ kvóta kereskedelembe befolyó bevétel egy részét a CO₂ természetes megkötésére, erdőtelepítésre, az erdők hosszú távú fenntartására és nem csak a klímaváltozás hatásainak jobban ellenálló, de a kibocsátás szempontjából is optimális állományszerkezet kialakítására kellene fordítani. Ezen célok megvalósítása túlmutat az erdőtulajdonosoktól még elvárható használati korlátozásokon, ezért a várható gazdasági haszon kiesését kompenzálni kell. A kvótakereskedelemből származó bevételek egy részének az erdészeti ágazatban történő hasznosítása jelentős forrás lenne Magyarország erdősültségének növelésére.

4.2.5. Hulladékgazdálkodás

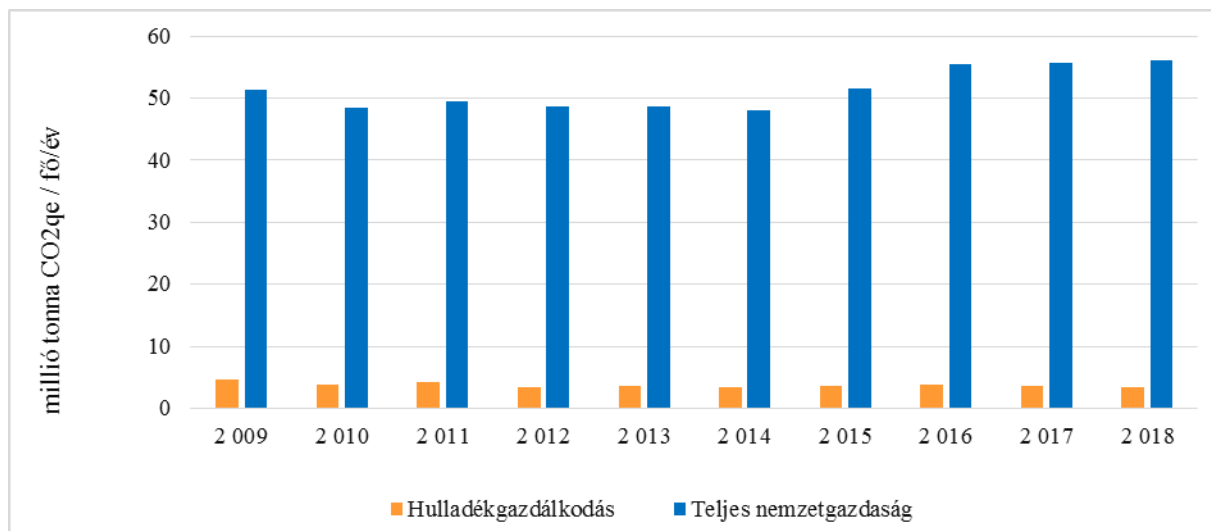
<p style="text-align: center;">Erősségek</p> <p>Zöld gazdaság irányába történő előrelépés Munkahelyek teremtése Beruházások ösztönzése Gyártók és hulladékkezelők közötti innovációs kapcsolat erősítése</p>	<p style="text-align: center;">Gyengeségek</p> <p>Jelenlegi hasznosítási kapacitás régiós szinten is kevés A CE célok teljesítéséhez szükséges kezelő kapacitások nem állnak teljeskörűen rendelkezésre A lerakástól történő eltérítés alacsony, még mindig a legolcsóbb megoldás Régióként eltérő színvonalú közszolgáltatás</p>
<p style="text-align: center;">Lehetőségek</p> <p>Kutatás-fejlesztés területén a gyártók, hulladékkezelők és kutatóközpontok, egyetemek együttműködésének erősítése Hazai hasznosítási kapacitások fejlesztése Mezőgazdaság hatalmas felvevő-kapacitása a komposztra Új fogyasztási szokások kialakítása, lakosság folyamatos tudatformálása Gyártók bevonhatók a finanszírozásba a kiterjesztett gyártói felelősség miatt Másodnyersanyag szektor világpiaconak összeomlása miatt helyi/közeli kapacitások előnye</p>	<p style="text-align: center;">Veszélyek</p> <p>Megnövekedett gyártói költségek áthárítása a fogyasztókra – alacsony fizetőképesség Gyors cselekvés nélkül a hasznosítási kapacitások a környező országokba kerülhetnek Korábban kiépült kapacitások minőségi fejlesztése nem történik meg Beruházásokhoz szükséges finanszírozási források hiánya Másodnyersanyagok felvevőpiaca csökken egy újabb gazdasági (világ)válság hatására</p>

9. táblázat – A hulladékszektor SWOT-analízise

ÜHG emissziós helyzetkép

Magyarország uniós csatlakozása óta jelentős előrelépések történtek a hulladékgazdálkodás területén, amely a szektor ÜHG kibocsátásának csökkentését is segítette. A korábbi kontroll nélküli, kb. 2 200 db szigetelés és megfelelő depógáz-kezelés nélkül működő vagy már felhagyott „hulladéklerakó” bezárása megtörtént 2009-ig, szakszerű rekultivációjuk többségében lezajlott 2015-ig. A 2018. évi adatok alapján üzemeltetési engedéllyel rendelkező 75 db „B3” típusú lerakó megfelel minden jelenlegi uniós előírásnak, és telepítésre kerültek a kb. 40% metán tartalmú depógáz összegyűjtésére és kezelésére vonatkozó technológiai eszközök, amelyek a depógázban lévő metán energetikai hasznosítását és/vagy elfáklázását szolgálják.

Magyarországon a hulladékkal kapcsolatos tevékenységekből, hulladékkezelésből származó ÜHG kibocsátás 2018-ban 5,9%-ot jelentett a teljes ÜHG kibocsátáson belül, a szektor emissziója csökkenő tendenciát mutat az utóbbi 10 évben. (44. ábra) Ennek legfőbb oka a metánképződéssel járó hulladéklerakás csökkenő aránya, míg az egy főre jutó hulladék mennyisége kis szórással (1%) stagnál.



Forrás: Eurostat

44. ábra – A hulladékkezelésből származó ÜHG kibocsátás

2018-ban a hulladék lerakásából keletkezett a kibocsátás zöme (84%), míg a **szennyvízkezelés** 11%-os, a **komposztálás és egyéb biológiai kezelés** 4%-os, a **nem energetikai célú hulladékégetés** pedig 1%-os részarányt képviselt. Szemben a többi kibocsátó ágazattal, a **hulladékkezelésből** származó emisszió kis mértékben ugyan, de 3%-kal magasabb az 2004-es bázisév értékénél. A növekedés azonban a 2000-es évek elején megállt, majd 2005 és 2017 között 19%-kal csökkent a kibocsátás. A hulladéklerakókban a hulladékok lebomlása hosszú éveken keresztül történik, vagyis az évekkel ezelőtt elhelyezett hulladék is hatással van a jelenlegi kibocsátásra. Azonban a lerakott hulladék mennyisége az elmúlt 10 évben jelentősen csökkent, és változott a lerakott hulladék összetétele is (pl. a zöld- és a papír hulladék elkülönített gyűjtésével a lerakott biológiailag lebomló hulladék mennyisége csökkent), ami csökkenő emissziót eredményezett. A **szennyvízkezelésből származó kibocsátások** csökkenő trendjét a közcsatornára kötött lakások egyre nagyobb száma, és a nagyobb szennyvíztisztító telepeken kiépített zárt iszap-fermentálók gyarapodó kapacitása magyarázza.

Fejlesztéspolitikai célok

A következő 10-15 év stratégiai terveit alapvetően meghatározó kihívásként 2015. december 2-án jelent meg a **körforgásos gazdaság** megvalósítását célzó EU-s jogszabálycsomag. A jövő hulladékgazdálkodásának alapját ez a szemlélet határozza meg, amely a fenntarthatóságot és az ipari szereplők kooperációját helyezi előtérbe az anyag- és energiahatékonyabb gazdasági modell felépítése révén. A körforgásos gazdaság gyakorlatba történő átültetése elősegíti az ÜHG kibocsátás csökkentését. A jogszabálycsomag által a hulladékgazdálkodásra vonatkozó eddigi célok szigorodtak, és további konkrét részcélok is megjelölésre kerültek. Ebből eredően Magyarországnak az elkövetkezendő években, évtizedekben e célok eléréséhez az elkülönítetten gyűjtött és kezelt hulladék mennyiségét jelentősen növelnie, a hulladék lerakással történő ártalmatlanítását minimálisra csökkentenie szükséges.

További fontos elemként jelenik meg az egyes műanyagtermékek környezetre gyakorolt hatásának csökkentéséről szóló, 2019. június 5-i 2019/904/EU európai parlamenti és tanácsi irányelv (a továbbiakban: SUP irányelv). Célja, hogy az egyszer használatos műanyagok hulladékká válását megelőzzék és mennyiségét csökkentsék. A SUP irányelv konkrét tiltó,

illetve korlátozó intézkedéseket és szabályozási eszközöket vár a tagállamoktól többek között csomagolási és nem csomagolási, egyszer használatos és oxidatív úton lebomló műanyag termékek, illetve a belőlük származó hulladékok esetén. A legambiciózusabb követelmények közé tartoznak a SUP irányelvben a műanyag italpalackokra előírt célszámok. A konkrét célkitűzések alapján az országos szinten forgalomba hozott műanyag italpalackok esetében 2025-re 77%-ukat, míg 2029-re 90%-ukat kell elkülönítetten gyűjteni, aminek végső célja az újrafeldolgozás folyamatának hatékonyabbá tétele. Másik ambiciózus követelmény, hogy az italpalackokat az előírás szerint 2025-től 25%-ban, míg a műanyag italpalackokat 2030-tól 30%-ban kell hulladékból előállított másodnyersanyagból készíteni. Ennek megvalósítására a SUP irányelv a visszaváltási díj (betétdíj) rendszer bevezetését, vagy a kiterjesztett gyártói felelősségi rendszerben önálló gyűjtési célérték meghatározását javasolja.

Jelenleg a szektor ÜHG kibocsátásának 84%-a hulladéklerakásból származik. A „körforgásos gazdaság” irányelv-csomag szerint 2035-re maximum a keletkező települési hulladék 10%-a ártalmatlanítható lerakással (derogációval 25 %-a), ami az anyagáramszámítások eredményeként azt jelenti, hogy gyakorlatilag szinte csak égetés vagy energetikai hasznosítás után keletkező salak/maradék hulladék rakható le a jövőben. Ez a kapcsolódó módszertan alapján hatalmas ÜHG megtakarítást eredményez, mivel az energetikai hasznosítás során képződő salak/maradék anyag mennyiségét nem szükséges a lerakott települési hulladék mennyiségébe beszámítani.

Az irányelv-csomag másik nagy hatású rendelkezése, hogy további kötelezettségeket vezet be a 2025-2035-ös időszakra (ezek teljesítésére bizonyos feltételek mellett legfeljebb 5 év derogáció kérhető):

- a) 2025-ig az újrahasználatra előkészített és újrafeldolgozott települési hulladék mennyiségét minimum 55 tömegszázalékra kell növelni (derogációval 50%);
- b) 2030-ig az újrahasználatra előkészített és újrafeldolgozott települési hulladék mennyiségét minimum 60 tömegszázalékra kell növelni (derogációval 55%);
- c) 2035-ig az újrahasználatra előkészített és újrafeldolgozott települési hulladék mennyiségét minimum 65 tömegszázalékra kell növelni (derogációval 60%).

A körforgásos gazdaságra történő átállás keretében az egyszer használatos műanyagok forgalomba hozatalának tiltása és korlátozása érdekében Magyarország az **elsők között alkotta meg a SUP irányelv átültetésének törvényi szintű szabályozását** (2020. évi XCI. törvény keretében) és a felhatalmazó rendelkezést a kormányrendeleti szintű szabályozásra. A kormányrendelet műszaki notifikációja folyamatban van, annak lezárultát követően kihirdethető és 2021. július 1-től hatályos.

A jelenleg kidolgozás alatt lévő Nemzeti Hulladékgazdálkodási Stratégia és az új Országos Hulladékgazdálkodási Terv – amelynek részét képezi az Országos Hulladékmegelőzési Program – tervezésénél az egyik legnagyobb kihívás, hogy a jövőbeni hulladék-összetétel átalakulása nagyon nehezen tervezhető, mivel a gyártók, forgalmazók is most alakítják át gyökeresen a termékeik csomagolási, illetve egyéb paramétereit, mind technológia, mind anyaghasználat tekintetében.

A jelenlegi települési hulladék összetételében 30%-ot meghaladó a biológiailag lebomló hulladék (finom frakció jelentős része is) aránya, amelynek kezelése kiemelt jelentőségű lesz mind a körforgásos gazdaság hasznosítási céljainak eléréséhez, mind pedig a szektor ÜHG kibocsátásainak tekintetében. A biohulladéokra vonatkozó elkülönített gyűjtési kötelezettségnek való megfelelést 2023. december 31-ig biztosítani kell.

A jelen hosszú távú koncepció készítése során tartott iparági egyeztetéseken az ipari szereplők és szakmai szervezetek megerősítették elkötelezettségüket mind az anyagában hasznosítás előtérbe helyezése, mind a biológiai hulladékok csökkentése, illetve az elkerülhetetlenül keletkező mennyiség hasznosításának megszervezése területén. Ebben segítséget nyújtanak a Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal Maradék nélkül elnevezésű nemzeti élelmiszerhulladék-megelőző programjának keretében az iparági szereplők együttműködésével kialakított jó gyakorlatokat bemutató ágazati útmutatók.

Utóbbi területen már saját programokat is indítanak, amelyek kiterjesztésében együttműködést ígérnek. Az élelmiszer-kiskereskedelem területén több áruházlánc már saját programokat is indít.

Szintén erős az érdeklődés a biogáz telepek fejlesztése területén. A körforgásos gazdaság irányelv csomag előírásai alapján az energetikai hasznosítás, vagy tüzelőanyag előállítás nem járulnak hozzá a hasznosítási célszámok eléréséhez, azonban még készülnek azok a tagállami hatáskörben meghatározható végrehajtási rendeletek (más tagállamokban is), amelyek különösen a biogáz telepek esetében hivatott pontosítani, hogy az anaerob folyamat végén megjelenő fermentált maradék anyag talajjavító anyagként történő hasznosításával legalább annak arányában elszámolható legyen a célok elérésében. Ez praktikus azt jelenti, hogy ha az energetikai hasznosításra bemenő 100 egység anyagból a salakként, vagy biogáznál maradóanyagként kijövő 20-30 egység anyagában hasznosítása megtörténik, akkor a 20-30 egység figyelembe vehető legyen a körforgásos célok teljesítésében.

ÜHG kibocsátási potenciál szempontjából előnyösebb a biológiailag lebomló hulladékok aerob komposztálása, mivel a kiterjesztett maradékanyagban nem megfelelő iszapkezelés esetén még jelentős CO₂ és metán szabadul fel. Ez technológiai szempontból kezelhető, de mindenképp kiemelt figyelmet igényel a jövőben.

Az előzőekben bemutatott okok miatt a szektor ÜHG kibocsátását alapvetően a következő két fő szempont fogja meghatározni:

- A **biológiailag lebomló, komposztálható hulladékok** kezelését és anyagában történő hasznosítását (komposzt) magas szintre kell emelni. A zárt technológiájú anaerob kezelési technológiák (biogáz³⁰, fermentáció) nem szolgálják kellőképpen a körforgásos stratégia céljait. Az energetikai hasznosítás bár fontos szerepet játszhat és szinergiákat alakíthat ki az uniós energia- és klímapolitikával, csak akkor fogadható el, ha követjük az uniós hulladék-hierarchia elvét.
- Akár a visszaváltható csomagolások, akár a lakossági házhoz menő szelektív gyűjtés bővítése a jelenlegihez képest többszörös gyűjtési, szállítási igényt fog generálni, amely a **szállításhoz kapcsolódó ÜHG kibocsátást** fogja növelni.

ÜHG kibocsátás csökkentési útiterv 2050-ig

A modellezés első szakaszában, a klímapolitikai céloktól függetlenül csak a körforgásos célok elérése érdekében négy eltérő verzió került kialakításra a szakpolitikai célok, gyűjtési és kezelési arányok és technológia alapján, feltételezve, hogy a Magyarország a következő 10 évben elvégzi a szükséges beruházásokat, tehát teljesíti az irányelv-csomag előírásait. A körforgásos célokhöz kapcsolódó irányelvi előírások elérését szolgáló, első lépésként költséghatékonysági szempontok alapján kiválasztott változat került integrálásra a GEM

³⁰ Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Ph.D. értekezés: Nguyen Thanh Phong: Greenhouse Gas Emissions from Composting and Anaerobic Digestion Plants (2012)

modellbe annak érdekében, hogy a **klímapolitikai célok is elérhetővé váljanak**, azaz az alacsonyabb költségű ÜHG kibocsátás-csökkentés. A GEM modellt megelőző mennyiségi változatoknál a költséghatékonyság szempontjai szerint a lehető legmagasabb házi komposztálási elterjedést feltételeztük (nemzetközi, már megvalósult arányok alapján), ami nem generál szállítási és üzemeltetési költségeket. A hulladékból nyert fűtőanyag (Refuse Derived Fuel, RDF) előállítása nem szolgálja a körforgásos gazdaság céljait, és mennyisége várhatóan energia- és költségmegtakarítási célból is csökkeni fog.

A hulladékgazdálkodáson belüli fő szektorok (települési, mezőgazdasági, ipari) közül a **települési hulladékkal** kiemelten foglalkoztunk egyrészt a meghatározó ÜHG hatása, másrészt a körforgásos gazdaság irányelv-csomag kihívásai miatt, mivel itt meghatározó az állam szerepe. Az **ipari hulladékok** mennyiségi előrejelzése a GEM modell ipari teljesítményét követi, a kezelési módok arányai változnak a teljes hasznosítás felé 2050-re. Ebben a szektorban a felelősség EU szinten is a hulladéktermelőkre, gyártókra hárul. A **mezőgazdasági hulladékok mennyisége** szintén a GEM modell mezőgazdasági teljesítményével arányosan változik; hasonlóan az ipari hulladékokhoz, a termelő szektor feladata lesz az anyagában hasznosítás maximalizálása 2050-ig.

A forgatókönyvek közül tehát egy változat került kiválasztásra költséghatékonyság szerint optimalizálva, amely jelen dokumentum javasolt forgatókönyve lett, és került a GEM és TIMES modellekben további feldolgozásra.

Ennek megfelelően két változat került kidolgozásra:

- **ÖTK forgatókönyv (BAU):** minden hulladéktermelési és -kezelési mód marad a jelenlegi szinten, csak a népességgel és a GDP-változás arányában változik, illetve a jelen pillanatig elfogadott intézkedések hatásaival számol,
- **KCs forgatókönyv:** a klímasemlegesség elérését célozza, megvalósul a körforgásos gazdaság elvárásainak megfelelő hulladékgazdálkodás 2030-ig.

Fontos megjegyezni, hogy a többi szektornál alkalmazott harmadik, HCs forgatókönyv a hulladék szektor esetében megegyezik a KCs forgatókönyvvel, mivel a szektor jövőjét meghatározó körforgásos irányelv-csomag 2030, illetve 2035-ig írja elő azoknak a céloknak a teljesítését, amelyek egyúttal a 2050-ig szükséges klímacélokat is szolgálják.

A célul kitűzött nagyon magas újrafeldolgozási arány eléréséhez a biológiailag lebomló és komposztálható hulladékot elsődlegesen komposztálási technológián keresztül kell kezelni, amely talajjavító anyagként hasznosíthatóvá válik. Jelenleg az aerob komposztálási technológiák jelentik a legkisebb ÜHG kibocsátást a különböző biológiai kezeléseken belül, ezért ennek alkalmazásával számoltunk a KCs forgatókönyvben. A központi, gépesített komposztáló telepek mellett igen fontos a lakossági komposztálási kapacitások növelése is.

Innovatív, előremutató hulladékgazdálkodási technológiák és megoldások

- “Smart” megoldások: RFID azonosítók kiépítése lakossági és intézményi gyűjtőedényekre, konténer telítettség jelző rendszerek ipari hulladékokra, kapcsolódó valós idejű járatoptimalizálási szoftverek fejlesztése, visszaváltási díjas csomagolások esetén nyomon követés, átvevő automaták.
- Alternatív energetikai hasznosítással kísért megoldások (pirolízis, depolimerizáció stb.) fejlesztése az anyagában történő hasznosítás maximalizálásával (vegyipari másodnyersanyagok előállítása).
- Házi komposztálás terjesztése: komposztáló ládák helyes használatának széleskörű ismertetése, lakossági tudatformálás.
- Ipari gyártási folyamatok fejlesztése hulladékmentes folyamatok irányába: élelmiszeripar, járműipar, vegyipar.
- Egyetemek, kutatóközpontok és a szektorok közötti együttműködés ösztönzése.

A 2035-re elérendő 65%-os **anyagában hasznosítási** arányhoz minden csomagolási **fém, műanyag, papír, üveg stb.** hulladékot vissza kell gyűjteni, és anyagában történő hasznosításra terelni. A műanyag palackokra vonatkozó rendkívül magas, 90% feletti visszagyűjtési arányhoz **alkalmazható visszaváltási rendszer, vagy a jelenleginél minimum négyszer gyakoribb házhoz menő szelektív gyűjtés** is, de leginkább valószínű ezek kombinációja.

Az ÜHG kibocsátásoknál számoltunk a **növekvő szállítási igénnyel** is, amelynek többlet kibocsátása a **közlekedési szektornál** jelenik meg a TIMES modell változatainál (2019-ben 29,957 millió km volt a hulladék szállítási teljesítménye, 2030-ban 45,510 millió km/év, 2050-ben 44,347 millió km/év a várható igény). Ennek oka, hogy a körforgásos gazdaság megvalósítását célzó, hulladékgazdálkodással összefüggő irányelvek konkrét tagállami átültetése és részletszabályozása, és ezen belül a hazai kiterjesztett gyártói felelősségi rendszer átalakítása még folyamatban van.

Az anyagában hasznosítás ÜHG kibocsátás szempontból hatalmas megtakarítást eredményez³¹, mivel az elsődleges nyersanyagok felhasználását váltjuk ki.

Anyagában hasznosítás ÜHG potenciálja (szemléltető példák):

- 1 tonna műanyag hulladék hasznosítása = 2300 kg CO_{2eq} megtakarítás
- 1 tonna fém hulladék hasznosítása = 1750 kg CO_{2eq} megtakarítás
- 1 tonna papír hulladék hasznosítása = 795 kg CO_{2eq} megtakarítás
- 1 tonna üveg hulladék hasznosítása = 529 kg CO_{2eq} megtakarítás

A hulladékgazdálkodási szektorban az ÜHG kibocsátás jelentős csökkentése mellett a KCs forгатókönyv költségmegtakarítást is eredményez a csökkenő **munkaerő igény** miatt, különösen az **ipari hulladékok** területén. A csökkenő munkaerő igényt 2050-re a mai értelemben vett hulladékok mennyiségének csökkenő tendenciája okozza, hiszen a termékek és alapanyagok körforgásában joggal feltételezzük, hogy 30 év múlva más lesz a viszonyunk a hulladékhoz. Egyrészt a gyártók felé támasztott elvárások alapján meg fognak szünni a nehezen, vagy egyáltalán nem újrahasznosítható csomagolások, a rövid élettartamú termékek esetén pedig az újrafeldolgozást egyszerűsítő anyagok (mindenekelőtt a másodnyersanyagok) kiszorítják a jelenlegi megoldásokat.

Várhatóan megszűnnek a nehezen kezelhető, kompozit csomagolások, az ipari folyamatokban a segédanyagok, melléktermékek sem válnak hulladékká, mivel a gyártók kénytelenek lesznek ipari szimbiózist kialakítani olyan tevékenységekkel, amelyben az egyik folyamat melléktermékét felhasználják még a keletkezés helyszínén, ipari parkokon, telephelyeken belül a kapcsolódó tevékenységek, vagy más típusú termékek gyártásához. Tehát a mai ismeretek szerinti hulladékgazdálkodási szektorból, mint ipari tevékenységeket kiszolgáló külső iparágból a tevékenységek átkerülnek a termelők, gyártók belső folyamataiba, az önálló hulladékgazdálkodási szektorban pedig drasztikusan csökken az eszköz- és munkaerőigény a hulladék mennyiségének csökkenése miatt.

A visszaváltási rendszerek igénybevétele várhatóan kibővül vagy teljes körűvé válik, kiváltva a mai edényzetes hulladék-begyűjtési rendszereket. Ezzel nagy értékű járművek, eszközök, és munkaerő is felszabadul.

³¹ Greenhouse gas emissions of waste management processes and options: A case study (Waste Management & Research, May 2016)

A körforgásos gazdaság előírásai már egyértelműen a hulladék keletkezésének drasztikus csökkentését szolgálják, és joggal feltételezhető, hogy 2030-2035 után további nemzetközi szabályozások, egyezmények születnek a hulladék keletkezésének megelőzése érdekében.

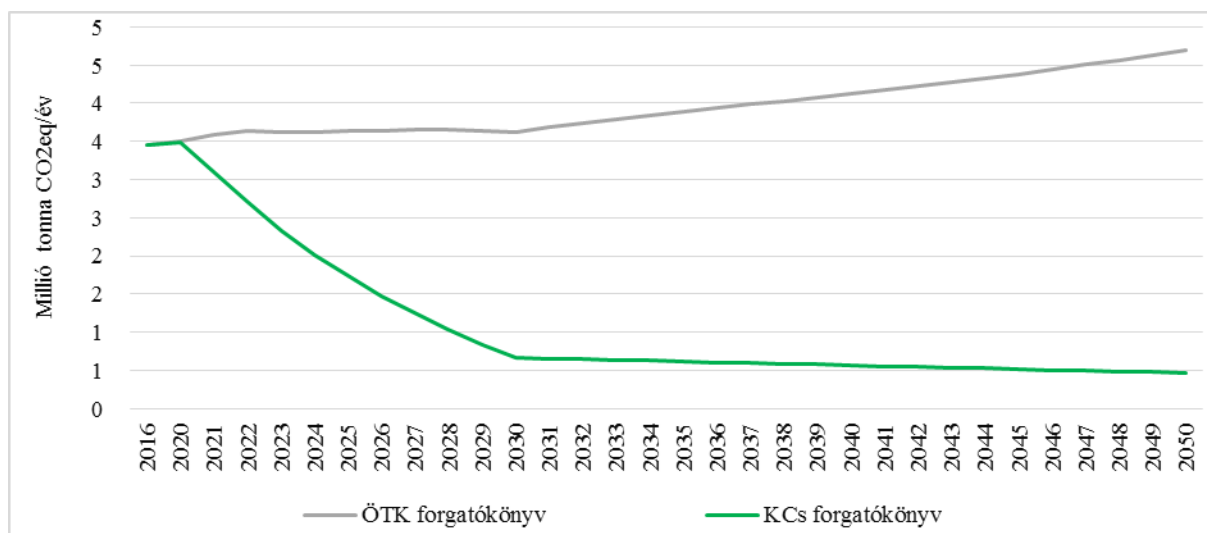
Az alábbi táblázat szemlélteti az ÖTK és a KCS forgatókönyv közötti különbséget a költségek alakulása szempontjából:

	2030	2050	2030	2050
2020-as árszinten (milliárd forint)	Mrd HUF/Év (KCS - ÖTK különbözet)	Mrd HUF/Év (KCS - ÖTK különbözet)	% (KCS / ÖTK arány)	% (KCS / ÖTK arány)
Hulladékgazdálkodás teljes költsége	127,18	-276,70	112,55%	76,86%
Összes beruházási költség	189, 10	-124, 78	123,92%	86,51%
Települési hulladék összes beruházási költsége	407,29	202,79	176,24%	134,04%
Ipari hulladék összes beruházási költsége	-143, 62	-250,70	19,09%	0,00%
Mezőgazdasági hulladék összes beruházási költsége	-74,56	-76,87	5,33%	1,65%
Összes működési költség	-61 92	-151,92	72,24%	44,01%
Települési hulladék összes működési költsége	-0,29	-37,00	99,80%	76,33%
Ipari hulladék összes működési költsége	-56,91	-110,06	26,96%	0,00%
Mezőgazdasági hulladék összes működési költsége	-4,718	-4,86	5,26%	1,63%

10. táblázat - A hulladék szektor költségeinek alakulása 2030-2050 között az egyes forgatókönyvek szerint (milliárd forint)

A fenti táblázatban kimutatásra került eredmények szerint 2030-ra a körforgásos gazdaság bevezetése érdekében szükséges beruházási költségek a települési hulladékoknál a KCs forgatókönyv esetében jelentősen (2030: ~407 Mrd HUF, 2050: 202 Mrd HUF) magasabbak az ÖTK változathoz képest. Ez az átalakuláshoz szükséges eszközrendszer (égetési és előkezelési kapacitások kiépítése) pótlási és átlagosított beruházási költségeinek számlájára írható, miközben a működési költségeknél már csökkenés tapasztalható. Az ipari hulladék esetében megszűnik a mai értelemben vett hulladékgazdálkodási szektor költsége (ezért 0% az ÖTK változathoz képest). Ez összességében ellensúlyozza a növekvő települési hulladéokra eső beruházási igényt, és az ipari hulladékok nettó megtakarítást eredményeznek a teljes szektorra.

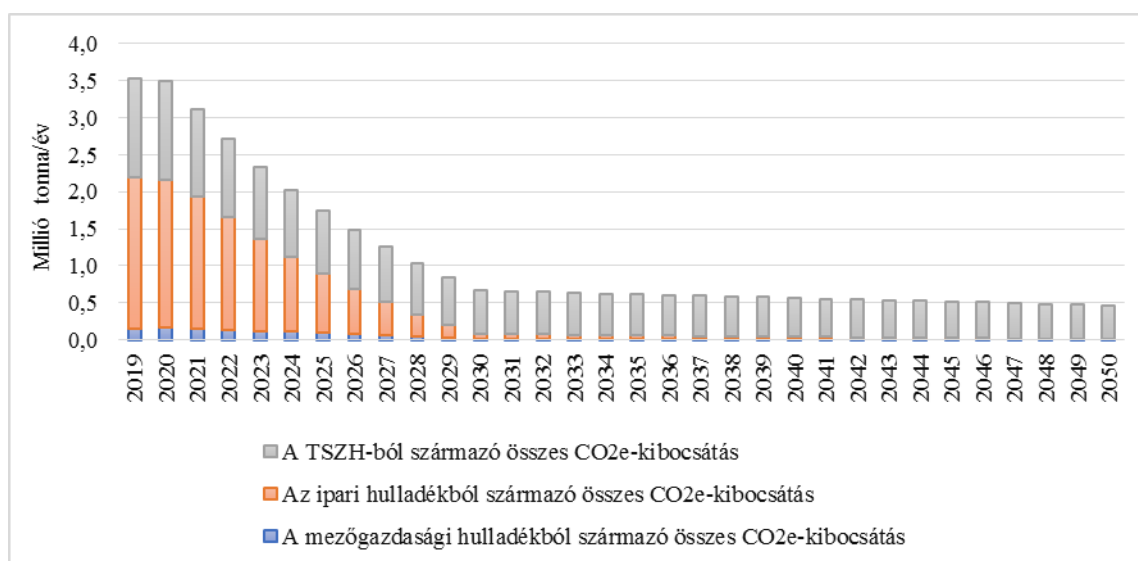
A hulladék szektor ÜHG kibocsátási projekcióját 2050-ig az egyes forgatókönyvek szerint a 45. ábra szemlélteti. Eszerint a szektor kibocsátása az ÖTK forgatókönyv esetén a GDP növekedéssel együtt lineárisan emelkedik. Ezzel szemben a KCs forgatókönyvben a kibocsátás a tizedére csökken.



Forrás: tényadat Eurostat, projekció saját modellezési eredmény

45. ábra – A hulladékkezelésből származó ÜHG kibocsátás előrejelzése az ÖTK és a KCs forgatókönyvek szerint

A hulladékgazdálkodáson belüli alszektorok kibocsátási előrejelzését a KCs forgatókönyv esetében a 46. ábrán mutatjuk be.



Forrás: saját modellezési eredmény

46. ábra– A hulladékkezelésből származó ÜHG kibocsátás előrejelzése alszektoronként a KCs forgatókönyv szerint

Mint az ábrán is látható, az alszektorok közötti megoszlásban a mai értelemben vett hulladék státuszú ipari hulladékok teljeskörű hasznosításával számolunk. A **kötelező másodnyersanyag felhasználás** szerves részévé válik az ipari anyaggazdálkodásnak és logisztikának, és keresleti piacot generál a jelenleg gazdasági alapon hátrányban lévő másodnyersanyagoknak. Már a jelenlegi körforgásos gazdasági irányelvcsomag felelősségi körei is egyértelműen a gyártókra/termelőkre hárulnak, amit várhatóan tovább fokoznak majd

a következő 30 évben megjelenő egyéb kibocsátási szigorítások, illetve az egyes iparágak önkéntes vállalásai, intézkedései.

Ez egyszerűbben megfogalmazva azt jelenti, hogy a jelenleg hulladékként kezelt anyagok jelentős része a jövőben nem hulladékként fog megjelenni, illetve a gyártó/termelő tulajdonában marad, pl. a logisztikában használt raklapokat, csomagolásokat csak “kölcsonbe” adja a vevőnek, és visszaveszi a termelő, majd újra felhasználja saját termelési, logisztikai folyamataiban. Ennek a szemléletnek a gazdasági alapjai a körforgásos EPR (kiterjesztett gyártói felelősség) díj formájában már rögzítésre kerültek, és a jogalkotói szándék a tényleges “Zero waste” felé történő gazdasági ösztönzést valósítja meg.

Röviden összefoglalva a következő intézkedések bevezetése szükséges:

- A szabályozás, gazdasági ösztönzők és az infrastruktúra fejlesztése mellett nagyon hatékony **lakossági tájékoztatást** kell végezni a megelőzés, tudatos vásárlás és a keletkező hulladékok új rendszerben történő leadásának ösztönzésére.
- A vegyes települési hulladéknál jelenleg meglévő ~400.000 t/év **energetikai hasznosítás** mellett további ~800.000 t/év új, korszerű, magas összenergetikai hatásfokú (min. 60%) égetőmű kapacitás szükséges.
- Mintegy 55 ezer t/évről, ~ 220 ezer t/évre kell emelni a **házi és közösségi komposztálás** részarányát.
- A jelenleg vegyesen gyűjtött települési hulladékáramból el kell téríteni a keletkező hulladék minimum 60%-át, azaz min. 60-65%-ot **szelektíven** kell gyűjteni (csomagolási és biohulladékkal együtt) – ehhez alkalmazható visszaváltási rendszer, vagy a jelenleginél sokkal intenzívebb házhoz menő szelektív gyűjtés, illetve ezek kombinációja.
- Új termékek gyártásánál és forgalomba hozatalánál elő kell írni – az adott anyagtípushoz alkalmazható – minél magasabb **kötelező másod-nyersanyag felhasználási arányt**, amely egyrészt nettó ÜHG megtakarítást jelent, másrészt bevételt generál a hulladékos szektornak.
- 2050-re az **ipari** hulladékoknál feltételezett **teljes körű anyagában hasznosítás** a megfelelő terméktervezés és a gyártási rendszerek zárt körfolyamattá tétele miatt nulla költségszintet eredményez a hulladék szektornak, pontosabban a költségek az ipari szektoron belül marad, nem válik el a termékgyártási, logisztikai folyamatoktól. (a felmerülő működési és beruházási költségek már az ipari szektor költségei között kerültek feltüntetésre).

4.3. Társadalmi-gazdasági hatások

Kulcsüzenet: A magyar gazdaság dekarbonizálása jelentős társadalmi-gazdasági előnyökkel jár

A klímasemleges gazdaságra való áttérés két főbb társadalmi hatása került megvizsgálásra: i) az elkerült költségek és a társított előnyök, valamint ii) a munkahely-teremtési hatások. Az előbbin belül, az elkerült költségek tekintetében az elkerült energetikai és műtrágyázási költségek (materiális), a csökkenő mértékű közlekedési externáliák (pl. balesetek, légszennyezés), illetve a szén társadalmi költségei (SCC) (immateriális) kerültek becslésre. A társított előnyök között a GDP növekedés, valamint az abból eredő állami bevételnövekedés szerepel.

Az ÜHG kibocsátások csökkentésére irányuló befektetések pénzügyi-gazdasági megvalósíthatóságát évtizedek óta vizsgálják. A legtöbb esetben alkalmazott módszertan erre vonatkozóan a klasszikus költség-haszon elemzés (cost-benefit analysis, CBA). Ennek során csak (i) az adott beruházás vagy szakpolitika árát (azaz a beruházási, működési és fenntartási költséget), illetve (ii) az adott projekt közvetlen előnyeit veszik figyelembe. A CBA-kat ráadásul általában egyetlen projektre alkalmazzák, és kizárólag a pénzügyi költségviselők számára elérhető előnyöket veszik figyelembe, de azok közül is csak azokat, amelyek pénzben kifejezhetőek. A hagyományos projekt alapú CBA elemzések a társadalom szempontjából nem vizsgálják az adott befektetés által elérhető, pénzügyi (anyagi), illetve nem pénzügyi (immateriális) előnyöket (vagy hátrányokat). Ugyanakkor az alacsony ÜHG kibocsátású fejlődésbe való beruházások egy olyan társadalmi probléma, az éghajlatváltozás megoldását előzzák, amely számos gazdasági szereplőre is egyszerre van hatással. A befektetés az energiahatékonyságba pl. csökkenti az energiafelhasználást, ezáltal kibocsátás-csökkentéshez vezet, de egyúttal a csökkenő energiafelhasználás társított előnyei is megjelennek, úgy, mint a csökkenő levegőszennyezettség, ezáltal csökkenő egészségügyi kiadások. Ebből következően, ha az éghajlatváltozás elleni fellépés átfogó értékelését akarjuk elvégezni, és annak koherens társadalmi-gazdasági értékét akarjuk bemutatni, akkor a társadalmi hatásokat is megfelelően figyelembe kell venni.

4.3.1. Elkerült költségek és addicionális előnyök

Ha az összes elkerült költséget vesszük figyelembe (*Hiba! A hivatkozási forrás nem található.*), azok a KCs forgatókönyv esetén az összes szükséges beruházás közel felét teszik ki 2020 és 2030 között.

Ez azt jelzi, hogy **a következő 10 évben a szükséges befektetéseknek több mint fele az elkerült költségek által térül meg.** Ha pedig az addicionális előnyöket is beleszámítjuk (azaz a magasabb GDP-t és annak hatását az állami bevételekre), akkor **az összes szükséges beruházási költség közel 90%-a térül meg az KCs forgatókönyvben** ugyanezen időtáv alatt. Ugyanakkor, ha 2050-ig tekintünk ki, már az elkerült költségek és az addicionális előnyök értéke meghaladja a beruházási költségeket. Ennek oka, hogy a hosszabb időtáv jobban megmutatja egy beruházás teljes életciklusa alatt elérhető hasznait (azaz ugyanaz a beruházás több elkerült költséget és az addicionális előnyt ér el hosszabb időtávon).

A 2030. és 2050. közötti időszakban növekvő beruházási igénnyel számolunk, amit a 2050-es klímasemlegességi cél eléréséhez szükséges, egyre nagyobb mértékű kibocsátás-csökkentési erőfeszítés magyaráz. Minden egyes tonna kibocsátás-csökkentés nagyobb költséggel jár, ahogy haladunk a teljes dekarbonizáció felé. Ebből az következik, hogy a KCs forgatókönyvben az elkerülhető költségek a teljes beruházási költség közel harmadát teszik ki 2050-ig. Ugyanakkor **az elkerült költségek és az addicionális előnyök összege 2050-re nagyobb lesz, mint a beruházási költség.**

Ezeken túl azt is figyelembe kell venni, hogy az elkerült költségek és az addicionális előnyök még jóval 2050 után is jelentkeznek. Ez annak a következménye, hogy a 2040 és 2050 között

végrehajtott beruházások élettartama jóval 2050 utánig tarthat, akár 2060-ig vagy 2070-ig is. Ezzel együtt a 2050-en túl jelentkező előnyök nem képezték a modellezés tárgyát.

Az elkerült költségek tekintetében a KCs forgatókönyv nagyjából hasonló nagyságrendet jelez 2050-ig az energiaköltségek, a szén társadalmi költségei (SCC)³² és a közlekedési externáliák területén³³. A szén társadalmi költségei 2020-ban a GDP kb. 1%-át teszi ki. 2050-es teljes dekarbonizáció esetén ez nullára csökken. Habár egy nehezen megfogható indikátorról van szó, hiszen közvetlenül nem érinti a köz- és magánkiadásokat, arra alkalmas, hogy megmutassa, ha Magyarország és az EU valamennyi tagállama hatékonyan lép a dekarbonizáció irányába, az éghajlatváltozás költsége csökkenni fog az ÖTK-hoz képest.

A közlekedési externáliák, beleértve a levegőszennyezés miatti különböző, pl. légúti megbetegedések, a zajszennyezés, valamint a balesetek költségeit, illetve a dugóban elvesztegetett idő miatt kiesett termelést, a GDP kb. 2%-ára rúgnak 2020-ban. Az előrejelzések szerint a klímasemlegességi – különösen a KCs – forgatókönyvek esetében a járművek száma magasabb lesz. Ez a trend megnöveli a szállítás iránti igényt és az energiafelhasználást. Mindazonáltal a KCs és HCs forgatókönyvekben az alacsony kibocsátású járművekre való áttéréssel a közlekedési externáliák a GDP 0,2-0,3%-ra csökkenthetőek a következő három évtizedben.

Ami az addicionális előnyöket illeti, a nagyobb beruházási aktivitásnak, az energiaköltségek csökkenésének, és a növekvő termelékenységnek köszönhetően a GDP közel 21%-kal növelhető az ÖTK forgatókönyvhöz képest a KCs forgatókönyvekben 2050-ig.

A termelékenységet³⁴ számos tényező befolyásolja a modellben, többek között az alkalmazott technológia, az energiaköltségek, a levegő- és vízminőség, valamint az infrastruktúra (pl. utak). Az alacsony szén-dioxid-kibocsátású fejlődés az energiaköltségeket és a kibocsátásokat csökkenti, ami közvetlen hatással van a termelékenységre és a GDP növekedésére. A pótlólagos GDP-növekedés új beruházásokat indukál, új munkahelyeket hoz létre, vagyis az évek során tovább ösztönzi a gazdaság fejlődését.

Ha az ÖTK forgatókönyvhöz viszonyítjuk a GDP növekedési ütemét, az 2025-ig nagyjából hasonló, 2026-tól 2050-ig viszont gyorsabb. Ez a beruházások, illetve az energiahatékonyságból és az üzemanyag-váltásból fakadó megtakarítások hatásának köszönhető. A 2020 és 2030 közötti időszakban a GDP évi átlagos növekedés üteme 0,11 százalékponttal magasabb a KCs forgatókönyvben az ÖTK-hoz viszonyítva. A GDP növekedés gyorsulása még markánsabbá válik 2050-hez közeledve. Az előrejelzések azt mutatják, hogy a GDP átlagos éves növekedés üteme 2030 és 2050 között 0,61 százalékponttal magasabb a KCs forgatókönyvben, mint az ÖTK-ban. 2050-ben a KCs forgatókönyv szerint a részben a zöld beruházások által vezérelt GDP növekedés üteme 7,03%, ami lényegesen magasabb, mint az ÖTK szerint várható 1,79%.

Az állami bevételek a GDP növekedéséhez hasonló trendet mutatnak, mivel az állami bevételek a GDP százalékos arányából számíthatódnak, vagyis a magasabb GDP magasabb állami bevételt eredményez. 2050-re a dekarbonizációs beavatkozásokból származó többlet állami bevételek a szükséges beruházások 47%-át teszik ki a KCs forgatókönyvben. Ez

³² A szén társadalmi költsége (SCC) egy széles körben alkalmazott proxy indikátor az éghajlatváltozás hatásainak közgazdasági kifejezésére. Azt a gazdasági kárt fejezi ki, amit minden egyes tonna többlet ÜHG kibocsátás okoz.

³³ A közlekedéshez kapcsolódó externáliák közé tartoznak a baleset költségei, illetve az okozott zaj- és levegőszennyezés.

³⁴ A termelékenység GEM modell általi kiszámításának módszerét a 6. melléklet tárgyalja részletesen

azt jelenti, hogy a szükséges beruházások értékének közel felére a várt adóbevétel-növekedés is fedezetet teremt, tehát a beruházások állami ösztönzése esetén ilyen mértékű támogatási intenzitásig nem merül fel tényleges költség a kormányzat számára.

A Hiba! A hivatkozási forrás nem található. amellet, hogy szemlélteti a 2020-2030-as, illetve a 2020-2050-es időtávon a KCs és HCs forgatókönyvek ÖTK forgatókönyvekhez képest kimutatható költségeit és hasznait, tájékoztatást ad a beruházási költségek alakulásáról és a munkaerőpiaci hatásokról is.

	KCs forgatókönyv 2020-2030	HCs forgatókönyv 2020-2030	KCs forgatókönyv 2020-2050	HCs forgatókönyv 2020-2050
Beruházási költség-többlet – milliárd forint				
Mezőgazdaság	82	82	745	745
Hulladékgazdálkodás	851	852	480	476
IPPU	79	80	129	131
Energia	1297	644	22 391	11 352
LULUCF	35	35	964	96473
Beruházási költség összesen	2344	1693	24 709	13 668
Elkerült költség-többlet - milliárd forint				
Materiális	693	685	2 393	556
<i>Elkerült energiaköltségek</i>	638	630	2142	305
<i>Műtrágya-használattal kapcsolatos elkerült költségek</i>	56	56	251	251
Nem materiális	527	279	4 993	3 441
<i>Karbonkibocsátással összefüggő elkerült társadalmi költségek</i>	487	480	2604	2269
<i>Közlekedéssel kapcsolatos negatív externáliák költsége</i>	40	-200	2389	1172
Összes elkerült költség	1221	964	7 387	3 997
Addicionális előnyök - milliárd forint				
Reál GDP	582	482	19 783	11 170
Állami bevételek	246	215	11 142	6 200
Addicionális munkahelyteremtés – álláshelyek száma				
Nettó új munkahely összesen	16 283	17 962	182 566	123 690
<i>Közvetlen munkahelyteremtés</i>	10 340	11 349	64 983	60 678
<i>Közvetett munkahelyteremtés</i>	5 943	6 613	117 583	63 012

11. táblázat – Költség-haszon elemzés a 2020-2030-as, illetve a 2020-2050-es időtávon (Addicionális költségek és előnyök az ÖTK forgatókönyvhöz képest)

4.3.2. Munkahelyteremtés az alacsony szén-dioxid kibocsátású átállás során

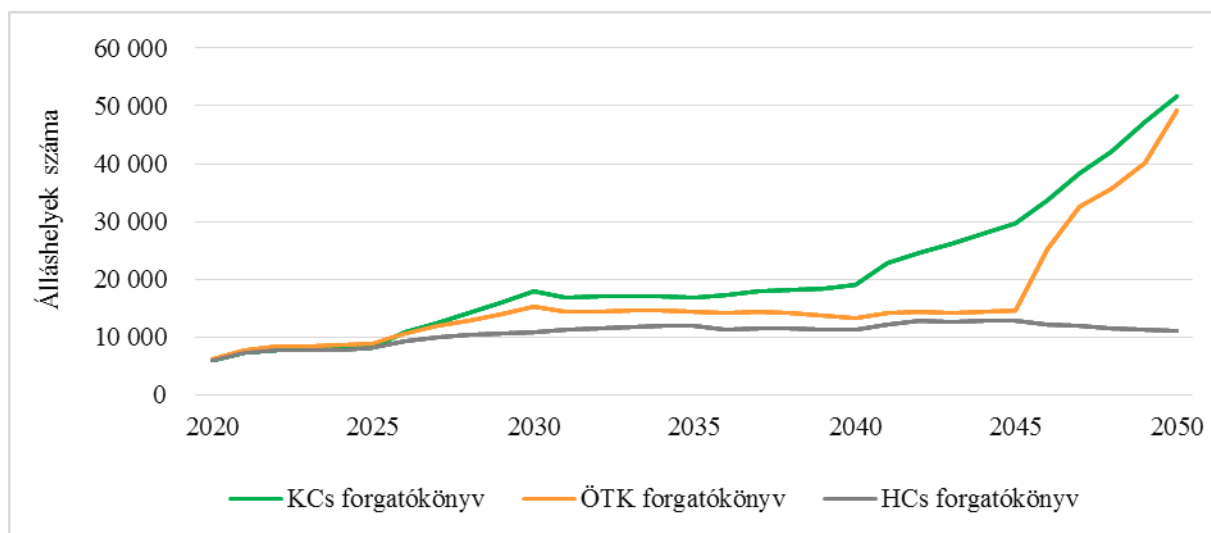
Az elkövetkezendő években és évtizedekben a klímasemlegesség 2050-ig tartó eléréséhez gyökeres változásokra és jelentős beruházásokra van szükség. Ugyanakkor a klímasemlegességi folyamat minden gazdasági szektorban új fejlődési lehetőségeket teremt, ami jelentős munkahelyteremtéssel is együtt jár. Ez rendkívül fontos a COVID-19 járvány okozta gazdasági válságból való eredményes és tartós kilábalás elősegítése miatt is.

Megvizsgáltuk a klímasemlegesség foglalkoztatásra gyakorolt hatásait a gazdaság egyes szektoraiban. Különösen az energiaszektor, az energiahatékonysági intézkedések, a buszközlekedéssel kapcsolatos beruházások, a hulladékgazdálkodás és az erdősítés közvetlen nettó munkahely-teremtési potenciálja, valamint a magasabb GDP-nek és termelékenységnek köszönhető közvetett foglalkoztatás állt az elemzés középpontjában. A kutatás szerint az ezekben a szektorokban történő befektetések nem csak a zöld iparban teremtenek munkahelyeket (közvetlen munkahelyek), hanem más szektorok gazdasági és foglalkoztatási lehetőségeit is kibővítik, amellyel az egész gazdaságban multiplikátorhatás (spillover) érhető el (közvetett munkahelyek).

A Hiba! A hivatkozási forrás nem található. ismerteti a KCs és HCs forgatókönyv szerinti közvetlen és közvetett nettó munkahelyteremtést is, ami a magyar gazdaság dekarbonizációjával lehet elérhető 2050-ig az ÖTK forgatókönyvhöz képest. **A KCs és HCs forgatókönyvek szerint összesen közel 183, illetve 124 ezer pótlólagos munkahely jön létre 2050-ig.**

A közvetlen munkahelyteremtés olyan munkahelyekre utal, amelyek belföldön jönnek létre az energiatermelés, az energiahatékonyság, a tömegközlekedés, a hulladékgazdálkodás és az erdőgazdálkodás területén zajló intézkedések hatásaira az építési, üzemeltetési és karbantartási szakaszokban. A közvetett munkahelyek létrejötté pedig az alacsony széndioxid-kibocsátású beruházások makrogazdasági hatásainak eredménye, és főként az ipari és szolgáltatási szektorban jelentkeznek. Például az energiahatékonysági intézkedések csökkentik az energiaköltségeket, aminek következtében nő a gazdaság termelékenysége, magasabb GDP-t eredményezve. A magasabb GDP a fogyasztást és a beruházások szintjét is növeli. A munkahelyteremtés a nagyobb fogyasztásból és kiadásokból, valamint a termelési kapacitás bővüléséből adódik, ami a beruházások hatásainak idővel felhalmozódó eredménye.

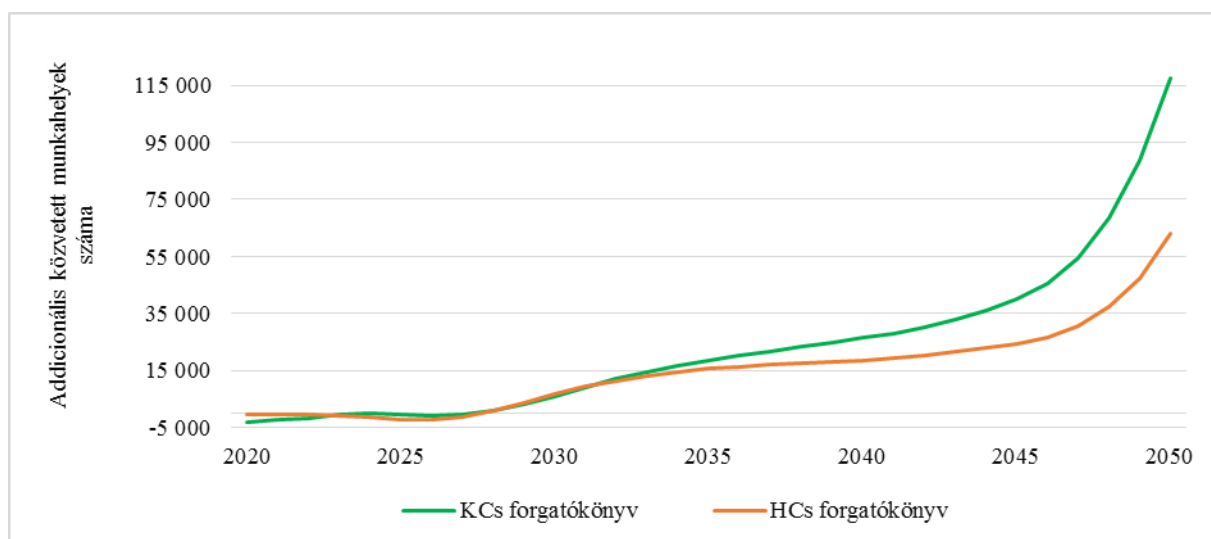
Az energiaszektor dekarbonizálásával, a tiszta energia-infrastruktúrával és a megemelkedett megújuló energiatermelő-kapacitással kapcsolatos **beruházások képesek akár 41 ezerrel (KCs forgatókönyv), illetve 38 ezerrel (HCs forgatókönyv) több nettó közvetlen munkahelyet létrehozni 2050-ig az ÖTK forgatókönyvhöz viszonyítva.** A HCs forgatókönyvben 2045-től kap kiemelkedő szerepet a munkahelyteremtés, mivel ekkor jelentős növekedés várható a beruházásokban a klímasemlegességi célok eléréséhez. Ehhez képest a KCs forgatókönyvben egy fokozatosabb megközelítés jelenik meg, ami egyenletes munkahelyteremtést eredményez az egész modellezési időszak alatt. (47. ábra)



Forrás: saját modellezési eredmény

47. ábra– Az energiatermelési ágazat foglalkoztatottsága a különböző forgatókönyvek szerint

Az 50. ábra a HCs és KCs forgatókönyvekben megjelenő közvetett többlet-munkahelyek számának alakulását mutatja. A korábban említettek szerint a **KCs forgatókönyv** egy ambiciózusabb dekarbonizációs erőfeszítést feltételez, és ennek köszönhetően **több munkahely jön létre 2050-re.** (48. ábra)



Forrás: saját modellezési eredmény

48. ábra – A HCs és KCs forgatókönyvekben előrejelzett közvetett munkahelyteremtés az ÖTK forgatókönyvhöz viszonyítva

A foglalkoztatottsági szerkezetben történő változások alapos felmérése és megtervezése szükséges a társadalmilag igazságos átmenet biztosításához. A zöld és közvetlen munkahelyteremtés áll ugyanis a magyar gazdaság karbonmentesítésével kapcsolatos társadalmi és gazdasági hasznok középpontjában. Különösen a szénkivezetéssel leginkább érintett térségekben fontos az új, zöld és jól fizető munkahelyek létrehozása, hozzájárulva ezzel a családok anyagi bővüléséhez. Az olyan intézkedések, mint a képzési és átképzési programok, célzott egyetemi és szakképzési tantervek, a zöld innovációk és vállalkozások

támogatása, valamint – inkubációs szolgáltatások biztosításával – a zöld vállalkozások fejlesztése és az ilyen startupok létrehozásának megkönnyítése mind az igazságos átállást támogatják.

A dekarbonizált gazdaságra való áttéréshez olyan megközelítésre van szükség, amely által a leginkább érintett ágazatok és területek munkavállalóira, közösségeire és vállalkozásaira gyakorolt kedvezőtlen hatások elkerülhetők vagy csökkenthetők. Az érintett felekkel való kapcsolattartás és a szociális szempontok figyelembevétele, valamint az át- és továbbképzésre vonatkozó szakpolitikák bevezetése fontos tényezői a zökkenőmentes és igazságos átmenetnek.

4.3.3. Kapcsolódás az ENSZ Fenntartható Fejlesztési Céljaihoz

Az ÜHG kibocsátások csökkentése számos társított előnnyel jár, amit az ENSZ Fenntartható Fejlesztési Céljaihoz (SDG) való hozzájáruláson keresztül mutatunk be. Először is az alacsony kibocsátású beruházások (SDG13) végrehajtása munkahelyteremtéshez vezet (SDG8) ezáltal elősegíti új képességek és tudás elérését (SDG4). Az energia szektor esetében ezek a beruházások a tiszta, megfizethető energia elterjedését (SDG7) is segítik. Az energia és a hulladék szektorban történő beruházások előmozdítják a belső értékláncok kialakítását (SDG9). Az alacsony kibocsátású beruházások eredménye alacsonyabb energiafogyasztás, kisebb hulladékmennyiség, és a természetes nyelőkapacitások növekedése, ami előmozdítja a felelős fogyasztás és termelés (SDG12), illetve a fenntartható városok és közösségek (SDG11) célkitűzéseinek teljesülését. Több kedvező egészségügyi hatás lép fel (SDG3) a kisebb levegő- és vízszennyezés (SDG6), a nagyobb fokú fizikai aktivitás, valamint a mezőgazdaság terén történő beavatkozások eredményeképpen megvalósuló jobb tápanyagbevitel (SDG2) okán.

4.4. Alkalmazkodási politikák és intézkedések

Az éghajlatváltozás elkerülhetetlen hatásaihoz való alkalmazkodás, az azokra való felkészülés Magyarország számára ugyanolyan fontos, mint a kibocsátások csökkentésére tett erőfeszítések. Az alkalmazkodáshoz szükséges beruházások fejlesztéseket is meghatározó fókusza miatt, illetve a mitigációs területtel való szinergiák lehető legjobb kihasználása érdekében indokolt a hosszú távú alkalmazkodási prioritásokat közösen kijelölni a mitigációs tervezéssel.³⁵ Az alkalmazkodási tevékenységek ráadásul hozzájárulnak egyéb fontos társadalmi vagy gazdasági célok eléréséhez, és adott esetben mitigációs társított előnyökkel is járhatnak. Ez sokszor fordítva is igaz, vagyis számos mitigációs intézkedésnek lehetnek adaptációs társított előnyei. Az NTFS megalkotása során az egyes mitigációs szakpolitikai javaslatoknál figyelembevétele került ez a vetület, illetve az a szempont is, hogy azon mitigációs intézkedések, amelyek ellentétesek az alkalmazkodási célokkal, csak a lehető legindokoltabb esetben kerüljenek megfontolásra.

³⁵ Jó példa lehet erre az elektromos áram szektorban a mitigációt elősegítő megújuló energia létesítmények tervezésével kapcsolatos előírások felülvizsgálata a jövőben az éghajlatváltozás következtében megváltozó időjárási körülményekre tekintettel, amelyek veszélyeztetik ezt a kritikus infrastruktúrát.

4.4.1. Az alkalmazkodási szempontú klímapolitikai tervezési környezet

Az EU adaptációs stratégiája³⁶ három fő célt tűzött ki a tagállamok számára:

- a tagállami beavatkozások ösztönzését, kiemelten a nemzeti és települési klímastratégiák elkészítését;
- a döntéshozatal információbázisának megerősítését, valamint
- a leginkább érintett ágazatokban az alkalmazkodási célok integrálását.

Magyarország ezen elvárásoknak eleget téve 2018-ban elfogadta a Nemzeti Alkalmazkodási Stratégiát, melynek 6 specifikus célja, amelyek mentén az alkalmazkodási szakpolitikákat tervezni szükséges:

- 1) a természeti erőforrások megóvása;
- 2) a sérülékeny térségek alkalmazkodása;
- 3) a sérülékeny ágazatok alkalmazkodása;
- 4) a nemzetstratégiai jelentőségű szakterületek alkalmazkodása;
- 5) a társadalom alkalmazkodása; valamint
- 6) a kapcsolódó kutatást, fejlesztést, innovációt célzó tevékenységek megerősítése.

A Nemzeti Alkalmazkodási Stratégia (NAS) tartalmazza a klímaváltozás hatásai által leginkább érintett hazai ágazatokra megfogalmazott részletes, rövid, közép és hosszú távú konkrét cselekvési irányokat. A NAS végrehajtását egymást követő, egyenként 3 éves időtartamú cselekvési tervek szolgálják.

A Kormány 2020 januárjában elfogadta az Éghajlatváltozás Kárpát-medencére gyakorolt esetleges hatásainak tudományos értékeléséről szóló jelentést³⁷, amely az elérhető lehető legfrissebb tudományos szakirodalom alapján összesíti a lehető legfontosabb kihívásokat az alkalmazkodás terén is.

4.4.2. A lehetséges válaszlépések, intézkedések

A **vízgazdálkodás** esetében kezelni kell egyrészt a vízhiánnyal és víztöbblettel kapcsolatos problémákat, továbbá gondoskodni kell az árvízi védekezéssel és a hirtelen lezúduló csapadék következtében kialakuló elöntések és villámárvizek elhárításáról. A vízhiány súlyosságának enyhítése céljából elengedhetetlen a természetes csapadék helyben tartása minden szinten (gazdálkodók, lakosság, települések). A rendszeresen vízjárta területeken szükségessé válhat a területhasználatok felülvizsgálata, illetve az árvízi védekezés és a területhasználat integrált tervezése. Az alkalmazkodás fontos eszköze a természetes csapadék talajban történő tározása, továbbá a víztakarékos öntözési eljárások elterjesztése.

A **mezőgazdaságot** érő, klímaváltozással kapcsolatos károk erősen összefüggnek a vízgazdálkodással, mert az aszályhajlam növekedése jelentheti a legnagyobb kockázatot a mezőgazdaság számára a jövőben. Emiatt különösen fontos olyan területhasználat kialakítása

³⁶ EU Commission (2013). Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: An EU Strategy on Adaptation to Climate Change Brussels, 16.4.2013 COM (2013) 216 final. Elérhető: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52013DC0216&from=EN>

³⁷ ITM (2020). Jelentés az éghajlatváltozás Kárpát-medencére gyakorolt esetleges hatásainak tudományos értékeléséről. Elérhető: shorturl.at/dpzEM

– és a változás ösztönzőrendszerének kidolgozása – amely hozzájárul az időjárás szélsőséges hatásainak csökkentéséhez és hosszú távon is biztosítani tudja a talajok termékenységének fennmaradását. A természetközeli vízpótlás és a természetvédelmi szempontból is fenntartható öntözési rendszerek elterjesztése kulcsfontosságú. Alkalmazkodó talajműveléssel, vízgazdálkodással és tájba illő növényi kultúrák termesztésével elérhető a talaj elszikesedésének és a talajsavanyodásnak a megelőzése.

Az **erdők** a szén-dioxid elnyelésében és az alkalmazkodásban is kiemelkedő szerepet játszanak. Fontos ezért az erdőterületek növelése, az éghajlatváltozás hatására módosuló termőhelyi viszonyok függvényében, a változó termőhelyi adottságoknak megfelelő, elsősorban őshonos fafajok alkalmazásával.

A **természetes és természetközeli ökoszisztémák** megőrzése, a degradált ökoszisztémák helyreállítása elősegíti a klímaváltozás hatásaihoz való alkalmazkodást. Ennek érdekében szükséges az ökoszisztéma-szolgáltatások feltérképezése és a „zöld infrastruktúra” elemeinek összehangolt fejlesztése.

A **klímaváltozás emberi egészséget károsító hatásainak kivédése** érdekében szükséges mind az intézményrendszer és az abban dolgozók, mind pedig a lakosság felkészítése az éghajlatváltozás következtében felerősödő hatásokra és a védekezés lehetőségeire. Intézményi és települési szinten is szükséges intézkedési tervek összeállítása, továbbá a veszélyeztetett csoportokat ellátó intézményekben (pl. kórházak, szociális intézmények) a hűtés lehetőségének megteremtése. Fontos az állati hordozók elterjedtségének kontrollálása, a fertőzöttség monitorozása. Fel kell készülni a klímaváltozással kapcsolatos vészhelyzetekre és a gyors közegészségügyi válaszadásra.

A **települések** széleskörű lehetőségekkel rendelkeznek az őket érintő klímahatások kivédésére és kezelésére. Mindenképp javasolt az elmúlt években megkezdett települési és településegység-szintű, alkalmazkodási hangsúlyú klímastratégiák kidolgozásának folytatása és további ösztönzése a kapcsolódó helyi szemléletformálási tevékenységgel együtt. Elengedhetetlen az alkalmazkodás és a fenntarthatóság szempontjainak az agglomerációs, településfejlesztési és településrendezési tervekbe, valamint az építésgazdaság stratégiai és tervdokumentumaiba való következetes beépítése és megjelenítése, és hasonlóképpen az építési és területhasználati előírások klímaváltozási szempontú felülvizsgálata, szigorítása és következetes betartatása. A települési zöldfelületi-rendszer tervezési, létesítési feltételeinek, valamint a megszüntetést és fakivágást érintő szabályrendszernek a részletes felülvizsgálata. A zöldfelületek kataszterezése, tervszerű bővítése és minőségi fejlesztése az alkalmazkodóképesség javítása és a nyelőkapacitások helyi erősítése érdekében egyaránt kulcsfeladat. A csapadék biztonságos összegyűjtése, visszatartása és hasznosításának ösztönzése pedig a települési csapadékvíz-gazdálkodás rendszerek klímabiztos ki- vagy átalakítását igényli. A települési épületállomány viharkár-sérülékenységének vizsgálata, a károkkal szembeni kockázatelemzés is segítheti a felkészülést és a hatékony, innovatív válaszlépések kimunkálását.

A **közlekedési szektor** alkalmazkodása egyrészt az infrastruktúra, másrészt pedig az azt használók szempontjából is értelmezhető. Fontos feladat a közlekedési infrastruktúra felkészítése a szélsőséges időjárási eseményekre (hőhullámok, viharok, extrém csapadék), kapcsolódó akciótervek kidolgozásával, valamint konkrét beavatkozásokon (pl. hőterhelésnek ellenállóbb burkolatok alkalmazása) keresztül. A közlekedésfejlesztések során az alternatív, környezetbarát, fenntartható (pl. kötöttpályás) közlekedési módok preferáltak.

Az **energiaszektor** – amellet, hogy a legnagyobb kibocsátók egyike – az alkalmazkodásban is érintett ágazat. A jövőben a változó időjárási elemekhez, tendenciákhoz igazodva

szükséges az éghajlati kockázatok figyelembevételének következetes integrálása az erőművi és az energetikai (gáz, villamos áram- és távhőellátás) infrastruktúratervezésbe. Az energiatermelő és elosztó hálózat „klímabiztossága” szempontjából kulcsfontosságú a tényleges hatásláncokat figyelembe vevő éghajlati kockázati értékelési módszertan kifejlesztése. Felül kell vizsgálni az időjárásfüggő megújuló energiahordozók készleteit és ezek fenntartható hasznosítási lehetőségeit a várható éghajlatváltozásra tekintettel, feltárva a hazai potenciálokat (pl. a geotermia, mint időjárás független megújuló energiaforrás alkalmazása).

A katasztrófák elkerülése, kivédése, a rájuk való felkészülés mellett a bekövetkezett károk elhárítása is fontos feladat. Kiemelt cél a védelmi és előrejelző rendszerek szomszédos országokkal együtt történő fejlesztése, a cselekvés összehangolása. A klímakockázatokból fakadó potenciális települési következményekre való felkészülés az önkormányzatok szintjén is feladat az élelmiszer-biztonság, árvízveszély, ivóvízvédelem, kritikus infrastruktúra védelem, ipari biztonság terén. Települési szinten további feladat a felszínmozgásokra érzékeny területek felmérése, a meglévő hulladéklerakók, zagy- és iszaptározók, valamint meddőhányók, továbbá a potenciálisan lerakásra kijelölt területek klímaszempontú felülvizsgálata.

A **turizmus** ágazatban a két legfontosabb irány az alkalmazkodást segítő tudásbázisok megerősítése és terjesztése, valamint a helyben adható válaszok ösztönzése. Előbbi pillér keretében kerülhet sor a desztinációs kockázatelemzések, sérülékenység-vizsgálatok kidolgozásának érdekében a központi módszertanfejlesztésre; ehhez kapcsolódóan pedig desztinációs szintű gyakorlatorientált klímakockázati értékelésre és a turizmus szakterület stratégiai tervezését támogató irányelvek, segédanyagok, kézikönyvek kidolgozására, kapcsolódó képzésekre, rendezvényszervezésre és tananyagfejlesztésre. A turizmus területén a klímaalkalmazkodási szemlélet térhódítását szolgálja az ágazat szereplőinek klímatudatos szemléletformálása a klímaváltozás hatásai, következményei tekintetében. A konkrét helyi válaszok másik lényeges csoportját jelentik az attrakciófejlesztésben a termékdivezifikáció, az indoor termékek fogadótérségi felfuttatása, a belföldi turizmus ösztönzése, továbbá az energia- és víztakarékossági beruházások alkalmazása, illetve általánosságban a klímahatásokhoz igazodó termékfejlesztés.

4.5. Témákon átívelő területek

Az éghajlatváltozás elleni küzdelemből a teljes állami szervezetrendszernek, a társadalomnak és valamennyi gazdasági ágazatnak is ki kell vennie a részét. Az ÜHG-k kibocsátásának csökkentésében és elnyelésének növelésében kiemelt szerepet játszó szektorok (4. fejezet), valamint a mindezt lehetővé tevő finanszírozás (5. fejezet), illetve a támogató kutatás-fejlesztés és innováció (6. fejezet) külön részekkel szerepel jelen stratégiában. Mindezek mellett azonban szólni kell azokról a vizsgált szektorokba nem egyértelműen besorolható, témákon átívelő területekről, amelyek nélkül az eredményes klímasemlegességi átállás nem képzelhető el, avagy azt jelentősen megkönnyítik. Ezek olyan területek, amelyek valamennyi kibocsátó és elnyelő szektorban kedvező irányba tudják befolyásolni a folyamatokat. A Párizsi Megállapodás Preambuluma külön is kiemeli azokat a témákon átívelő területeket, amelyek kiemelten fontosak az eredményes végrehajtás érdekében. Ezek nem fontossági sorrendben a következők:

- az oktatás és képzés,
- az információkhoz való nyilvános hozzáférés és megosztás, társadalmi tudatosság

- valamennyi kormányzati szint és az érintettek teljes körű részvétele és együttműködése,
- a fenntartható életmódok, illetve a fenntartható fogyasztási és termelési minták.

4.5.1. Oktatás és képzés

A Párizsi Megállapodás 12. cikke előírja, hogy a „Részes Felek az intézkedések meghozatala során szükség szerint együttműködnek az éghajlatváltozással kapcsolatos oktatás, képzés [...] támogatása érdekében, felismerve e lépések fontosságát a jelen Megállapodásban meghatározott fellépések fokozásában.” A Párizsi Megállapodás tehát megerősíti az oktatásnak és a képzésnek a kiemelt szerepét. A második Nemzeti Éghajlat-változási Stratégiában (NÉS-2) leírtak szerint az oktatáson keresztüli szemléletformálásban különös jelentősége van, hogy a fenntarthatóság kérdései integráltan jelenjenek meg, ne elkülönítve. Be kell építeni a tananyagokba azokat az ismereteket, amelyek felhívják a figyelmet és megtanítanak tudatosan gondolkodni a fenntartható fejlődésről. A környezetvédelem iránti elkötelezettség birtokában a jövő szakembereinek olyan ötleteket kell megvalósítaniuk, melyek figyelembe veszik azt, hogy a tevékenységük milyen hatással lesz a környezetre.

Az alsó- és középfokú oktatásban a Nemzeti Alaptanterv (NAT)³⁸ már jelenleg is megjeleníti ezeket a fontos szempontokat. Az elsőtől a nyolcadik évfolyamig fő témakörként jelenik meg többek között a „természet rendjének megőrzése a fenntarthatóság érdekében”. A tanulási eredmények között pedig kifejezetten gyakorlatorientáltan jelennek meg a fenntarthatóság szempontjai.³⁹ A NAT a felsőbb évfolyamok számára is további fenntarthatósággal kapcsolatos elvárásokat fogalmaz meg.⁴⁰ Magyarországon civil szervezet is működik a fenti célok előmozdítása érdekében.⁴¹

Ugyanilyen megközelítés indokolt a felsőoktatásban is, ahol az egyes szakirányok igényeihez, szempontjaihoz igazított átfogó és speciális fenntarthatósági, éghajlatváltozással kapcsolatos ismeretek átadására is szükség van. Vannak olyan felsőoktatási területek (pl. orvosképzés, katasztrófavédelem, közgazdaságtan, mérnökképzés, jogászképzés stb.) ahol az éghajlatváltozás és a globális környezeti problémák megértésének különösen is kiemelt, gyakorlati jelentősége van az eredményes klímasemleges átállás és az elkerülhetetlen hatásokra való felkészülés érdekében. Az új technológiák és eljárások kifejlesztésére és/vagy alkalmazására is kompetens szakemberek képzése, továbbképzése kulcsfontosságú a klímasemlegességi célok megvalósításában. Éppen ezért az érintett felsőfokú és egyéb szakképzési területek beazonosítása és a képzés megfelelő átalakítása kiemelt szakpolitikai cél. Végül, de nem utolsó sorban a posztgraduális, és doktori

³⁸ 5/2020. (I. 31.) Korm. rendelet a Nemzeti alaptanterv kiadásáról, bevezetéséről és alkalmazásáról szóló 110/2012. (VI. 4.) Korm. rendelet módosításáról, Elérhető: <https://magyarkozlony.hu/dokumentumok/3288b6548a740b9c8daf918a399a0bed1985db0f/megtekintes>

³⁹ Pl.: játékvásárlási szokásaiban példát hoz olyan elemekre, amelyek révén figyelembe vehetők a környezetvédelmi szempontok, és felhívja társai figyelmét is ezekre; a naponta használt csomagolóeszközök kiválasztásában megindokolja, hogy milyen elvek alkalmazása támogatja a környezetvédelmi szempontok érvényesülését, és ezekre társai figyelmét is felhívja, stb.

⁴⁰ Pl.: a kutatások adatai és előrejelzései alapján értelmezi a globális éghajlatváltozás élővilágra gyakorolt helyi és bioszféra szintű következményeit; példák alapján elemzi a levegő-, a víz- és a talajszennyeződés, az ipari és természeti katasztrófák okait és ezek következményeit, az emberi tevékenységnek az élőhelyek változásához vezető hatását, ennek alapján magyarázza egyes fajok veszélyeztetettségét stb.

⁴¹ A Magyar Környezeti Nevelési Egyesület célja a környezeti nevelés fejlesztése, a fenntarthatóságért folyó tanulás támogatása, valamint a környezeti neveléssel foglalkozók munkájának segítése és érdekeinek képviselése. Elérhető: <http://www.mkne.hu/index.php>

képzésekben is elő kell mozdítani az éghajlatváltozás elleni küzdelemhez releváns, ahhoz hozzá tenni kívánó kutatások támogatását.

4.5.2. Az információkhoz való nyilvános hozzáférés és megosztás, társadalmi tudatosság

Az oktatáson és képzésen túl a társadalom általános informáltságának és tudatosságának növelése is szükséges. A Párizsi Megállapodás 12. cikke előírja, hogy a „Részes Felek az intézkedések meghozatala során szükség szerint együttműködnek az éghajlatváltozással kapcsolatos [...] társadalmi tudatosság, a nyilvánosság részvétele, valamint az információkhoz való nyilvános hozzáférés támogatása érdekében, felismerve e lépések fontosságát a jelen Megállapodásban meghatározott fellépések fokozásában.” Vagyis a Megállapodás e körben is a Preambulum mellett külön operatív rendelkezésben is megerősíti ezeknek a területeknek a kiemelt szerepét.

Magyarország részes fele az ún. Aarhusi Egyezmények⁴², amely jogi kötőerővel is garantálja a „nyilvánosság számára a jogot az információk hozzáférhetőségéhez, a döntéshozatalban való részvételhez és az igazságszolgáltatás igénybevételéhez a környezetvédelmi ügyekben”.⁴³ A klímasemleges gazdasági és társadalmi átállásban ennek minden szempontból megkülönböztetett szerepe van. Az első és legfontosabb, hogy a társadalom értesüljön az elérhető és lehető legnaprakészebb, tudományosan megalapozott információkról a globális, lokális és helyi környezeti problémákról, kihívásokról és az azokkal kapcsolatos megoldási javaslatokról. Ezek összegyűjtését és a minél szélesebb körben megvalósuló, a befogadó célközönség igényeihez igazított megosztását az államnak elő kell segítenie. Csak egy jól informált társadalomtól várható el, hogy tudatos döntéseket hozzon és a korábnál inkább figyelembe vegye a környezeti szempontokat a döntései meghozatala során. Ez a folyamat továbbá erősíti az éghajlatváltozás elleni fellépés társadalmi támogatottságát is azáltal, hogy racionális és mindenki számára megismerhető érveket nyújt többek között a jelen stratégiában is megfogalmazott javaslatok támogatásához.

A NÉS-2 külön fejezetben foglalkozik az éghajlati szemléletformálás és partnerség főbb cselekvési irányjaival. Ezek között tárgyalja a következő kérdéseket: a horizontális integráció és a NÉS-2 érvényre juttatása a közigazgatásban, a kialakítandó partnerség a médiával és az egyházakkal, a komplex kampányok a klímatudatosságért, illetve a hálózatépítés kormányzati, gazdasági, civil, tudományos és egyházi szereplők bevonásával. Ezek, illetve az NTFS 7. fejezetében leírt tevékenységek is mind hozzájárulnak az információátadás és megosztás összetett folyamatához. A fentiek mellett az állam által külön is megvalósítandó feladatok a fenti célok elérése érdekében (nem fontossági sorrendben):

- Az éghajlatváltozással vagy egyéb környezeti kérdésekkel kapcsolatos jelentések és egyéb tudatosságnövelő dokumentumok elkészítése, vagy azok elkészítésének támogatása és a nyilvánosság számára minél szélesebb körben elérhetővé tétele,
- A Kormány vagy más állami szervek által indított, a lakosság vagy a gazdaság szereplőinek széles körét érintő, a zöld gazdasági átállásra irányuló programok vagy egyéb intézkedések során az „egyablakos” tájékoztatási szolgáltatások biztosítása,

⁴² 2001. évi LXXXI. Törvény a környezeti ügyekben az információhoz való hozzáférésről, a nyilvánosságnak a döntéshozatalban történő részvételéről és az igazságszolgáltatáshoz való jog biztosításáról szóló, Aarhushban, 1998. június 25-én elfogadott Egyezmény kihirdetéséről. Elérhető: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a0100081.tv>

⁴³ Aarhusi Egyezmény 1. cikk

- A környezeti ügyekkel kapcsolatos, nagy nyilvánosságot elérni képes tájékoztató kampányok, események, „napok” kezdeményezése, folytatása és elősegítése, illetve a nem fenntartható vagy egyéb módon a környezetre káros, nyilvános közzétételre szánt információkkal kapcsolatos korlátozó szabályozás megalkotása,
- Az információk hatékonyabb átadása érdekében partnerség kialakítása és fenntartása különösen a nem állami szereplőkkel és egyéb civil szervezetekkel, illetve az egyházakkal,
- A helyi információmegosztó és tudatosságnövelő kezdeményezések kiemelt támogatása,
- Valamennyi kommunikációs csatorna használata, beleértve a legmodernebb kommunikációs formákat is, amelyek alkalmasak rövid, kreatív, könnyen érthető üzenetek továbbítására, bevonva olyan nagy nyilvánosságban elismert, hiteles szereplőket, akik könnyen érnek el nagy tömegeket.

4.5.3. Valamennyi kormányzati szint és különböző szereplő teljes körű részvétele és együttműködése

A klímasemleges átmenetben minden szereplő aktív részvételére és konstruktív együttműködésére van szükség. A magyar társadalom nagy többsége számára az éghajlatváltozás valamilyen szempontból kiemelten fontos kérdés. Erre jó példa, hogy több, mint kétszázezren töltötték ki a Kormány által 2019 novemberében az NTFS kapcsán közzétett kérdőívet.⁴⁴ Egy nemrég publikált tanulmány pedig azt mutatta be, hogy a magyar társadalom kiemelten aggódik az éghajlatváltozás biztonsági következményei miatt.⁴⁵ Az aggodalmat pozitív cselekvéssé kell formálni, amiben az államnak kiemelt kezdeményező és szervező szerepe van. A 7. fejezetben szereplő, a mindenkorai kormányzat által szervezett fórumok biztosítanak állandó platformot az egyeztetésekhez a legkülönbözőbb csoportok között.

4.5.4. Fenntartható életmódok, illetve a fenntartható fogyasztási és termelési minták

A klímasemleges átmenet szempontjából óriási tartalékok vannak a társadalom egyes tagjai által meghozott fogyasztói, illetve a gazdasági szereplők által meghozott termelési vagy egyéb üzletpolitikai döntésekben. A jelenlegi energiaintenzív és sokszor pazarló élet- és termelési módok mellett nem, vagy csak sokkal nehezebben és költségesebben érhető el és tartható fenn a klímasemleges működés. A tudatosan fenntartható termékekre és szolgáltatásokra irányuló tömeges kereslet efelé tereli a kínálatot, de fordítva is igaz, a „zöld” szempontból kedvező kínálat megteremti a keresleti igényt a környezetileg fenntarthatóbb termékek és szolgáltatások iránt. Ezért mindkettő támogatása és elősegítése kiemelt feladat.

A jelenlegi életmódjuk kedvezőbb irányba változtatása, s csupán a szükségleteink kielégítésére törekvő magatartás kialakítása a legnagyobb hozzájárulás az egyének részéről az éghajlatváltozás elleni küzdelemben. A legzöldebb energia a fel nem használt

⁴⁴ Lásd: <https://2015-2019.kormany.hu/hu/innovacios-es-technologiai-miniszterium/energiaugyekert-es-klimapolitikaert-felelos-allamtitkar/hirek/a-kormany-klimapolitikajat-tamogatjak-a-valaszadok-es-az-ev-vegeig-kidolgozza-a-tarca-a-klimasemlegesség-2050-es-elerehehez-szukseges-strategiat>

⁴⁵ Etl, Alex. (2020). The perception of security in Hungary, Institute for Strategic and Defense Studies ISDS Analyses 2020/3. Elérhető: [https://svkk.uni-nke.hu/document/svkk-uni-nke-hu-1506332684763/ISDS_Analyses_2020_3_The%20perception%20of%20security%20in%20Hungary_\(Alex%20Etl\)%20\(1\).pdf](https://svkk.uni-nke.hu/document/svkk-uni-nke-hu-1506332684763/ISDS_Analyses_2020_3_The%20perception%20of%20security%20in%20Hungary_(Alex%20Etl)%20(1).pdf)

energia. Az egyének és a gazdasági szereplők megfelelően informált döntéseikhez ugyanakkor elengedhetetlen a támogató szabályozói környezet, amely elősegíti, és ösztönzőkkel elérhetőbbé teszi a fenntarthatóbb élet- és termelési módokat.

5. A klímasemleges átmenet finanszírozása és gazdaságpolitikai eszközei

Vízió: „a pénzügyi források áramlása összhangban áll a hazai zöld és klímavédelmi beruházások finanszírozási igényével.”⁴⁶

A klímasemleges átmenet megfelelő finanszírozása kulcskérdés a globális éghajlatváltozás elleni küzdelemben. Ezt erősíti meg a Párizsi Megállapodás 2. cikk 1. bekezdésének c) pontja is, amely a Megállapodás egyik legfőbb céljaként rögzíti, hogy törekedni kell arra, hogy „a pénzügyi források áramlása összhangban álljon az üvegházhatású gázok alacsonyabb szintű kibocsátására és az éghajlatváltozással szembeni ellenálló képesség fejlesztésére irányuló erőfeszítésekkel.” Ahhoz, hogy Magyarország nemzetgazdasága klímasemlegessé váljon, a hosszabb távon több előnyt generáló KCs forgatókönyv szerint mintegy 24 709 milliárd forintra lenne szükség, amely nagyságrendileg 2050-ig évente a GDP 4,8%-ának megfelelő mértékű források bevonását feltételezi. Ennek az összegnek köz- és magánforrásokból történő rendelkezésre bocsátása érdekében jelen hosszú távú koncepció megfelelő finanszírozási eszközök és mechanizmusok kialakítását kezdeményezi.

A bemutatott javaslatok egy része pénzügyi és pénzügyi szervezetek képviselőivel történő egyeztetést⁴⁷ követően került a hosszú távú koncepció jelen fejezetébe. A szektor képviselői többek között arra hívták fel a figyelmet, hogy a CO₂ kibocsátás csökkentését célzó beruházások **tőkeintenzívek**, így a befektetések bankképességét hitelekkel és állami támogatásokkal (pl. visszatérítendő támogatásokkal, kamattámogatásokkal, hitelgaranciával) indokolt növelni. A klímasemleges átmenet pénzügyi feltételeit a **privát és az állami szektor** közösen kell, hogy megteremtse, ugyanis a beruházások nem csak a bankok finanszírozási hajlandóságától függenek, hanem egy stabil, transzparens és kiszámítható politikai-gazdasági környezettől is.

Több javaslat is kitért a **zöld kötvény kibocsátás** fontosságára és szerepére, amely a dedikált forrásszerzés egy hatékony eszköze. Az **ESG**⁴⁸ **elvek** érvényre juttatása, a **zöld jelzaloglevél piac** elősegítése, az **EU fenntartható beruházások taxonómiájának** alkalmazása, az **energihatékonysági elvárások** és a zöld kötvények mind pozitív hatással vannak a zöld fejlesztések elterjedésére. A dokumentum figyelembe vette az **állami zöld garanciaintézmény** létrehozásával kapcsolatos javaslatokat, amely a piaci egyensúlyt erősítené a nem fenntartható beruházások versenyelőnyének csökkentésével. Az érdekelt felek emellett a banki **ESCO-típusú** finanszírozás elterjedését is támogatják az önkormányzatok és cégek relációjában.

Ezen javaslatok részletes kidolgozása és nyomon követése a 7. fejezetben bemutatott, a végrehajtás pénzügyi kérdéseivel foglalkozó, az állami, banki és egyéb pénzügyi kulcsszereplőkből álló Zöld Pénzügyi Munkacsoport feladata.

5.1. A gazdaságpolitika átalakítása a klímasemleges átmenet érdekében

A klímasemleges átmenet a hazai tőkepiac és általában a pénzügyi szektor fejlesztésén túl olyan kormányzati gazdaságpolitikát kíván meg, amely az alacsony CO₂ kibocsátású

⁴⁶ Párizsi Megállapodás 2. cikk 1. bekezdésének c) pontja alapján. Lásd: [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/HTML/?uri=CELEX:22016A1019\(01\)&from=HU](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/HTML/?uri=CELEX:22016A1019(01)&from=HU)

⁴⁷ “Klímareggeli” c. egyeztetés a pénzügyi szektor képviselőivel; 2020. június 16.

⁴⁸ Az ESG a környezeti (environmental), társadalmi (social) és vállalatirányítási (governance) jellemzők, mint szempontrendszer rövidítése.

növekedést segíti elő. Ehhez az egyes állami gazdasági és szabályozó funkciók mindegyike hozzá tud járulni - a fenntarthatóságot szem előtt tartva - az alábbiak szerint.

Az **allokációs funkciójának „zöldítésén”** keresztül az állam úgy gondoskodik a teljes erőforrás-felhasználásról a magán- és a társadalmi javak körében, hogy a folyamat során a környezeti és fenntarthatósági szempontokat is érvényesíti. Ez a piaci kudarcokból eredő társadalmi és környezeti károk költségvetési politika általi kivédését jelenti olyan módon, hogy az egészséges környezet, az energia- és erőforrás-hatékonyság is a társadalmi javak fontos részévé válik, vagyis az erőforrások elosztásának folyamatát a zöld kritériumok is befolyásolják.

A **redisztribúciós funkció „zöldítésének”** célja, hogy a jövedelem újraelosztását a jövedelmi egyenlőtlenségek enyhítésén túl a negatív környezeti hatások csökkentése is motiválja. Az adórendszer és az állami transferek átalakítása olyan módon kell, hogy történjen, hogy az a környezeti szempontból fenntarthatóbb fogyasztást és technológiai innovációt támogassa, míg a túlfogyasztást és a környezeti szempontból káros tevékenységeket többletadóval szankcionálja.

A **„zöld” stabilizációs funkció** célja a foglalkoztatás, az infláció és a GDP ingadozásainak kiegyenlítése a tiszta, zöld gazdasági fejlődés előmozdítása érdekében. Az állam ezen funkcióján keresztül terelheti a zöld és tiszta munkahelyek felé a munkavállalókat, támogathatja a magas hozzáadott értékű, innovatív tiszta technológiákat és szolgáltatásokat fejlesztő hazai vállalatokat, vagyis reagál azokra a gazdasági kihívásokra, amelyek a szénkivezetésből és a zöld átmenetből fakadnak, egyúttal felhasználja az ebben rejlő gazdasági potenciált.

Az állam **szabályalkotási funkciójának „zöldítésével”** pedig úgy alakítja a költségvetési politikát, valamint a pénz-, tőke- és biztosítási piac szabályozását, hogy abban az éghajlatvédelem és a környezeti fenntarthatóság hangsúlyos szerepet kap más fiskális szempontok mellett.

Ezekén túl az éghajlatbarát költségvetési- és gazdaságpolitika általános feladata, hogy olyan növekedést serkentő környezetet hozzon létre, amely támogatja a tiszta technológiák fejlesztését és innovációját, és amely társadalmi, környezeti és gazdasági előnyöket generál. Fontos továbbá, hogy ez a támogató környezet a technológiai fejlesztésekből fakadó új üzleti és külkereskedelmi lehetőségek kiaknázását is segítse elő a magas színvonalú, fenntartható munkahelyek létrehozása és a vállalatok versenyképességének fokozása érdekében.

5.1.1 Az éghajlatbarát költségvetés-tervezés

Az éghajlatbarát, zöld költségvetési politika elengedhetetlen eszköz a környezeti és klímacélok elérése érdekében.⁴⁹ A zöld költségvetés-tervezés célja az ország kiadásainak és bevételeinek összehangolása az éghajlati és egyéb környezeti célokkal. Ez mind a bevételi, mind a kiadási oldal új „szemüvegen” keresztül történő tervezését igényli. A bevételi oldalon az adórendszer egy kiemelten fontos költségvetési eszköz a negatív externáliákat, így a CO₂ kibocsátást és szennyezést generáló tevékenységek árainak „korrigálására”. Fontos szempont, hogy a zöld költségvetés-tervezés az ország meglévő államháztartás-gazdálkodási keretrendszerére épül, és így igazodik a meglévő költségvetési folyamatok erősségeihez és korlátaihoz.

⁴⁹ OECD (2020). Paris Collaborative on Green Budgeting. 20 October 2020. Elérhető: <https://www.oecd.org/environment/green-budgeting/>

A hatékony zöld költségvetés-tervezés négy, egymást erősítő kulcsfontosságú komponensből tevődik össze⁵⁰:

1) **Erős stratégiai keret:** a Kormány összehangolja a környezetvédelmi és klímastratégiák célkitűzéseit az adópolitikával (pl. zöld adózás), állami támogatásokkal (fosszilis tüzelőanyagok támogatásának kivezetése) és a közkiadásokkal (pl. zöld közbeszerzés) kapcsolatos döntésekkel.

2) **A zöld költségvetési intézkedések/döntések alátámasztásának és koherenciájának eszközei:** a zöld költségvetési eszközök bizonyítékot szolgáltatnak arról, hogy egyes költségvetési intézkedések/döntések milyen módon hatnak a környezeti és éghajlati célokra. Ezek az eszközök lehetnek:

- a) Zöld költségvetési címkézés⁵¹: a költségvetési intézkedések osztályozása környezeti és/vagy éghajlati hatásuk szerint.
- b) Környezeti hatásvizsgálat: környezeti hatásvizsgálatok végrehajtása az új költségvetési intézkedések esetében.
- c) Ökoszisztéma-szolgáltatások értékelése, „árázása”: a környezeti externáliák, például az üvegházhatásúgáz-kibocsátás árának meghatározása, adók és kibocsátás-kereskedelmi rendszerek révén.
- d) A kiadások zöld felülvizsgálata: a kiadások környezeti és éghajlati célokra gyakorolt hatásának figyelembevétele.
- e) Zöld teljesítménykövetelmények: költségvetési teljesítménykövetelményi célok összehangolása a környezeti és éghajlati célokkal.

3) **A számonkérhetőség és az átláthatóság érdekében történő zöld jelentéstétel:** A Kormány az éves költségvetést kísérő zöld költségvetési jelentést nyújt be az Országgyűlésnek, amely átfogó képet ad arról, hogy a költségvetés hogyan igazodik a zöld célokhoz az adott költségvetési évben.

4) **A zöld költségvetés-tervezés irányítása és végrehajtása:** A zöld költségvetés-tervezés végrehajtását erős politikai vezetés, a kormányon belül egyértelműen meghatározott szerepek és felelőségek, a végrehajtás jól megtervezett sorrendje, a célra alkalmas belső rendszerek, valamint a kormánytisztviselők képességeinek és szakértelmének folyamatos fejlesztése segíti.

5.2. A klímasemlegesség pénzügyi és beruházási igényei

Ahogy azt a 4. fejezet feltárta, a klímasemleges átmenet 2050-ig történő elérése összesen körülbelül **24 709 milliárd forint** pótlólagos beruházást igényel az összes kibocsátó ágazatban az ÖTK forgatókönyvhöz képest, ami évente a GDP 4,8%-ának megfelelő mértékű forrás mobilizálását igényli a céldátumig. Fontos megjegyezni azonban, hogy e roppant nagyságú összeg előteremtése nem kizárólag Magyarország költségvetését kell, megterhelje, hanem – ahogy ezt a jelen alfejezet is tárgyalja – kiemelt szerepet kap a pénz- és tőkepiacok, valamint az EU forrásainak bevonása, illetve a köz- és a magánforrások kevert finanszírozási formája. A piaci alapú és a kevert finanszírozás ugyanis lehetővé teszi, hogy a korlátosan

⁵⁰ OECD (2020). OECD Green Budgeting Framework. Elérhető: <https://www.oecd.org/environment/green-budgeting/OECD-Green-Budgeting-Framework-Highlights.pdf>

⁵¹ Összhangban a 2020/852-es taxonómia rendelettel.

rendelkezésre álló adófizetői forintok multiplikatív módon kerüljenek felhasználásra; 10- vagy akár 20-szoros mennyiségű összeg mozgósítását segítheti elő.

A 2050-ig tartó időszak alatt végrehajtandó beruházások költségei az alábbi módon oszlanak meg a kibocsátó ágazatok között:

- Az energiaágazat klímasemlegesítése, ideértve az épületek energiahatékonyági korszerűsítését, a villamosenergia-infrastruktúra fejlesztését, a szolgáltató szektor hatékonyságnövelését, valamint a közlekedési szektor elektrifikációját: **22 391 milliárd forint**
- A mezőgazdaság, ideértve az állattenyésztés, a növénytermesztés, és a talajok műveléséből származó kibocsátások csökkentésével kapcsolatos beruházások: **745 milliárd forint**
- A hulladékgyártási ágazat fejlesztése és a körforgásos gazdaság elősegítése: **480 milliárd forint**
- Az ipar gyártási folyamatainak korszerűsítése, termelési hatékonyságnövelés: **129 milliárd forint**
- A LULUCF ágazat CO₂ elnyelő kapacitásának fokozása: **964 milliárd forint**.

A fentebb közölt **Hiba! A hivatkozási forrás nem található.** arról is tájékoztatást nyújt, hogy miként alakulnak a beruházási költségek a 2020-2030-as időszakban.

5.3. A pénzügyi szektor szerepe a zöld átmenetben

A COVID-19 járvány okozta egészségügyi és pénzügyi válság kettős szorításában a zöld gazdaságra való áttérés új típusú beruházási lehetőségeket nyit meg, ugyanakkor a második világháború utáni újjáépítéshez mérhető finanszírozási igényt is támaszt⁵². A pénzügyi szektor szerepét és fontosságát mutatja, hogy ezt a beruházási igényt közpénzből lehetetlen lenne finanszírozni, tekintettel a nemzetgazdaságok fiskális korlátaira. Így feltétlenül szükséges, hogy a magánszektor, és kiemelten a pénzügyi intézmények a jelenleginél több tőkét közvetítsenek a zöld fejlesztések, beruházások felé.

5.3.1. A hazai pénzügyi piacok fejlesztésének szükségessége⁵³

A nemzetközi tapasztalatok alapján hatalmas potenciál rejlik a tőkepiacok mobilizálásában, különösen azért, mert a zöld beruházások jellemzően hosszabb megtérülési idejéhez jól illeszkedik a tőkepiaci instrumentumok jellemzően hosszabb átlagos lejárata. Éppen ezért az NTFS finanszírozási „lába” egy markáns tőkepiaci csomagból épül fel az alábbiak szerint:

a) *Nemzeti Fenntartható Tőkepiaci Stratégia alkotása:* Az Európai Unió Strukturális Reformtámogató Szolgálat keretében az Európai Újjáépítési és Fejlesztési Bank (EBRD) és a Magyar Nemzeti Bank közreműködésével, a befektetési szolgáltatók, a befektetők és egyéb piaci szereplők, minisztériumok, valamint minden fontos további érintett bevonásával a hazai tőkepiac „zöldítését” elősegítő stratégia-előkészítő projekt indult el Magyarországon. Az

⁵² Claudia Kemfert, Dorothea Schäfer, Willi Semmler. (2020). Great Green Transition and Finance. Intereconomics. Elérhető: <https://www.intereconomics.eu/contents/year/2020/number/3/article/great-green-transition-and-finance.html>

⁵³ Jókuthy Laura, Szarvas Nóra és Gyura Gábor. (2020). MNB javaslatok a Nemzeti Tiszta Fejlődési Stratégiához. 2020 július. Budapest

átfogó kezdeményezés célja, hogy a tőkepiac a jelenleginél nagyobb mértékben tudja finanszírozni a környezeti fenntarthatóságot szolgáló beruházásokat, a „zöld” cégek pedig kedvezőbb tőke- vagy kötvényjellegű forráshoz juthassanak.

b) *Zöld kötvények*: A Magyar Állam 2020 júniusában bocsátott ki először zöld állampapírt 1,5 milliárd euró értékben az európai piacon, majd 20 milliárd jen értékben a japán piacon, dedikált forrásokat gyűjtve Magyarország klíma- és környezeti céljaihoz kötődő kormányzati beruházásokhoz. Ezen túl cél a hazai vállalati, banki, vagy akár önkormányzati zöld kötvénykibocsátások beindulásának támogatása is - a Magyarország gazdasági stabilitásáról szóló 2011. évi CXCV. törvény tiszteletben tartása mellett -, illetve a klímabarát innovációk finanszírozásához a kockázati tőke erősítése, amihez különböző szabályozói ösztönzők is társulnak.

c) *Zöld befektetési és kockázati tőkealapok, pénztári portfóliók „zöldítése”*: Jelenleg a hazai fenntarthatósági tematikával is rendelkező befektetési alapok, pénztárak lényegében kizárólag külföldi zöld eszközöket tudnak portfóliójukba vásárolni, és így a lakossági zöld befektetések is külföldre áramlanak. A hazai zöld kötvények megjelenése, valamint a tőzsdei cégek ESG minősítésének fejlődése ezen a helyzeten úgy tudna változtatni, hogy az egyben a befektetési alapok fejlesztéséhez is hozzájárul. Pozitív lehetőség, hogy a hazai alapkezelők elindultak az ESG alapú portfóliókezelés irányába⁵⁴. A klímabarát innovációk finanszírozásához a kockázati tőke erősítése is cél.

d) *Fenntartható tőzsde*: A Budapesti Értéktőzsde 2019-ben csatlakozott a Fenntartható Tőzsdék Egyesületéhez, és elkötelezett, hogy a tőzsdei kibocsátókat bátorítsa a fenntarthatóság irányába. Ha a hazai tőzsdei nagyvállalatok klíma- és egyéb környezeti teljesítményadatai transzparensbé válnak, úgy a cégek zöld szempontú értékelése is lehetővé válik, ezzel tovább segítve a kívánatos zöld tőkeáramlást. A fenntartható tőzsde kezdeményezés a befektetőkkel, a felügyeleti szervvel és a vállalatokkal együttműködve javíthatja a fenntarthatósági és ESG szempontok érvényesülését a beruházások esetében.

5.3.2. Ágazati és specifikus zöld beruházások finanszírozása

a) *Lakóingatlanok energiahatékonysági felújításának támogatása*

A **lakóingatlanok energiahatékonysági felújításának ösztönzése** nemzetgazdasági érdek, tekintettel arra, hogy az ilyen típusú beruházásokban nem csak az egyik legnagyobb ÜHG-megtakarítási potenciál rejlik (lásd a 4. fejezetet), hanem azok tartósan nagyléptékű munkahelyteremtésre is képesek. Emellett ráadásul jelentős egészségügyi hasznokat is eredményeznek.⁵⁵ A korábbi energiahatékonysági hitelprogramok tapasztalataira építve a cél egy komplex állami támogatási rendszer (vissza nem térítendő támogatások mellett visszatérítendő támogatások, kamattámogatások és hitelgarancia) kidolgozása a kereskedelmi bankok versenyző, rugalmas és minél kevésbé bürokratikus kereteire építve. Ezért több intézkedés együttes „csomagja” szükséges a megfelelő finanszírozási források biztosítása

⁵⁴ MNB (2020). A jegybank üdvözli a BAMOSZ kezdeményezését az ESG befektetési alapokról. 2020. október 13. Elérhető: <https://www.mnb.hu/sajtoszoba/sajtokozlomenyek/2020-evi-sajtokozlomenyek/a-jegybank-udvozli-a-bamosz-kezdemenyezeset-az-esg-befektetesi-alapokrol>

⁵⁵ Diana Ürge-Vorsatz, Radhika Khosla, Rob Bernhardt, Yi Chieh Chan, David Vérez, Shan Hu, Luisa F. Cabeza. (2020). Advances Toward a Net-Zero Global Building Sector. 2020 45:1, 227-269. Elérhető: <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-012420-045843>

érdekében az alábbiak szerint: (1) az MNB tőkekövetelmény-kedvezményt hirdetett⁵⁶ a zöld lakáscélú szolgáló hitelekre, ezzel a bankok érdekeltségét növelve az ilyen jellegű hitelkihelyezésekben; (2) ezen intézkedést ki kell egészíteni a privát forrásokat mobilizáló komplex támogatási struktúrával (például visszatérítendő, vissza nem térítendő támogatások és kamattámogatás) a felújítási hitelekre, (3) illetve a hitelkockázatok csökkentése érdekében hitelgarancia-program bevezetésével.

b) Zöld jelzáloglevelek piacának beindítása

A **zöld jelzáloglevelek célzott forrásszerzést jelentenek** a bankok számára ahhoz, hogy energiahatékony ingatlanok építését és vásárlását finanszírozzák hitelek útján, így járulva hozzá az épületállomány energetikai korszerűsítéséhez. A zöld jelzáloglevelek esetén a kibocsátó vállalja, hogy a kötvény futamideje alatt a jelzáloglevelek fedezetül szolgáló hitelportfólióban legalább a gyűjtött forrással megegyező mértékű zöld jelzáloghitellel fog rendelkezni. Ez a hitelnyújtókat az ilyen jelzáloghitelek előnyben részesítésére ösztönözheti, ami akár kedvezőbb hitelkamatokban is realizálódhat. Eddig öt európai ország (Németország, Norvégia, Svédország, Dánia és Lengyelország) bankjai bocsátottak ki zöld jelzáloglevelet.

c) Egyéb energiahatékonysági beruházások támogatása, energiahatékonysági kötelezettségi rendszer bevezetése

Az energia-megtakarítás ösztönzése és az energiahatékonyság javítása területén vállalt célok költséghatékony megvalósítását Magyarország az **energiatihatékonysági kötelezettségi rendszer** bevezetésével biztosítja. A rendszer keretében számos energiahatékonysági felújítást ösztönző intézkedés fog megvalósulni. A kötelezettek a gáz, villamos energia és gépjármű üzemanyag kiskereskedelmével foglalkozó szolgáltatók, kereskedelmi vállalkozások, gáz és villamos energia egyetemes szolgáltatók. A rendszer keretében a kötelezettek olyan beavatkozásokat hajtanak végre, amelyek a végső felhasználók esetében energiamegtakarítást eredményeznek. Ezt többféleképpen is megtehetik: energiahatékonyságot javító beruházások megvalósításával vagy járulék megfizetésével.

A 2021. január 1-jétől 2030. december 31-ig tartó időszakban minden évben az éves végsőenergia-fogyasztás 0,8%-ának megfelelő új megtakarítást kell elérni a 2019. január 1-jét megelőző legutóbbi hároméves időszak átlagában.

d) Megújuló energiatermelés támogatása

2017. január 1-jével életbe lépett a **megújuló energiaforrásból előállított villamos energia támogatására szolgáló METÁR rendszer**. A METÁR rendszerben új beruházásra támogatást jelenleg csak pályázati eljárás keretében kiosztott zöld prémium típusú jogosultság formájában lehet igényelni. A tendereken a termelők a támogatott árra tett ajánlataik alapján versenyeznek, évi 2,5 milliárd forint keretösszegű támogatásért. A prémium típusú rendszerben a termelő maga értékesíti a villamos energiát, a támogatást pedig a piaci referenciaár felett kapja.

A Kormány tervei szerint az eddigi két tendert követően 2022 augusztusáig összesen még négy új METÁR-tender meghirdetése várható. A tervek szerint az új felhívásokat a Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal félévente írja ki, alkalmanként évi 300-500 GWh közötti megújuló energiameennyiség támogatására. A beruházások felfuttatása érdekében cél a

⁵⁶ MNB (2019). Lakáscélú Zöld Tőkekövetelmény-kedvezmény Programot vezet be az MNB. letöltés: 2020. 08.

¹⁴. Elérhető: <https://www.mnb.hu/sajtoszoba/sajtokozlomenyek/2019-evi-sajtokozlomenyek/lakascelu-zold-tokekovetelmeny-kedvezmeny-programot-vezet-be-az-mnb>

METÁR banki finanszírozásának elősegítése olyan támogató intézkedésekkel, amelyek (i) csökkentik a kamat- és árfolyamkockázatot (pl. támogatott, fix kamatozást biztosító hitelkonstrukciók, támogatott kamat/árfolyamfedezeti keret), vagy (ii) csökkentik a hitel- és refinanszírozási kockázatokat (pl. a hitelgarancia intézményével) és ezzel enyhítik a finanszírozási futamidővel és az adósságszolgálati mutatókkal kapcsolatos elvárásokat.

e) Önkormányzati zöld finanszírozás beindítása

Ugyan az önkormányzati hitelfelvétel jelenleg a Magyarország gazdasági stabilitásáról szóló 2011. évi CXCV. törvény értelmében eseti kormányzati engedélyhez kötött, a törvény tiszteletben tartása mellett, hosszú távon számtalan, jól kalkulálható megtérülést biztosító települési zöld fejlesztés (tömegközlekedés fejlesztése, hulladékkezelés, vízgazdálkodás, önkormányzati épületek felújítása, megújuló energiatermelés stb.) megvalósulását teheti lehetővé egy **önkormányzati zöld hitelprogram** és zöld kötvénykibocsátás, a finanszírozást támogató jogi környezet kialakítását követően.

f) A hazai önkéntes karbon-ellentételezési piac beindítása

A **karbonpiacok** költséghatékony lehetőséget biztosítanak az emissziók csökkentésére. A fejlett országokban egyre nagyobb teret hódít az önkéntes karbonkreditpiac, a pénz- és tőkepiacokkal való szinergiákra fókuszálva: egyes bankok például aktívan támogatják saját, karbonelnyelési potenciállal rendelkező ügyfeleiket, hogy említett kapacitásaikat értékesítsék az ÜHG kibocsátó vállalatok számára. Az ETS-en kívüli nagyvállalatok akár külön szabályozási kötelezettség vagy ösztönzés nélkül is egyre érdekelttbbé válhatnak saját ÜHG kibocsátásuk ellentételezésében. A piac integritásának biztosításához azonban szükség van megbízható karbonkredit minősítő cégek közreműködésére és/vagy állami szerepvállalásra a kreditek validálásához.

Ágazat	Beavatkozási területek	Javaslatok és vizsgálandó beavatkozások
Energia	<i>Lakóingatlanok energia-hatékonysága</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Tőkekövetelmény-kedvezmény nyújtása a hitelintézeteknek zöld lakáscélt szolgáló hitelek esetében • Komplex, privát forrásokat mobilizáló támogatási programok biztosítása (például vissza nem térítendő támogatások és kamattámogatás) • hitelkockázati elvárások csökkentése érdekében hitelgarancia-program bevezetése • zöld jelzaloglevelek piacának beindítása
	<i>Egyéb energiahatékonysági beruházások, kötelezettségi rendszer</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Az ESCO⁵⁷-típusú finanszírozás elterjedésének támogatása. A lehetséges kombinált finanszírozási struktúrákat az Energiahatékonysági Kötelezettségi Rendszer kidolgozás alatt lévő keretrendszere tartalmazza. • A tőkeköltés, illetve a kockázati felár csökkentése ESCO konstrukciók esetében az MNB zöld tőkekövetelmény-kedvezmény kiterjesztésével. • A tőkeköltés, illetve a kockázati felár csökkentése állami kamattámogatott programokkal • A tőkeköltés, illetve a kockázati felár csökkentése „normál” banki hitelek esetében garancia intézményével (pl. gyengébb pénzügyi erővel rendelkező egyetemes fogyasztók / fogyasztói portfóliók esetén).

⁵⁷ Energiahatékonysági szolgáltató cégek, Energy Services Company (ESCO)

		<ul style="list-style-type: none"> Energiahatékonysági finanszírozás kapcsán az alapvetően piaci alapú hitelezés támogatása, ösztönzése fiskális kedvezményekkel (pl. EU-s forrásokból).
	<i>Megújuló energiatermelés</i>	<ul style="list-style-type: none"> <i>Tőkepiaci finanszírozás erősítése:</i> a megújuló energiatermelés forráskínálatának növelése a tőkepiaci finanszírozás megerősítésével. A banki hitelek értékpapírosítása valamint a zöld kötvények kibocsátása mellett cél a megújuló befektetési alapok bevezetése és felfuttatása annak érdekében, hogy magyar lakossági megtakarítók és vállalatok egy kiszámítható és klímatudatos befektetési lehetőséghez jussanak. Banki hitelezés támogatása: fejlesztési lehetőségek vizsgálata többek közt olyan komponensek terén, mint a hitel-, árfolyam- és kamatkockázat, forrásköltség, fedezetek, rating modellek, továbbá új finanszírozási formák, konstrukciók. Innovatív megoldások bevezetése: A megújuló energiatermelés finanszírozása terén számos innovatív megoldás létezik külföldön, amelyekből több hazánkban is releváns és alkalmazható: példaként megemlíthető a tető-lízing. E konstrukcióban a megfelelő tájolású, paraméterű tetőfelületeket lízingeli a napelemeket telepítő vállalat, és az épület energiafogyasztásának kielégítésén felül megtermelt energiát értékesíti. Energiaközösség: A megújuló energiatermelésen alapuló aggregáció sajátos formáját jelentik a helyi energiaközösségek. Segítségükkel biztosítható, hogy a termelt energia helyben (pl. egy transzformátorkörzeten belül) legyen felhasználható, és a termelés ingadozása ne terhelje az elosztóhálózatot.
Közlekedés	<i>Városi tömegközlekedés fejlesztés</i>	<ul style="list-style-type: none"> Vizsgálandó, milyen módon lehet magánforrásokat mobilizálni városi és elővárosi tömegközlekedési fejlesztések irányába. Ez többek között a célzott önkormányzati zöld kötvénykibocsátás, az érintett ingatlanok értéknövekedéséből származó jövedelem-szerzés, és speciális banki hitelek vizsgálatát jelenti.
Mezőgazdaság		<ul style="list-style-type: none"> Vizsgálandó a hazai mezőgazdasági és élelmiszeripari vállalkozások fenntarthatósága, a fenntarthatóvá váláshoz szükséges ösztönzők és motivációk, a fenntarthatósági beruházások típusai, finanszírozási döntést befolyásoló tényezők, speciális finanszírozási igényei és a jelenlegi hitelkínálati rendszer kapcsolata, az EU fenntartható beruházások taxonómia-szabályozásának való megfelelés, a riportolás korlátai, illetve az agrárkár-enyhítés és biztosítások területe.
Körforgásos gazdaság		<ul style="list-style-type: none"> Vizsgálandó, hogy a finanszírozási környezetben milyen ösztönzőket lehet bevezetni a körkörös gazdasági formák, megoldások, implementációk finanszírozásának megkönnyítésére, és a komplex hatások visszamérésére
Egyéb	<i>Önkormányzati zöld finanszírozás beindítása</i>	<ul style="list-style-type: none"> Megvizsgálásra kerül, hogy a stabilitási törvény⁵⁸ rendelkezéseinek betartása mellett milyen módon lehetséges a a zöld beruházásokat finanszírozó hitelfelvétel, zöld

⁵⁸ 2011. évi CXCV. törvény Magyarország gazdasági stabilitásáról. Elérhető: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=A1100194.TV>

		kötvénykibocsátás.
	<i>A hazai önkéntes karbon-ellentételezési piac beindítása</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Az ETS-en kívüli vállalatok ösztönzése, hogy kibocsátásuk ellentételezését a kibocsátás helyszínén, azaz hazánkban valósítsák meg, akkor is, ha ez drágább, mint a nemzetközi piacokon elérhető karbonkreditek.

12. táblázat – Ágazati és specifikus zöld finanszírozási javaslatok és vizsgálandó beavatkozások

5.3.3. A klímasemleges átmenet, mint a külpiaci befektetések bevonásának eszköze

A külföldi működőtőke-befektetések vonzása (foreign direct investment, FDI) kiemelt prioritás a magyar Kormány számára, különösen a zöldipari befektetések terén. 2017-ben jött létre a Magyar Befektetés-ösztönző Ügynökség (Hungarian Investment Promotion Agency, HIPA) azzal a céllal, hogy professzionális segítséget nyújtson a Magyarországon befektetni kívánó külföldiek számára. A bevonzani kívánt befektetések listáján előkelő helyen szerepel mások mellett a megújuló energia és az e-mobilitás.

Az elfogadott klímavédelemről szóló törvény és az NTFS által felállított világos és ambíciózus célrendszer, beleértve az alacsony kibocsátású technológiák ösztönzésének rögzítését valamennyi szektorban, stabil elköteleződést mutat a klímasemleges átmenet érdekében, amely fontos vonzóerő a zöldipari FDI számára. Ezen túl a jelen stratégiában előrevetített további pénzügyi ösztönzők (adókedvezmények, alacsony kamatozású hitelek stb.) bizonyítottan további ösztönzőként hatnának a zöld FDI-ra, és így helyi munkahelyeket teremthetnek, amely hozzájárulna jelentős tudás-transzferhez is.

Magyarországon az egyik legmagasabb a közép-kelet európai régióban a high-tech iparágakhoz köthető export aránya az összes exporton belül.⁵⁹ Ez kiváló alapot ad arra, hogy felhasználva az ilyen irányú tapasztalatokat és kapcsolatrendszert a zöldiparban is hasonló pozíciót foglaljon el. Magyarországon a magasan képzett és versenyképes munkaerő kiváló előfeltétele a high-tech megújuló energiai vagy más tiszta technológiákat alkalmazó befektetések megvalósulásának.

5.4. Az átmenet lehetséges finanszírozási forrásai és eszközei

A magyarországi pénz- és tőkepiac már jelenleg is hitelez olyan tevékenységeket, amelyek hazánk klíma- és egyéb fenntarthatósági céljait szolgálják – elsősorban a megújuló energiatermelés terén. A Magyar Bankszövetség jelentése⁶⁰ szerint 2020-ban a klímacélú kihelyezések átlagos futamideje 13 év, átlagos önerő igénye 28% volt, miközben a hitelállomány 172 milliárd forintot, a folyamatban levő piaci igény pedig további 150 milliárd forintot tett ki. Fontos megállapítás, hogy a piaci alapú hitelezést lényegében egyedül a finanszírozás kockázattal korrigált várható megtérülése, és a kapcsolódó tőke- valamint működési költségek vezérlik. Vagyis a zöld hitelkihelyezések jelenleg esetlegesek, a „barna” (környezeti fenntarthatóságot nem szolgáló) beruházások elméletileg hasonló eséllyel és kondíciókkal kapnak finanszírozást, mint a zöld projektek. A vissza nem térítendő állami támogatási, pályázati források esetében is ritkák vagy puhák a zöld szemléleten alapuló feltételek, leszámítva a dedikált programokat (például az energiahatékonysági pályázatokat).

⁵⁹ OECD adatbázis

⁶⁰ Magyar Bankszövetség (2020). Jelentés az Innovációs és Technológiai Minisztérium részére. június 30. Budapest

A hosszú távon elérendő dekarbonizáció sikeressége finanszírozási szempontból azon múlhat, hogy a tőke megfelelő intézkedésekkel zöld irányba terelhető-e. Biztosítani kell tehát, hogy a környezeti fenntarthatóságot szolgáló beruházások, környezetileg fenntartható gazdasági aktivitások konzisztensen kedvezőbb finanszírozási környezettel szembesüljenek, mint a „nem zöld”, és különösen a „barna” beruházások és tevékenységek. Ez a kívánatos állapot a pénzügypolitikában jegybanki és kormányzati eszközök egymásra épülő kombinációjával érhető el:

a) az MNB saját szabályozási hatáskörében a prudenciális, körültekintő szabályozás kalibrálásával, ajánlásokkal, figyelemfelhívásokkal „tereli” zöld irányba a pénzügyi szektort, a jegybanktörvényben meghatározott fő feladatainak veszélyeztetése nélkül;

b) a kormányzat különböző fiskális intézkedésekkel ösztönzi a bankok és tőkepiaci szereplők zöld finanszírozását, valamint az egyéb piaci szereplőket (vállalatok, lakosság, stb); az ösztönzők és büntetések optimális kombinációjával pedig keresleti oldalról befolyásolja az átmenet szükséges beruházásainak megvalósulását.

Fontos hangsúlyozni azt is, hogy a pénz-, tőke- és biztosítási piac nagyságrendekkel nagyobb források felett diszponál, mint amekkora keretek költségvetési vagy EU-forrásokból zöld célokra rendelkezésre állnak.

5.4.1. A garanciavállalás intézménye a zöld finanszírozás előmozdítása érdekében⁶¹

Az ingatlan felújításokból származó pozitív externáliákat a pénzpiaci szereplők legtöbbször nem veszik figyelembe, vagyis állami ösztönzők nélkül a társadalmilag optimálisnál kevesebb beruházás valósul meg. A forráskínálatot állami garancia vagy kamattámogatás tudja olyan szintre eltolni, amely már megfelelő piaci egyensúlyt alakíthat ki. Egy dedikált **zöld garanciaszervezet** létrehozásával biztosítható a zöld finanszírozás célzott, tudatos bővítése. A garancia alapvető multiplikatív hatása itt is érvényesül: egy egységnyi garantált összeg nagyságrendileg 10- vagy akár 20-szoros hitelkihelyezést tesz lehetővé, amellyel párhuzamosan a zöld beruházások növekedési sebessége is többszörösére növelhető.

A garanciaszervezet jelentősége tovább nő a COVID-19 járvány miatt jelentkező dekonjunkcióra idején, kontraciklikus működése miatt kiválóan alkalmas zöld gazdaságélénkítő szerepének betöltésére, a bankok kockázatkerülőbb stratégiájának ellensúlyozására, illetve az elégséges fedezettel nem rendelkező ügyfelek zöld beruházásainak finanszírozására.

Mivel az energiahatékonysági kötelezettségi rendszer bevezetése az NTFS egyik fontos eszköze (amely rendszerben pedig az ESCO-alapú finanszírozás kulcs lehet), ezért az ESCO-k és a garanciaintézmény közötti kapcsolat az alábbi szempontok szerint alakul:

- A kötelezettségi rendszer leendő közműszolgáltató kötelezettjei jellemzően hitelképesebbek, olcsóbban jutnak finanszírozási forráshoz, mint a végfelhasználóik, ugyanakkor kifizetett likviditással működnek, így nagyon fontos a tervezhető cash flow a számukra. Ebből kifolyólag nem célpiacok számukra azok a végfelhasználói szegmensek, ahol fizetési késedelmek, nem teljesítések fordulnak elő. A legjobb ügyfelek preferálása esetén összességében alacsonyabb mértékben valósulnak meg a szükséges

⁶¹ Jókuthy Laura, Szarvas Nóra és Gyura Gábor. (2020). MNB javaslatai a Nemzeti Tiszta Fejlődési Stratégiához. 2020 július. Budapest

energiahatékonysági beruházások hazánkban, mint amit valójában a piaci potenciál jelentene.

- Erre a problémára nyújt hatékony megoldást az ESCO konstrukcióra is alkalmazható portfólió garancia. A közműszolgáltatók ügyfélkörében tapasztalt nemteljesítési ráta alapján kalkulálható a garanciaszervezet által nyújtani szükséges garanciavállalás mértéke a teljes portfólióra vonatkozóan. Például 5%-os nemteljesítési arány esetén a portfólióra nyújtott, a várható veszteség alapján kalibrált garanciavállalás húszszoros multiplikatív hatással bír, miközben olyan ügyfeleknél is megvalósítható az energiahatékonysági beruházás ESCO konstrukcióban, akiket egyébként a kötelezett nem választott volna ki piaci alapon, garanciális ösztönző nélkül. A végfelhasználói ügyfélkör a lakosságon kívül magában foglalja például az állami vállalatokat, oktatási intézményeket, önkormányzatokat, kórházakat is.
- A portfólió típusú garanciavállalás alkalmazható a nem lakóingatlanok korszerűsítését finanszírozó hitelekre, illetve a háztartási méretű napkollektor- és napelem-beruházásokra, valamint a számosságában jelentős, kisméretű, a bankok egyedi, hosszadalmas elbírálása alá eső naperóművek finanszírozására. A banki finanszírozási szaktudás általában a projekthitelezésben összpontosul, azonban ezen ügyfelek finanszírozási szükséglete nem éri el a projekthitelezés belépési limitét.

Az alábbi előnyök miatt indokolt egy olyan **Zöld Garanciaszervezet** létrehozásának megvizsgálása, ami

- egy szervezeten belül koncentrálja a zöld iparági szaktudást;
- támogatja a finanszírozók historikus tapasztalatainak felépítését (ezt segíthetné a garanciaszervezet támogatásával minden iparágban megvalósuló „zöld” mintaprojektek létrehozása);
- ingyenes műszaki és zöld tanácsadást biztosíthat a megvalósítandó beruházásokhoz;
- nem csak hitelekre, de akár zöld kötvényre is garanciát nyújt (a kockázati felár csökkentésén keresztül a zöld kötvénnyel bevont forrás árazását javíthatja, amely áttételesen a finanszírozott beruházások megtérülését is javítja);
- részesedés-jellegű kihelyezéseket is ösztönöz (például zöld kockázati tőkealapok támogatása).

5.4.2 Rendelkezésre álló európai uniós források

A 2021-2027 közötti uniós költségvetési időszakban Magyarország a **2021-2027 közötti többéves költségvetési keretéből** és a **Next Generation EU keretéből** együttesen várhatóan mintegy 42 milliárd EUR (nagyjából 14-15 ezer milliárd forint) uniós támogatásban részesül, ami tartalmazza a vissza nem térítendő és a visszatérítendő támogatási formákat, mindazonáltal nem tartalmazza a kötelező minimális nemzeti társfinanszírozást. Ebből **a jelen hosszú távú koncepció végrehajtása szempontjából releváns keret 30,88 milliárd euró** az alábbi összetételben (ami nem tartalmazza a Közös Agrárpolitika keretében felhasználható támogatásokat):

- Kohéziós célú támogatások:	21,73	milliárd EUR,
- Helyreállítási Eszköz vissza nem térítendő része:	7,17	milliárd EUR,
- Igazságos Átmenet Alap:	0,25	milliárd EUR,
- Közvetlen uniós programok becsült nemzeti részaránya:	1,73	milliárd EUR.

Ebből az uniós szabályozás alapján klímacélra felhasználandó minimális összeg várhatóan 8,2 milliárd eurót tesz ki. A kötelező minimális nemzeti társfinanszírozással együtt 2 896 milliárd forint áll rendelkezésre klímacélú beruházások finanszírozására 2030-ig.

A fentiek részét képezi az újonnan létrehozandó **Igazságos Átmenet Mechanizmus** (Just Transition Mechanism), amelynek célja, hogy támogassa a klímapolitikai fejlesztési irányok megvalósítása miatt leépítésre kerülő ágazatok által jelentősen érintett régiók gazdasági átalakítását. Noha a tárgyalások még folyamatban vannak, az Igazságos Átmenet Alapból Magyarország 294 millió euró vissza nem térítendő támogatásban részesül, amit az Igazságos Átmenet Mechanizmus 2. és 3. pilléréből elnyerhető hitelek egészíthetnek ki.

A fent bemutatott, Magyarország számára rendelkezésre álló keret nem tartalmazza a Közös Agrárpolitika keretében elérhető támogatásokat, így a mezőgazdaság terén megvalósítandó klímacélú beavatkozások nem terhelik a 2 896 milliárd forint összegű keretet.

A keret viszont tartalmazza a közvetlen uniós irányítású programokból elérhető forrásokat azzal az előfeltételezéssel, miszerint az ország a 2014-2020 közötti időszakban elnyert nemzeti támogatási összeget képes lesz növelni. A 2021-2027 közötti időszakban megemelt forráskerettel állnak majd rendelkezésre energetikai és klímavédelmi projektek finanszírozására a közvetlen uniós irányítás alatt lévő programok, így például a Horizon Europe (kutatás-fejlesztés-innováció), a Connecting Europe Facility (energetikai infrastruktúra), a LIFE (környezetvédelem, éghajlatpolitika), a Digital Europe (digitalizáció), az InvestEU (hatékony közlekedési infrastruktúra, zöldenergia és innováció), valamint az Innovációs Alap (innovatív karbon-mentes technológiák, CCUS, innovatív megújuló energia előállítás, energiatárolás).

Az EU emisszió-kereskedelmi rendszerének harmadik kereskedési időszakában (2013-2020) a kibocsátási egységek értékesítéséből származó bevétel meghatározott hányadának (EUA III egység értékesítés 50%-ának, EUAA légiközlekedési egység értékesítés 100%-ának) felhasználása a Zöldgazdaság Finanszírozási Rendszer fejezeti kezelésű előirányzaton történik. **2021 és 2030 között – tonnánkénti 25 eurós átlagos CO₂-árat feltételezve – mintegy 910 milliárd forintos kvótabevétel⁶² tervezhető.** Ebből 726 milliárd forint a kvótabevételek általános szabályai szerint⁶³ lesz elkölthető, vagyis 50%-a (363 milliárd forint) célzottan zöldgazdaság-fejlesztési célokat szolgál.

A kvótabevételek zöldgazdaság-fejlesztést szolgáló részét kiegészítik a Modernizációs Alap⁶⁴ 184 milliárd forint nagyságú forrásai: ezekre Magyarország a jelenlegi kvótabevételek általános szabályai szerint felhasznált összegek felett lesz jogosult. **A 2021-től létező Modernizációs Alap célja az energetikai rendszerek korszerűsítése és az energiahatékonyság növelése.** A rendelkezésre álló pénzügyi forrás legalább 70%-át kötelező a Modernizációs Alap prioritási listájának megfelelő beruházások támogatására felhasználni. A források fennmaradó 30%-os része tekintetében más, az energetikai rendszer modernizációjával kapcsolatos projektek is támogathatók. A prioritási lista szerinti projektek esetén a támogatási intenzitás legfeljebb 100%, egyébként legfeljebb 70% lehet. A 2024-ben felülvizsgálható prioritási lista a következő elemeket tartalmazza:

⁶² A bevételek becslése jelentős bizonytalansággal terhelt, mert a kvóták árfolyama tőzsdén alakul ki, illetve hatást gyakorol rá a piaci stabilitási tartalék működése, az ingyenes kiosztásra való igény és egyes politikai tényezők (pl. Brexit) is. Ezért a szám csak indikatív becslésnek tekinthető.

⁶³ Az Európai Parlament és a Tanács 2003/87/EK irányelve (2003. október 13.) az üvegházhatást okozó gázok kibocsátási egységei Közösségen belüli kereskedelmi rendszerének létrehozásáról és a 96/61/EK tanácsi irányelv módosításáról (10. cikk (3) bekezdés)

⁶⁴ A 2003/87/EK európai parlamenti és tanácsi irányelv 10d. cikke szerinti finanszírozási mechanizmus.

- megújuló forrásokból származó villamosenergia-termelés és -felhasználás;
- az energiahatékonyság javítása minden szektorban;
- energiatárolás;
- az energiahálózatok – ezen belül a távfűtési vezetékek és a villamosenergia- hálózatok – modernizációja;
- a tagállamok közötti összeköttetések bővítése;
- az igazságos átállás emberi oldalának támogatása.

A **10c derogáció** 2021-2030. közötti hazai alkalmazásának célja a magas üvegházhatású gáz kibocsátással járó áramtermelés földgázzal vagy más, fenntartható technológiával történő kiváltására. A támogatási intenzitás legfeljebb 70% lehet. A nyertes projekteket pályázati úton választják ki.

Összességében, **2021 és 2030 között a zöld átállás és a klímacélok elérésének finanszírozására Magyarország által elérhető uniós források összege meghaladhatja az 3 500 milliárd forintot.**

6. Kutatás, fejlesztés és innováció

A klímasemlegesség elérése olyan mértékű és hosszútávon is fenntartható ÜHG kibocsátás-csökkentést és elnyelőkapacitás-növelést igényel, amely a ma létező technológiákkal nem, vagy csak nagyon magas költséggel, esetleg radikális életmódbeli változtatásokkal képzelhető el. A Nemzetközi Energiaügynökség (IEA) álláspontja szerint a 2050-es klímasemlegesség eléréséhez szükséges kibocsátás-megtakarítás mintegy 45%-át olyan technológiák által válik biztosíthatóvá, amelyek jelenleg még fejlesztési fázisban (beleértve a TRL skála⁶⁵ első 4 szintjét jelentő alap- és alkalmazott kutatási fázisokat is) vannak. Energia- és éghajlati céljaink megvalósításának éppen ezért a kutatás-fejlesztés és innováció lesz a kulcsa. Ennek révén olyan mértékű költségcsökkentést érhetünk el, ami nagyban segítheti a technológiák térnyerését.

6.1. Innovatív technológiák és megoldások

A jövőben számos mitigációs és alkalmazkodási technológia, eljárás fejlődését kell elősegíteni, egyetlen technológiával, illetve üzemanyaggal ugyanis nem leszünk képesek a teljes gazdaságot karbonmentesíteni, és a klímaváltozás okozta káros hatásokat ellensúlyozni. A siker a technológiák és üzemanyagok rendelkezésre állásától, illetve a lehetséges megoldások megfelelő kombinációjától függ.

6.1.1. A kritikus energiatechnológiai értékláncok érettsége

Az IEA szerint a teljes dekarbonizáció leginkább az elektrifikáció, a hidrogén és származékai, a bioenergia és a CO₂-kibocsátás megkötését, felhasználását vagy tárolását biztosító CCUS technológiák értékláncainak érettségétől függ. Éppen ezért e területeken elő kell segíteni a már ismert tiszta technológiák alkalmazásának nagyszabású kiterjesztését, illetve új technológiák megjelenését és piaci alkalmazását.

Egymástól független modellezési eredmények azt mutatják, hogy a nettó nulla kibocsátás elérése erőteljes **elektrifikációval** jár majd együtt. Az IEA szerint, ha globális szinten el akarjuk érni a klímasemlegességet 2050-re, a villamosenergia-termelést körülbelül 2,5-szer kell megnövelni az évszázad közepére, s mindezt a keresletet tiszta, karbonmentes (megújuló és nukleáris) forrásokból kell biztosítanunk. Magyarországon 2050-ben az áramtermelés – mintegy háromszorosa lesz a mostaninak a KCs forgatókönyv szerint.

A klímasemlegesség elérése radikális átalakítást igényel mind az energiaellátás és energiaátalakítás, mind pedig az energiafelhasználás módjában. Ezekon felül a megújuló energiakapacitások integrációja is kulcsfeladat, ehhez a villamosenergia-hálózatot okosabbá, ellenállóbbá és rugalmasabbá kell tennünk, hogy képes legyen a szükséges időjárásfüggő megújuló kapacitások befogadására.

Globális szinten a megújuló energiatermelés terjedése és a nukleáris kapacitások bővülése egyaránt nélkülözhetetlen lesz a klímacélok eléréséhez. Annak érdekében, hogy a szükséges

⁶⁵ A fejlesztés alatt álló technológiák érettségi fokát technológiai készültségi szintben (Technology Readiness Level, TRL) szokás meghatározni. A módszertant a NASA fejlesztette ki, és eredetileg 1-től 9-ig kerültek meghatározásra a szintek. Az IEA azonban 11-re bővítette a szintszámot, így az érett technológiákat is besorolta a rendszerbe. Az 1-től 4-ig terjedő szintek jellemzően a K+F kezdeti szakaszait (alap és alkalmazott kutatás) jelentik, az 5–8. szint pedig a prototípusgyártásnak és a működési környezetben történő tényleges rendszervalidálásnak (demonstációnak) felel meg. A 9-10. szint a piaci bevezetés, illetve a kereskedelmi rendszer kialakításának) szakasza. A 11. szint jelenti az érett technológiákat.

nukleáris kapacitások rendelkezésre álljanak, e technológia terén is szükséges további erőfeszítéseket tennünk.

A megújuló alapú villamosenergia-termelés alapvetően függ a megújuló energiaforrások rendelkezésre állásától és a villamosenergia-hálózat felkészültségétől.

A megújuló energiatermelés tekintetében hazánkban a legnagyobb potenciál a napenergia hasznosításában rejlik. A fotovillamos technológia terén, ahogy más időjárásfüggő megújuló energiatechnológia alkalmazás kapcsán is, jelentős előrehaladás történt az elmúlt évtizedben, számos megoldás elérte a korai alkalmazás szintjét. A megújuló energiaforrások terjedését az egyre költséghatékonyabbá váló technológiák tették és teszik lehetővé.

A megújuló energiák világszerte gyorsan alakítják át az energiatermelő rendszereket. A Nemzetközi Megújuló Energia Ügynökség (IRENA) adatai szerint 2019-ben már a megújuló kapacitások tették ki az összes új kapacitás 72%-át.

A megújuló energiaforrásokból származó villamos energia költségei az elmúlt évtizedben dinamikusan csökkentek a technológiai fejlesztéseknek, a méretgazdaságosságnak és az egyre versenyképesebb ellátási láncok kiépülésének köszönhetően. Az IRENA legfrissebb adatai szerint a közüzemi méretű naperőművek üzemidőre számított villamosenergia-termelési egységköltsége (levelized cost of energy, LCOE) 2010 és 2019 között 82% -kal csökkent, miközben a koncentrált napelemek esetében (CSP) 47% -os volt a csökkenés.

Bár a megújuló energiatermelés terén is azonosíthatók további innovációs szükségletek, a megújuló villamosenergia-hasznosításban rejlő lehetőségek maximális kiaknázása elsősorban a hálózati és a végfelhasználói oldalon igényel komoly erőfeszítéseket.

Ugyan az átviteli és elosztóhálózat szintjén, illetve a végfelhasználói oldalon is jelentős előrehaladás tanúi lehetünk (pl. az ultra-nagyfeszültségű átviteli rendszerek, a Li-ion akkumulátoros energiatárolás, az elektromobilitás, valamint bizonyos hőszivattyú-technológiák is a korai alkalmazás szakaszába értek, egyre terjed az energiaszektorban is a digitalizáció, illetve megjelent már a mesterséges intelligencia is), további erőfeszítésekre lesz szükség mind az innovatív rendszerintegráció, mind a végfelhasználói oldalt érintő fejlesztések tekintetében.

Számos technológia kínál már most is további perspektívákat, bár még jelentős bizonytalansági tényezőkkel kell számolni. A demonstráció szintjén állnak többek között a smart („okos”) inverterek, a sűrített levegős energiatárolási megoldások és a gyorstöltő-technológiák. Ezek sikere a további innovációs erőfeszítésektől függ. A még csak koncepcionális (alapkutatási vagy laboratóriumi szintű alkalmazott kutatás) vagy prototípus szintjén ismert megoldások jövőbeli alkalmazhatósága tekintetében még inkább bizonytalan a jövőkép. Különösen igaz ez az olyan keresletoldali területekre, mint pl. a nehézipar (pl. acélgyártás és cementipar) és a távolsági közlekedés (azon belül is elsősorban a repülés és a hajózás), amelyek esetében az elektrifikáció a technológiai korlátok miatt nehezen és / vagy csak igen költségesen oldható meg. E területeken talán más technológiák jelenthetik majd a megoldást. (13. táblázat)

Alap- és alkalmazott kutatás (TRL skála 1-4 szintje)	Prototípus és prototípus-rendszer (TRL skála 5-7. szintje)	Demonstrációs rendszer (TRL skála 8. szintje)	Korai alkalmazás (kereskedelmi rendszer) (TRL skála 9-10. szintje)	Érett technológia (TRL skála 11. szintje)
Villamosenergia-termelés				
<ul style="list-style-type: none"> nukleáris energia / fűzős erőmű óceán / sótartalom gradiens technológia óceán / hullámenérgiát hasznosító technológia PV / perovszkít napelem biomassza erőmű CCUS-sel / égetés előtti leválasztás ammónia üzemű turbina 	<ul style="list-style-type: none"> szerves vékonyfilmes napelem naphőenergiával előállított villamos energia / lineáris Fresnel reflektor úszó hibrid energiaplatform geotermia / kalina folyamat szén CCUS-sel / tüzelés utáni leválasztás, polimer membrán technológia földgáz- vagy szén CCUS-sel / szuperkritikus CO₂-ciklus hidrogén / hibrid üzemanyagcella-gázturbina rendszer óceán / árapály vagy az áramlat energiáját hasznosító erőmű 	<ul style="list-style-type: none"> „úszó” tengeri turbina „úszó” napelem vékonyfilmes napelem földgáz CCUS-sel / tüzelés utáni leválasztás, kémiai abszorpció biomassza CCUS-sel / tüzelés utáni leválasztás, kémiai abszorpció biomassza erőmű CCUS-sel / tüzelés utáni leválasztás 	<ul style="list-style-type: none"> szolár PV / szilícium kristályos koncentrált PV tengerfenéken rögzített szél-turbina „large-scale” hőszivattyú naphőenergiával előállított villamos energia / parabolikus vályúrendszeres naperőmű 	<ul style="list-style-type: none"> vízermű nukleáris erőmű / könnyűvízes reaktor geotermia / szerves Rankine-ciklus geotermia / flash folyamat geotermia / száraz gőz
<ul style="list-style-type: none"> • levegőbeli szélenergia rendszerek • geotermia / EGS (enhanced geothermal system) rendszer • ammónia és szén együtt tüzelésére alkalmas erőmű 	<ul style="list-style-type: none"> • kisméretű könnyűvízes nukleáris reaktor (small modular reactor / SMR) • hidrogénüzemű gázturbinák • hidrogén / magas hőmérsékletű üzemanyagcella • szén CCUS-sel / oxy tüzelőanyag technológia • nukleáris / magas és nagyon magas hőmérsékletű reaktor • szén CCUS-sel / égetés előtti leválasztás, fizikai abszorpció 	<ul style="list-style-type: none"> • nukleáris / nátriumhűtésű gyorsreaktor 		
Villamosenergia-infrastruktúra (beleértve az elektromobilitáshoz kapcsolódó töltőinfrastruktúrát is)				
<ul style="list-style-type: none"> dinamikus töltés vagy elektromos útrendszer, induktív elosztó hálózat / tranzaktív energia 	<ul style="list-style-type: none"> integráció / virtuális tehetetlenség (inercia), gyors frekvenciaválasz (FFR = fast frequency response) okos töltés átviteli / szupravezető nagyfeszültségű hálózat 	<ul style="list-style-type: none"> sűrített levegős energiatárolás akkumulátoros tárolás / Redox áramlás rugalmas nagyfeszültségű vagy rugalmas váltóáram-átvitel ultra nagyfeszültségű átvitel integráció / smart inverter dinamikus távvezeték terhelhetőség gyors töltő dinamikus töltés vagy elektromos útrendszer, konduktív 	<ul style="list-style-type: none"> akkumulátoros energiatárolás / lítium-ion mechanikus tárolás / likvid levegős energiatárolás mechanikus tárolás / lendkerék DSR-t lehetővé tevő megoldások 	<ul style="list-style-type: none"> mechanikai tárolás / szivattyús
Villamosenergia-felhasználás – közlekedés (beleértve a közlekedési céllal fejlesztett akkumulátorokat is)				
<ul style="list-style-type: none"> akkumulátor / több vegyértékű ionok (A koncepció általánosan vizsgált elemei a magnézium, a kalcium és az alumínium.) lítium-levegő akkumulátor elektromos repülő / akkumulátoros technológia (rövid távolság megtételére) hibrid meghajtású elektromos repülőgépek szilárdtest lítium fém akkumulátor Na-ion akkumulátor lítium-kén (Li-S) akkumulátor 	<ul style="list-style-type: none"> hibrid mozdony (belső égésű motor és akkumulátor) 	<ul style="list-style-type: none"> elektromos hajó Li-ion akkumulátor-meghajtású kamion 	<ul style="list-style-type: none"> akkumulátoros meghajtású személygépjármű, városi busz, könnyű tehergépkocsi 	<ul style="list-style-type: none"> hálózatról működő villanymozdony
Villamosenergia-felhasználás – ipar				
<ul style="list-style-type: none"> petrolkémia / fosszilis vagy biomassza alapú gőzkrakkolás villamosítása magas hőmérsékletű fűtés / elektromágneses fűtés magas hőmérsékletű fűtés / elektromágneses fűtés elektromos iv és plazma ivkemencék új alkalmazásokhoz direkt elektrifikáció a cementgyártásban (fűtési folyamat elektrifikációja) vas-és acélgyártás / érc (olvadék) elektrolízis, magas hőmérsékletű elektrolízis (> 1500 °C) alumíniumfinomítás / Bayer folyamat elektrifikációja 	<ul style="list-style-type: none"> magas hőmérsékletű fűtés / elektromágneses fűtés nagyszabású ipari folyamatokhoz, mikrohullámokkal magas hőmérsékletű fűtés / koncentrált napenergiával előállított hő ipari folyamatokhoz ammónia-gyártás / megújuló alapon, elektrolízissel előállított hidrogénfelhasználással 		<ul style="list-style-type: none"> alacsony és közepes hőmérsékletű fűtés / elektromágneses fűtés nagyszabású ipari folyamatokhoz alacsony és közepes hőmérsékletű fűtés / „large-scale” hőszivattyú (hidrogén üzemanyagcellás elektromos jármű, üzemanyagcella) 	
Villamosenergia-felhasználás – épület szektor				
<ul style="list-style-type: none"> szilárdtestes hűtés / elektrokalorikus evaporatív és szárítószeres hűtés kombinációja levegő-víz hőszivattyú / integrált hőszivattyú tárolóval 	<ul style="list-style-type: none"> szilárdtestes hűtés / magnetokalorikus levegő-víz hőszivattyú / membrán hőszivattyú levegő-víz hőszivattyú / magas hőmérsékletű hőszivattyú 	<ul style="list-style-type: none"> levegő-víz hőszivattyú / természetes hűtőközegű hőszivattyús vízmelegítők 	<ul style="list-style-type: none"> evaporatív hűtés levegő-levegő hőszivattyú technológiák talajszondás hőszivattyú 	<ul style="list-style-type: none"> elektromos fűtés egyéb elektromos háztartási berendezések kettős áramlású szellőzés természetes szellőzés
Üzemanyag-átalakítás villamos energia felhasználásával				
<ul style="list-style-type: none"> hidrogén előállítás / tengervíz elektrolízis hidrogén előállítás / termokémiai vízbontás 	<ul style="list-style-type: none"> hidrogén előállítás / elektrolízis, szilárd oxid elektrolízis cella 	<ul style="list-style-type: none"> hidrogén előállítás elektrolízissel / polimer elektrolit membrán 	<ul style="list-style-type: none"> hidrogén előállítás elektrolízissel (alkálikus / lúgos) 	

Saját szerkesztés IEA alapján (<https://www.iea.org/articles/etp-clean-energy-technology-guide>)

13. táblázat – Az alacsony CO₂ kibocsátású villamos energia értéklánc technológiai felkészültsége

Bár a karbonmentes villamosenergia-felhasználás terjedése nagymértékben hozzájárul a klímasemlegességi célokhoz, a villamos energia önmagában nem lesz képes karbonmentesíteni a teljes gazdaságot. Az elektrifikációval kapcsolatos technológiák terjedésével párhuzamosan egyéb megoldások piaci bevezetését is fel kell gyorsítani. Így többek között a CO₂-kibocsátás megkötését, felhasználását vagy tárolását biztosító **CCUS technológiák** is kulcsfontosságú technológiák lesznek a jövőben. A CO₂ tárolására korlátozottak a hazai lehetőségek, ezért a technológia alkalmazásakor elsősorban a megkötött CO₂ felhasználására kell törekedni.

Habár az alacsony CO₂-kibocsátású energiatermelési alternatívák széles választéka áll majd rendelkezésre a villamosenergia-termelés karbonmentesítésére, a CCUS-nek az energiatermelő szektor kibocsátásának csökkentésében is lehet helye, segítve a fosszilis (pl. földgázüzemű és a biomasszatüzelésű) erőművek karbonmentessé tételét. Emellett a technológia a földgázalapú alacsony karbontartalmú (ún. „kék”) hidrogén előállítása kapcsán, illetve az ipari termelés (elsősorban a cement-, vas- és acélgyártás, valamint a vegyi anyagok gyártásának) karbonmentesítésében is kulcsszerepet tölthet be a jövőben.

A közvetlen léghívó eljárás („Direct air capture”)⁶⁶ – mely a CCUS technológia egyfajta speciális formájaként is felfogható – képes lesz negatív kibocsátást is eredményezni, így a nehezen karbonmentesíthető ágazatok (mint amilyen pl. a repülés és a nehézipar, vagy éppen a mezőgazdaság) kibocsátását ez a technológia ellensúlyozhatja. A közvetlen léghívó eljárás jelenleg még rendkívül költséges. A technológiát előbb-utóbb nagyléptékben kellene bevezetni, hogy költségcsökkenés legyen realizálható.

Kulcskérdés, hogy ezen energiotechnológiák időben rendelkezésre állnak-e majd minden részfolyamathoz kapcsolódóan. A CO₂ kibocsátás megkötéséhez, szállításához, felhasználásához vagy tárolásához szükséges résztechnológiai megoldások érettsége tekintetében nagy eltérések mutatkoznak (14. táblázat).

Míg a *CO₂-leválasztás* bizonyos ipari és üzemanyag-átalakítási folyamatokban már régóta jelen van, mint például az ammónia-termelésben (kémiai abszorpció), addig más területeken vagy csak most jelenik meg a technológia kereskedelmi léptékben (ammóniagyártás fizikai abszorpcióval), vagy még mindig csak demonstrációs fázisban (pl. metanolgyártás kémiai vagy fizikai abszorpcióval; cementgyártás kémiai abszorpcióval) illetve prototípus szinten (ammóniagyártás fizikai adszorpcióval; etanol előállítása lignocellulózsból CCUS-technológia alkalmazásával) áll a technológia.

A *CO₂ szállításhoz* szükséges csővezetékes technológia már közel érett technológiának tekinthető. A vízi (elsősorban tengeri) szállítási technológiák viszont egyelőre még csupán prototípus vagy demonstrációs szinten állnak.

A CO₂-t több mint öt évtizede használják az olajbányászatban; a felhasznált CO₂ betárolható a kőolaj rezervároikba (zárványokba). A földalatti sóképződményekben történő tárolás a korai alkalmazás szintjén áll. Más geológiai tárolási lehetőségek kapcsán (pl. a kimerült olaj- és gázmezőkben történő CO₂-tárolás) egyelőre még csak korlátozott tapasztalatokkal rendelkezünk.

A *CO₂-felhasználás* ma még csak néhány iparágra jellemző, mint például karbamid előállítása és szénsavas italok gyártása.⁶⁷ A jövőre nézve a CO₂ egyéb lehetséges felhasználási területe lehet pl. az építőipar (építőanyagokba beépülve) és a szintetikus üzemanyaggyártás.

A CO₂ leválasztás és -tárolás sikeres alkalmazásához további kutatási, innovációs és demonstrációs erőfeszítések kellenek.

⁶⁶ Olyan technológia, amellyel a légkörből ki lehet vonni a CO₂-t

⁶⁷ A CO₂ mindkét említett esetben csak ideiglenesen tárolódik és végül a légkörbe kerül.

Alap- és alkalmazott kutatás (TRL skála 1-4 szintje)	Prototípus és prototípus-rendszer (TRL skála 5-7. szintje)	Demonstrációs rendszer (TRL skála 8. szintje)	Korai alkalmazás (kereskedelmi rendszer) (TRL skála 9-10. szintje)	Érett technológia (TRL skála 11. szintje)
CO₂ leválasztás – vegyipar (ammónia, műanyagok, egyéb vegyipari termékek gyártása és finomítása)				
<ul style="list-style-type: none"> • finomítás / folyékony katalitikus krakkoló, tüzelés utáni leválasztás 	<ul style="list-style-type: none"> • fosszilis vagy biomassza-alapú vegyipari termelés / fizikai vagy kémiai abszorpció • fosszilis vagy biomassza-alapú vegyipari termelés, fizikai adszorpció 		<ul style="list-style-type: none"> • ammónia / fizikai abszorpció • metanol/ kémiai abszorpció 	<ul style="list-style-type: none"> • ammóniatermelés/ kémiai abszorpció
CO₂ leválasztás – vas- és acélgégyártás				
	<ul style="list-style-type: none"> • vasszivacs (DRI termékek) / fizikai abszorpció • vasszivacs (DRI termékek) / földgáz alapú, magas szintű elektrolitikus hidrogénkeveréssel • olvadékredukció oxigénbefúvással / fizikai adszorpció • kohó / folyamatgáz hidrogéndúsítás és CO₂ eltávolítás felhasználás vagy tárolás céljából, kémiai abszorpció 	<ul style="list-style-type: none"> • acélművek gázainak átalakítása üzemanyaggá (hulladékgáz újrahasznosítás) 	<ul style="list-style-type: none"> • vasszivacs (DRI termékek) / kémiai abszorpció 	
CO₂ leválasztás – cementgyártás				
<ul style="list-style-type: none"> • elektrolízis-alapú eljárás a kalcium-karbonát dekarbonizálására a cementégető kemencében a klinker előállítás előtt 	<ul style="list-style-type: none"> • oxy-fuel CO₂ megkötés (oxy-tüzelőanyag technológia) • új fizikai adszorpció • direkt szeparáció • membránszeparáció • kémiai abszorpció 	<ul style="list-style-type: none"> • részleges (21%-os) CO₂-leválasztás kémiai abszorpcióval 	<ul style="list-style-type: none"> • CO₂ leválasztása inert karbonát anyagokban (mineralizáció) 	
CO₂ leválasztás – hidrogén és egyéb üzemanyagok előállítása				
	<ul style="list-style-type: none"> • etanol előállítása lignocellulóz⁶⁸ből • hidrogén előállítása szénből 	<ul style="list-style-type: none"> • biometán előállítása • bioetanol előállítása cukorból/keményítőből • hidrogén előállítás földgázból autotermikus reformálással • gőzreformálás (SMR) alapú hidrogénelőállítás 		
<ul style="list-style-type: none"> • hidrogén biomassza vagy hulladék gázosításával 		<ul style="list-style-type: none"> • biomassza / hulladék gázosítása 		
CO₂ leválasztás – villamosenergia-termelés				
<ul style="list-style-type: none"> • biomassza vagy hulladék gázosítása / égetés előtti leválasztás, fizikai abszorpció 	<ul style="list-style-type: none"> • földgáz vagy szén / szuperkritikus CO₂-ciklus • szén / oxy-tüzelőanyag technológia • szén / égetés előtti leválasztás, fizikai abszorpció 	<ul style="list-style-type: none"> • biomassza / tüzelés utáni leválasztás, kémiai abszorpció • földgáz / tüzelés utáni leválasztás, kémiai abszorpció • szén / tüzelés utáni leválasztás, kémiai abszorpció 		
	<ul style="list-style-type: none"> • közvetlen légekivonás 	<ul style="list-style-type: none"> • közvetlen légekivonás („Direct air capture”) 		
CO₂ szállítás				
	<ul style="list-style-type: none"> • hajózás / kikötőből kikötőbe 	<ul style="list-style-type: none"> • hajózás / kikötőből kikötőbe 	<ul style="list-style-type: none"> • csővezetékes szállítás 	
<ul style="list-style-type: none"> • hajózás / kikötőből tengeri terminálhoz 				
CO₂ tárolás				
<ul style="list-style-type: none"> • közvetlen (pl. bazaltban) történő tárolás 	<ul style="list-style-type: none"> • fejlett megfigyelési technológiák • kimerült kőolaj- és földgázmezők 		<ul style="list-style-type: none"> • földalatti sóképződmények 	<ul style="list-style-type: none"> • földalatti kőolaj-rezervoárok (zárványok)
CO₂ felhasználás				
	<ul style="list-style-type: none"> • szintetikus metán előállítása hidrogén és CO₂ felhasználásával • szintetikus folyékony szénhidrogén-üzemanyag / hidrogénből és CO₂-ből 	<ul style="list-style-type: none"> • metanol 	<ul style="list-style-type: none"> • építőanyagok, beton 	<ul style="list-style-type: none"> • karbamid előállítás
<ul style="list-style-type: none"> • szintetikus folyékony szénhidrogén-üzemanyag előállítás víziből és CO₂-ből koncentrált napenergia felhasználásával 				

Saját szerkesztés IEA alapján (<https://www.iea.org/articles/etp-clean-energy-technology-guide>)

14. táblázat – A CCUS értékláncának technológiai felkészültsége

A hidrogénre és az abból előállítható szintetikus üzemanyagokra, mint szekunder energiahordozókra, illetve a tüzelőanyag-cellára, mint áramforrásra épülő innovatív technológiák világszerte kiemelt figyelemmel kísért kulcsterületek, melyeknek meghatározó szerepük lehet mind a jövő fenntartható energetikai rendszereiben és mobilitásában, mind a nehezen karbonmentesíthető iparágak (vegyipar, acélgégyártás, cementipar) zöldítésében. EU szinten ezt támasztja alá az Európai Bizottság 2020 júliusában közleményként megjelentetett Hidrogénstratégia. S ezt a célt fogja szolgálni Magyarország készülő Nemzeti Hidrogénstratégiája is.

Számos technológia szükséges az alacsony CO₂ kibocsátású vagy karbonmentes hidrogén előállításához, szállításához, tárolásához és felhasználásához. Ezek jellemzően a tanulási görbe más-más szakaszában vannak, és sajátos technikai kihívásokkal néznek szembe. (15. táblázat)

Az alacsony CO₂ kibocsátású vagy karbonmentes hidrogéntermelési útvonalak fejlesztése – mint ahogyan a hidrogénpiac alapjainak lefektetése is – kritikus fontosságú. A két fő termelési eljárást a hagyományos technológiák (elsősorban a földgáz gőzreformálása) és a CCUS összekapcsolása; valamint a víz elektrolízise (elektromos áram hatására történő vízbontás)

⁶⁸ Lignocellulózoknak nevezik azokat a növényi anyagokat, amelyek fő komponense a cellulóz.

jeleni. Előbbi inkább középtávon jelenthet megoldást, utóbbi – a karbonmentes energiamix megteremtésével – hosszú távon is jó alternatívát kínál számunkra a hidrogén előállítására. Az elektrolízis esetében is többféle eljárás ismert. A lúgos (alkáli) elektrolízistechnológiák a legértettebbek és így a legköltséghatékonyabbak (ezek uralják a piacot, különösen a nagyszabású projektek tekintetében), de számos új projekt a polimer elektrolit membrán (PEM) elektrolizátorokra vagy a szilárd oxid-elektrolízis cellatechnológiákra (SOEC) épül.

Alap- és alkalmazott kutatás (TRL skála 1-4 szintje)	Prototípus és prototípus-rendszer (TRL skála 5-7. szintje)	Demonstrációs rendszer (TRL skála 8. szintje)	Korai alkalmazás (kereskedelmi rendszer) (TRL skála 9-10. szintje)	Érett technológia (TRL skála 11. szintje)
Low-carbon (alacsony karbon tartalmú) vagy karbonmentes hidrogén előállítás				
<ul style="list-style-type: none"> tengervíz elektrolízise kémiai hurok nukleáris vagy napenergia / termokémiai vízbontás <ul style="list-style-type: none"> biomassza / hulladék gázosítása CCUS-sel 	<ul style="list-style-type: none"> szénégázosítás CCUS-sel metán pirolízis / metánhasítás szilárd oxid elektrolizáló cellák 	<ul style="list-style-type: none"> elektrolízis / polimer elektrolit membrántechnológia hidrogén előállítás földgázból autotermikus reformálással, CCUS-sel <ul style="list-style-type: none"> gőzreformálás (SMR) alapú hidrogénelőállítás, CCUS-sel 	<ul style="list-style-type: none"> víz elektrolízise / alkáli 	
Infrastruktúra				
<ul style="list-style-type: none"> hidrogén tárolása kimerült földgáz- és kőolajmezőben 	<ul style="list-style-type: none"> LOHC szállító tartály folyékony hidrogén szállító tanker 	<ul style="list-style-type: none"> hidrogén bekeverése a földgázhálózatba 	<ul style="list-style-type: none"> üzemanyagtöltő állomás tárolás kimerült sóbányában ammónia szállítására alkalmas tanker 	<ul style="list-style-type: none"> csővezeték tároló tartályok
Felhasználás - üzemanyag-átalakítás				
	<ul style="list-style-type: none"> szintetikus folyékony szénhidrogén előállítás 	<ul style="list-style-type: none"> szintetikus metán előállítása 	<ul style="list-style-type: none"> fosszilis alapon, CCUS-sel előállított hidrogén a kőolajfinomításhoz 	
Felhasználás - villamosenergia-termelés				
<ul style="list-style-type: none"> az ammónia és a szén együtt tüzelés a meglévő szénéreművekben 	<ul style="list-style-type: none"> hibrid üzemanyagcella és gázturbina rendszer 		<ul style="list-style-type: none"> magas hőmérsékleten működő üzemanyag-/tüzelőanyag-cella 	
Felhasználás – ipar				
<ul style="list-style-type: none"> cementégető kemence / hidrogén részleges felhasználása vas és acélgyártás / hidrogénplazma 	<ul style="list-style-type: none"> vasszivacs (DRI⁶⁹ termékek) / hidrogén és földgáz keverékével vasszivacs (DRI termékek) / 100%-ban tiszta hidrogénnel elektrolízis metanol előállítására 	<ul style="list-style-type: none"> elektrolízis ammónia előállítására 	<ul style="list-style-type: none"> fosszilis alapon előállított metanol CCUS-sel 	<ul style="list-style-type: none"> fosszilis alapon előállított ammónia CCUS-sel
Felhasználás – közlekedés				
	<ul style="list-style-type: none"> ammónia üzemű hajók hidrogénüzemű hajók / hidrogén üzemanyagcella különböző típusai (szilárd oxidos üzemanyagcella, protoncsereelő membrán, olvadt karbonát üzemanyagcella) üzemanyagcella kamionokhoz / polimer elektrolit membrán (PEM) 	<ul style="list-style-type: none"> üzemanyagcellák vonatokhoz 	<ul style="list-style-type: none"> üzemanyagcella könnyű járművekhez (protonáteresztő üzemanyagcella) hidrogénüzemű mozdony 	
Felhasználás – épületszektor				
	<ul style="list-style-type: none"> hidrogénüzemű hőszivattyú / fém-hibrid hőszivattyú 		<ul style="list-style-type: none"> hidrogénbojler kapcsolt hő- és villamosenergia-termelés (CHP) /üzemanyagcellás mikro-CHP szilárd oxid anyagok vagy polimer elektrolit membrán felhasználásával hidrogénüzemű, hőszivattyú / hidrogénnel dúsított földgázzal vagy szintetikus metánnal működő hőszivattyú 	

Saját szerkesztés IEA alapján (<https://www.iea.org/articles/etp-clean-energy-technology-guide>)

15. táblázat – A hidrogén értéklánc technológiai felkészültsége

A Nemzeti Hidrogéntechnológiai Platform és a nemzeti hidrogénstratégia kialakításának elindítása

A 2020-as év elején elfogadott Nemzeti Energiastratégia is kitért a hidrogén jövőbeli szerepére. 2020 áprilisában pedig megalakult a Nemzeti Hidrogéntechnológiai Platform, amely komoly lendületet adhat a magyar hidrogéngazdaság fejlődésének, hiszen egy asztalhoz ülteti az érintett szereplőket, és fórumot teremt a magyar gazdaság és tudomány szempontjából releváns fókuszterületek szakmai konszenzusra épülő, megalapozott ösztönző és szabályozási eszközeinek kialakításához. A Platform célul tűzte ki egy fehér könyv kidolgozását, amely feltérképezi a hidrogén-technológiák alkalmazásának hazai helyzetét, a meglévő kompetenciákat és az iparági szereplők várakozásait, terveit. A fehér könyvre alapozva pedig elkészül majd a nemzeti hidrogénstratégia is. Ahhoz, hogy az iparági előrelépés ezen a területen megvalósuljon, nagyon fontos, hogy az általános stratégiai keretek meghatározásán túl konkrét projektek is induljanak.

⁶⁹ direct reduced iron

A bioenergia – azon belül is elsősorban a „modern” eljárások – nagyobb mértékű és fenntartható felhasználása is elengedhetetlen lesz a klímasegesség céljainak eléréséhez. A bioenergia hasznosítására már rendelkezésre áll néhány érett vagy közel érett technológia (16. táblázat). E technológiák magukban foglalják az első generációs bioüzemanyagok előállítását, valamint a szilárd biomassza erőművekben vagy egyedi fűtőberendezésekben történő tüzelését. A bioenergia hosszú távú potenciáljának kiaknázása ezeken felül számos új, de a technológiai felkészültség korai szintjén álló technológiák (mint például a fejlett (második generációs) biodízel és a cellulóz alapú bioetanol-gyártás, biometán előállítása anaerob emésztőüzemekben, biomassza erőmű CCUS-sel, bioüzemanyag légi közlekedésben és hajózásban történő alkalmazását lehetővé tevő technológiák) fejlődésétől és elterjedésétől is függ. Az alapanyagok költségei és a logisztikai nehézségek azonban korlátot állítanak a lehetőségek kiaknázására, ezért további innovatív megoldásokra van szükség a teljes biomassza-ellátási lánc kiépítésére és megerősítésére.

Alap- és alkalmazott kutatás (TRL skála 1-4 szintje)	Prototípus és prototípus-rendszer (TRL skála 5-7. szintje)	Demonstrációs rendszer (TRL skála 8. szintje)	Korai alkalmazás (kereskedelmi rendszer) (TRL skála 9-10. szintje)	Érett technológia (TRL skála 11. szintje)
Biomassza-termelés				
	<ul style="list-style-type: none"> kettős termesztés („double cropping”) 			
Bioüzemanyag-előállítás				
<ul style="list-style-type: none"> biodízel / gázosítás + Fischer–Tropsch szintézis CCUS-sel biodízel / hidrotermikus cseppfolyósítás biogáz és biodízel / mikroalgák biometán / biomassza gázosítás és biológiai metanálás 	<ul style="list-style-type: none"> biodízel / pirolízis biodízel / szintetikus izoparafiniok biodízel / hidrotermikus cseppfolyósítás biodízel / gázosítás és a Fischer–Tropsch szintézis biodízel / alkoholtól jet üzemanyag bioetanol / lignocellulóz, enzimes fermentáció + CCUS biometán előállítás / biomassza gázosítás és katalitikus metanálás, CCUS-sel bioüzemanyag / biofinomítás 	<ul style="list-style-type: none"> biometán előállítás / biomassza gázosítás és biológiai metanálás hidrogénnel biodízel / szintetikus izoparafiniok bioetanol / cukor és keményítő mezőgazdasági növényekből + enzimes fermentáció bioetanol / lignocellulóz + enzimes fermentáció 	<ul style="list-style-type: none"> biometán / biomassza gázosítás (small-scale) biogáz / nem algás alapanyag, anaerob emésztés bioetanol / cukor és keményítő mezőgazdasági növényekből + enzimes fermentáció biodízel / hidrogénezett növényi olaj biodízel / zsírsav-metil-észter 	
	<ul style="list-style-type: none"> bioetanol / lignocellulóz, gázosítás biometán előállítás / anaerob emésztés és katalitikus metanálás hidrogénnel biometán előállítás / anaerob emésztés és CO₂-szeparáció, CCUS 	<ul style="list-style-type: none"> biometán előállítás / anaerob emésztés és CO₂-szeparáció 		
Villamosenergia-termelés				
<ul style="list-style-type: none"> biomassza / CCUS, égetés előtti leválasztás, fizikai abszorpció 		<ul style="list-style-type: none"> biomassza / CCUS, égetés utáni leválasztás, kémiai abszorpció szilárd biomassza tüzelésű IGCC 		<ul style="list-style-type: none"> szilárd biomasszával működő gőztüremű erőmű
Bioenergia infrastruktúra				
		<ul style="list-style-type: none"> biometán bekeverése a földgázhálózatba 		
Bioenergia felhasználás az iparban				
	<ul style="list-style-type: none"> biomassza alapú alumíniumfinomítás biomassza alapú hidrogén biomassza alapú ammónia 	<ul style="list-style-type: none"> biomassza alapú etanol termelés egyéb biomassza alapú vegyipari termékek 	<ul style="list-style-type: none"> faszenes nagyolvasztó kemencébe acélgyártáshoz biomassza alapú etilén gyártás 	<ul style="list-style-type: none"> „drop-in” tüzemanyag-technológia
Bioenergia felhasználás a közlekedésben				
	<ul style="list-style-type: none"> metanol üzemanyagcella (hajózás) ammónia üzemű motor (hajózás) 	<ul style="list-style-type: none"> biodízel meghajtású hajó biojet / repülőkhöz metanol meghajtású hajómotor 	<ul style="list-style-type: none"> etanol üzemű motor metanol üzemű motor gázüzemű motor / sűrített biogáz gázüzemű motor teherjárművek számára, / cseppfolyósított biogáz bioetanol, biodízel közúti járművekhez 	
Biomassza felhasználás az épületekben				
			<ul style="list-style-type: none"> bioüzemanyagok / háztartási biogáz emésztő pellet tüzelésű kazán 	<ul style="list-style-type: none"> továbbfejlesztett biomassza-tűzhely biomassza alapú egyedi fűtőberendezések (pl. fa tüzelésű kályha)

Saját szerkesztés IEA alapján (<https://www.iea.org/articles/etp-clean-energy-technology-guide>)

16. táblázat – A bioenergia értékláncának technológiai felkészültsége

Magyarországon komoly innovációs lehetőség rejlik a biogáz-potenciál kiaknázásában. Ezzel nem csak földgázimportunk lenne mérsékelhető már belátható időn belül, de a beruházások munkahelyteremtő és gazdaságélénkítő céllal is támogathatók lehetnek.

6.1.2. Tiszta technológiák és megoldások a többi ágazatban

Ez az alfejezet a teljesség igénye nélkül nyújt áttekintést az ismert és Magyarország számára is alternatívát kínáló innovatív tiszta technológiai megoldásokról a víz-, hulladék- és szennyvízkezelés, a közlekedés, az ipar, az épületszektor, valamint a mezőgazdaság és az erdőgazdálkodás területén (*Hiba! A hivatkozási forrás nem található.*).

Az elmúlt évtizedekben a technológiai fejlődés eredményesen járult hozzá egyes hazai **vízgazdálkodási** problémák hatékony kezeléséhez, többek között az információs-, a bio- és nano-technológiák, a különféle korszerű monitoring rendszerek, a tervezést és döntéshozást támogató módszerek és modellezési lehetőségek vízügyi alkalmazása révén. Ennek ellenére indokolt a további technológiai fejlesztésekből adódó lehetőségek kiaknázása, különösen az ipar vízigényes ágazataiban a felhasznált mennyiség és a kibocsátott víz szennyezőanyag-tartalmának csökkentése érdekében. Ezeken felül az elektrolízisen alapuló hidrogéntermelési potenciál felmérése kapcsán is maximálisan figyelembe kell majd venni a vízgazdálkodási szempontokat.

Az elérhető tiszta és innovatív **hulladékgazdálkodási** technológiák (pl. a digitalizáció, a membrántechnológia, a mesterséges intelligencia és a nanotechnológia, a plazmatechnológia, a korszerű anyagtechnológia) széles körben történő alkalmazása, és a környezetirányítási rendszerek kiépítése, működtetése jelentős előrelépést eredményez. Ezek a megoldások kitágíthatják és hatékonyabbá tehetik a hulladékkezelés lehetőségeit mind a hasznosítás, mind az ártalmatlanítás, mind pedig a hulladékmegelőzés szintjén.

A tápanyagok természeti körfolyamatba való visszaforgatására, a szennyvíziszapok mezőgazdasági területen történő elhelyezésére és energiatermelési célú felhasználására számos **innovatív szennyvízkezelési megoldás** áll már ma is rendelkezésre, melyek kiaknázása és továbbfejlesztése egyaránt kulcsfontosságú.

A **közlekedési szektor** kibocsátás-csökkentésében óriási potenciál rejlik, ám a lehetőségek kiaknázása még intenzívebb KFI erőfeszítéseket követel meg. A közlekedés klímabarátabbá válását leginkább a tisztább üzemanyag-felhasználás (villamos energia, első generációs bioüzemanyagok, alacsony karbon tartalmú vagy karbonmentes hidrogén) támogatja, de további lehetőség rejlik a továbbfejlesztett járműgyártásban (pl. anyagtechnológia, gyártási folyamatok fejlesztése), az üzemanyag-felhasználás hatékonyságának javításában, a koordináltabb közlekedésszervezésben, a digitalizációban és az autonóm technológiákban.

A tiszta technológiák, energiahordozók és nyersanyagok felhasználása az **ipari szektorban** hozzájárul az ipari kibocsátás csökkentéséhez, az energia-, anyag- és egyéb erőforrás-felhasználás hatékonyságának növeléséhez. A felhasznált energia zöldítésén, illetve karbonmentesítésén túl számos egyéb lehetőség is kínálkozik a fenntarthatóság javítására. Ilyen újítások például a könnyű és hosszú élettartamú anyagok használata, a CCUS technológia alkalmazása, alternatív nyersanyagok felhasználása, a digitalizáció és automatizálás, a robotika, valamint az additív gyártás és a folyamathatékonyság javítása.

Az **épületszektor** ma még jelentős mértékben fogyaszt erőforrásokat, különösen nagy a szektor anyagfelhasználása, illetve energiafogyasztása. Az új technológiákkal azonban jelentős megtakarítást érhetünk el a jövőben. A környezetbarátabb építő- és szigetelő anyagok, valamint az új építészeti megoldások révén egyaránt csökkenthető a szektor anyagigénye és energiafelhasználása. A szektorban a tiszta és hatékony energiafelhasználásra megoldást kínálnak a tiszta energiatermelő technológiák (napelemek, hőszivattyúk), a hatékonyabb energiafelhasználást támogató okos megoldások és a korszerű világítás- és szellőztéstechnológiák. Hosszabb távon nagy lehetőség rejlik a háztartási szintű energiatarolási megoldások alkalmazásában is.

A mezőgazdaságnak és az erdőgazdálkodásnak is nagyon komoly szerepet kell vállalnia az éghajlati kihívások kezelésében.

Az **agrárszektorban** – jellegéből adódóan – többirányú megközelítésre van szükség, hiszen a szektornak:

- 1) képesnek kell lennie a növekvő élelmiszer-kereslet kielégítésére;
- 2) csökkentenie kell saját ÜHG-lábnyomát,
- 3) illetve növelnie kell a szélsőséges időjárással szembeni ellenállóképességét.

Az agrárágazatban a kibocsátás csökkentésére és a klímaváltozáshoz való alkalmazkodás javítására irányuló lehetséges innovatív beavatkozások között szerepel pl. a talaj CO₂-elnyelőképességének javítása, az integrált növényvédelem, illetve a mezőgazdasági hulladékok innovatív hasznosítása. A precíziós mezőgazdasági technológiák, a biotechnológia, a robotika, a drón-alapú távérzékelés vagy éppen a fogyasztási szokások átalakítását elősegítő innovatív élelmiszeripar térnyerése is nagyban hozzájárulhat az ágazat fenntarthatóbbá tételéhez.

Innovatív „tisza” technológiák alkalmazása az agrárszektorban

- A szektor kibocsátásának csökkentéséhez az energiahatékonysági intézkedések és a megújuló energia nagyobb arányú hasznosítása nagyban hozzájárul.
- A mezőgazdasági gépek, berendezések fejlesztése és a mezőgazdasági épületek nagyobb energiahatékonysága csökkentheti az üzemanyag-felhasználást és a károsanyag-kibocsátást.
- A szén talajban történő elnyelése és tárolása /megkötése többek között olyan művelési technológiákkal fokozható, amelyek a légköri CO₂-t szénalapú vegyületekké alakítják át a talajban.
- A nitrogénműtrágya-felhasználás jelentős mértékű dinitrogén-oxid (N₂O) kibocsátással jár, amely erős üvegházhatású gáz. Különböző ígéretes technikák léteznek ezen kibocsátások csökkentésére; ám hatékonyságuk növelése érdekében további innovációra van szükség. Az ismert technológiák között említhetők pl. a nitrifikációgátlók, amelyek a talajban a nitrogént hosszabb ideig képesek megtartani a növények által használható formában; a mikrobák, amelyek lehetővé teszik a növények számára a nitrogén megkötését⁷⁰; valamint a szintetikus műtrágyák megújuló energiaforrásokból történő előállítását.⁷¹ Az N₂O-kibocsátás a nitrogénműtrágya-felhasználás racionalizálásával is mérsékelhető. Ehhez segítséget nyújthat a fejlett digitalizációs technológiákat (érzékelők, adattovábbítás, adatelemzés, stb.) alkalmazó un. precíziós mezőgazdaság, amelynek révén a műtrágya a kellő időben és a kellő mennyiségben jut a talajba.
- Az öntözővíz szükséglet minél pontosabb meghatározása mind gyakrabban felmerülő igény a növénytermesztési ágazatok részéről, így nagy jövő előtt áll a jelentős megtakarítást biztosító precíziós öntözés.
- A hozamterképek távérzékeléssel történő kiegészítésével meg lehet állapítani, hogy hová érdemes növényvédőt szert, trágyát kijuttatni, és a jó minőségű talajfoltokba több, a rosszabbakba kevesebb vetőmag juttatható.
- A GPS-sorvezetők és az automata kormányzás kombinációja révén a traktorok a lehető legkisebb területet járják be, s így üzemanyagot takarítanak meg, és az üzemanyag-felhasználással együtt természetesen csökken a kibocsátás is.
- A kertészeti üvegháztelepek hatékonysága integrált, intelligens rendszerekkel javítható.
- A precíziós takarmányozás elősegíti a hatékony állattenyésztést. A számítógépek által vezérelt, motorikus adagolóval ellátott készülékek akár azt is lehetővé tehetik, hogy a tenyészállatokat egyedi étvágyuk és

⁷⁰ Ez helyettesítheti egyes növények műtrágya-felhasználását.

⁷¹ WRI (2020). 6 Ways the US Can Curb Climate Change and Grow More Food. Richard Waite and Alex Rudee. August 20, 2020. Available at: <https://www.wri.org/blog/2020/08/us-agriculture-emissions-food>

kondíciójuk szerint, takarmánygörbe alapján szolgálják ki.

- Az állattenyésztésből (elsősorban a szarvasmarha-tenyésztésből) származó kibocsátás is jelentős. A kibocsátás csökkenthető olyan innovatív technológiai újítások révén, mint az innovatív takarmánykeverékek, amelyek többek között javítják a szarvasmarhák emésztését.
- Az anaerob erjesztők csökkenthetik a trágya kezeléséből származó kibocsátásokat azáltal, hogy a metánt megkötik és átalakítják megújuló energiává.
- Csökkenteni kell az élelmiszervesztéseket és a pazarlást. Ennek kapcsán egyfelől szükség van a fogyasztási szokások átalakítására, de azon digitalizációs technológiák adta lehetőségeket is jobban ki kell aknázni, amelyek hatékonyabban képesek összekapcsolni az ellátási lánc szereplőit. A NÉBIH Maradék nélkül programjának felmérései alapján 2016 és 2019 között 4%-os csökkenést sikerült elérni a háztartási élelmiszerpazarlás mennyiségében, amelyhez nagyban hozzájárult a program keretében zajló lakossági szemléletformáló kampány, amely egy komplex iskolai programot is magába foglal.
- A hús- és tejtermék-alternatívák szélesebb körben történő elterjesztése csökkentheti a kibocsátást. Ebben az irányban is számos újítás született már, és a fejlesztések tovább folynak. Számos élelmiszeripari vállalat foglalkozik növényi alapú húsalternatívák ki- és továbbfejlesztésével, valamint húskészítmények laboratóriumi sejtekből történő előállítását lehetővé tevő technológiák kidolgozásával.

Sajnos a klímaváltozás nagymértékben hatással van az erdőgazdálkodásra is, amelynek a kihívások eredményesebb kezelése érdekében sokkal innovatívabbá kell válnia. A precíziós gazdálkodásnak mindennapos gyakorlattá kell válnia az erdőgazdálkodásban. Az erdőgazdálkodóknak olyan technológiákra van szükségük, mint pl. a távérzékelés, a fejlett monitoringrendszerek, vagy éppen a légi lézer szkennelés (LiDAR).

Szektor	Innovatív technológiák és megoldások
Energia	<ul style="list-style-type: none"> • megújuló energia: bioenergia, geotermikus energia (elsődlegesen hőtermelési céllal) • hulladék energetikai hasznosítása • dekarbonizált hidrogén és szintetikus üzemanyagok • nukleáris energetikai innováció • innovatív és tiszta erőműtechnológiák • digitalizációs technológiák és megoldások / smart grid, okos mérés és DSR, digitális erőmű és hálózatüzemeltetés • energiatárolási technológiák (akkumulátoros és szezonális (P2G) energiatárolási megoldások) • hatékony és zöld távhőrendszerek • üzemanyagcella • hidrogén és földgáz keverését lehetővé tevő megoldások • CCUS technológia • energiahatékonysági technológiák
Vízgazdálkodás	<ul style="list-style-type: none"> • hatékony vízszolgáltatást biztosító technológiák • modern vízkészlet-gazdálkodási technológiák • okos vízellátási rendszerek • digitalizáció, monitoringrendszerek • mesterséges intelligencia • bio-, nano- és fototechnológia • precíziós öntözési rendszerek • hatékony víztisztítási technológiák
Hulladékszektor	<ul style="list-style-type: none"> • a hulladékok keletkezésének megelőzéséhez olyan innovatív termelési folyamatok bevezetése, amelyek kevesebb és elsősorban újrahasznosított anyagot alkalmaznak; • innovatív módszerek alkalmazása a hulladék gyűjtésében és a hulladék-szállítmányozásban (pl. elektromos hulladékgyűjtő járművek, járatoptimalizáció); • innovatív és zöld terméktervezés hosszú élettartamú, jól javítható és hulladékká válásuk után minél nagyobb arányban újrafelhasználható vagy újrafeldolgozható termékek létrehozása érdekében; • hulladék-újrahasznosítás elősegítése okos ökológiai rendszerek kialakításával (az

	<p>anyag- és energiaáramokat jobban össze kell hangolni annak érdekében, hogy az egyik termelési folyamatban keletkező hulladék egy másik folyamat inputja lehessen);</p> <ul style="list-style-type: none"> • nem hasznosítható hulladékok környezetbarát kezelése (a pirolízis és a gázosítás mellett új megoldást jelent a plazmatechnológia)
Szennyvízkezelés	<p>Innovatív szennyvízkezelés és a környezetbarát szennyvíziszap hasznosítási lehetőségek kiaknázása</p> <ul style="list-style-type: none"> • szennyvíztisztítási, szennyvízkezelési technológiák fejlesztése • újrahasznosítást elősegítő technológiák • termék- és energia-előállítás szennyvíziszapból • remediációs technológiák innovációja
Közlekedés	<ul style="list-style-type: none"> • elektromobilitás (elektromos meghajtású járművek, e-töltés, okos töltés) • hidrogén, üzemanyagcella, hidrogén-töltőállomások • második generációs (fejlett) bioüzemanyagok, • üzemanyag-hatékonyság, • tömegközlekedési rendszerek hatékonyabb működését lehetővé tevő technológiák és megoldások, • új kompozit anyagok a járműgyártáshoz • innovatív útburkolati technológiák
Ipar	<ul style="list-style-type: none"> • alternatív energiafelhasználás és alternatív alapanyagok (innovatív építő-, szigetelő- és burkoló anyagok) • ipari folyamathő hasznosítása • anyag- és folyamathatékonyság • energiahatékonyság • CCUS • digitalizáció
Épületszektor	<ul style="list-style-type: none"> • innovatív anyagtechnológia (építőanyagok, szigetelő- és burkolóanyagok) és anyaghatékonyság • üvegtechnológia (pl. elektrokróm üveg, termokróm üveg) • innovatív (egyben tiszta és hatékony) fűtési és hűtési megoldások (pl. hőszivattyú) • innovatív szellőztetési megoldások • háztartási méretű kiserőművek (HMKE) • innovatív világítástechnikai megoldások • okos mérés és komplett okos otthon megoldások • új tervezési és építési technológiák (moduláris építkezés) • energiatárolási megoldások • hatékonyabb háztartási gépek, berendezések
Mezőgazdaság	<ul style="list-style-type: none"> • mezőgazdasági hulladék innovatív hasznosítása • precíziós mezőgazdaság • GPS és távérzékelési technológiák • biotechnológia • integrált növényvédelem • hatékonyabb mezőgazdasági gépek és berendezések • okos üvegházak
Erdőgazdálkodás	<ul style="list-style-type: none"> • digitalizáció és monitoringrendszer • GPS és (műholdas) távérzékelés • légi lézerek szkennelés (LiDAR), légi digitális fényképezés • innovatív talajkezelés

17. táblázat – Szektorális áttekintés az innovatív tiszta technológiai megoldásokról

6.2. Az innovációt meghatározó keretfeltételek

Bár az energetikai és klímacélokat szolgáló innováció leghangsúlyosabb eleme a technológiai innováció, emellett szükség van innovációt ösztönző szabályozásra és politikákra, innovatív üzleti modellekre, innovatív piactervezésre és innovatív rendszerüzemeltetésre is, vagyis a

technológiai és a társadalmi-szervezeti innovációk közötti kölcsönhatások jelentőségét hangsúlyozó ún. holisztikus innovációs megközelítésre kell törekedni.

Az állam szerepe kiváltképp meghatározó a KFI tevékenységek, kiemelten a magánszektor kutatás-fejlesztési és innovációs tevékenységeinek az előmozdításában.

A KFI szektor számára a Kormány által kijelölt legfőbb cél, hogy a gazdaság magyar, zöld és high-tech, valamint ellenálló és szuverén legyen, ami azt jelenti, hogy minél több olyan magyar tulajdonú vállalat legyen jelen a piacon, amely korszerű és zöld technológiával, munkavállalóinak biztos megélhetést nyújtva, világszínvonalon állít elő termékeket és szolgáltat. További kiemelt cél a KFI teljesítmény növelése, és az éghajlatváltozás miatt keletkező innovációs igényekben rejlő gazdaságfejlesztési lehetőségek maximális kiaknázása.

A kedvező, támogató szabályozási környezetet megalapozó horizontális szemléletű dokumentum a kormánydöntés előtt álló Új Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Stratégia 2021-2030, amely a Befektetés a jövőbe – Nemzeti Kutatás-fejlesztési és Innovációs Stratégia 2013-2020 szerves folytatása. Létrejöttét széleskörű szakmai egyeztetés alapozta meg. A vertikális (ágazati) elemeket az elfogadás előtt álló Intelligens Szakosodási Stratégia rögzíti.

Az eddigieknél nagyobb összeget szán az uniós költségvetés az éghajlatváltozás elleni küzdelemre, amelyből jelentős rész a „zöld” KFI tevékenységek számára biztosít dedikált támogatásokat. Az elérhető nemzeti KFI források is jelentősen bővülnek az elkövetkező években. Ez azért öröndetes, mert a KFI támogatások magyar felhasználását elemző értékelés megállapításai szerint a KFI célú források nemzetgazdasági és piaci szempontból is hatékonyabban hasznosultak, mint a más területeken megvalósult beruházások. Annak ellenére, hogy kedvező hatásai más támogatási típusokhoz képest lassabban jelentkeznek, azok tartósan és hosszútávon érezhetők és kimutathatók.

A zöld KFI tevékenységek ösztönzésének megvalósítása érdekében a főbb hazai stratégiai célok és beavatkozási eszközök a következők:

Stratégiai cél	Intézmények, eszközök
Stabil állami stratégiai-finanszírozási intézményrendszer kialakítása és működtetése, a KFI tevékenységeket ösztönző pályázati rendszer fenntartása	<ul style="list-style-type: none"> a) Nemzeti Tudománypolitikai Tanács b) Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal c) Eötvös Loránd Kutatási Hálózat
Hatékony és eredményes KFI ökoszisztéma kialakítása	<ul style="list-style-type: none"> a) Országos Tudományos Kutatási Alapprogramok (OTKA): kutatási projektek támogatása, elősegítve a hazai kutatók és az intézmények nemzetközi elismertségét. b) Tématerületi Kiválósági Program (TKP): 27 tudományos intézmény 92 tématerületi kutatásait támogatja. c) Egyetemi Innovációs Ökoszisztéma: a felsőoktatási intézményeken belül önálló szervezeti egységek segítik elő az egyetemen keletkező tudományos eredmények piaci hasznosítását, a technológia-transzfer, és támogatják az egyetem, valamint az üzleti szféra szereplői közötti KFI együttműködést d) Nemzeti Laboratóriumok: a nemzetgazdaság számára különösen ígéretes tématerületeken a hazai tudáscentrumokat összefogó, nemzetközi szinten elismert, célorientált hálózatos csomópontrendszer négy fő kutatás-fejlesztési területen (ipar és digitalizáció; kultúra és család; egészség és biztonságos társadalom; környezet). e) Science Parkok: egy tudományterületi téma köré épülő piac kialakítása (a felsőoktatási intézmények és a vállalati szektor közötti

	szorosabb együttműködés érdekében magas hozzáadott értékű, sok munkahelyet teremtő, zöld, innovatív vállalkozások számára kiemelten vonzó, nemzetközi vállalkozási csomópontok).
Támogató környezet és dedikált pénzügyi forrást biztosító intézmények létrehozása és működtetése az innovatív és környezetbarát megoldásokat alkalmazó mikro-, kis- és középvállalkozások számára piaci lehetőségeik erősítéséhez	Kék Bolygó Klímavédelmi Kockázati Tőkealap a környezeti fenntarthatóságot célzó üzleti elképzelések támogatására.
Eseti pályázati programok célzott gazdaságserkentő beavatkozások érdekében	„Magyar, high-tech és zöld” program a hazai mikro-, kis- és középvállalkozások hatékonyságnövelő, zöld fejlesztéseinek megvalósításához. „Zöld Nemzeti Bajnokok” program a zöldgazdasághoz és -iparhoz kapcsolódó, nagy növekedési potenciállal rendelkező feldolgozóipari vállalkozások technológiaváltást segítő fejlesztéseinek támogatása „Startup Factory” program a startupokat felkaroló inkubátorok szakértői tevékenységének és mentorálási szolgáltatásainak támogatása. Energetikai innovációs mintaprojektet támogató pályázatok.
Folyamatos párbeszéd az érintettekkel	Az ÜHG kibocsátó és elnyelő szektorok képviselőiből álló szektorális fórumok keretében zajló KFI tárgyú egyeztetések. A legnagyobb ÜHG kibocsátó szektor esetében 2018 októbere óta Energetikai Innovációs Tanács néven konzultációs testület működik.

Energetikai innovációs pályázatok Magyarországon

2020 márciusában 12 milliárdos induló keretösszeggel (mely idén szeptemberben további 4 milliárd forinttal bővült) energetikai innovációs mintaprojektet támogató pályázatok kerültek kiírásra. A pályázatok pénzügyi forrását a CO₂ kvóták értékesítéséből származó bevételek klímavédelmi célú felhasználását szolgáló, az ITM kezelésében álló zöldgazdaság finanszírozási rendszer biztosította. A kiírt pályázatok elsődleges célja az olyan innovatív megoldások kifejlesztésének és tömeges alkalmazásának ösztönzése volt, amelyek elősegítik a hazai megújuló energiaforrások fokozott használatát az áramtermelésben, valamint a helyben rendelkezésre álló megújuló energiaforrások terén. Az ebben a körben meghirdetett pályázatok a következők voltak:

- *A villamos energia hálózat stabilitását és rugalmasságát innovatív eszközökkel biztosító fejlesztések megvalósítása,*
- *Az energiaközösségek kialakítását és működését támogató mintaprojektek,*
- *Karbonmentes, többlet villamos energia innovatív technológia által gázenergiává (hidrogén, szintetikus metán / biometán) történő alakítását célzó fejlesztések megvalósítása,*
- *Települések energiaellátásának biztosítása földgáz-helyettesítő alternatív ellátási módok felhasználásával, valamint modern technológiák, rugalmassági szolgáltatások igénybevitelével.*

6.3. A tiszta technológiák innovációjában rejlő gazdaságfejlesztési lehetőségek

A KFI szerepe tehát meghatározó minden egyes ÜHG kibocsátó szektor, és általában a gazdaság alacsony vagy nulla kibocsátású technológiáinak beazonosításában és kifejlesztésében, majd továbbfejlesztésében is. Emellett a klímaváltozás negatív hatásaihoz való alkalmazkodás tekintetében is kínál új megoldásokat. Ráadásul maga a KFI szféra és a KFI eredményei által teret nyitó új, feltörekvő iparágak is jelentős potenciált kínálnak a munkahelyteremtésre, és az ezáltal elérhető tiszta gazdasági növekedésre.

A fentiek egyben azt is jelentik, hogy a KFI tevékenység, illetve az innovatív technológiák és megoldások által nem csupán az energiatermelésünket tudjuk majd eredményesen karbonmentesíteni, de a gazdasági folyamatokat is alacsonyabb kibocsátásúvá alakíthatjuk át; eredményesebben léphetünk fel a klímaváltozás negatív hatásaival szemben; új, fenntartható iparágak kialakulását és terjedését segíthetjük elő, aminek révén új, zöld és klímabarát munkahelyek születéséhez járulhatunk hozzá, miközben tiszta és egyben fenntartható Magyarországot, illetve egészségesebb magyar társadalmat építhetünk. S mindezt úgy valósíthatjuk meg, hogy a klíma- és a gazdaságfejlesztési célok nem egymást kizárva, hanem egymást erősítve szolgálják nemzeti érdekeinket.

7. A végrehajtás irányítása, nyomon követés és felülvizsgálat

7.1. A végrehajtás irányítása

Az NTFS elfogadása és közzététele nem a vége, hanem az eleje annak a folyamatnak, amely biztosítani hivatott, hogy Magyarország a megfelelő pályára álljon, és végül el is jusson a hosszú távú célhoz, a 2050-es klímasemlegességhez. Az NTFS ugyanakkor egy már létező, szerteágazó nemzetközi, EU-s és hazai stratégiai környezetbe illeszkedik (lásd a 2. melléklet), amelynek az éghajlatváltozási erőfeszítések szempontjából Magyarországra vonatkozóan hosszú távú keretét és végső célját adja meg. Az NTFS célkitűzéseire a Nemzeti Energia- és Klímaterv az Éghajlatváltozási Cselekvési Tervek, valamint minden érintett ágazati stratégia frissítése során figyelemmel kell lenni.

Az éghajlatváltozás jelenségének és hatásainak többszörösen összetett, szakpolitikákon átívelő jellege a lehető legszélesebb kör bevonását követeli meg. **Az államigazgatáson belüli tájékoztatási, koordinációs és összehangoló** funkciók biztosítják a különböző területek közötti kormányzati szakpolitikák összehangoltságát, a redundáns munkavégzés elkerülését, az egyes konkrét feladatoknál a felelősök egyértelmű kijelölését és azok együttműködését, illetve a kihívásokról, valamint az elért eredményekről való beszámolást. Ennek a feladatnak az elérésére már felállításra került az **állami vezetői, valamint szakértői szintű Tárcaközi Éghajlatváltozási Munkacsoport (TÉM)**, amelyeknek vezetője a klímapolitikáért felelős helyettes államtitkár.

A végrehajtás megfelelő működtetése érdekében minden, a hosszú távú koncepció eredményes végrehajtása céljából releváns és naprakész tudományos és szakpolitikai információt össze kell gyűjteni. Ezt a **tudás- és információgyűjtő funkciót szolgálja** a független tudományos szervezet által az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület jelentéseinek mintájára időközönként elkészülő Nemzeti Éghajlatváltozási Értékelő Jelentés, továbbá az éghajlatváltozáshoz kapcsolódó adatgyűjtések.

A nem központi kormányzati érdekelt felekkel történő folyamatos, strukturált párbeszéd a közös cselekvés megvalósításának előmozdítását, illetve a széles nyilvánosság rendszeres tájékoztatását és javaslatainak figyelembevételét szolgálhatja:

- a) a minden ÜHG kibocsátó- és elnyelő szektor, valamint a témákon átívelő területek esetén az adott terület kormányzati és nem kormányzati szereplőiből álló specifikus egyeztető fórumok,
- b) a végrehajtás pénzügyi feladataival foglalkozó Zöld Pénzügyi Munkacsoport,
- c) a Megyei Éghajlatváltozási Platformok,
- d) valamint a Kormány által működtetett, a legfrissebb információkhoz való hozzájutást, illetve a bárki által megtehető javaslatok folyamatos befogadását biztosító online felületek.

Az NTFS végrehajtásának **legfőbb eszközei** a hosszú távú céllal harmonizáltan megfogalmazott rövid- és középtávú részcélok elérését szolgáló, **konkrét cselekvéseket, programokat előíró dokumentumok**, így különösen

- a mindenkori Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia végrehajtására született, 3 éves időszakra vonatkozó Éghajlatváltozási Cselekvési Tervek,
- illetve a 10 éves időszakra vonatkozó Nemzeti Energia- és Klímaterv.

Szintén a végrehajtás eszközei az NTFS hosszú távú céljának elérését szolgáló **szakpolitikai stratégiák** (így például kiemelten a hidrogéngazdaság kialakítására irányuló stratégia), vagy más releváns dokumentumok.

7.2. Nyomon követés

A klímasemlegességhez vezető út során a bevezetett szakpolitikai intézkedések hatásai ismertté válnak, illetve számos olyan szándékolt és szándékolatlan változás is bekövetkezik, amelyeket nyomon kell követni és reagálni kell rájuk. Azért, hogy ezekre a társadalmi, gazdasági és természeti folyamatokra megfelelő válaszok születhessenek, az NTFS végrehajtása során **az általa lefedett területeket monitorozni szükséges.**

Mindenekelőtt az NTFS végrehajtásának eredményessége megköveteli az ÜHG kibocsátások, valamint a mitigációs cselekvések szoros nyomon követését és értékelését, a megfelelő mérhetőség biztosítását, illetve a monitoring rendszer folyamatos szakmai fejlesztését. A magyar ÜHG kibocsátások nyomon követése már ma is az ENSZ Éghajlat-változási Keretegyezménye feleinek konferenciája (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC) és az EU által meghatározott szigorú keretek között történik, betartva az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) által részletesen kidolgozott módszertani útmutatókat. Összhangban a nemzetközi és EU-s szabályokkal a teljeskörű magyar ÜHG leltárjelentés minden évben közzétételre kerül a UNFCCC honlapján. Az ÜHG kibocsátások nyomon követésének és értékelésének legfontosabb eszközei az UNFCCC és az Európai Bizottság felé benyújtott jelentések.

Az ÜHG-kibocsátás nyomon követése mellett az NTFS megvalósulását és a megtett intézkedések konkrét hatásait is figyelemmel szükséges kísérni a jövőbeni kiigazítások megalapozásához. A hosszú távú koncepció előrehaladására kerülendő új monitoring folyamat kiépítése, sokkal inkább indokolt a meglévőkre – így például a Nemzeti Energia- és Klíma Tervnél alkalmazottra – támaszkodni.

7.3. Felülvizsgálat

Az NTFS-t egy „élő” dokumentumnak kell tekinteni, amelynek végrehajtását nem csak nyomon kell követni, hanem időről időre, különösen a nemzetközi téren, valamint az Európai Unióban történő fejlemények fényében felül is kell vizsgálni és szükség esetén ki kell igazítani. A felülvizsgálat ütemezésének egyrészt igazodnia kell a Párizsi Megállapodás és az EU által előírt felülvizsgálati ciklushoz, másrészt figyelembe kell vennie különösen:

- az ENSZ és az Európai Bizottság felé benyújtandó jelentéseket, illetve az azokról készült független szakértői értékeléseket,
- az elérhető legfrissebb tudományos eredményeket és szakpolitikai információkat,
- az érdekelt felekkel történő egyeztetések eredményeit,
- az Éghajlatváltozási Tudományos Tanácsadó Testület véleményét és a Nemzeti Éghajlatváltozási Értékelő Jelentések megállapításait, továbbá
- az NTFS végrehajtásának gyakorlati tapasztalatait.