

**A megújuló energiahordozók jövője
Magyarországon
(mérnöki segédlet)**



**Magyar Mérnöki Kamara
Kiadványsorozata 34.**

**A megújuló energiahordozók jövője
Magyarországon**

**MMK FAP azonosító:
2019/102-GOT**

Budapest, 2019. szeptember

A sorozat szerkesztője:
NAGY GYULA
a Magyar Mérnöki Kamara elnöke

Készült a Magyar Mérnöki Kamara Gáz- és Olajipari Tagozatának gondozásában, a 2019. évi Feladat Alapú Pályázatok pénzügyi keretéből.

A kiadvány a Magyar Mérnöki Kamara tulajdona. Másolása, teljes terjedelmében való közzététele csak a Kamara engedélyével lehetséges. Minden jog fenntartva.

Szerző:
dr. Szilágyi Zsombor

Lektorálta:
Blazsovszky László

Kiadó:
Magyar Mérnöki Kamara
1117 Budapest, Szerémi út 4..
info@mmk.hu, www.mmk.hu

TARTALOMJEGYZÉK

1. Vezetői összefoglaló.....	6
2. Bevezető	7
3. Alapfogalmak, rövidítések	8
4. Mértékegységek	10
5. Az energiahordozók megoszlása a világban.....	11
6. Az USA energia politikája	18
7. Az Európai Unió energetikai reformja	24
8. A megújuló energiahordozók használata Magyarországon.....	28
8.1. A légkör állapota.....	35
8.1.1. Szén-dioxid emisszió és szén-dioxid kereskedelem	35
8.1.2. Vízgőz és gázok a légkörben.....	38
8.2. A megújuló energiahordozók szerepe Magyarországon.....	42
8.2.1. Szélenergia	42
8.2.2. Napenergia	43
8.2.3. Vízi energia.....	45
8.2.4. Geotermikus energia	46
8.2.5. Kommunális hulladék	48
8.2.6. Szilárd biomassza, biogáz.....	50
8.2.7. Hőszivattyú	57
8.2.8. Bioüzemanyagok.....	57
8.3. A megújuló energiahordozók a hazai villamos áram termelésben	65
9. A hidrogén, mint energiahordozó.....	70
10. Irodalomjegyzék	81
11. Melléklet.....	83
11.1. Családi ház hőellátása.....	84
11.2. Kommunális épületek hőellátása	89
11.3. Ipari létesítmények hőellátása	90

1. Vezetői összefoglaló

Magyarország az Európai Unió tagjaként részt vesz a környezet védelmére indított akcióban, a légkörbe kerülő szén-dioxid mennyiségének csökkentésében. Az EU a klímavédelmi programot kiemelten azzal határozta meg, hogy a fosszilis energiahordozók minél nagyobb részét megújuló energiahordozókra cseréljük. Az országok 2020. évre vállalásokat tettek a primer energiahordozó felhasználáson belül a megújuló energiahordozók részesedése emelésére. Hazánk 2020-ig 14,65 % megújuló hányadot vállalt, ami nagy valószínűséggel teljesülni fog. Az EU a 2020. évi szinthez kér újabb megújuló használat vállalást 2030-ig, de ehhez a programhoz pénzt is fog adni, a nem teljesítést pedig szankcionálni fogja.

Magyarország 2020. évre tett vállalásában sokoldalú állami támogatás is segített, sajnos, elég kevés pénzzel. A megújuló használat beruházásai főleg lakossági saját erőből, kevés banki hitellel, és önkormányzati pénzforrásból épültek meg. Így alakulhatott ki a megújuló vállalatok teljesítésében az, hogy a lakosság tűzifa felhasználása a legnagyobb tétel. Több állami támogatási programot menet közben módosítani kellett (KÁT támogatás felváltása METÁR rendszerre), a növekvő megújuló energiahasználat hátrányos vonzatai miatt (szélgenerátorok telepítése). Az optimális támogatási módszer keresése nem egyedi hazánkban, a többi EU tagország is kipróbált többféle ösztönzést is.

A megújuló energiahordozók használatára indított programok alapján javasolható néhány változtatás:

- a háztartások fűtési energia igényének csökkentését jelentősebb mértékben kellene támogatni: lakások hőszigetelése, csere korszerű fűtő készülékre,
- több támogatást lenne célszerű fordítani a hulladék és szennyvíz kezelés környezetbarátabbá tételére,
- erősíteni kell a villamos energia külkereskedelmét, a viszonylag gyorsan növvő napelem park termelési szezonális kezelésére,
- a nagyszámú energetikai és környezetvédelmi Nemzeti Cselekvési Terv összehangolása emelheti a légkör védelmi intézkedések hatékonyságát,
- mérlegelhető a gabona vagy a bioüzemanyag export elsősége.

2. Bevezető

A légkör védelmére, az energiahasználat csökkentésére és a megújuló energiahordozók használatára a Kormány közzétette Magyarország Nemzeti Energia- és Klímatervének tervezetét (NEKT), az ország tennivalóit 2030-ig. A tervezet észrevételezése után 2019. őszén készül el a végleges változat, amit az EU részére is megküldenek. A NEKT részletesen foglalkozik az energiahordozó struktúra átalakításával, a megújuló energiahordozók használatának növelésével:

- A primer energiahordozó felhasználás 2030-ban nem lehet több, mint a 2005. évi 1155 PJ.
- 2030-ra a megújuló energiahordozók használatával el kell érniünk a primer energiahordozó felhasználás 20 %-át. A megújuló energiaforrások részesedése 2016-ban a fűtési-hűtési energiahasználatban 20,76 %, a villamos energia fogyasztáson belül 7,2 %, a közlekedésben 7,44 % volt.
- A szénfelhasználás 2030-ban csak kisebb ipari hő- és távhő egységekben maradhat.
- 2030-ra a megújuló alapú villamos termelő egységek beépített teljesítménye meg fogja haladni a 4600 MW-ot, amelyből több, mint 4000 MW lesz a napelem teljesítmény. A megújuló alapú villamos energia 2030-ban meghaladhatja a 6500 GWh-t, ami a bruttó villamos energiahasználat 12,8 %-a lesz. A megújuló energiahordozókból termelt villamos energia szezonális kezelésére meg kell erősíteni a nemzetközi villamos vezetékek teljesítményét.
- A közlekedés megújuló energiaforrás használata 2015-ben 7 % volt. A bioüzemanyagok adják ezt a megújuló hányadot. 2019-től a bekevert bioüzemanyag hányadot átlagosan 6,4 %-ra emelik, és a következő években ezt az arányt tartják.
- A biomassza alapú és a geotermikus energiát hasznosító beruházások építési támogatást kaptak a költségvetéstől a 2014-2020. évek során, ez a támogatás a további években is számításba vehető. A távhőtermelés 20 %-kal csökkenhet 2015-2030. között, ugyanakkor a távhőtermelés energiahordozói között a megújulók részesedése elérheti a 60 %-ot (geotermikus energia, biomassza).

A NEKT által megfogalmazott célok teljesítésének feltételeiről, a célok javasolt korrekciójáról a mérnöki segédletben találunk adatokat.

3. Alapfogalmak, rövidítések

BP	British Petrol
CFC	chlor-fluorid-carbon, halogénezett szénhidrogén
CNG	compressed natural gas: sűrített földgáz
CO₂	szén-dioxid
EU	Európai Unió
EIA	U.S. Energy Information Administration: az USA állami energia (statisztikai) intézete
EIGA	European Industrial Gases Association (Brussel)
ETS	Emissions Trading Scheme: (CO ₂) kibocsátás kereskedelmi rendszer
Fosszilis energiahordozó	a kőolaj, a szén és a földgáz, valamint az ezekből gyártott mesterséges energiahordozók
GDP	Gross Domestic Product, bruttó hazai termék
IEA	International Energy Agency: Nemzetközi Energia Ügynökség (Párizs)
ITM	Innovációs és Technológiai Minisztérium (Magyarország)
kompozit	többkomponensű anyag, általában befogadó anyagból és erősítő anyagból áll
KSH	Központi Statisztikai Hivatal
LNG	liquified natural gas, cseppfolyós földgáz
LPG	liquified petroleum gases, pégégáz
MEKH	Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal
NBP	National Balancing Point, a londoni földgáz tőzsde
NEKT	Magyarország Nemzeti Energia- és Klímaterve (2019. áprilisban még tervezet)
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development. 1960.-ban alapította 20 fejlett állam. Ma 36 ország a tagja, köztük Magyarország is.
OPEC	„Vienna Group”, Organisation of the Petroleum Exporting Countries, 13 olajtermelő ország szövetsége.
pH	hidrogén ion koncentráció logaritmikus egységben
SFG	sulfur-hexafluoride-gas
TTF	Title Transfer Facility, földgáz virtuális kereskedési pont Hollandiában, tőzsde
Üvegház hatású	szén-dioxid, metán, nitrogénoxid, ózon, CFC (fluor-klór-fluor

gázok	karbon), SFG (kén-hexafluorid)
--------------	--------------------------------

4. Mértékegységek

barrel	hordó, 1 barrel (US) = 158,98 liter
B/d	barrel/day, hordó/nap
Btu	British thermal unit, energia mértékegység, $10^6 \text{ Btu} = 2,931 \cdot 10^{-4} \text{ GWh}$, $1 \text{ Btu} = 1,05435 \text{ kJ (ISO)}$ $1 \text{ Btu} = 0,03 \text{ m}^3 \text{ földgáz}$ $10^3 \text{ Btu} = 0,2928 \text{ kWh}$ $1 \text{ kJ} = 0,9478 \text{ Btu}$ $1 \text{ quad} = 10^{15} \text{ Btu}$ $1 \text{ kWh} = 3412 \text{ Btu}$ $1 \text{ Btu/sec} = 1,055 \text{ kW}$
D	Darcy, az átbocsátóképesség mértékegysége
Joule	energia mértékegység, $1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot \text{m} = 1 \text{ W} \cdot \text{sec}$ $1 \text{ PJ} = 10^{15} \text{ J}$
kWh	energia mértékegység, $1 \text{ kWh} = 3,6 \text{ MJ} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ Ws}$
ppm	milliomod rész
toe	kőolaj tonna egyenérték, $1 \text{ toe} = 41,868 \cdot 10^9 \text{ J}$
therm	energia mértékegység, $1 \text{ therm} = 10^5 \text{ Btu}$ $1 \text{ therm} \sim 3,1 \text{ m}^3 \text{ földgáz}$

5. Az energiahordozók megoszlása a világban

A világ fejlődését több mutatóval szokták mérni. Ezek közül a legfontosabbak: a GDP, a primer energiafelhasználás, az energia intenzitás és a népesség alakulása. A várható változások a világon (%) [2]:

	2000-2010	2011-2020	2021-2030	2031-2040
GDP	3,7	3,5	3,4	2,9
Primer energia	2,6	1,6	1,3	1,0
Energia intenzitás	-1,1	-1,9	-2,0	-1,9

A fejlődés töretlen, az energiafelhasználás növekedési üteme kisebb, mint a GDP növekedése, és ez elsősorban az energia intenzitás növelésével érhető el. A primer energiafelhasználás növekedési ütemének fékeződésében benne van a Föld átlag hőmérsékletének növekedése is, bár egyre több érdemi erőfeszítés történik ennek fékezésére.

Magyarország az egy főre jutó GDP szempontjából az 51. ország volt a világban 2017-ben a 15 531 USD/fő értékkel.

A Föld népessége folyamatosan nő:

Év	1987	2015	2018	2040	2050	2055	2100
milliárd fő	5,0	7,4	7,6	9,2	9,8	10,0	11,2

A lélekszám növekedés nem egyenletes a Földön, és éppen a nehezebb megélhetést nyújtó földrészekben a legintenzívebb. Európában a népesség 2016. január 1. napján 510,3 millió fő volt, 2017. január 1. napjára 511,5 millió főre nőtt. Magyarország népessége évek óta csökken.

A gyarapodó népességnek élelem, lakhatás, energia, munkahely és jövedelem kell, közlekedni akar, aminek a biztosítása sok követelménnyel jár. A népesség alakulásának egyik következménye, hogy több energia kell az ellátására, amivel együtt jár a légköri szennyezés növekedése is. Egy másik következmény: a több ember több szén-dioxidot és metánt bocsát a légkörbe.

A Shell a népesség gyarapodását együtt vizsgálja az energia igény változásával [37]:

	M.e.	2015	2070
Népesség	milliárd fő	7,0	10,0
Energiaigény	EJ	570	1000

A világ primer energiahordozó felhasználása a következőképp oszlott meg az energiahordozók között 2018-ban (Mtoe) [1]:

kőolaj	4662,1
földgáz	3309,4
szén	3772,1
nukleáris	611,3
vízenergia	948,8
egyéb megújulók	561,3
összesen	13864,9

A BP 2019. áprilisi előjelzése a világ primer energiahordozó felhasználásáról, energiahordozónként (Mtoe) [60]:

	2010	2020	2030	2040
kőolaj	4145	4505	4335	3845
földgáz	2731	3493	4058	4343
szén	3606	2988	1725	1079
nukleáris	626	673	764	1012
vízenergia	777	1140	1332	1403
egyéb megújuló	234	1265	3102	4708

A világ várható primer energiateljesítménye fogyasztói szektoronként (Mtoe) [60]:

	2010	2020	2030	2040
ipar	5353	6060	6400	6429
nem tüzelés	730	926	1107	1263
épületek	3598	4138	4695	5405
szállítás	2438	2940	3114	3294

A 2015-2018. közötti években a gazdasági világválság hatására csökkent az energiateljesítmény, ezt követően egyértelműen nőni fog.

Az EU várható primer energiahordozó felhasználását energiahordozónként is megadta a BP (Mtoe) [60]:

	2010	2020	2030	2040
kőolaj	674	612	514	399
földgáz	448	415	400	393
szén	280	199	116	79
nukleáris	207	197	172	102
vízenergia	85	68	70	72
egyéb megújuló	80	203	305	429

Láthatóan az EU céljainak középpontjában az energiatakarékosság és a megújuló energiahordozókra áttérés áll. Ehhez a programhoz az EU szabályai és támogatásai is segítséget adnak.

A BP előjelzést készített a nukleáris energiafelhasználásról is (Mtoe) [60]:

	2017	2020	2030	2040
OECD	468	496	456	298
Kína	56	90	166	284
Világ összesen	596	673	739	770

A nukleáris energiahasználat csökkentését határozták el az OECD néhány országában. Ugyanakkor Kína és a világ egyéb térségei egyre nagyobb mértékben támaszkodnak erre az energiahordozóra.

A villamos energia termelés energiahordozói a világban a BP szerint (%) [25]:

	2017	2020	2030	2040
földgáz	22	21	21	20
szén	40	37	31	27
megújulók	8	11	21	29
vízi és nukleáris	26	27	26	22

A megújuló energiahordozók előretörése itt is látványos.

Ma a szénhidrogén piac egyik jelentős vásárlója a műanyag gyártók csoportja. A műanyagok terjedése rendkívül dinamikus, ugyanakkor erőfeszítések láthatók a világ fejlettebb térségeiben a környezet védelmére, többek között a műanyag szennyezések visszaszorításával.

A BP az egyszer használatos műanyag termékek gyártásához szükséges kőolajtermék igényről is készített prognózist, napi kőolaj(termék) fogyasztás mértékegységben (millió hordó/nap) [25]:

	2015	2020	2030	2040
ET* változat	3,4	4,0	5,1	6,1
sikeres műanyag elleni harc	nincs adat	3,9	3,4	0,0

*evolving transition

Megjegyezzük, hogy az előrejelzés napi 95 millió hordó kőolaj felhasználási szint mellett készült. A második változat azt a nagyon erős, világméretű összefogást feltételezi, amivel az egyszer használatos műanyag termékek leváltását célozzuk meg.

A szállítás energia igénye az egész világon jelentős. A szállítóeszközök fejlesztése mindenekelőtt az energia igények csökkentését célozza, valamennyi közlekedési ágazatban.

A BP becslést készített a szállítások energiahordozó igényéről (Mtoe) [25]:

	2000	2010	2020	2030	2040
elektromos	16	23	33	56	148
földgáz	3	29	58	122	165
olajtermék	1886	2284	2710	2832	2833
egyéb	11	64	96	135	148

A szállítás fejlődése sem egyenletes a világon. A BP prognózisa bemutatja az egyes térségek és országok szállítási energia igényét (Mtoe) [25]:

	2000	2010	2020	2030	2040
OECD	1304	1390	1463	1391	1280
Kína	95	229	395	466	484
India	34	69	116	165	247
egyéb Ázsia	131	201	286	349	399
egyéb térség	352	511	638	775	882

A közúti szállítás fejlődése megállíthatatlannak tűnik, ugyanakkor a vasúti teherszállítás stagnálni fog a következő évtizedekben.

A BP becslést készített a személyautók számának és futási teljesítményének növekedéséről is (%) [25]:

	2017	2020	2025	2030	2035	2040
futási teljesítmény	100	101	103	105	112	124
gépkocsik száma	100	101	103	105	110	115

A személygépkocsi állomány növekedése és a gépkocsi használat bővülése a légkör védelem új feladatait generálja. A gépkocsik folyamatos fejlesztése a környezetkárosítás csökkentésére ma még nem látszik elégnek a gépkocsi szám növekedése miatti aggodalmainkra.

A kutatóintézetek a részletes prognózisok fontos fejezeteként kezelik a közlekedés energia igényét. 2014-ben az EU-ban 14 millió, Kínában 22 millió, Japánban 5 millió, az USA-ban 15 millió darab gépkocsi futott. A jármű állomány gyarapodása magával vonja a hajtóanyag igény emelkedését. A BP a közlekedés energiahordozó igényét a következő táblázat szerint becsüli (Mtoe) [1]:

	2000	2020	2025	2030	2035	2040
olaj	1760	2593	2705	2778	2783	2702
földgáz	3	66	86	109	131	154
elektromos	14	39	49	67	95	136
egyéb*	23	131	156	177	195	211
összesen	1799	2829	2995	3132	3204	3203

*bioüzemanyag, LNG, hidrogén

A járművek korszerűsítése, energiafelhasználásuk csökkentése, környezetbarátabbá tétele minden autógyár elsőrendű feladata. Ezek a törekvések jól láthatók az újonnan megjelenő gépjárműveken.

Az elektromos gépjárművek környezetbarát terméknek tekinthetők. Az biztos, hogy a villamos autó minimális káros anyagot (fékbetét por, gumi por) bocsát a levegőbe. Az áram felvételének (töltésének) légkört károsító hatása attól függ, hogy az adott ország áramtermelésében milyen arányban vesznek részt a környezetet károsító erőművek.

Az elektromos autók még fiatal termékek, számtalan fejlesztési feladat van még ezeknél a járműveknél. A villamos autók számának gyarapodása ellenére sem várható, hogy 2040 előtt a szénhidrogén hajtású gépjárműveket érdemben visszaszorítanak. A BP készített egy becslést arról, hogy az új személyautók hány százaléka lesz elektromos hajtású (reális változat, %) [1]:

Év	2016	2020	2025	2030	2035	2040
%	1	2	5	12	19	25

2018-ban a villamos személyautók értékesítése megugrott. Az USA-ban 81 %-kal, Európában 33 %-kal volt több, mint 2017-ben [19]. A tömeges gyártás megindulásával az USA-ban 361 ezer darabbal, Európában 408 ezer darabbal többet adtak el, mint egy évvel korábban. A teljes autópiacon 2,1 %-a volt a villamos hajtású autók részesedése. A villamos autókat nulla kibocsátású járművekként kezelik, ha 50 g/km alatti szén-dioxid kibocsátásúak (ez az érték a töltéshez felhasznált elektromos áramtermelés károsanyag kibocsátását is magában foglalja). Folyznak kísérletek a cseppfolyós földgáz és a hidrogén használatára a járművek hajtásában, lényeges eredmények még nem láthatók.

A BP készített becslést az egyes üzemanyagokkal futott kilométerre is (10^{18} km) [1]:

	2016	2020	2025	2030	2035	2040
Személykocsi						
olaj	12,1	14,5	17,1	19,3	20,7	21,5
földgáz	0,4	0,4	0,5	0,6	0,6	0,6

	2016	2020	2025	2030	2035	2040
elektromos	0,0	0,2	1,0	3,0	5,9	9,9
összesen	12,5	15,1	18,6	22,9	27,2	32,0
Teherautó						
olaj	7,7	8,6	9,6	10,7	11,3	11,5
földgáz	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5
elektromos	0,0	0,0	0,4	0,8	1,3	2,0

A világ energiafelhasználása 2040-ig biztosan nőni fog. A megújuló energiahordozók részesedése a primer energiafelhasználásban látványosan erősödik, de a fosszilis energiahordozók túlsúlyát még nem tudja megbillenteni. A kőolaj felhasználásban a hő- és villamos energiatermelés szerepe már nem jelentős, viszont folyamatosan nő a közlekedés és a vegyipar (műanyag termék gyártás) kőolajtermék igénye.

A közép- és hosszú távú energiapiaci prognózisok még a következő pár évtizedben is a fosszilis energiahordozók elsőségét jelzik, a következő okok miatt:

- Az ismert fosszilis energiahordozó készletek gyakorlatilag nem csökkennek, köszönhetően az új kutatási technológiáknak és az eddig még nem kutatott hatalmas területeknek, például a sarkvidékek, az óceánok alja, Afrika, Dél-Amerika, Szibéria.
- Az olajpiacon a 2018-ban stabilizálódó 60...70 USD/hordó kőolaj ár hosszabb távra is érvényes lehet, ezzel lefékeződhetnek a kőolaj kiváltását célzó fejlesztések és beruházások.
- Az energiahordozó felhasználás jelentős része a villamos áramtermelést szolgálja.
A meglévő, fosszilis alapú erőművek versenyképessége a megújuló energiahordozók használatával szemben még sokáig megmarad, kivéve a környezeti hatásokat.
- Minden ország a saját energiahordozó készleteit akarja felhasználni, és minél kevesebb importtól szeretne függeni.
- A fosszilis energiahordozók termelése, feldolgozása, átalakítása egy sor iparágat érint, sok alkalmazottal, adófizetéssel, GDP termeléssel. A fosszilis energiahordozóra épülő iparágak leépítéséhez vagy átrendezéséhez akár évtizedek kellenek.
- A fosszilis energiahordozó lecserélése megújulókra komoly beruházásokat igényel, ezek a beruházások állami támogatás nélkül nem finanszírozhatók a szokásos banki feltételekkel.
- Néhány területen még nem válthatók ki a szénhidrogének, például: a repülés hajtóanyaga, a műanyagtermék- vagy kenőanyag gyártás.
- A megújulók hasznosítási hatásfoka még elmarad a fosszilis tüzelőanyagokétól.

A világ országaiban különböző mértékű a törekvés a légkör védelmére, a megújuló energiaforrások alkalmazásának terjesztésére. A megújuló energiaforrások használata terjesztésében az Európai Unió élen jár: nemcsak a fejlesztési programjaiban fogalmazza ezt meg, hanem az energiahordozó cserékhez szükséges pénzforrások jelentős részét is biztosítja. Nyilván a megújuló energiahordozók használata gyorsabb terjesztéséhez nemcsak határozatok és fejlesztési programok szükségesek, hanem széleskörű tudatformálás, energiatakarékosság és sok pénz az energiahordozó váltások finanszírozására. A finanszírozás állami támogatás és kedvező banki hitel is lehet.

Az NRGreport.hu 2018. január 30.-án tette közzé a megújuló energiahordozók mai és várható részesedését az európai országok primer energiafelhasználásában (%) [6]:

Az európai országok adottságai a megújuló energiahordozók használatának terjesztésére nem azonosak. A legfejlettebb gazdaságok eddigi eredményei nem kiemelkedőek, de vállalásaik alapján a program vezető államai lehetnek.

	2016	2020		2016	2020
Svédország	53,8	49,0	Franciaország	16,0	23,0
Finnország	38,7	38,0	Németország	14,8	18,0
Lettország	37,2	40,0	Magyarország	14,2	13,0
Ausztria	33,5	34,0	Nagy Britannia	8,3	15,0
Dánia	32,2	30,0	Hollandia	6,0	14,0
EU	17,0	20,0			

Megállapítható, hogy a megújuló energiahordozók gyorsabb térnyerésére, az energiahatékonyság növelésére mindenekelőtt az Európai Unióban számíthatunk.

A szén-dioxid kibocsátás a Shell értékelése szerint 2025 után csökken értékelhetően (milliárd t) [37]:

2000	2025	2050	2075	2100
24,5	38,5	26,5	13,5	6,0

6. Az USA energia politikája

A világon minden országban az energetikai célok meghatározásánál, folyamatai tervezésénél vetnek egy pillantást arra, hogy az USA ugyanezt a célt, vagy folyamatot, hogy tervezi hosszabb távon. Bár az USA-ban nem kormányprogram foglalkozik az energetika minden hosszú távú kérdésével, mégis készülnek elemzések, prognózisok.

Az USA népességének és GDP termelésének jövője a statista.com szerint:

	M.e.	2015	2017	2020	2022
népesség	millió fő	321,08	325,44	331,53	335,65
GDP	milliárd USD	18120	19362	21846	23505

Az Amerikai Egyesült Államok energia piacát a teljes szabadság jellemzi. A kőolaj, a kőolaj termékek, a földgáz és a villamos energia szinte teljes mennyisége tőzsdén fordul meg, a tőzsdei ár a fogyasztói ár meghatározója. A termékek árát sok tényező határozza meg, de ezek között nincs állami ármeghatározás. (A gazdasági világválság sem volt indok arra, hogy az energiahordozók piacába az állami szabályozásokkal az USA kormánya beavatkozzon.)

Természetesen terhelik adók is az energiahordozó felhasználást, de ennek mértéke évek óta nem változott, és a jövőben sem várható változás.

A piaci árak hatása közvetlenül is jelentkezik az energiahordozó kutatásban és a kitermelésben. Erre jó példa a 2016 végén mélypontra zuhant kőolajár. Az előző időszakok 100-120 dollár/hordó kőolaj ára az OPEC döntés hatására igen gyorsan leesett 27 dollár/hordó értékre. Az akkor éppen felvirágzásban lévő nem hagyományos kőolaj- és földgáztermelők kétségbeesetten kezdtek hozzá a „palaolaj” és „palagáz” kutatás, termelés fejlesztéséhez, hogy a lezuhant árak mellett is a piacon maradhassanak. A fejlesztések eredményesek voltak, a mai 70 dollár/hordó körüli kőolaj árak mellett ismét meglendült a nem hagyományos szénhidrogén termelés.

Az USA energiafelhasználásának prognózisát szinte minden energetikai kutatóintézet elkészíti, általában három változatban is. A szokásos prognózis változatok:

- magas gazdasági növekedés, túlkínálat az olaj piacon, alacsony olaj ár, magas olaj- és gáz készletek és fejlett olaj bányászati technológia
- referencia változat: a mai világpiaci folyamatok, éves átlag 2 % GDP növekedés, 0,4 % éves energiafelhasználás növekedés,
- alacsony olaj- és gáz készletek, hagyományos bányászati technológia, alacsony gazdasági növekedés, magas olaj árak

Ahol külön nem tüntették fel a prognózis készítésénél alkalmazott megfontolásokat, ott a referencia változattal foglalkoztak.

A kőolaj szerepe nélkülözhetetlen és meghatározó a világ legfejlettebb gazdasága, az USA számára. 2040-ig csökkenő olaj felhasználással számolnak, de a csökkenést kizárólag a felhasználási technológiák fejlődése okozza. 2050-re az USA lakossága és az ipar kőolaj-termék iránti igénye állandó növekedése túllépi a technológiai fejlesztések eredményeit.

A kőolajtermelésben a nem hagyományos kőolaj kutatás és kitermelés fokozatosan előretör. A 2019 márciusban jellemző 12,1 millió hordó/nap termelésből 8,5 millió hordó/nap a nem hagyományos (palaolaj)termelés. A palaolaj termelést 2020-ra már 13,2 millió hordó/nap szintre várják, és a kitermelés csúcsa 15 millió hordó/nap lehet [39].

A szénfelhasználás leépítését kissé elhalasztják – ez az amerikai elnök által ismertetett energiastratégia új eleme – a megújulók gyorsabb terjesztéséhez szükséges állami támogatásokat pedig fékezik a következő néhány évben.

A földgáz lesz a következő évtizedek dinamikusan előretörő energiahordozója. Ezt a prognózist több tényező segíti:

- a hagyományos földgáz készlet kutatás eredményei nagyon biztatóak: a sarkvidékeken, a tengerparti sávokban, de a már régebben megkutatott szárazföldi térségekben is
- a „palagáz” kutatás eddigi eredményei hatalmas készleteket sejtetnek
- berobbant a világ energia jövőjébe a metán-hidrát, a tengerparti sávokban található hatalmas, különleges metán készlet
- az LNG előállítása és forgalmazása olyan országokat is bevon a földgáz kereskedelmébe, amelyek eddig nem gondolhattak a földgáz készleteik nemzetközi értékesítésére
- a földgáz a legkevésbé környezetszennyező fosszilis energiahordozó

Az EIA elemzése szerint az USA-ban [5]:

a.) a kőolaj esetében:

- 2019.-ben a legmagasabb szintre emelkedett a kőolaj kitermelés az USA-ban 1991.-óta: elérte a napi 12,1 millió barrelt, és év végére 12,4 millió barrel/nap lehet.
- tovább folytatódik a kőolajtermék felhasználás kiváltása az USA-ban (az import függőség csökkentésére), első sorban az erőművekben és a közlekedésben, ez túlkínálatot eredményez,
- egyre nagyobb mértékben vesz részt az ország kőolaj ellátásában a palaolaj kitermelés,
- tovább csökken a palaolaj termelés költsége,
- az olajkutak száma 2018. márciusban 984 db, 2019. márciusban 1027 db volt,

- o a palaolaj termelés 2019. márciusban 8,5 millió hordó/nap volt.
- o a palaolaj kút átlagos termelése a kút megnyitást követő hónapban >200 hordó/nap, a 12. hónapban ~50 hordó/nap, 24. hónapban ~20 hordó/nap [33].

b.) a földgáz esetében:

- o világ tendencia a földgáz árának lassú emelkedése,
- o nő a kereslet, mivel az USA önellátó földgázból, a kormányzati propaganda is a földgáz használat növelését sulykolja,
- o a 2017.-ben a földgáz termelés 734,5 milliárd m³ volt, kismértékben elmaradt a 2015. évi 740 milliárd m³-tól.

c.) a villamos-áram esetében:

- o az ár követi a szénhidrogén árak mozgását, de nem éri el a földgáz áremelkedés mértékét. Várható tehát a villamos-áram szélesebb körű használata.

d.) a megújulókkal kapcsolatban:

- o jelentős eredményeket értek el a szél- és a napenergia hasznosításban, egy 2017-ig tartó adó kedvezmény akció eredményeként
- o a vízenergia felhasználásban már túl sok további lehetőség nincsen
- o a biomassza tüzelést nem támogatják

Az EIA bemutatja az USA-ban az egyes energiahordozók eddigi és várható külkereskedelmét (10²⁴ Btu) [32]:

	1990	2010	2020	2030	2040	2050
kőolaj import	15	20	0	0	0	2
kőolaj export	0	0	0	4	4	0
villamos- áram import	0	0	0	0	0	0
villamos- áram export	0	0	0	0	0	0
szén import	0	0	0	0	0	0
szén export	2,5	2	2	2	2	2
földgáz import	2	1,5	0	0	0	0
földgáz export	0	0	0	6,5	7	7,5

A reális energetikai prognózisok is indokolták az ENSZ párizsi klímavédelmi konferenciája összehívását, 2016. novemberben.

Trump amerikai elnök szinte pár nappal a megválasztása után felmondta az ENSZ világértékezetén a klímavédelemre vállalt amerikai kötelezettségeket, mindenekelőtt

a szén-dioxid kibocsátás mérséklésére. A felmondás 2020-ig szól. Nem kell sokat töprengeni azon, hogy miért tette ezt. Az amerikai szén- és szénhidrogén ipar lobbija bírta rá erre a döntésre. A döntéssel az amerikai elnök tulajdonképpen időbeli rangsort állított fel:

- 1.) most kell megoldani az amerikai szén- és szénhidrogén bányászat piacának problémáját: 2014-ben 1 milliárd tonna, 2016-ban már csak 746 millió tonna volt a széntermelés.
- 2.) fontos lenne, hogy az USA minél előbb független legyen az energia importtól, és ezzel más országok befolyásától,
- 3.) a környezetvédelmi lépések különben is csak évek, évtizedek múlva éreztetik hatásukat.

A döntés lehetséges következményei:

- tovább működhetnek az amerikai szénbányák és a szenes erőművek,
- éppen a 2015-2016. évi kőolajár zuhanás után tudott versenyképessé válni az amerikai palaolaj-palagáz kutatás és kitermelés, a drasztikus költségcsökkentések után. Esély van arra, hogy 2020-ra az USA kőolajból és földgázból önellátó lesz,
- az USA marad a világ második legnagyobb szén-dioxid kibocsátója, évi mintegy 5,3 milliárd tonna kibocsátással,
- az USA sem ússza meg a klímaváltozás miatt az egész világot érintő népvándorlást, vagy legalábbis a népvándorlás pénzügyi kihatását.

Az EIA elkészítette az amerikai energiahordozók felhasználásának prognózist.

	2000	2010	2020	2030	2040	2050
összes	2427,5	2347,5	2360,8	2317,2	2381,3	2466,5
folyékony CH	952,5	877,5	857,1	809,0	822,1	830,9
földgáz	580,0	620,0	713,7	730,7	781,7	815,6
szén	605,0	515,0	295,0	275,0	262,5	255,0
nukleáris	212,5	215,0	215,0	200,0	187,5	187,5
megújuló	77,5	120,0	280,0	302,5	327,5	377,5

Az USA teljes energiahordozók felhasználása – referencia változat (Mtoe) [32]:

A prognóziskészítésnél az EIA a következő kőolaj és földgáz tőzsdei átlagárakat vette figyelembe [32]:

	M.e.	2018	2020	2030	2040	2050
Brent	USD/bbl	70	70	92	105	108
Henry Hub	USD/mmBtu	3,0	3,1	3,8	4,1	4,8

Az amerikai energiahordozó összetétel alakulásához fűzhető néhány megjegyzés:

- A kőolajszármazékok felhasználásának (ezzel a kőolajimport) csökkentése már néhány éve az állami propaganda súlypontjában van, eredményei is látszanak már.

	2018	2020	2030	2040	2050
kőolajtermelés	809,0	830,9	878,9	852,7	765,3
kőolajfelhasználás	852,7	857,1	809,0	822,1	830,9
földgáztermelés	723,9	775,0	919,8	953,8	1022,0
földgázfelhasználás	696,8	713,7	730,7	781,7	815,6

A kőolaj-, valamint a földgáztermelés és felhasználás előjelzése alapján akár már 2020-ban is teljesülhet az az amerikai törekvés, hogy az USA ne függjön a szénhidrogén importtól/beszállítóktól (Mtoe, referencia változat) [32]:

- 2030. után az USA energiafelhasználása nőni fog, mert az energiafelhasználás racionalizálási akciók ekkorra kiteljesednek, és a gazdaság fejlődése több energiát fog igényelni
- A nem hagyományos szénhidrogén-kutatás és kitermelés eredményei áthatják a 2050-ig vizsgált időszakot. A nem hagyományos szénhidrogén termelés részesedése az áttekintett időszakban várhatóan a következő lesz (%) [32]:

	2018	2020	2030	2040	2050
tight oil %	58	59	67	68	69
tight/shale gas %	78	81	84	87	90

- A földgáz szerepét csökkentő kampányokról nem beszélhetünk, de a földgázfelhasználás terjesztése sem szerepel az USA kormányprogramban. A földgáz belföldi termelésének felfutása és az import gyors csökkenése az utóbbi évek nagy lépése. Várható, hogy az LNG piacon az USA egyre aktívabb lesz.
- Nincs terítéken a nukleáris energiahordozók szerepének változtatása, épülnek új nukleáris erőművek is.
- A megújuló energiahordozók terjesztését nem kíséri különösebb propaganda kampány, és az állami támogatási akciók is szerények. A megújulókat használatának növekedését a hasznosítás technikai fejlesztése eredményeinek, a más energiahordozók áremelkedése alapján tervezik.
- A 2015. évben az OPEC által indított kőolaj áresés háttérében ott volt az USA egyetértése is, még azzal együtt is, hogy az áresés, ha átmenetileg is, egy sor amerikai cég bezárását, a belföldi szénhidrogén-termelés visszafogását eredményezte. Ez a lejtmenet ugyanakkor megindította a kőolajipari cégek racionalizálását, a kitermelés technológia gyors fejlesztését. Az eredmény

nem is maradt el, ma a 70 dollár/hordó körüli olajár mellett egyre több amerikai olajtermelő tér vissza a piacra.

- Az állam és a lakosság többségének energetikai célja jól közelít egymáshoz, a tudatformálás minden eszközét folyamatosan igénybe veszik az egyes célok eléréséhez:
 - takarékoság minden energiahordozóval,
 - a belföldi energiaforrások minél teljesebb kihasználása,
 - az energia import csökkentése, első sorban a kőolaj és kőolaj-termékeké.
- Már megjelent az amerikai cseppfolyós földgáz az európai kikötőkben, kiszorulnak az eddigi földgáz beszállítók az amerikai piacról.
- Nem tudhatjuk, hogy az energiahordozó piacok átrendezése miatt mi lesz azokkal a nagyon jelentős arab, ázsiai befektetésekkel, amelyeket a világ energiahordozóban gazdag országai helyeztek el különböző amerikai cégekben.

7. Az Európai Unió energetikai reformja

Az Eurostat bemutatja a megújuló energiahordozók részesedését a végső energiafelhasználásban, ebből Magyarország mellett a legtöbb és a legkevesebb megújulót használó EU országot mutatjuk be (%) [54]:

	2014	2015	2016	2017
Magyarország	14,6	14,4	14,3	13,3
Svédország	52,4	53,6	53,8	54,5
Luxemburg	4,5	5,0	5,4	6,4

Az EU tagországai között csak Magyarországon csökken tendenciózan a megújuló részesedése az energiatermelésben. 2030. után várható a fosszilis energiahordozók szerepének csökkenése, de a földgáz ez alól is kivételt képez.

Európa ma ismert energiahordozó készletei nem jelentősek. A fosszilis energiahordozók kitermelése minden országban csökkenő tendenciát mutat. Csak az újabb készletek (például: palaolaj, palagáz vagy metánhidrát) ipari kitermelése fordíthatja meg a ma látható tendenciát.

Az Európai Unió már egy évtizede példás hozzáállást mutat a levegő tisztaság megőrzéséhez, a klímaváltozás tendenciájának fékezéséhez, az energia-hatékonyság növeléséhez. A 2010-ben elfogadott, ún. 20+20+20 programból minden ország annyit vállalt magára, amennyit saját energiahordozó forrásai és beruházási lehetőségei alapján teljesíthetőnek gondolt.

Az országok vállalásai közül a leglényegesebb a megújuló energiahordozók arányának emelése volt a primer energiahordozók között. A programhoz nem kapcsoltak szankciókat, így egyes országok adottságaik alatti szintet vállaltak, más országok pedig teljesíthetetlen célokat tűztek ki. Az EU közös pénzforrásokat is biztosított a nemzeti célok eléréséhez. Az EU éppen a 20+20+20 program tapasztalatai alapján megújította a célokat 2030-ig, ismét pénzt is ad a beruházásokra, és szankciókat is kilátásba helyezett azoknak az országoknak, amelyek nem teljesítik a vállalásaikat. Az EU legújabb célkitűzése: 2050-re a szén-dioxid kibocsátás csökkentése 80 %-kal.

Az EU a fosszilis energiahordozók felhasználásának csökkentését célzó programokhoz pozitívan áll hozzá. A villamos áramtermelés területén a kőolaj felhasználása ma már jól láthatóan visszaszorult, helyét egyre inkább a földgáz veszi át.

A nukleáris energiáról senki sem mondja azt, hogy megújuló, ugyanakkor megállapítható, hogy a nukleáris erőművek semmilyen gázkibocsátással nem terhelik a légkört. Az EU országok közül 14-ben működik atomerőmű, összesen 126 reaktor-egység. Négy új reaktor-egység épül jelenleg az EU-ban, és tervezik 10 további blokk

építését. Az erőművek 2017. évi energia termelése 210 ezer ktoe nagyságú, és ezzel az azonos kapacitású fosszilis erőművekhez képest igen jelentős szén-dioxid kibocsátás takarítható meg. Paks 4 000 toe energiát termel évente [59].

Kutatók azt vélik, ha a szén-dioxid átlagos koncentrációját 420 ppm alatt sikerül tartani, akkor elérhető, hogy a Föld átlagos hőmérséklete ne emelkedjen 2 °C-nál nagyobb mértékben (az 1900. évhez képest). Ez a 2 °C is nagyon sok. Az EU célkitűzésével – a fosszilis, a nukleáris tüzelőanyagok visszaszorítása és a megújulók használatának növelése – alapvetően egyet lehet érteni. Néhány ellenvetés:

- Figyelemre méltó az EU törekvése a Földünk klímájának védelmére, eddig is szinte csak ezen a kontinensen érték el mérhető eredményt a légkör szennyezés csökkentésében.
- Az EU országok a világ gazdaságának meghatározó részét képezik, de az EU szerepe a világ energiafelhasználásában azért nem jelentős, 10 % körül van.
- Az EU országok adják a világ fejlettebb részét. Az EU erőfeszítéseit annak tükrében lehet értékelni, hogy Európa népessége alig növekszik, erőteljes bevándorlási nyomás alatt áll, az EU államaiban a gazdasági növekedés évi 5 % alatt van. Ezekkel együtt a jövőben lényeges energia-felhasználás csökkenés nem valószínű.
- Az EU országai fosszilis tüzelőanyag készletek szempontjából egyáltalán nem tekinthetők gazdagnak. A szén-, kőolaj- és földgáz iparágak a nemzeti gazdaságok nem jelentős részét képezik, lobbij erejük sem tekinthető jelentősnek. Talán csak a német szénbányászat az a kivétel, amely kellő erőt képvisel kizárólag a német nukleáris ipar megszüntetéséhez.
- Az EU országaiban rohamtempóban fejlődik a megújuló energiahordozók használatához szükséges eszközök fejlesztése és gyártása, ezeknek az iparágaknak egyre határozottabb beleszólása van az európai környezetvédelmi programokba.
- Ne felejtjük, hogy a Földfelszín átlaghőmérsékletének emelkedésében nemcsak a szén-dioxid játszik szerepet, hanem a légkörbe kerülő metán, más szerves vegyületek és a por is.
- A gyorsan fejlődő országokban (Kína, India, Brazília, Dél Afrika) a gazdaság rohamosan növekvő energiaigénye szinte teljes egészében csak a hagyományos energiahordozókkal elégíthető ki.
- A palaolaj, palagáz sikerek kezdenek áttérjedni az Amerikai Egyesült Államokból a világ más térségeire is, a szénhidrogének termelése munkaerőt, gyártási kapacitásokat köt le, nemzeti jövedelmet hoz. A szénhidrogének viszonylag alacsony ára kihat egy sor más gazdasági ágazatra is, részben negatív hatással.
- Oroszország, mint a világ egyik jelentős állama nem nagyon szólal meg a klímavédelem ügyében, mivel számára a kőolaj és a földgáz exportja kiemelt

fontosságú. Az Északi Áramlat új ágának, és a Török Áramlat építése is rendkívül fontos az orosz energetikai export szempontjából.

- A megismert fosszilis energiahordozó készletek inkább nőnek, mint csökkennek, köszönhetően az új geológiai, geofizikai kutatási módszereknek.
- A világ minden térségében nő a gépkocsik száma, szoros összefüggésben a népesség növekedésével és az életszínvonal emelkedésével. Az elektromos autó még túl drága ahhoz, hogy ellensúlyozza a gyorsan növvő benzin és dízel olaj igényeket.
- A biodízel és a bioetanol motor hajtóanyagok a 2019. év eleji 70 dollár/barrel kőolaj ár esetén még drágábbak, mint a kőolajból nyert megfelelői.
- A légi forgalom dinamikusan nő. A repülőgépek hajtóanyaga is kőolaj termék. Nem látszik még az a jövő, hogy a repülőgépeket megújuló energiahordozóval hajtsák.
- Általában minden ország a klímavédelmi törekvések elé helyezte a saját országuk energetikai adottságait.
- A megújuló energiahordozók nagyobb arányú használatának nagy ára van. Gondoljunk csak a napenergia, a szélenergia, vagy a vízenergia kinyerésének beruházásaira, és hosszú megtérülési idejükre. Talán a biomassza energetikai hasznosítása oldható meg kisebb beruházásokkal. A hosszú megtérülési idő esetén a beruházás finanszírozása csak állami támogatással lehetséges. Ehhez az adott ország gazdasági helyzete mellett az ország fejlesztési programjai prioritásait is figyelembe kell venni.
- A megújuló-energia hasznosítási technológiák hatásfoka még lényegesen elmarad a fosszilis tüzelőanyagok hasznosításától.
- A megújuló energiahordozók fokozódó használatával rövid időn belül több ezer megawatt villamos áram termelő kapacitást létrehozni nem lehet.

2017-ben kilenc európai gázipari szervezet közös állásfoglalást adott ki a megújulókhöz sorolt biogáz, a hidrogén és a szintetikus metán lehetséges jövőjéről [52]. A három gázfajtát azért emelték ki, mert a gáz jól tárolható, környezetbarát fűtőanyag, jól kiegészítheti a nap- és szélenergia hasznosítás szezonálisitását és Európában kiterjedt csőhálózat áll rendelkezésre az országok közötti szállításra is. Az állásfoglalás főbb tézisei:

- együtt kellene kutatni a biogáz, a hidrogén és a szintetikus metán (megújuló gázok) lehetséges használatát a meglévő földgázellátással,
- alkalmazni lehetne a megújuló gázok eredet igazolását a földgázba keveréskor, ezzel is elősegítve a kevert gázok befogadását,
- a biogázok előállításával járó üvegház hatású gáz kibocsátást külön kellene kezelni az egyéb forrásokból származó kibocsátástól, könnyített normák alkalmazásával,

- a megújuló gázok alkalmazását azonos módon kellene támogatni a szabályozásokban és a finanszírozásban az egyéb megújuló energiahordozókkal.

A megújuló energiahordozók helyzetét jelentős mértékben meghatározza a kőolaj és a földgáz tőzsdei ára. A két szénhidrogén legalább 80 %-a tőzsdéken talál felhasználóra.

A tőzsdei árak alakulása sok tényezőtől függ, de a megújuló energiahordozók terjedése még nem tudta a szénhidrogének tőzsdei árát lényegesen elmozdítani. A magas kőolajár azonnal serkenti a megújuló energiahordozók használatának beruházásait, az alacsony olajár pedig azonnal visszaveti ezeket a beruházásokat.

8. A megújuló energiahordozók használata Magyarországon

Megújuló energiahordozó potenciál Magyarországon (PJ/év)

	nap- energia	szél	bio- massza	víz	geoter- mális	hulla- dék	össze- sen	reális
MTA	1851,5	532,8	203,2- 328	14,5	63,5	...	2665- 2790	405- 540
BME	1749	533	126- 223	14	63	...	2485- 2582	994- 1291
KvVM	3,6	1,3	165,8	1,2	50	5	226,9	36
Napenergia Társaság	1749	533	233	14	63	...	2582	...
OMSZ	...	323,4	...	...	...	...	...	204,7
Garbai, Kovács, Pacza	...	...	38,4	...	60-65	...	...	...
Gróf, Buzea	1797,8	532,8	234- 238	8,4	...	...	...	...
Büki	...	...	...	10,8	...	...	...	...
Nemzeti Energia- stratégia 2030	1838	532,8	203- 328	14,4	63,5	...	2600- 2700	...

A megújuló energiahordozó potenciál különböző megítélésében szerepe van az energiaforrások mérése eltérő rendszerének, a kissé eltérő bázis időszakoknak.

Az ország 2017. és 2018. évi primer energiafelhasználása (PJ) [3]:

	2017	2018
szén	93,74	89,74
kőolaj	308,74	329,37
földgáz	357,63	345,98
nukleáris	176,48	174,50
vízenergia	0,80	0,80
szélenergia	2,73	2,18
egyéb	7,36	115,75
villamos import	46,37	51,66
összesen	1115,79	1109,98

Nem energetikai (vegyipari és kenőanyag gyártási) célú volt a 2017. évi energiahordozó felhasználásból 70 620 TJ kőolajtermék és 23 322 TJ földgáz.

Az ország 2017. és 2018. évi energiahordozó összetétele nem tekinthető szerencsésnek, mert az ország saját energiaforrásainak arányát nem tükrözi. A fosszilis energiahordozók szerepe erősen túlsúlyos az energiamérlegben, és a megújulók közül csak az éghető megújulók és a hulladék energetikai hasznosítása jelentősebb. A napenergia és a szélenergia potenciál kihasználása még eléggé kezdeti állapotban van.

Az Innovációs és Technológiai Minisztérium 2019. márciusi Nemzeti Energia és Klímatervének előzetes verziója célul tűzi ki, hogy az ország 2030-as energiafelhasználása ne legyen több, mint a 2005. évi [48].

2018-ban a hazai primer energiahordozó termelés 452,95 PJ volt, a primer felhasználás 1109,98 PJ. A primer felhasználáson belül a vízenergia 0,07 %, a szélenergia 0,2 %, a többi megújuló 10,4 % volt [3].

Az ország elsődleges megújuló energiahordozó termelése és felhasználása [3]:

Termelés (TJ)

	2014	2015	2016	2017	2018
kommunális hulladék	1845	2755	2765	1930	1625
szilárd biomassza	98909	105201	100437	98793	89760
biogáz	3323	3335	3708	3849	3745
bioüzemanyagok	12808	16009	17182	17629	18699
napenergia	647	956	1346	1785	2746
geotermikus energia	3799	4425	5025	5577	5566
vízenergia	1084	843	933	792	798
szélenergia	2366	2495	2463	2729	2185
összesen	124781	136019	133859	133084	125124

Primer energiafelhasználás (TJ)

	2014	2015	2016	2017	2018
kommunális hulladék	2249	3122	3481	2765	2907
szilárd biomassza	98369	103894	100893	99388	90560
biogáz	3323	3335	3708	3849	3745
bioüzemanyagok	7863	7295	7835	6213	8085
napenergia	647	956	1346	1785	2746
geotermikus energia	3799	4425	5025	5577	5566
vízenergia	1084	843	933	792	798
szélenergia	2366	2495	2463	2729	2185
összesen	119680	126365	125684	122898	116592

Az áttekintett öt évben a megújuló energiahordozók használata terén nem sok változás volt. A 2018. évben nem volt jelentős visszaesés a megújuló primer energiafelhasználásban. Ennek ellenére ezek az évek a megújuló primer energiafelhasználás felfutásának éveit lehetnek volna, a kormányzati akciók, a propaganda eredményeként. Valószínűleg a kormányzati pénzbeli támogatások mértékének emelése segíthetne a primer energiafelhasználás kedvezőbb alakulásában.

A megújuló energiahordozók 2017. évi külkereskedelmét a következő táblázat mutatja be (TJ) [3]:

	Import	Export
kommunális hulladék	835	-
szilárd biomassza	595	-
bioüzemanyag	-	11416

A kommunális hulladékimport az egyik nagy erőműbe kerül, és eltüzelik.

Az 50 MW feletti hazai erőművek villamos energia termelésében a megújuló energiahordozók részesedése a következő volt [3]:

	2013	2014	2015	2016	2017	2018
termelt energia [GWh]	25794	25053	25933	26950	27573	24449
megújuló [PJ]	6,9	6,0	7,9	7,5	9,2	8,0
megújuló hányad [%]	2,5	4,0	3,4	2,4	2,3	3,3

A táblázat szerint nem látszik törekvés a nagyerőművi villamos energiatermelésben a megújulók használatának erősítésére. Figyelembe kell venni, hogy a nagyerőműveknél vannak hosszabb leállási ciklusok tervszerű karbantartás miatt. Az is lényegesen befolyásolja az erőművek áramtermelését, hogy a hazai áram termelési költsége hogyan viszonyul az import áraméhoz.

Az Eurostat áttekintést ad a megújuló energiahordozók magyarországi végfelhasználásának megoszlásáról a főbb felhasználási célok között (ktoe) [53]:

	2014	2015	2016	2017
áramtermelés	245,4	252,5	251,9	264,5
fűtés és hűtés	2010,7	2168,3	2178,7	2116,9
szállítás	216,6	199,6	213,7	177,9
összesen	2472,7	2620,3	2644,3	2559,3

Az áttekintés négy éve nem mutat érdemi változást a megújuló energiahordozók felhasználásában.

A Kormány 2006-ban elindította a megújuló energiaforrásokból termelt, támogatott villamos energiaátvételi rendszerét (KÁT), hasonlóan az EU többi tagországához. A KÁT a kötelező átvételi rendszer támogatásának rövidítése, és a megújulókból termelt villamosenergia támogatási rendszerének jelölése. KÁT szerződést köthettek azok a megújuló alapú villamosenergia termelők, amelyek normál áram átvételi ára nem fedezte az üzemelési költségeit és a beruházásait. A KÁT hazai alkalmazásának feltételeit a villamos energiáról szóló 2007. évi LXXXVI. törvény, és a megújuló energiaforrásból vagy hulladékból nyert energiával termelt villamos energia, valamint a kapcsoltan termelt villamos energia kötelező átvételéről és átvételi áráról szóló 389/2007.(XII.23.) Korm. rendelet szabályozza. A KÁT rendszer pozitívan ösztönözte a befektetőket megújuló energiahordozó használatára a villamosáram termelésben.

A KÁT rendszerben az áramtermelés főbb adatai a 2015. és a 2016. években [3]:

	2015	2016
Erőművek beépített kapacitása (MW)		
megújuló	819,81	752,39
hulladék	8,52	8,52
KÁT keretében értékesített energia (GWh)		
megújuló	2402,31	2355,70
hulladék	25,21	37,62
Kapacitás kihasználás (%)		

megújuló	33	35
hulladék	1	5

A KÁT rendszer hatása a megújuló energiahordozók használatára nem volt kellően ösztönző.

A megújuló energiák megoszlása a bruttó végső energiafogyasztásban (%) [3]:

	2005	2010	2015	2016
villamos energia	4,4	7,1	7,3	7,2
fűtés és hűtés	9,9	18,1	21,2	20,8
közlekedés	0,9	6,0	7,0	7,4
összes felhasználás	6,9	12,7	14,4	14,2

A KÁT rendszerben működő megújuló energia hasznosító létesítmények néhány adata 2016. év végén [3]:

	üzemek száma (db)	teljesítmény (MW)
biogáz	36	37,84
napenergia	47	39,62
depóniagáz	20	13,95
biomassza	4	137,70
vízenergia*	22	56,62
szélenergia	39	319,85
hulladék	4	156,6
szennyvízgáz	1	0,33

*5MW alatti

A KÁT rendszerben üzemelő megújuló energiahasznosító vállalkozások száma és teljesítménye nem tükrözi az ország megújuló energiapotenciálját.

Az energiamegtakarítás céljára adott állami támogatás jól láthatóan, sokrétűen megjelent, de nagyon kis energiafogyasztó kört érintett a pályázható keretek szűkossége miatt.

A közintézményeknél sem jobb az energiamegtakarítást szolgáló fejlesztések helyzete: pénzhiány miatt inkább jelképesnek tekinthetők az eredmények. Az iparban az energiatakarékosság és az energiaintenzitás növelésének eredményei lényegesen jobbak, mert a megtakarítások a vállalkozásnál közvetlenül nyereséget hozhatnak.

Az EU klímavédelmi programjaiban hazánk is részt vesz. Úgy tűnik, hogy az energiahatékonyság emelésére és a CO₂ kibocsátás csökkentésre tett vállalásaink 2020-ra teljesülhetnek. A primer energiahordozókon belül a hazai megújulók

használatára vállalt 14,65 %-os arány teljesítésének következménye az lesz, hogy a 2020-ra elért megújuló hányad lesz az alapja a 2030-ra tett vállalásnak, tehát 2020 és 2030 között a megújuló használatot tovább kell ösztönözni.

A Nemzeti Energiastratégia az alábbiak szerint részletezi a 2020-ra tervezett megújuló energiaforrásokat (ktoe):

	2010	2020
geotermikus	101	357
napenergia	6	82
biomassza szilárd	812	1225
biogáz	0(?)	56
hőszivattyú		
légtermikus	0	7
geotermikus	5	107
hidrotermikus	1	29
megújulókból		
távfűtés	3	613
háztartási biomassza	610	918

A Nemzeti Energiastratégiából hiányzik a víz- és a szélenergia.

Az ország megújuló energiahordozó használata 2018-ban 116,6 PJ volt. A megújuló energiahordozók közül a biomassza 77,6 %, a vízenergia 0,7 %, a geotermikus energia 4,8 %, a szélenergia 1,9 %, a napenergia 2,4 % [11]. A megújuló energiahordozók hasznosítása elsősorban hőtermelés, de egyre lényegesebb a megújuló alapú villamos áramtermelés is. A megújuló alapú erőműveknek be kell illeszkedni az ország villamosenergia rendszerébe, a felhasználás szezonálisába.

A 2020-ra irányuló Nemzeti Energiastratégia irányszámait az utóbbi években már korrigálták, és 2019-ben is várható további korrekció.

A hazai erőművek jellemzői (2016):

	Létesítés költsége	Éves üzemóra	Élettartam
	ezer Ft/kW	óra	év
vízi	1000	8000	80
nap	500	2000	25
szél	330	2000	35
Paks II.	1250	8000	60
szén	450	8000	35

gáz	240	8000	35
biomassza	400	8000	35

A Kormány 2010-ben kiadta a Megújuló Nemzeti Cselekvési Tervet (MNCST), amely először tűzte ki célul 2020-ra a primer energiahordozó felhasználáson belül a megújulók részesedésére a 14,65 %-os arányt. A program elsősorban a nap- és a geotermikus energiahasznosítás előretörését tűzte ki célul.

Az MNCST is számol azzal, hogy a megújuló energiahordozók fokozottabb használata erőteljes állami támogatási akciók nélkül nem várható el. A támogatás többféle formában adható: beruházás támogatása, villamos energiatermelési cél esetén szabályozott (emelt) átvételi ár meghatározott időszakra, kedvezményes kamatozású hitelakció. A program célkitűzései részlegesen teljesültek, teljesülnek, éppen a pénzügyi állami támogatások szűkössége miatt.

A Magyar Nemzeti Bank elnöke 2019. február 27.-én tette közzé a 330 pontos (nemzeti) fejlesztési programját: „A magyar felzárkózás versenyképességi reformjai és fordulatai 2019-2030” címmel. A programot a Magyar Nemzeti Bank jegyzi. A program kiterjed a gazdaság és a társadalom szinte minden területére. Az értékelés teljes biztonságot sugároz és határozott célokat tűz ki. Jelentős fejezet foglalkozik az ország energetikai helyzetével, és újabb fejlesztési programot ismertet [30]. A dokumentum különlegessége, hogy az energetika területén is a Kormány fejlesztési stratégiai programjai feladatát vállalta át: energetikai célokat határoz meg, támogatási rendszert részesít előnyben. Egyértelmű távlati cél: az osztrák életszínvonal 80-90 %-ának elérése 2030-ra. Az ehhez tartozó feladatokat sorolja a program: a versenyképes adórendszer, a teljes foglalkoztatás, a pénzügyi egyensúly, a növekvő gazdasági teljesítmény részletezésével. A program tulajdonképpen tekinthető részletes kormányprogramnak is.

A Kormány 2019. januárban közreadta Magyarország Nemzeti Energia- és Klímaterve (NEKT) tervezetét, amelyet 2019. év végéig kell véglegesíteni és megküldeni az EU Bizottságnak.

A NEKT 2030-ig vázolja a megújuló energiahordozók jövőjét az egyes ágazatokban (PJ):

	2015	2023	2025	2027	2030
fűtés-hűtés	90	94	98	102	108
villamos energia	10	23	28	29	31
közlekedés	8	20	21	22	24
összesen	108	137	147	153	163

A megújuló energiahordozók jövőjét bemutató táblázat reális tendenciákat vázol. Az összes megújuló energiahordozó használat mintegy 50 %-os növelése 15 év alatt

jelentős beruházások nélkül teljesülhet. Ugyanakkor ezzel az óvatos fejlődési tendenciával nem fogunk nagy elismerést kiváltani az EU-ban.

8.1. A légkör állapota

8.1.1. Szén-dioxid emisszió és szén-dioxid kereskedelem

A világon a légköri átlagos szén-dioxid koncentráció folyamatosan nő. A Manua Loa Obszervatórium (USA, Havaii) mérése szerint:

időszak	1955	1980	2000	2016. jún.	2017. jún.	2018. jún.
ppm	280	342	370	406,81	408,84	410,79

A Nemzetközi Óceán- és Légkörkutató Hivatal (NOAA) jelentése szerint a szén-dioxid tartalom 2019. január elsejére 409,92 ppm értékre nőtt [48].

A szén-dioxid kibocsátás megoszlása a világon nem egyenletes. A DGVN (német ENSZ társaság) és az IEA statisztikája a következő táblázat, az egy főre jutó kibocsátásról (tonna/fő):

	1992	2004	2008	2014
USA	18,2	18,1	17,5	16,2
Oroszország	15,0	11,1	11,6	10,0
Németország	11,7	10,0	9,2	8,9
Kína	2,4	4,0	5,2	6,3
India	1,1	1,2	1,4	1,5

A világ legnépesebb országaiban a kibocsátás növekedése egyáltalán nem kedvező tendencia. A szén-dioxid kibocsátás megváltoztatása rendkívül költséges akció.

Az Európai Unió 2005-ben indította akcióját a légkör szén-dioxid tartalmának csökkentésére. Az akció célja a légkör hőmérséklet emelkedésének belátható időn belüli megfékezése volt. Az Európai Parlament a 2019. március 14. napján megtartott ülésén elfogadta, hogy az EU-ban 2050-re érjük el a nulla szén-dioxid kibocsátást. A döntést Németország, Lengyelország, Csehország és Magyarország nem fogadta el. Ezek az országok a 2050-es évet, mint határidőt törölni akarják [38].

A légkör szén-dioxid tartalma és a Föld átlaghőmérséklete emelkedése között az összefüggés egyértelműnek tekinthető. Nem hagyhatjuk figyelmen kívül azt sem, hogy a légköri szén-dioxidot a csapadék kimossa, a keletkező szénsav a talaj termőrétegek, az élővíz savasságát emeli. Már bizonyítottnak tekinthető, hogy a földi klímaváltozás és a légköri szén-dioxid tartalma között szoros az összefüggés. A klímaváltozás néhány következménye:

- az elmúlt 40 évben a vadon élő állatfajok 60 %-a kipusztult [29];
- nő a Föld átlag hőmérséklete;
- erdőtüzek;
- szélsőséges időjárási jelenségek: viharok és szárazság, a hőségnapok száma évente 30 fölötti;
- eltolódó évszakok;
- terjednek a sivatagok;
- savasodik a termőföld, a tengerek vize;
- csökken a növények termésátlaga;
- szűkül az élelmiszer termelés területe;
- népvándorlás az élhetetlen területekről;
- A világ vízkészletének 1 %-a édesvíz, ebben él a Föld halállományának 40 %-a. 1981-2015. között a vizek pH-ja 0,3 -el csökkent (savasodás), a légkörbe kerülő többlet szén-dioxid miatt [5];
- sarki jég olvadása:
 - a Föld édesvíz készlete csökken,
 - tengerek szintje emelkedik,
 - megváltoznak a tengeráramlatok,
 - nő a tengerek vízhőmérséklete → egyes tengeri állatok kipusztulnak.

Az emberiség táplálékát adó növények legtöbbje terméshozam csökkenéssel reagál a talaj savasságának emelkedésére.

2019. márciusában a BP kiadta a prognózisát a világ szén-dioxid kibocsátásáról (milliárd tonna) [25]:

Változat	1970	2000	2017	2020	2025	2030	2035	2040
ET	14,5	24,0	33,4	34,3	34,9	35,2	35,7	35,9
RT	14,5	24,0	33,4	30,9	28,3	25,6	22,3	18,0

ET: evolving transition változat

RT: rapid transition változat

A prognózis rémítő, azt mutatja, hogy a légkör szén-dioxid szintje és átlagos hőmérsékletének csökkenését csak 2035 után remélhetjük, addig a légkör hatása az életünkre egyre súlyosabb jelenségekkel jelentkezik. A „rapid transition” változatnál minden állam, minden ember maximális erőfeszítését feltételezik a klíma védelme érdekében. Éppen a világ két nagyhatalmának, az USA-nak és Oroszországnak az eddigi közömbössége miatt az „evolving transition” változata a realisabb, ami viszont nagyon súlyos következményekkel járhat az emberiség életében.

Európa összes szén-dioxid kibocsátása 2017-ben 4,15 milliárd tonna volt, 2018-ban 4,25 milliárd tonna, a világ 2017-ben összesen 33,24 milliárd tonnát, 2018-ban 33,89 milliárd tonnát engedett a levegőbe [60]. Európa erőfeszítése a kibocsátás

csökkentésre nagyon tiszteletre méltó, de a légkör szennyezettségének átlagos javításában nem tölt be nagy szerepet.

Az ENSZ Klímaváltozási Keretegyezményét és annak Kyotói jegyzőkönyvét aláíró EU tagállamok az üvegházhatású gáz kibocsátások mérséklésének legkisebb költségráfordítás melletti elérése érdekében 2005-ben fix kvótás szén-dioxid kibocsátás kereskedelmi rendszert (ETS Emissions Trading Scheme) hoztak létre. A kibocsátás összmenyisége országonként rögzített, ezen határértéken belül azonban a rendszer résztvevőinek lehetősége van a rendszerben kereskedelmi fizetőeszközként, „valutaként” szolgáló kibocsátási egységek, kvóták kereskedelmére. A rendszer lényege, hogy a fizikai teljesítés helyétől függetlenül egy szén-dioxid kibocsátást csökkentő létesítmény által realizált csökkentés értékesíthető, akár az EU országai között is. A rendszerben a villamos energiatermelés, a távhőtermelés, a cukorgyártás, az olajfeldolgozás, a kokszolás, a vas- és acélgyártás, cementipar, mésztermelés, üveggyártás, téglá- és kerámiaipar, papír- és cellulózgyártás, majd a polgári légiközlekedés kibocsátását mérik, és ezek a cégek kereskedhetnek a kibocsátási kontingenseikkel. Később más légkört szennyező gázkibocsátások korlátozására is született EU szintű megállapodás.

A korlátozásban érintett ipari létesítmények országonként, a Nemzeti Kiosztási Tervben (NKT) meghatározott kibocsátási jogosultságukat országon belül, és EU szinten is értékesíthették. Az NKT-ben meghatározott kibocsátásokat a következő években szűkítették, ez az egyes iparvállalatokat hatékonyabb kibocsátás csökkentésre, vagy kvótavásárlásra kényszerítette.

Mára elértük azt, hogy a szén-dioxid kvóták nemzetközi kereskedelme tőzsde jelleggel működik, és az árakat a kereslet-kínálat határozza meg. 2006. januárban még 5,7 Euro/tonna áron kötöttek szén-dioxid kereskedelmi ügyleteket, ezek az árak 2018. II. negyedévre már 13,9 Euro/t szintre emelkedtek. Öröndetes, hogy a szén-dioxid emisszióban leginkább érintett cégek anyagi ösztönzése a kibocsátás csökkentésére ilyen jelentősen nőtt. A szén-dioxid kvóta kereskedelem az EU-ban segíti a kibocsátás csökkenést, ugyanakkor a világ CO₂ kibocsátását érdemben alig befolyásolja.

A BP közreadott egy áttekintést a szén-dioxid kvóta árának várható alakulásáról (USD/t CO₂) [25]:

	OECD államok	Nem OECD államok
2010.	7	0
2015.	4	0
2020.	13	5
2025.	25	10
2030.	49	22

2035.	98	46
2040.	200	100

A BP a táblázatban már annak a reményének adott hangot, hogy a nem OECD országok is elindítják a CO₂ kvóta szabályozást és a kereskedelmet is.

A légkörbe kerülő káros gázok átlagos összetétele a következő (%):

szén-dioxid	metán	nitrogénoxid	ózon	CFC	SFG
56,8	16,2	9,4	8,0	7,3	0,3

A szén-dioxidon kívüli gázok hatása változatos, például a metán legalább hússzor veszélyesebb a Föld átlaghőmérsékletének emelkedése szempontjából, mint a szén-dioxid.

A nitrogénoxid rákkeltő hatású, de a fluorozott gázok is egészségkárosodást okoznak. A környezetvédelem figyelme most még a szén-dioxidra összpontosul. Várhatóan foglalkozni kell az egyéb légköri szennyezőkkel is. Mára már tudjuk, hogy a légkör portartalma lehet a következő akciók célpontja.

A légköri szén-dioxid megkötésére ma a felszíni növénytakaró gyarapítása látszik a legjobb megoldásnak, azzal együtt, hogy a növények felhasználása vagy a termőterületen elpusztulása után keletkező hulladék ismét szén-dioxidot termel a légkörbe.

A szén-dioxid kibocsátás mellett a további légszennyező anyagok mérséklését szolgálja a széntüzelésről földgáztüzelésre átállás a villamos áramtermelésben. A földgáztüzelésű erőmű is szén-dioxidot bocsát ki, de a többi légszennyező anyag kibocsátása lényegesen kedvezőbb a Shell kimutatása szerint (kg/MWh) [37]:

	kéndioxid	nitrogénoxid	szilárd szennyező
széntüzelés	0,67	0,70	0,09
földgáz tüzelés	0,01	0,02	0

8.1.2. Vízgőz és gázok a légkörben

A fosszilis tüzelőanyagok égetésekor, de a szilárd megújuló tüzelésekor is vízgőz kerül a légkörbe. A vízgőz légköri szerepéről eddig nem sokat szóltak a légkörvédelmi elemzések és határozatok. A légkörbe kerülő vízgőz a légköri környezet hőmérséklete és a légnyomás függvényében változó állapotba jut: mikró méretű molekulák és nagyobb molekula csoportok alkothatnak pára felhőket, amelyek más légköri jelenségekkel együtt víz, jég, hó csapadék formában egy ideig felhőket alkotnak, majd szintén a légköri fizikai állapot változása miatt ez a csapadék a Földre hullik. A lehulló csapadék egy része a földbe szivárog, más része a felszíni vizekbe jut, és a tavakból

párolog el, vagy a folyókkal a tengerbe jut. A felszíni csapadékvíz elpárolog és ismét a légkörben alkot újabb csapadék formációkat.

Azt mondhatnánk, hogy a Föld vízkészlete a fenti körfolyamatok miatt nem változik, csak a csapadék megjelenési formái és szezonaritása változnak. Ezt azért azzal kell kiegészíteni, hogy az eltűzelt fosszilis tüzelőanyagokkal felszabadult vízgőz növeli a Föld vízkészletét.

A légkör – Föld vízkészlet körfolyamat nagyon fontos része a Föld átlaghőmérséklete változásának. A légkörben keletkező felhők mozgása – és most tekintsünk el a viharoktól, tájfunoktól – védi az árnyékolt földterületet a napsugárzástól és ezzel a túlmelegedéstől. A légkörbe kerülő többlet vízgőz kismértékben ellensúlyozza a széndioxid szint emelkedés következtében előálló légkör melegedést.

Az Európai Unió környezetvédelmi programjai a légkör váratlanul gyors romlása miatt szükséges intézkedéseket fogalmazzák meg. Az EU tagállamaként Magyarország is részese ezeknek a programoknak.

A magyarországi éves átlag hőmérsékletek alakulása (°C) [11]:

Év	2005	2010	2011	2013	2014	2015	2016	2017	2018
°C	9,79	10,20	11,25	11,46	12,33	11,51	11,88	11,14	11,99

Az emberi tevékenységgel a légkörbe kerülő szennyező anyagokat és azok hatását mutatja be következő táblázat:

Légszennyező	Eredete	Hatása
nitrogénoxidok	közlekedés, mindenféle anyag tüzelése, műtrágya használata	salétromsav képződik, savas esők, ózonbontás
kéndioxid	kénes tüzelőanyagok égetése	kénsav képződés a levegőben, savas esők
szénmonoxid	közlekedés, mindenféle anyag tüzelése	mérgező, üvegház hatás
szén-dioxid	közlekedés, tüzelés	üvegházhatás
metán	földgáz használat, kérődző állattartás, mezőgazdasági termelés	üvegházhatás
ólom	közlekedés	súlyosan mérgező
propán	aeroszok	üvegházhatás
porok	viharok, mindenféle emberi tevékenység	légzőszervi betegségek

A légszennyező anyagok belélegzése az emberi élet rövidüléséhez vezet.

Becslés készült a légkörbe kerülő káros gázok hozzájárulásáról a földi légkör felmelegedéséhez [24]:

Légkör szennyező	A felmelegedés oka volt 2000-ig (%)	A felmelegedést növeli 2050-ig (%)	Hőmérséklet emelkedés 2050-ig (°C)
szén-dioxid	42-46	51-60	1,5-6
nitrogén-oxidok	3-4	6-9	0,25-1,0
metán	6-12	3-23	0,3

A táblázat adataihoz megjegyezzük, hogy ma még felmérni sem lehet, hogy például 2050-ig további 0,5 °C átlaghőmérséklet emelkedésnek milyen hatása lehet az emberi életre. Azt már tudjuk, hogy 1900-tól napjainkig a 2 °C emelkedés mit eredményezett. Valószínűsíthető, hogy a további légszennyező gázkibocsátás emelkedése életünk olyan területeit fogja károsan befolyásolni, amire eddig nem is gondoltunk.

Magyarország légkör szennyezésének mérőszámait mutatja be a KSH statisztikája [11]:

Szén-dioxid kibocsátás (millió tonna):

	2007	2010	2015
összesen	58,5	52,2	46,8
energiaipar	21,2	17,2	13,8
egyéb ipar	10,7	8,1	9,0
szállítás/közlekedés	12,9	12,8	12,0
háztartások	8,6	8,6	6,9

A világ 2016. évi szén-dioxid kibocsátása 33 431 millió tonna volt (BP [1]), 2018-ban 33 890 millió tonna. Magyarország nem tartozik a nagy légkörszennyező országok csoportjába [11]:

Metán kibocsátás (ezer tonna):

	2007	2010	2015
összesen	329	323	305
hulladékkezelés	166	159	141
mezőgazdaság	103	97	109
szivárgás*	38	38	26

*a földgáz kitermelése, szállítása közben

Nitrogén-oxidok (ezer tonna):

	2007	2010	2015
összesen	160	140	123
szállítás/közlekedés	75	62	54
energiaipar	25	24	17
műtrágya felhasználás	13	11	14

Főleg a motorok üzemeltetéséhez, a tüzeléshez felhasznált levegő nitrogéntartalmából képződik.

Szén-monoxid (ezer tonna)

	2007	2010	2015
összesen	450	8000	35
háztartások	240	8000	35
szállítás/közlekedés	400	8000	35

Szénmonoxid minden fosszilis tüzelőanyag elégetésekor keletkezik, oxigénhiányos környezetben.

10 µm átmérőnél kisebb szilárdanyag PM₁₀ (ezer tonna)

	2007	2010	2015
összesen	57	67	70
háztartások	30	43	47
mezőgazdaság	10	10	10

2,5 µm átmérőnél kisebb szilárdanyag PM_{2,5} (ezer tonna)

	2007	2010	2015
összesen	40	50	54
háztartások	30	42	46
szállítás/közlekedés	4	4	3

Magyarország egy főre jutó légköri károsanyag kibocsátása az EU országainak átlaga körül alakult. A szilárd részecske kibocsátást kivéve a káros gázok kibocsátásának csökkenése kisebb részt a környezettudatosság eredménye, nagyjából a gazdasági válság kísérő jelensége. A szénmonoxid kibocsátás és a porszenyezés növekedése a háztartásokban a fűtésre használt szilárd tüzelőanyagok elterjedésének következménye. Ha az épületek hőszigetelésének javításával csökkentenénk a fűtési energiaigényt, és ezzel a légkörbe kerülő szén-dioxid, szénmonoxid és por szennyezést, akkor az EU elvárásait könnyebben lehetne teljesíteni.

Az EU legújabb célkitűzése: 2050-re a szén-dioxid kibocsátás csökkentése 80 %-kal. Ez a cél elsősorban az épületek fűtési- és hűtési energiaigénye csökkentésével érhető el. Az épületek hőigényét 28-35 %-kal kellene csökkenteni.

8.2. A megújuló energiahordozók szerepe Magyarországon

A megújuló energiahordozók intenzívebb használatának hatalmas lökést adott a légkör állapotának változása: a Föld átlaghőmérsékletének kritikus mértékű emelkedése és a légkörbe kerülő üvegházhatású gázok szintjének emelkedése. A megújuló energiahordozók hazai használatában az EU törekvései megjelennek.

Magyarország Megújuló Energia Hasznosítási Cselekvési Terve 2010-2020. évekre a következő megújuló energiafogyasztást tűzte ki célul (ktoe):

	2010	2015	2020
Fűtés-hűtés	949	1049	1863
Villamos áramtermelés	244	333	481
Közlekedés felhasználása	150	266	535
Teljes megújuló energia fogyasztás	1344	1648	2879

8.2.1. Szélerergia

A szélerergia hasznosítása szénhidrogén felhasználás- és import kiváltást jelent, és ez a nemzeti energetikai fejlesztések legfontosabb célkitűzése.

Az ország szélerergia potenciálját 500 PJ-ra becsülik a hazai kutató intézetek és szakértők. Az ország területének mintegy harmadán van az ipari méretű szélgenerátorok üzemeltetésére megfelelő széljárás.

A hazai primer szélerergia hasznosítás (TJ) [3]:

	2014	2015	2016	2017	2018
Primer energia	2366	2495	2463	2729	2180

2006-ig megépült 16 db szélgenerátor, összesen 16,6 MW teljesítménnyel. Általában kisebb létesítmények voltak.

A megújuló energiák, köztük a szélerergia hasznosítására a Kormány 2006-ban pályázatot írt ki, közismerten KÁT rendszernek hívták ezt a támogatási rendszert. A beruházások támogatása helyett tízéves, emelt átvételi árú áramvásárlási szerződést kötöttek a beruházókkal. Az ipari (legalább 1 MW teljesítményű) szélgenerátorok telepítése igen gyors tempóban megindult. 2011-ig megépült összesen 172 db torony, 37 db telephelyen. Mintegy 330 MW beépített kapacitásig tartott a kedvezményes áramátvételi szerződések kötése, utána ez a kedvezmény megszűnt. Ezzel együtt leállt

az újabb szélgenerátorok telepítése is. A tízéves kedvező áramátvétellel a beruházások megtérültek. A generátorok ma az OVIT rendelkezése szerint termelnek.

A KÁT rendszere más megújuló energiahordozó használatot is támogatott. A KÁT rendszert 2017. január 1. napjától a METÁR rendszer váltotta fel. A METÁR rendszer a 0,5 MW alatti erőművekre a kötelező áramátvételi szerződés lehetőségét kínálja, kivéve a szélerőműveket.

A 277/2016. (IX. 15.) Korm. rendelet újra szabályozta a szélerőművek telepítési feltételeit. Ebből kivonat: radartól 40 km, repülőtértől 15 km, beépítésre szánt területtől 12 km távolságra telepíthető szélerőmű. Magyarország ehhez a követelményhez sűrűn lakott területnek számít, alig lehetne helyet találni egy újabb ipari szélgenerátor telepítésre. A háztartási kiserőművekre ez a tilalom nem vonatkozik.

A jelenleg érvényes áramátvételi feltételek és környezetvédelmi előírások mellett nem éri meg a befektetőknek szélgenerátort telepíteni.

A támogatás leállításának az volt az oka, hogy a hazai áramellátás rendszere nem volt felkészülve a szélgenerátorok szezonális termelésének kompenzálására. Mára a nemzetközi áramszállítási lehetőségekkel javult a szélgenerátorok kihasználtsága.

A szélgenerátorok által termelt áram olcsó energiahordozó.

2017. végén 619 db háztartási (<50 kW) szél kiserőmű működött az országban.

A növekedés üteme az utóbbi három évben a kiserőművek területén is megállt, az áram átvételi árának újra szabályozásával. A szélerőművek terjedésében az állami támogatás a kedvező áramátvételi árban jelentkezett, amit a befektetők tíz évig élvezhettek.

8.2.2. Napenergia

A Földre érkező napenergiát 173 000 TW-ra becsülik. Ennek kb. 30 %-át a Föld légköre és felszíne visszaveri a világűrbe, kb. 41 %-a közvetlenül hővé alakul a Föld felszínén, a fotoszintézishez kb. 1 %-ot használnak fel a növények, a víz körforgáshoz kb. 23 % szükséges, a szél- és tenger hullámmozgáshoz kb. 1 % napenergia szükséges.

A napenergia hasznosítása szénhidrogénfelhasználás- és import kiváltását jelent, és ez a nemzeti energetikai fejlesztések legfontosabb célkitűzése.

A szakértők és a kutató intézetek által becsült hazai napenergia potenciál: évi 1800 PJ.

A hazai primer napenergia hasznosítás (TJ) [3]:

	2014	2015	2016	2017	2018
--	------	------	------	------	------

Primer energia	647	956	1346	1785	2746
-----------------------	-----	-----	------	------	------

A napenergia hasznosítás két módja: napelemmel villamos áramtermelés és napkollektorral hőenergia termelés.

Hazánkban a napelemek telepítése és üzemeltetése a meghatározó napenergia hasznosítási forma. A napelemek telepítését a háztartások, az önkormányzati intézmények, állami cégek és piaci vállalkozások egyaránt elég gyors ütemben folytatják. A napelem telepítés állami befolyásolása a termelt villamosenergia átvételi árának szabályozása (KÁT), amely az utóbbi években többször változott (2017. januártól METÁR támogatási rendszer).

Néhány példa a hazai napelem parkok építésére:

Az MVM 2019. februárjában helyezte üzembe Pakson a 20,6 MW teljesítményű napelem erőművét. Ez az erőmű 51 hektár területen, 74 ezer napelem táblából áll. A beruházás fajlagos költsége 0,437 millió Ft/kW, a hasonló beruházások átlaga körül van.

Napelem park épült 2019-ben a Szekszárdi Kórházban is, 550 kW teljesítménnyel, 250 millió forintért. A fajlagos létesítési költség: 0,45 millió Ft/kW.

Napelem park építés indult el Szügyben, ahol 82,5 MW teljesítmény kiépítésének első üteme készült el. A teljes projekt 31,85 milliárd forintba kerül. A fajlagos létesítési költség 0,386 millió forint/kW.

Kisbéren is napelem park épül. A 2100 panelből álló létesítmény az MVM 21 darab naperőművet magába foglaló fejlesztési programjának része [48].

A naperőműveknél 1100-1300 csúcskihasználási órással számolhatunk.

2019. januárban 336 MW teljesítményű, nem háztartási naperőmű üzemelt az országban.

A Nemzeti Energia- és Klímaterv 2019. márciusi tervezete a 2018. évi 700 MW hazai fotovoltaiikus napenergia hasznosítást 2022-2023 évekre 3000 MW-ra, a 2030-as évekre 6645 MW –ra tervezi bővíteni [48].

A KÁT/METÁR támogatási rendszerben épített naperőművek által értékesített villamos energia (MWh) [3]:

	2014	2015	2016	2017
MWh	1,4	6,8	10,5	42,1

A napelemes elektromos áramtermelés vonzata a termelés és az elektromos energiafelhasználás szezonálisának eltérése, amit hagyományos erőművekkel

(Magyarországon földgáz tüzelésű erőművekkel) vagy áramimporttal kell naponta kompenzálni.

A háztartási (<50 kW) naperőművek száma dinamikusan nő [3]:

	Darabszám	Kapacitás (kW)
2008.	107	363
2010.	292	992
2015.	150131	127540
2016.	20401	164080
2017.	29685	239960
2018. 9. hó	36029	240020

A háztartási naperőművek döntő többsége a lakosság pénzforrásából épült, kevés naperőmű önkormányzati, és állami pénzforrásból készült el. A növekedés üteme gyors. A napelemek terjedésében az állami támogatás, a napelemek árának gyors csökkenése, az elszámolási szabályok változása kap jelentős szerepet.

A naperőművek kapacitásának éves átlagos kihasználása 13,9 %.

8.2.3. Vízi energia

A vízerőművek többcélú létesítmények: árvízszabályozás, a hajózhatóság feltételeinek javítása és villamos áramtermelés. A vízerőművek megfelelő tározóra építve azt a kitűnő lehetőséget biztosítják, hogy bármilyen másik erőmű leállása esetén percek alatt indítható, és ha nincs rá szükség, leállítható.

A hazai primer vízenergia hasznosítás (TJ) [3]:

	2014	2015	2016	2017	2018
Primer energia	1084	843	933	792	798

Az ország vízenergia adottságai nem jók, bár vannak nagy hozamú folyók, de a folyók esése kevés ahhoz, hogy nagy teljesítményű erőműveket lehessen rá építeni.

A vízerőművekhez kapcsolódó gátak jelentősége az árvizek szabályozása szempontjából jelentős. A Bős-Nagymaros térségébe tervezett dunai vízerőművek közül a bősi megépült és üzemel. A nagymarosi erőmű kb. 180 MW teljesítményű lett volna, a hajózhatóság biztosítása nagyobb jelentőségű lett volna, mint a villamos áramtermelés. Az országban:

- 31 darab 50 kW feletti teljesítményű vízi erőmű üzemel, 55 MW beépített teljesítménnyel.

- 2017. végén 112 darab 50 kW-nál kisebb teljesítményű háztartási kiserőmű üzemelt.
- Újabb vízi erőmű építés nem várható.
- Adottságok: pl. Tiszaölk kb. 8 MW, éves termelés 55...70 GWh

Az ország vízenenergia potenciálja nagyrészt kihasználásra kerül.

8.2.4. Geotermikus energia

A geotermikus energia olyan belső energia, amelyet a földkéreg, a köpeny és a mag nagy hőmérsékletű tömegei tárolnak. Mivel a Föld belsejében sokkal nagyobb hőmérsékleteket találunk, mint a felszínen, a belső energia állandóan áramlik a nagy mélységű zónákból a felszín felé, ez a földi hőáram [41].

A földkéreg hőmérséklete a hővezetés törvényének megfelelően növekszik a mélységgel, így az egységnyi tömegű anyag energiatartalma a mélységgel nő. Nyilvánvalóan annál alkalmasabbak a körülmények a geotermikus energia kinyerésére, minél közelebb van a felszínhez a belső energiát hordozó, nagy hőmérsékletű közeg, ez az egységnyi mélységre eső hőmérsékletnövekedéssel, a geotermikus gradienssel jellemezhető. A földi hőáram és a geotermikus gradiens értéke nem homogén eloszlású, a kéregfejlődés folyamatától függően jellegzetes területi eloszlást mutat [41].

A geotermikus energiakészletek szinte elképzelhetetlenül nagyok, a földkéreg felső tíz kilométer vastagságú rétege több, mint ötvenezer-szer annyi energiát tartalmaz, mint a ma ismert kőolaj- és földgáz készletek. A földkéreg fűtő földi hőáram teljesítménysűrűsége igen kicsi, átlaga a Pannon medencében közelítőleg $0,1 \text{ W/m}^2$. Erről a területről egy átlagos termálkúttal mintegy 5 MW hőteljesítmény termelhető [41].

Magyarország becsült geotermikus energia készletei, több szerző szerint (PJ) [41]:

	Energia készlet
Hozzáférhető geotermikus készlet	
Boldizsár	$5,53 \cdot 10^8$
Bobok	$3,25 \cdot 10^8$
Fancsik	$3,75 \cdot 10^8$
Felhasználható geotermikus készlet	
Bobok	$0,85 \cdot 10^8$
Fancsik	$1,05 \cdot 10^8$
Rezessy, Szanyi, Hámor	$1,02 \cdot 10^8$
Gazdaságosan kitermelhető készlet	
Bobok	$4,54 \cdot 10^5$

Liebe	14,9•10 ⁵
Lorberer	3,43•10 ⁵
Rezessy, Szanyi, Hámor	46,6•10 ⁵

Az 50 °C termálvíz hőmérséklet – néhány hegyvidéki terület kivételével – már 700-900 méter mélységben elérhető. A 60 °C közethőmérséklet az ország nagy részén már 1000-1100 méter mélységben megjelenik. 90 °C hőmérséklet az Alföld nagy részén 1600-1700 m mélységben jelentkezik. A hőmérséklet megfelelő értéke szükséges, de önmagában nem elegendő feltétele bármely geotermikus energia hasznosításnak. A rendszer teljesítményét a hőmérséklet mellett a kitermelt hévíz lehetséges hozama határozza meg [41].

A legértékesebb, és kellően feltárt geotermikus energiakészletünket a laza, homokos, homokköves üledékrétegek tartalmazzák, amelyek az alsó-pannon homokos-agyagmárga rétegei és a felsőpannon levantei rétegek közé települtek. Ezek a teljes üledéksor 20-35 %-át teszik ki, porozitásuk akár 28-30 %, permeabilitásuk 500-1000 mD is lehet. Ezek a rétegek mintegy 40 00 km² területen fejlődtek ki az Alföldön, a Kisalföldön és a Dráva mellékén. Vastagságuk 100-400 m közötti [41].

A világban 11 000 MW geotermikus erőmű üzemel.

A hévízkutak száma az országban 2015-ben 1622 db [41]. Magyarországon a 2016. évi kitermelt termálvíz mennyiség: 24 608 ezer m³, a kinyert energia: 2 509 519 GJ volt [28], [41]. Hazánk geotermikus adottsága kedvező. A geotermikus energia hasznosítás fő területe a közvetlen hőhasznosítás (üvegházak, uszodák, épületek fűtése) és a balneológia (gyógyforrások vizének hasznosítása). Az országban kb. 900, a kifolyásnál legalább 30 °C hőmérsékletű termálkút üzemel: 31 %-ban balneológiai, 25 % ivóvíz célra üzemel.

A közvetlen geotermikus hőhasznosítás alakulása itthon 2015-ben (MW) [41]:

Épületek fűtés	33,02
Távfűtés	186,56
Üvegházak fűtése	271,0
Halgazdálkodás	6,0
Állattenyésztés	4,0
Termény szárítás	25,0
Ipari célokra	19,0
Balneológia	352,0
Geotermikus hőszivattyúk	42,0
Összesen	905,58

A Magyar Nemzeti Bank 2019. januárban adta ki tanulmányát [31] az ország versenyképessége növeléséről. A tanulmány 12. fejezete a modern infrastruktúráról és a hatékony energiafelhasználásról foglalja össze a tennivalókat. A tanulmány a villamos áramtermelés területén 50 milliárd forint támogatással és a létesítmények METÁR rendszerbe kapcsolásával növelné a geotermikus erőműpark kapacitását.

A hazai primer geotermikus energia hasznosítás (TJ) [3]:

	2014	2015	2016	2017	2018
Primer energia	3799	4425	5025	5577	5566

Magyarországon 8 városban van termál távfűtés, 4,5 PJ/év energiafelhasználással.

A termálvíz visszasajtolás a kitermelés rétegébe: a víz kitermelésből, hőcserélésből és a víz visszasajtolásból álló rendszer zárt, a lehűlt termálvíz visszakerül az eredeti forró tároló közetbe. 8 helyen van termálvíz visszasajtolás az országban. A visszasajtolás a kitermelés rétegébe olyan mértékű és költségű víz előkészítést igényel, ami miatt ez az újra hasznosítás a kutaknál csak pár évig tartható fenn.

Az üzemelő fürdők száma:

- gyógyfürdő 130 db,
- termálfürdő 154 db,
- élményfürdő 204 db.

A geotermikus energia termelési költség átlagosan: kb. 500 Ft/GJ

A kitermelt vizek hasznosításának egyre nagyobb akadálya a vizek ásványi sótartalma. A magas sótartalom (1...11 g/liter) a hűlő vizekből már a termelő kutakban is kiválik, kiül a szállító, hőcserélő berendezésekre. A lehűlt vizeket a környezetvédelem nem akarja befogadni az élő folyóvizekbe, éppen a magas sótartalom miatt. A nagyszámú fürdő miatt átmenetileg még megengedik az elfolyó vizek bevezetését az élővizekbe.

A termálvizek kísérőgázát, a metánt hasznosító háztartási léptékű (<50 kW) ún. termálmetán hasznosító üzemek száma 2017. végén 206 db volt. Ezek között vannak részben villamos áramot termelő létesítmények is.

8.2.5. Kommunális hulladék

A kommunális hulladékból termelt primer energia (TJ) [3]:

	2014	2015	2016	2017	2018
TJ	2249	3122	3481	2765	2907

A kommunális hulladék iparszerű energetikai célú hasznosítása a budapesti hulladékégető megépítését jelentette, azóta további energetikai hasznosító nem épült. Az ország egyetlen háztartási és kommunális hulladék égetőműve csak Budapest szemét termelésének mintegy felét (évente mintegy 500 ezer tonnát) tudja energetikai célra hasznosítani. Az égetőbe kerülő hulladék átlagos fűtőértéke 8,3 MJ/kg. (6 MJ/kg alatti hulladékot már nem lehet gazdaságosan elégetni.) A szelektív hulladék kezelés az égetőbe kerülő hulladék energetikai hasznosítását még nem befolyásolja. A budapesti hulladékhasznosító mű villamos áramot termel és részt vesz a környezetében lévő lakások távfűtésében és használati melegvíz ellátásában.

Leválogatott lakossági hulladékot éget a Mátrai Erőmű is. Az éves energiatermelése a hulladékból 1000 GWh körül van.

Az ország többi szemete lerakókba kerül. A kommunális hulladék termelés Magyarországon 2008-ban 18,7 millió tonna, 2010-ben 15,3 millió tonna volt. 2017-re az egy főre jutó hulladék termelés 385 kg-ra csökkent. A hulladék mennyisége csökkenésének okai között kisebb részt képvisel a hulladékok szelektív gyűjtésének és hasznosításának erősödése.

2010-ben a hulladék jellemző összetétel a következő volt: biohulladék 26,9 %, műanyag 17,9 %, papír 9,7 %, karton 3,3 %, kompozit 2,5 %, textil 3,6 %, higiéniai 3,7 %, éghető 5,1 %, üveg 3,7 %, fém 2,9 %.

A hazai hulladékkezelés megoszlása (ezer tonna) [9]:

	2004	2010
újrafeldolgozás	3392	1486
égetés	137	146
lerakás	6110	3331
egyéb	-	843
összesen	9639	5806

2016-ra némi elmozdulás tapasztalható a szemétermelésben és hasznosításban [10]: egy főre jutó szemét 390 kg/fő, lerakásra került 190 kg/fő, újrahasznosítás 110 kg/fő, égetés 35 kg/fő.

Az ipari égetés alacsony szintjéhez azt jegyezhetjük meg, hogy egy tonna hulladék (erőművi, ellenőrzött) égetéséhez szükséges beruházás mintegy tízszerese ugyanennyi kapacitású hulladék lerakó létesítés költségéhez képest.

Az építési hulladékok kezelésének adatai (ezer tonna) [22]:

	Anyagában hasznosított	Lerakóba
2005.	1078	3051

2010.	2934	1233
2014.	3165	1036
2015.	3475	1263
2016.	3651	1066

A lerakóba kerülő építési hulladék mennyiségének csökkenése első sorban a környezettudatos építőipari magatartásnak, másodsorban az építési beruházások átmeneti csökkenésének következménye.

8.2.6. Szilárd biomassza, biogáz

Az EU a biomassza energetikai hasznosításával kapcsolatban a következőkre irányítja a figyelmet:

- A keletkező biomasszából mindenekelőtt ki kell elégíteni a földek termőképessége fenntartásához szükséges szerves anyag igényt.
- A környezetünkben keletkező, energetikailag hasznosítható biomassza kis hányadát hasznosítjuk, ezen a téren előre kell lépni.
- A sokféle biomassza közül kiemelhető a szennyvíz tisztításnál keletkező jelentős metán tartalmú szennyvíziszap, aminek hasznosításában Európában lényeges előrelépés volt az elmúlt években. Ugyancsak eredményeket értünk el lakossági és kommunális hulladéklerakók biogázának gyűjtésében és hasznosításában.
- Ha a természetben keletkező biomasszát nem hasznosítjuk, akkor a természetes lebomlása éppúgy szén-dioxiddal (és metánnal) szennyezi a környezetet, mintha eltüzelnénk. Emiatt a biomassza tüzeléssel felszabaduló szén-dioxid nem számít a légkör CO₂ terhelése szempontjából.

Meg kell jegyezni, hogy ugyanakkor:

- A biomassza hasznosítás legjelentősebb része ma még a háztartási fatüzelés, ami ellenőrizetlen légkör szennyezéssel jár.
- A biomassza begyűjtése, hasznosító műbe szállítása, kezelése (szárítása, aprítása, tárolása, mozgatása) energiát igényel, amit rendre szénhidrogénekből állítanak elő.
- A biomassza tüzeléssel járó légkör szennyezés nemcsak szén-dioxidból áll, hanem egyéb szerves anyagok és szálló por is kerül a levegőbe. Ez alól csak az ellenőrzött, ipari léptékű biomassza tüzelés a kivétel.

a) A szilárd biomassza

- mezőgazdaságból, az erdőgazdálkodásból származó termékek, hulladékok, valamint az ipari és települési hulladékok biológiailag lebontható részét jelenti;

- hazai teljes biomassza készletet évi 350-360 millió tonnára becsülik;
- biomassza hasznosítás 1,5 Mtoe egyenérték körül alakul az országban;
- éghető megújulókból és hulladékokból termelt energia 2016-ban: 131 910 TJ
- tűzifa:
 - az ország erdőterülete 1,86 millió hektár (2016),
 - élőfa készlet: kb. 325,2 millió m³,
 - az erdőben évente elpusztuló faállomány: kb. 1,8 millió m³,
 - éves faállomány növekmény: 12-13 millió m³,
 - évente kitermelhető 9-10 millió m³, kb. 50 % tűzifa, 95 % lombos fakitermelés 2016-ban: 7,1 millió m³,
 - az erdőkből kitermelt fa 80-85 %-a kereskedelmi forgalomba kerül, mezőgazdasági szálas hulladék évente: kb. 5 millió tonna

A szilárd biomasszából termelt primer energia (TJ) [3]:

	2014	2015	2016	2017	2018
TJ	98369	103894	101007	99388	90560

A növekedés üteme megállt.

b) Biogáz

Az egy főre jutó biogáztermelés az EU néhány országában, 2013-ban (metán egyenértékben számolva) [47]:

- Németország 95 m³
- Olaszország 35 m³
- Nagy-Britannia 35 m³
- EU átlag 31 m³
- Magyarország 9 m³

2013-ban az Európai Unióban 13 484 Mtoe egyenérték volt a biogáz energetikai hasznosítása, Magyarországon 0,082 Mtoe.

A biogáz üzemek legtöbbje villamos energiát és hőt termel. A villamos energia nagyobb részét a villamos hálózatba adják, az éppen aktuális átvételi áron. A hőtermelés általában a biogáz üzem környezetét szolgálja.

A biogáz bármilyen szerves hulladékból termelhető.

A biogáz hasznosítás szokásos formái:

- szilárd/folyékony hulladék elgázosító,

- szennyvíziszap gáztalanító,
- szilárd hulladék lerakóban keletkező gázt kezelő üzem.

A hazai biogázpotenciál adatok erősen szóródnak.

A biogázpotenciál Magyarországon [47] szerint évről évre nő (MW):

	2010	2011	2012	2013
szennyvízgáz	9,67	13,55	13,92	14,54
depóniagáz	5,56	8,63	9,34	12,49
biogáz	16,87	32,05	34,84	39,87

A táblázat szerint a biogáz potenciál 2013-ban 2,1 PJ volt, [47] szerint. Magyarország biogáz potenciáljára egy másik becslés: 121-177 millió m³/év 2H minőségű biometán egyenértékű [4]. A biogáz potenciál alkalmas:

- mezőgazdasági hulladék alapú biogáz termeléssel 39,87 MW,
- depóniagáz hasznosítással 12,49 MW,
- szennyvíz iszap feldolgozással 14,54 MW

villamos teljesítmény termelésre.

Tény, hogy a biogáz üzemek száma, a szennyvíz kigázosítására épült üzemek és a depóniagáz hasznosító létesítmények száma nem igazolja a magas potenciál kihasználást.

2011-ben az országban 1069 szennyvízkezelő üzem működött, közülük csak 23 üzemben volt szennyvíziszap kigázosító.

A Nemzeti Energiastratégia 2020-ra 2,3 PJ biogáz alapú primer energiafelhasználást irányzott elő. 2017-ben a primerenergia felhasználásban a biogáz már 3,8 PJ értékkel vett részt. Az 5,1 PJ éves biogázpotenciál 74 %-át hasznosítjuk.

A hazai biogázpotenciál 300-400 MW-ra becsülhető. Ez a potenciál 400-500 biogáz üzem folyamatos működését biztosíthatja. Évente termelhető 3000 millió kWh villamos energia, és a biogáz üzemek évente 2,1 millió tonna szén-dioxid levegőbe kerülését akadályozhatják meg [45].

2015-ben 33 mezőgazdasági hulladékhasznosító, 50 kW feletti teljesítményű biogáz üzem működött, összesen 29 115 kW villamos teljesítménnyel, és évente 1,39 millió tonna mezőgazdasági hulladékot hasznosítottak [47].

A biogáz üzemek létesítésénél elsődleges szempont a környezetvédelmi funkció. A veszélyes hulladékok befogadásáért a biogáz üzemeknek fizetnek a beszállítók.

A hazai biogáz üzemek általában pályázaton nyert támogatással épültek. A működési költségeket az értékesített villamos energia és a veszélyes hulladékok befogadásáért szedhető díjak fedezik. A villamos energia értékesítés METÁR rendszerben folyik.

A mezőgazdasági hulladékok anaerob feldolgozásánál az átlagos biogáz összetétel (tf %)^[47]:

metán	szén-dioxid	oxigén	hidrogén	nitrogén	kénhidrogén
45-70	30-55	0-2	0-1	0-7	0-1

A biogázgyártás előnyei^[44]:

- szerves hulladékok környezetkímélő feldolgozása,
- értékes energiaforrás,
- az áramtermelés igazítható a felhasználás szezonálisához,
- folyamatos hulladékátvitel, folyamatos feldolgozás és energiatermelés,
- a környezeti szaghatások csökkennek,
- csökken az ÜHG gáz kibocsátás,
- kis tápanyag veszteség,
- a biotrágya nem tartalmaz csíráképes gyommagvakat, fertőző mikrobákat.

A biogáz gyártás hátrányai^[44]:

- nagy beruházási költségek,
- a beruházás megtérülési ideje hosszú, a banki finanszírozás nehézkes,
- a folyamatos alapanyag ellátás szervezése,
- a nyári időszakban a termelt hő kis része hasznosítható,
- a termelt villamos áramátvételi rendszere és díja nem vonzó.

Biogáz üzem létesítés átlagos költsége: 1,0-1,2 millió Ft/kW. A beruházás megtérülési ideje 10-12 év^[45].

2017. végén 115 biogázt hasznosító háztartási méretű kiserőmű (<50 kW) üzemelt az országban.

c) Alapanyagok, gáz kihozatal

Szerves hulladék hasznosító biogáz üzem alapanyagai:

- hígtrágya, almos trágya;
- szarvasmarha trágya (baktérium tenyészet pótlása);
- mg. termékek: kukorica, egyéb gabona, gyep, kukorica siló;
- élelmiszeripari hulladék: vágóhídi, zsírleválasztó, törköly, cukorrépaszelet;
- kommunális hulladék: válogatott háztartási hulladék, éttermi maradék, szennyvíziszap;

- elhullott (fermentált) állatok.

Szennyvíziszap hasznosító biogáz üzem alapanyaga:

- szennyvíziszap

Szilárd hulladék lerakó gázát hasznosító üzem alapanyaga:

- háztartási és kommunális vegyes hulladék

A mezőgazdasági biogáz termelés fázisai [50]:

- hidrolízis: a komplex makromolekulák monomerekre bomlanak az anaerob baktériumok hatására. A makromolekuláris szerkezet lebomlik egyszerűbb vegyületekre: oligomerek, valamint zsírsav és víz keletkeznek.
- savas fázis: az oldható monomerek zsírsavvá alakulnak, rövid szénláncú szerves savak, alkoholok, hidrogén és szén-dioxid képződik.
- ecetsavképző fázis: acetogén baktériumok ecetsavvá alakítják az előző fázis anyagait. Zsírsavak és egyéb szerves anyagok képződnek.
- metanogén baktériumok hatására metán, szén-dioxid és víz képződik.

A fontosabb biogáz alapanyagokból nyerhető biogáz és metán mennyisége [45]:

alapanyag	szárazanyag tartalom (%)	biogáz hozam (m ³ /t)	metán tartalom (%)
Állati trágyák	25-30	40-50	60
marhatrágya	20-25	50-60	60
sertéstrágya	30-35	70-90	60
baromfi trágya	8-11	20-30	60
marha hígrágya	7-8	20-35	60-70
Szántóföldi növények	20-35	170-200	50-55
silókukorica	30-35	170-220	55
kalászosok	23-25	170-180	53-54
cukorrépa	16-18	70-80	54-55
répalevél	25-50	170-200	54-55
Élelmiszeripari melléktermékek	80-90	290-340	70-75
melasz	40-50	250-270	65-70
szőlőtörköly	25-45	250-280	65-70
gyümölcstörköly	20-25	100-130	59-60
sörtörköly	6-8	30-50	58-65

Kommunális hulladék	9-35	50-480	45-61
konyhai hulladék	5-24	35-280	60-72
szennyvíziszap	10-12	150-200	55-65

A biogáztermelés néhány jellemzője [45]:

megnevezés	érték
Biogáz hozam	70-280 m ³ /t
1 tonna szubsztrátból	1,25-1,80 m ³ /nap
Energia tartalom	
1 m ³ biogázból összesen	4-6 kWh
1 m ³ biogázból nyerhető villamos energia	1,6-2-3,0 kWh
1 m ³ biogáz hulladék hője	2,4-3,0 kWh
Hatásfok	
villamos áram termelésre	35-45 %
hőtermelésre	40-60 %

A biogázhasznosítással termelt primer energia Magyarországon (TJ) [3]:

	2014	2015	2016	2017	2018
TJ	3323	3335	3708	3849	3745

A növekedés üteme igencsak lassú, ellenére a jelentős biogáz potenciálnak. A biogázhasznosítás terjedésében az állami támogatás jelentéktelen szerepet kap.

A biogázhasznosítás további lehetősége a termelt gáz földgázhoz keverése és földgáz elosztóvezetékbe bevezetése. Ennek feltétele, hogy a kezelt biogáz a földgázzal közel azonos égéstechnikai jellemzőkkel rendelkezzen, Wobbe száma legyen azonos a földgáz Wobbe számával. Kísérletek folynak arra is, hogy a biogáz a szokásos összetételben és előkészítettségben részlegesen bekeverhető legyen a földgázhoz. Ha ez a gázkeverék a szolgáltatási régióban lokális szolgáltatási sziget kialakítását úgy teszi lehetővé, hogy a gázfogyasztó készülékeket még nem kell átállítani, akkor a biogázhasznosítás lényegesen kiterjeszthető. Ez a feltétel általában a földgáz felső hőértékének -5 %-os csökkentését engedi meg.

Ha a nagy teljesítményű, évszaktól függetlenül termelő biogáz üzem biogázát úgy készítik elő, hogy a biogáz teljesítse a biometán minőséget, akkor a biogáz termelést a közüzemi hasznosítás nem korlátozza.

A biometán termelés különböző technológiáival elérhető gázminőséget mutatja be a következő táblázat [51]:

	vizes mosás	szerves fizikai mosás	aminos mosás	nyomás-váltásos adszorpció	membrán szeparáció
metán tartalom (%)	95-99	95-99	>99	95-99	95-99
metán kinyerés (%)	98	96	99,9	98	80-99
vill. energia igény*	0,46	0,49-0,67	0,27	0,46	0,25-0,43
fűtési igény	-	közepes	magas	-	-

*kWh/Nm³ biometán

A biometán előállítás technológiáját is folyamatosan fejlesztik, a fejlesztések célja a keletkező biogáz teljes körű hasznosítása, a biometán előállítás költségeinek csökkentése. A fejlesztések további célja a biogáz bevonása a „power-to-gas” programokba, ahol a villamos energiafelhasználás szezonálisát kiegyenlítő áramtermelési módok kutatása folyik. A szezonális villamos áramtermelés egyik energiahordozója a hidrogén lehet, a másik energia forrás a biometán. A két energiahordozó használatát egyesíti a hidrogén bevezetése a biogáz fermentorba. A kísérletek azt mutatják, hogy a hidrogén jelenléte a fermentorban növeli a termelt metán mennyiségét. Az eljárás nem igényel különösebb beruházásokat, csak a hidrogén forrást kell biztosítani. A kísérletek azt mutatják, hogy az eljárással pozitív energia kinyerési többlet érhető el. A hidrogén alkalmazásának van azért némi hátrányos vonzata is: az erjesztés után visszamaradó anyag pH értéke megváltozik, ezzel az erjesztő baktériumok aktivitása csökken.

Az MVM [51] felhívja a figyelmet arra, hogy a szélgenerátorok és a biogáz üzemek telepítése egymás közelében előnyös lenne, mert a termelt felesleges villamosenergiát helyben fel lehet használni, és a biogázüzem képes az energiatermelés kiegyenlítésre is.

A biogáz tisztítása:

- szilárd szennyeződés: mechanikus szűrők;
- szén-dioxid kivonása: vizes alapú abszorbeálás (kimosás);
- kéntelenítés és az ammónia mentesítés: abszorbeálás, (szén-dioxiddal együtt) kén kivonására alkalmaznak még adszorpciós eljárásokat is;
- vízgőz tartalom csökkentése: hűtés és kondenzálás (expanziós vagy gépi hűtés). Drágább megoldás a vízgőz elnyelése glikolos oldattal;
- szénhidrogén kinyerés: abszorpciós szeparátorral.

Biogáz felhasználása:

- saját technológia fűtése;

- hőtermelés (állattartó telep, üvegház);
- áramtermelés;
- megfelelő előkészítés után földgáz hálózatba adás.

A szerves hulladék alapú biogáz termelés után a lebontási maradék:

- végtermék: biohumusz, kiváló talajjavító anyag;
- a bevitt anyag 70...75 %-a biohumusz;
- nincs erős szagintenzitás;
- nitrogén tartalmát megőrzi;
- nitrogén, foszfor kötött formában van benne, a növényzet könnyen veszi fel;
- híg, kiöntözhető;
- az emberre veszélyes patogén baktériumok a biogáz termelés során elpusztulnak, emberre veszélytelen;
- 4 hónapig tárolni kell.

8.2.7. Hőszivattyú

A környezet energiatartalmának hasznosítására kiváló lehetőség a hőszivattyú alkalmazása. A lehetséges környezeti energiahasznosítási formák:

- a.) légtermikus:** a környezeti levegő energiatartalmának hasznosítása, hőszivattyúval. Ma már az 1:4 COP teljesíthető. A környezeti levegő hőtartalma korlátlan forrás.
- b.) geotermikus:** a Föld hőtartalmának hasznosítása, általában 15 m-nél mélyebb fúrások segítségével. Zárt víz keringetési rendszert alkalmaznak. A fúrási, vízkezelési költségek jelentősek.
- c.) hidrotermikus:** elvi lehetőség a folyó vizek hőtartalmának hasznosítására.

A hőszivattyú használata épület fűtésére még kezdeti szakaszban van. A légtermikus, inverteres hőszivattyús fűtés (és hűtés) beruházásának megtérülése minden támogatás nélkül tíz év körül van.

Magyarországon 2019-ben mintegy tízezer hőszivattyús rendszer működik. Ezek döntő többsége légtermikus, fűtő-hűtő klímaberendezés.

8.2.8. Bioüzemanyagok

A biomassa jelenleg az egyetlen olyan megújuló energiaforrás Magyarországon, amelyből közvetlenül vagy szükséges átalakítással megfelelő, folyamatosan megújuló energiaforrás nyerhető [15].

Bioüzemanyag a benzinbe kevert bioetanol, a biobutanol és a dízel üzemanyagba kevert biodízel üzemanyag.

Még 2001-ben indult el az EU programja a bioüzemanyagok használatának erősítésére. A tagországok akkor vállalták, hogy 2015-re az üzemanyagokba 2 % bioüzemanyagot kevernek. A zöldek azonnal támadták a bioüzemanyagok fokozódó elterjesztését, egyrészt a villamos autók térnyerésére hivatkozva, másrészt a bioüzemanyagok előállításához szükséges termények túlzott termelése miatt. Az igazi ok viszont az volt, hogy a bioüzemanyag alapanyaga (gabona, szója) termeléséhez erdőket irtottak ki, főleg Dél- Amerikában. Most a pálmaolaj kitiltása van terítéken a bioüzemanyagok közül.

A bioüzemanyag termelés a világon 2017-ben 84,1 millió toe volt, 2018-ban 95,4 millió tonna. A legnagyobb termelők 2018-ban (millió toe) [2]:

- USA 38,1
- Brazília 21,4
- Németország 3,4
- Argentína 3,1

A bioüzemanyag kőolajterméket helyettesít a járművek üzemanyagában. A bioüzemanyag termelés mennyiségét, jövedelmezőségét a kőolaj tőzsdei ára befolyásolja. A kőolaj tőzsdei ára hatással van a búza, a kukorica tőzsdei árára is, így a kőolajpiac közvetve beállítja a bioüzemanyagok gyártásának költségeit és jövedelmezőségét is. 2016 év elején, amikor a kőolaj ára 27 dollár/hordó szintig esett, a bioüzemanyag termelés erősen veszteséges volt. Mára, a 70 dollár/hordó kőolaj ár mellett a bioüzemanyag termelés szerény nyereséget hozhat.

A bioüzemanyag gyártás alapanyaga főleg gabonafélék, amelyek hazánk esetében fontos exportcikk is, köszönhetően az ország nagyon jó mezőgazdasági adottságainak. A zuhanó kőolaj ár idején a kukorica tőzsdei ára 363 dollárcent/bushel (1 bushel= 352 liter) volt, a búza ára pedig 473 dollárcent/bushel. 2019. márciusban, a 70 dolláros olajár idején a kukorica ára 360 dollárcent/bushel, a búzáé 430 dollárcent/bushel szinten áll. Mindenkor mérlegelni kell, hogy a gabonát exportáljuk, vagy dolgozzuk fel bioüzemanyagnak, és ezt az üzemanyagot exportáljuk.

Az Európai Parlament és Tanács még 2009-ben adta ki a 2009/28/EK irányelvét arról, hogy az EU tagállamaiban 2020-ra a bioüzemanyagok legalább 10 % részarányt képviseljenek a felhasznált összes üzemanyagból. Magyarország 16 % bioetanol és 6 % biodízel bekeverési kötelezettséget vállalt. 2009 óta sok változás állt be a világ- és az EU környezetében is: gondoljunk csak a klímaváltozás mezőgazdaságra gyakorolt káros hatására, vagy a megélhetési célú népvándorlásra is. A mérlegelés másik oldala lehet az, hogy a bioüzemanyagok környezetbarát termékek, elégetésükkor keletkező szén-dioxid nem több, mint amit az alapanyag növény élete során megkötött.

A hazai üzemanyag fogyasztás (ezer liter) [12]:

	2016	2017	2018
benzin	1309,5	1351,2	1418,4
gázolaj	2048,1	2117,9	2306,0

A hazai közúti jármű állomány 2017. decemberben:

	motor- kerékpár	személyautó	autóbusz	tehergépkocsi	vontató
darab	167 413	3 471 997	18 705	481 017	72 579

A benzin- és a gázolaj felhasználás 2020-ban várhatóan 4 millió liter körül lesz. Ennek 10 %-át bioüzemanyagból kell biztosítani, vagyis kb. 0,4 millió litert. A biodízel igény 1,8 millió liter, a bioetanol felhasználás pedig kb. 2,2 millió liter lesz. Folytak már kísérletek a repülőgép hajtóanyag, a kerozin részleges helyettesítésére is, bioüzemanyaggal. Az előző bioüzemanyag mennyiség előállításához a hazai gabona termelés biztosítja az alapanyagot. A jelenlegi bioüzemanyag exportunk alapján becsülhető, hogy a gyártási kapacitások is rendelkezésre fognak állni.

A bioüzemanyagok használatának környezetvédelmi eredményei [15]:

- A tiszta biodízel növényi nyersolajból előállítva 57 %-kal, használt sűrűolajból előállítva 88 %-kal képes csökkenteni a jármű CO₂ kibocsátását a gázolajhoz képest;
- 10 %-os biodízel bekeverés esetén 6-9 %-os kibocsátás csökkenés várható;
- 85 % bioetanolal kevert benzin 70 %-kal csökkenti a CO₂ kibocsátás a benzinhoz képest;
- 5 % bioetanol a benzinben 3 % körüli szén-dioxid kibocsátást csökkenést eredményezhet.

A bioetanolt Európában elsősorban kukoricából állítják elő, Dél-Amerikában a cukornád a fő alapanyag. A biodízel gyártás alapanyaga Európában a repce, az USA-ban és Dél-Amerikában a szója és a pálma. A bioüzemanyag gyártás melléktermékei állati takarmányként hasznosíthatók.

Nemzeti Energiastratégia 2030. dokumentum is kitűzött jelentős fejlesztési célt a közlekedés energiahordozó struktúrájának átalakítására:

Közlekedés energia forrása (%) [13]:

	2009	2030
olajtermék	97	76
villamos energia	2	9
bioüzemanyag	4	14

A Nemzeti Energiestratégia 2030. dokumentumot már 2018-ban is korrigálták, a Kormány a stratégia további pontosítását határozta el 2019 elején. A 2018. évi korrekció „ölbe tett kéz” változata a primer energiahordozó felhasználásra (PJ):

	Eredeti	Módosítás
Primer 2020-ra	1349	1187
Primer 2030-ra	1476	1411

A módosításban figyelembe vették az eredeti stratégia készítés éve (2011) óta bekövetkezett változásokat (népesség alakulása, életszínvonal változása, újabb ipartelepek építése, az energiahatékonyság emelkedése, a klímaváltozás stb.) és azok tendenciáit kivetítették 2020-ra és 2030-ra.

Az ország mezőgazdasági művelés alatt álló földterülete 1960-ban: 7,1 millió hektár, 2017-ben: 5,3 millió hektár volt. A ténylegesen művelt földterület nagyságáról nincsenek adatok.

Az ország éves összes növényi biomassza termelése 1100 PJ nagyságrendű [14]. Ebből a mezőgazdaság 57-58 millió tonna újratermelődő biomasszát állít elő, az erdőgazdaság kb. 9 millió tonnát. A mezőgazdaságban előállított biomasszából kb. 5 millió tonna kerül emberi fogyasztásra, kb. 17 millió tonna állati takarmányozásra. Az ipari biomassza felhasználás évente kb. 7 millió tonna.

Magyarországon a mezőgazdaság adottságai kiválóak a bioüzemanyagok alapanyagának termelésére, és nagyobb mennyiségének gyártásához is.

2018-ban Magyarországon termelt, a bioüzemanyagok szempontjából fontos gabonák mennyisége (millió tonna) [11]:

	búza	árpa	kukorica	napraforgó	repce
millió tonna	5,2	1,1	7,0	1,8	0,9

Őszi búzából és kukoricából jelentős exportunk is volt. A kukoricatermésből mintegy 2...3 millió tonna használható fel bioüzemanyag gyártásra, búzából kb. 1 millió tonna, a hazai gabona fogyasztás és az export érdekeink figyelembe vételével.

2018-ban Magyarországon 2,2 millió tonna kukoricából 680 millió liter bioetanolt gyártottak, és a gyártás mellékterméke 590 ezer tonna állati takarmány volt. A bioüzemanyag termeléshez felhasznált repce mennyisége 0,5 millió tonna körül van. A napraforgó felhasználás lehetőség ugyanerre a célra kb. 0,4 millió tonna [14].

Egy tonna biodízel előállításához kb. 3 tonna repcemag szükséges, ami hozzávetőleg 1,5 hektár földterületen terem meg. A gyártás mellékterméke kb. 2 tonna préselvény [20].

A bioüzemanyag termelés és primer felhasználás Magyarországon (PJ) [3]:

	2014	2015	2016	2017	2018
Termelés	12,8	16,0	17,2	17,6	18,7
Felhasználás	7,9	7,3	7,8	6,2	8,1

A bioüzemanyag exportunk jelentős, és még tovább növelhető. Mérlegelhető, hogy gabonát exportálunk, vagy bioüzemanyagot. Magyarországon van az EU bioetanol gyártó kapacitásának 10 %-a.

A bioüzemanyag két csoportját különböztetjük meg:

- a növényi eredetű nyersanyagokból előállított alkoholt (bioetanol)
- a növényi olajokból gyártott biodízel.

Az első generációs bioetanol szerves vegyület, etilalkohol, képlete C_2H_5OH .

Energia tartalma kb. 70 %-a a benzinnek. Cukortartalmú növényi anyagokból megfelelő élesztőgomba hozzáadásával, erjesztéssel állítják elő. Az eljárást ismerhetjük, azonos a szeszes italok gyártásánál alkalmazottal. A keletkező alkohol tartalmú folyadékból desztillációval vonják ki az etanolt. Etanolt lehet előállítani keményítő vagy cellulóz tartalmú növényi anyagokból is. A megőrölt anyagból glükózt állítanak elő, majd a további eljárás azonos a cukor tartalmú anyagoknál leírttal.

A bioetanol max. 22 %-ban keverhető a benzinnel, de 8-10 % etanol tartalomnál már át kell állítani a motor gyújtását. Az E85 jelzésű üzemanyag 85 % bioetanolt és 15 % benzint tartalmaz, de csak ehhez az üzemanyaghoz beszabályozott járművekben lehet használni. Az első generációs bioetanol energia sűrűsége a benzinnél alacsonyabb.

A második generációs alkohol hajtóanyag a butil-alkohol, vagy más néven butanol: képlete C_4H_9OH . Oktánszáma magasabb, mint a benziné, de energiatartalma alacsonyabb. A benzinnel nagyobb arányban keverhető, jól szállítható. A gyártási eljárás azonos, mint a bioetanolé, csak más erjesztőenzimeket használnak. Az elterjedésének ma még akadálya a bonyolultabb és drágább gyártási eljárás.

A biometanolt szerves hulladékból pirolízissel állítják elő, a környezetre sokkal kedvezőbb hajtóanyag. Előállításának költségei ma még magasabbak, mint az első generációs.

Az első generációs biodízel növényi olajokból, valamint elhasznált étolajból és állati zsíradékból állítják elő rövid lánchosszúságú alkohollal (metanol vagy etanol) átészterezéssel. A vegyület kémiai stabilitása rosszabb, mint a hagyományos dízel üzemanyagé. Ennek következménye lehet a kokszképződés a motor egyes alkatrészein. Kb. 20 % biodízel tartalom általában minden dízelmotorban minden

módosítás nélkül használható. Energiasűrűsége alacsonyabb, mint a kőolajból előállított dízel üzemanyagé.

A második generációs biodízel bármilyen biomasszából (lignocellulózból, mezőgazdasági és erdészeti melléktermékekből, hulladékokból) előállítható, az ún. Fischer-Tropsch eljárással, aminek a lényege az anyag elgázosítása, majd folyékonyá alakítása. Energiasűrűsége már közel azonos, mint a hagyományos dízelolajé. A biodízel növényi olajok rövid szénláncú zsírsavak alkilésztereinek részleges átészterezésével készül. Magasabb oxigén tartalma van, ezért hatékonyabb és tisztább az égése, magasabb az égéshője a hagyományos dízelolajnál. Napraforgóból is előállítható, ugyanakkor a kémiai stabilitása rosszabb, mint a fosszilis üzemanyagé. Maximum 20%-ig keverhető a fosszilis dízel olajhoz. Az előállításának költségei még magasak.

A fosszilis dízel és a biodízel összehasonlítása [20]:

tulajdonság	mértékegység	fosszilis dízel	biodízel
sűrűség 15 °C-on	kg/m ³	820-860	860-900
Cetánszám	-	min. 49	min. 51
viszkozitás 40 °C-on	mm ² /s	2,0-4,5	3,5-5,0
lobbanáspont	°C	min. 55	min. 120
kéntartalom	m %	nem mutatható ki	nem mutatható ki

A bioüzemanyagok előnyei:

- folyamatosan csökkenő készletű fosszilis tüzelőanyagot vált ki;
- az alapanyag (nálunk: repce, napraforgó, búza, kukorica) könnyebben hozzáférhető, mint a kőolaj;
- a gyártáshoz az élelmiszernek vagy takarmánynak nem használható gabona is megfelelő;
- tervezhető növénytermesztést biztosít;
- gyártásukhoz nem kell nagy beruházás;
- nem mérgező anyag;
- elégetésükkor annyi szén-dioxid keletkezik, mint amennyit a növény élete során megkötött;
- a talajban néhány hét alatt lebomlik;
- segítheti a ma nem művelt földterületek hasznosítását;
- a bioüzemanyag árát a hazai termelési-gyártási költségek határozzák meg, a kőolaj termékeit a nemzetközi tőzsdék. A tőzsdei ár nagyon el tud szakadni a termelési költségtől;
- a termékfejlesztés jó úton halad ahhoz, hogy lényegesen olcsóbban állítsák elő, kevesebb mezőgazdasági termékből;

- nemcsak az élelmiszergyártáshoz szükséges minőségű termények vonhatók be az üzemanyag gyártásba;
- a második generációs üzemanyagok energiasűrűsége már eléri a hagyományos üzemanyagokét;
- kevesebb mérgező komponenst tartalmaz, mint a kőolajtermék, a kipufogó gázok is kevesebb mérgező anyagot tartalmaznak: a kibocsátott korom is lényegesen csökken;
- a biodízel gyártáshoz hasznosítják az elhasznált sütőolajat is.

A bioüzemanyagok hátrányai:

- az alapanyag termeléshez, a szállításhoz, a gyártáshoz fosszilis energiahordozók kellenek, ezek nagyobb része kőolajtermék, így a termelés költségeit is befolyásolja a kőolaj ármozgása;
- az alapanyag termeléshez sok műtrágyát és növényvédő szert kell használni, ezek terhelik a környezetet;
- a gyártás teljes vertikumának költségei még magasak, esetenként csak állami támogatással viselhetők el;
- az első generációs bioüzemanyagok energiasűrűsége még kisebb, mint a fosszilis hajtóanyagoké;
- a gyártáshoz szükséges mezőgazdasági termények termeléséhez szükséges földterület az élelmiszertermelésből elvont terület, pedig a Föld lakosságának egyre nagyobb része nem jut a szükséges terményekhez;
- erdők irtásával nyitnak új termő területeket például Dél-Amerikában, ez pedig nagyon rossz a levegő védelme szempontjából;
- az élelmiszer árak emelkedését idézheti elő;
- a légkörbe kerülő szén-dioxid összehasonlításánál figyelembe kell venni a termelés, szállítás, gyártás során a légkörbe kerülő szén-dioxidot is;
- a járművek ma még korlátozottan tudják felhasználni ezt az üzemanyagot;
- a járművek motorjának károsanyag kibocsátása függ a jármű típusától, korától, karbantartottságától és a motor beállításától;
- a kipufogó gáz nitrogénoxid tartalma magasabb, mint a kőolaj terméké;
- a biodízel viszkozitása magasabb, mint a kőolajból nyert dízel olajé, lobbánáspontja is magasabb;
- az oxidációs katalizátorok használata megváltozik;
- kellemetlen szagot bocsát ki;
- szétmarja a gumialkatrészeket;
- a motor hidegen nehezebben indítható.

A hátrányok nagyobb része a jármű kisebb átalakításával kiküszöbölhető. Folyamatosan születnek a bioüzemanyag hátrányos tulajdonságait csökkentő újítások is. A hagyományos és a bioüzemanyagok váltva is tankolhatók.

A bioüzemanyagok helyzete és jövője így foglalható össze:

- a bioüzemanyagok nagy múltra tekintenek vissza: száz évvel ezelőtt az első autók és a robbanómotoros gépek még tiszta növényi olajjal működtek;
- ma a bioüzemanyagok keresik a helyüket a gazdaságban;
- az Európai Unió erőteljesen támogatja az ésszerű mértékű bekeverést a fosszilis motor hajtóanyagokba;
- a járműgyártókra egy sor fejlesztési feladata vár, a magasabb bioüzemanyag hányadot kisebb károsanyag kibocsátással kell használni;
- az első generációs bioüzemanyagok nem képesek megfelelni a sokszor ellentmondó elvárásoknak:
 - drágábbak, mint a fosszilis motorhajtó anyagok (70 USD/hordó kőolaj ár mellett),
 - tartóssága, kezelhetősége, energiasűrűsége elmarad a fosszilis hajtóanyagokétól,
 - kevésbé környezetbarát, mint a hagyományos hajtóanyagok,
 - nagy mezőgazdasági területet foglalnak el az alap termények,
 - a bioüzemanyag gyártás melléktermékei csak korlátozottan jutnak vissza a mezőgazdaságba, az állattenyésztésbe.

A második generációs bioüzemanyagok az előző hátrányokat már várhatóan leküzdik, mert:

- elsősorban már nem élelmiszer alapanyagok felhasználásával gyártják,
- fejlettebb technológiák, hatékonyabb gyártás, jobb minőség,
- a gabona, a növényi cukor, a növényi olaj ára nem fog lényegesen növekedni,
- nőhet a faipari melléktermékek kereslete és ára,
- bevonható a települési szilárd hulladék is a gyártás alapanyagai közé (metánból biometanol előállítás),
- kényszeríti az autógyártókat a növekvő bioüzemanyag használathoz célszerű motorok fejlesztésére

Ugyanakkor a második generációs bioüzemanyagok még drágábbak, mint az első generációs.

A bioüzemanyagok fejlesztése a motor hajtóanyag iparág nagyon is élő feladata. Az alapanyagok, a gyártási technológiák, a tárolás, az optimális keverés még egy sor kutatási feladatot adnak. Mivel a bioüzemanyagok használatának környezetvédelmi előnyei máris mérhetők, ezért a világ legtöbb részén támogatják az alkalmazásukat. Az előrelépéshez időre és sok pénzre van még szükség. Az Európai Unió élenjár a bioüzemanyag alkalmazás fejlesztésében, a jövőre vonatkozó programokban egyértelmű cél a nagyobb mértékű felhasználás.

8.3. A megújuló energiahordozók a hazai villamos áram termelésben

A megújuló energiaforrásokból előállított villamosenergia részaránya a bruttó végső villamosenergia fogyasztáson belül (%) [3]:

Év	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
%	3,5	4,2	5,3	7,0	7,1	6,4	6,1	6,6	7,3	7,3	7,2	7,5	8,5

A MEKH állapítja meg az áramtermelőtől a megújuló energiaforrásokból vagy hulladékból nyert energiával termelt villamos áram KÁT rendszerben átvehető mennyiségét és az átvétel időtartamát. A KÁT mérlegkör 2008. januártól működik.

A támogatott áram átvételi ár különbözik a megújuló energiaforrásból illetve hulladékból termelt villamos energia esetében, továbbá az átvételi árak differenciáltak a névleges villamos teljesítőképesség, a jogosultság megszerzésének időpontja, a zónaidő, valamint részben a technológia (napenergia, vízenergia, hulladék) alapján is. A KÁT villamos energia forgalmazási rendszer kapcsolódik a szervezett villamos energia piachoz (HUPX, 2018-tól: HUDEX) is, a KÁT rendszerben termelt villamosenergia egy részét a HUPX-on forgalmazták.

A KÁT rendszerben forgalmazott villamosenergia néhány adata (GWh) [17]:

energiahordozó	2015	2016
szélenergia	663	650
vízenergia	223	245
biomassza	739	782
szén-biomassza vegyes	570	423
biogáz	136	144
depóniagáz	59	69
szennyvízgáz	0,3	1,1
napenergia	10	42
megújuló összesen	2402	2356
hulladék	25	38

2016-ban a KÁT rendszerben termelt villamosenergia 2405 GWh volt, ebből 2356 GWh megújuló alapú. 2016-ban 26 új naperőmű lépett be a KÁT rendszerbe, több, mint 36 GWh áram termeléssel. 2016. végén a KÁT rendszerben értékesítő erőművek kapacitása 769 MW volt, ami az előző évekhez képest csökkenést mutat. 2016-ban 15 MW új, napelemes kapacitás lépett be a villamos energia rendszerbe. A KÁT rendszerben szerződött villamos energia termelők miatt 2016-ban az

áramszolgáltatók 78 Mrd Ft támogatást kaptak. A KÁT rendszerben üzemelő áramtermelők 2016-ban átlagosan 32,29 Ft/kWh energia árat kaptak, ebből a fajlagos támogatás 21,28 Ft/kWh volt.

A KÁT rendszerben működő áramtermelők főbb adatai (MW) [17]:

	2015	2016
Erőművek beépített kapacitása	837	769
megújuló	819	752
hulladék	8	8

KÁT keretében értékesített villamos energia (GWh) [17]:

	2015	2016
GWh	2438	2405

A KÁT rendszert 2017. január 1. napjától a METÁR rendszer váltotta fel. A METÁR rendszer a 0,5 MW alatti erőművekre a kötelező áramátvételi szerződés lehetőségét kínálja, kivéve a szél-erőműveket. A 0,5 MW alatti erőműveknek ezután pótdíjat kell fizetni a menetrendtől eltérés esetén. A 0,5 MW feletti, megújuló energiaforrást felhasználó erőművek ún. „zöld támogatást” kapnak. A támogatott erőmű a termelt villamos energiát a villamos piacon értékesíti, és nem kap kedvezményt a menetrendtől eltérés esetére. A piaci ár havonta kerül kiegészítésre a támogatott ár szintjéig. A támogatás versenyeztetési eljárásban nyerhető el.

Magyarországon 13 darab 50 MW feletti beépített termelő teljesítményű villamos erőmű van. Ezek között vannak a villamos rendszer tartalék erőművei (Litér, Lőrinci, Sajószöged) és városi távfűtést is végző erőművek. Az erőművek beépített együttes teljesítménye 6932 MW, a rendelkezésre álló állandó teljesítőképesség 5581 MW, a ténylegesen igénybe vehető teljesítmény 4860 MW. Az erőművek 2018.-ban 8035 Tj megújuló energiahordozót használtak fel.

Az országban 2018. augusztusában 324 darab 50 MW alatti névleges teljesítményű kis erőmű volt, az együttes névleges teljesítmény 1877 MW. A 2 MW feletti teljesítményű kis erőművek száma 147. Ebben az erőmű csoportban vannak tisztán megújuló energiahordozót használó erőművek is: szél-erőművek, naperőművek, vízi erőművek, biomassza hasznosító erőművek.

A megújuló energiaforrásokból termelt bruttó villamosenergia a 2014. évben 29 403 GWh volt. 2017-ig a megújuló használat folyamatosan nőtt (2017-ben 32 871 GWh volt). 2018-ban a megújuló felhasználás visszaesett 31 905 GWh-ra miközben 2018-ban a villamosenergia import tovább nőtt.

A megújuló energiahordozók felhasználása villamos energiatermelésre (GWh) [3]:

	2014	2015	2016	2017	2018
Biomassza	1702	1660	1493	1646	1799
Biogáz	287	293	333	334	304
Kommunális hulladék	137	208	245	160	162
Víz	301	234	259	220	222
Szél	657	693	684	758	607
Nap	67	141	244	349	607
Geotermikus	0	0	0	1	12

Háztartási méretű kiserőműnek számít az 50 kW-nál kisebb beépített teljesítményű erőmű. A villamos hálózatra csatlakozó kiserőművek száma 2017. végén 29 685 db volt [27]. A villamos hálózatra csatlakozó kiserőművek beépített teljesítőképessége a megújuló energiaforrások szerint (kW) [27]:

	2010	2015	2016	2017
biomassza	0	0	20	20
termálmétán	50	246	246	206
biogáz	0	165	165	115
vízenergia	39	64	64	112
szélenergia	97	603	609	619
napenergia	992	127 540	164 080	239 960
összesen*	1 263	128 833	165 455	241 370

*fosszilis energiahordozókkal együtt

A háztartási méretű naperőművek száma 2017. végén 29 593 volt, ebből (db):

5 kW alatti	5-10 kW közötti	10-50 kW közötti
13 668	9 355	6 570

A háztartási kiserőművek a villamos hálózatra 2017-ben 105 086 MWh energiát adtak ki.

A háztartási kiserőművek által termelt és hálózatra kiadott villamos energia az ország áramfogyasztásában még nem jelentős tétel. A kiserőművek számának gyorsuló gyarapodása viszont arra figyelmeztet, hogy a naperőművek termelésének szezonálisát egyre nagyobb teljesítményű hagyományos tüzelőanyaggal működő erőműnek kell kompenzálni.

Az utóbbi években az áramtermelésben a megújuló energiahordozók szerepe alig változott. Napjainkban meglendült az ipari léptékű napelem parkok építése, ennek eredményeként a napenergia szerepe az áramellátásban nőni fog. A NEKT prognózisa a napelemekkel termelt villamos energia felfutására szinte hihetetlen, a 2030. évi

6645 MW teljesítmény napfényes napokon akár más áramtermelők napon belüli leállítását is jelentheti. Azonnal felmerül a kérdés, hogy a napelemek termelési szezonalitása és az ország áramfogyasztásának napon belüli változása különböző ciklusait hogyan fogja a villamos ipar kiegyenlíteni. Adódik a lehetőség, hogy import árammal, és a hazai felesleg exportálásával. A szezonális különbségét hazai földgáztüzelésű erőművekkel is ki lehet egyenlíteni, de lehet, hogy ez a megoldás a legdrágább, mivel a földgáztüzelésű erőművi egységeket melegen, forgó tartalékban kell tartani. A kiegyenlítésre a szomszédos országokból villamos import is számításba vehető, de ehhez tudhatjuk, hogy a szomszédos országokban is rohamtempóban épülnek a napelem parkok.

A NEKT bemutatja a megújuló energiahordozók tervezett jövőjét a villamos energia termelésben (MW):

	2015	2020	2021	2022	2025	2027	2030
víz	57	57	57	57	57	57	57
geotermia	0	3	3	10	15	20	20
nap	168	1842	2000	3000	5307	6000	6645
szél	329	329	329	329	98	50	0
szilárd biomassza	295	357	357	357	370	370	449
biogáz	80	80	80	80	80	80	80

Néhány megjegyzés tartozik a NEKT táblázatához:

- A vízenergia hasznosítás nem nő, ez a nagyságrend alapján helyes megállapítás.
- A geotermikus energia villamos áram termelésre nem elég hatékony energiahordozó, a visszafogott fejlődési prognózis reális.
- A napenergia karrierjét inkább neveznénk hihetetlennek, mint nagyszerűnek. A naperőművek elképzelt teljesítménye fizikailag megvalósítható, csak a napelemek áramtermelését hogyan illesztjük a hazai villamos piac többi eleméhez? Nyári, napos délben a naperőművek az ország teljes villamos szükségletét meg fogják termelni, és a többi áramtermelővel mi lesz?
- Érthetetlen, hogy a szélerőműveket 2030-ra miért tervezi a Kormány megszüntetni. A néhány környezetvédő szervezet szélgenerátor ellenességét más eszközökkel lehetne kezelni.
- A szilárd biomassza legnagyobb felhasználója a lakosság. A szilárd biomassza felhasználást az egyéb háztartási energiahordozó (földgáz, szén, villamos áram) árak lényegesen mozgatják, és ezen a helyzeten nem lehet változtatni. Az ipari biomassza felhasználás növelése a távfűtésben jó lehetőségeket kaphat.

- Érthetetlen, hogy a biogáz felhasználás növelésére a Kormány nem kíván pénzt költeni, pedig a biogáz nagyobb mértékű energetikai hasznosítása eléggé kézenfekvő.

9. A hidrogén, mint energiahordozó

A hidrogént ma még nem soroljuk a klasszikus megújuló energiahordozók közé. A hidrogén szerepe viszont a környezet kímélésében kiemelkedő lehet a jövőben. A hidrogén nem energiaforrás, hanem köztes energiahordozó [56].

A hidrogén már több, mint száz éve jelen van az energiaszolgáltatásban. A szén alapú városigáz hidrogén tartalma akár 50 % is lehetett, és ezt a gázt vezetékeken is szállították a felhasználóknak.

A hidrogén használata azért is került az energetikai fejlesztések közé, mert:

- alapanyaga korlátlanul áll rendelkezésre víz és egyéb anyagok formájában;
- előállításának több módja is ipari léptékben alkalmazható;
- égésterméke víz, nem szennyezi a környezetet és a légkört;
- közvetlenül lehet hidrogénnel villamos áramot előállítani.

A hidrogént széles körben használják:

- ammónia előállításra;
- zsírok és olajok hidrogénezésére;
- metanol gyártáshoz;
- sósavgyártáshoz;
- hegesztéshez, plazmavágáshoz;
- kőolaj feldolgozásnál a kén eltávolítására;
- fémek redukciójához;
- rakéta üzemanyagnak;
- laboratóriumi analitikánál égőgáz és vivőgáz;
- világítástechnikai iparban redukáló védőatmoszféra-gáz;
- formálógáz félvezetők gyártásánál;
- biológiai kutatásoknál jelölő izotóp;
- villamos áram termelésre.

A hidrogénről:

- a legelterjedtebb elem a Földön, az atomok kb. 90 %-át a hidrogén teszi ki;
- sok vegyületben jelen van;
- magas a gravimetriás energia sűrűsége, közel háromszorosa a folyékony szénhidrogéneknek, a térfogati energia sűrűsége viszont alacsony;
- fizikai, kémiai, tüzeléstechnikai tulajdonságai lényegesen eltérnek a hagyományos szénhidrogénekétől, például: forráspontja – 259,1 °C, robbanási koncentráció határai: 4-75 v/v %;
- a hidrogén két izotópja: a deutérium (a maghasadás során moderátorként használják) és a trícium (a hidrogénbomba előállításánál szerepel);

- a hidrogén cseppfolyósítása ma már nem számít újdonságnak, a cseppfolyós levegő, a nitrogén, az oxigén és a földgáz cseppfolyósítása elegendő tapasztalatot ad a cseppfolyós hidrogén kezelésére is;
- ma még néhány tisztázatlan kérdés van a hidrogén hatásáról a tároló-, szállító rendszerek anyagára.

A folyékony hidrogén és a sűrített hidrogéngáz egységnyi térfogatra vetített energiasűrűsége lényegesen kisebb, mint a hagyományos szénhidrogéneké.

A hidrogén energetikai használatának fő kutatási területei:

- a szél- és napenergia termelés szezonálisának kiegyenlítő energiahordozója lehet: áramtúltermelés esetén hidrogént lehet termelni, majd áramhiány esetén a hidrogénből közvetlen áramtermeléssel pótolhatják a megújuló energiahordozókat;
- a hidrogén részben, vagy teljes mértékben gépjármű hajtóanyagot válthat ki;
- földgázhoz keverve szénhidrogént helyettesíthet.

Az iparban nagy mennyiségben állítják elő, így Magyarországon is:

- vízgázreakcióval, amelynek során izzó szén és vízgőz 1000 °C-on hidrogénre és szénmonoxidra bomlik, hidrogén keletkezése mellett. A keletkezett szénmonoxid víz hatására 450 °C hőmérsékleten vasoxid katalizátor jelenlétében szén-dioxiddá alakul, és ezzel újabb hidrogénmolekula nyerhető. A gázelegyből a szén-dioxid vízzel kimosható;
- földgáz bontással (gőzreformálással), 1000 °C hőmérsékleten alumíniumoxid katalizátorral szénmonoxidot és hidrogént nyerhetünk, a két gáz további eljárással szétválasztható;
- víz elektrolízisével hidrogént és oxigént lehet előállítani, ahol a víz elektromos vezetőképességét általában enyhe savazással vagy lúgosítással javítják.

A hazai hidrogéngyártó üzemek 500-2000 m³/óra kapacitásúak.

A hidrogén ipari gyártás költségei 45-110 Ft/m³ közöttiek, a technológiától és a gyártó kapacitástól függően.

A hidrogéngyártás újabb eljárásain dolgoznak a kutatók [64]:

- mikróbák alkalmazásával hidrogén termelés. Magyarországon is vannak az eljárásnak eredményei: az MTA Szegedi Biológiai Kutatóközpontjában a zöldalgák fotoszintézises hidrogéntermelésével kísérleteznek. A kutatási eredmények biztatóak, jó esély van az ipari léptékű, teljesen környezetbarát hidrogén termelésre is [63].
- biomassa elgázosítása, és hidrogén leválasztása;

- hidrogén leválasztása víz molekulából napenergia felhasználással.

A hidrogén tárolása

- gáz halmazállapotban, nagynyomáson
 - 10-50 liter űrtartalmú (ötvözött)acél palackokban, palack csoportokban, legfeljebb 200 bar nyomáson
 - 25, 50 vagy 100 m³ térfogatú (ötvözött)acél álló- vagy fekvőhengeres tartályokban, 45 bar névleges nyomáson;
- folyékony hidrogén, főleg a nagytisztaságú hidrogén igény esetén alkalmazzák:
- -259,1 °C forrásponton tárolható, szállítható. A tároló edényt védeni kell a környezeti hőhatástól, ezért általában kettősfalú (a falak között vákuumszigetelt) edényben tárolják. Első sorban az űrutazásnál használják ezt a tárolási módot;
- folyékony szerves hidrogénhordozók formájában: a hidrogén megkötése kémiai kötéssel, például toluollal, vagy N-etil-karbazollal;
- föld alatti hidrogén tárolás:
 - föld alatti barlangokban folynak hidrogén tárolási kísérletek az USA-ban;
 - leművelt földgáz tárolók is alkalmasak lehetnek hidrogén tárolásra, de itt számolni kell a tárolóban maradt szénhidrogének szennyező hatásával. Ipari léptékű kísérletek folynak Ausztriában.

A hidrogént a hazai ipar is sokoldalúan használja, és a kutatási területek egy részének is fontos segédanyaga.

A hidrogén szállítása [58]:

- palackban, tartályban közúton
 A közúti szállításnál általában 10...50 literes palackokat, álló palackcsoportokat (bündel) vagy összekapcsolt fekvő hengeres, legfeljebb 50 cm átmérőjű acél, fekvő tartályokat használnak. A szállítás általában 200 bar nyomáson történik. A tároló tartályok króm-molibdén acélötvözetek, a nagy tisztaságú hidrogént nikkel-acél ötvözet tartályban szállítják. A tartály falvastagságának és a meddő súlynak a csökkentésére folynak kísérletek kompozit tartályok alkalmazására is.
 A közúti szállításnál megjelent a folyékony hidrogén szállítás is: hőszigetelt, kriogén tartályban. Mivel a cseppfolyós hidrogént a forráspont hőmérséklete (-259,1 °C) alatt kell tartani, ezért különleges acél ötvözetből készülnek a tartályok.
- csővezetékben

A csővezetékes szállítás alapja, hogy a hidrogént a termelő és a felhasználó között nagy mennyiséget kelljen rendszeresen szállítani.

2016-ban a világon több, mint 4500 km hidrogénvezeték üzemelt, első sorban ipari hidrogéntermelők és hidrogént felhasználó üzemek között. Az USA hidrogént szállító vezetékeinek hossza 2600 km volt, Európában Belgiumban, Németországban, Franciaországban, Hollandiában üzemeltetnek hidrogénszállító vezetékeket.

Kazincbarcikán a BorsodChem telephelyén, a Tungsram-nál Budapesten, a Huntsman Zrt.-nél Pétfürdőn, növényolaj feldolgozóknál és természetesen az ipari gáz gyártóknál (Linde, Messer) több kilométer hosszú hidrogénvezeték hálózat üzemel.

- tengeren

A hidrogén tengeri szállítása még nem mindennapi gyakorlat. A cseppfolyós földgázzal szállítás tapasztalatai felhasználásával indultak a kísérletek, de a földgáz esetében $-160\text{ }^{\circ}\text{C}$ hőmérsékleten szállítanak, a hidrogén esetében $-259\text{ }^{\circ}\text{C}$ hőmérsékletet kell tartani. A tengeri szállítás kísérletei 200 m^3 tartálymérettel indultak.

Villamos áramtermelés hidrogénnel

A hidrogén felhasználása a nagyüzemi villamos energia termelésben még alapvetően a kísérletek fázisában van.

A légkör védelmére indított akciók része a megújuló energiahordozók kiterjedtebb használata, és ennek az akciónak kiemelt része a szél- és a napenergia hasznosítása. Rohamosan terjed a napelemek használata és a szélgenerátorok is nagy számban termelnek villamos energiát. A szél és a napsütés szezonális, valamint az áramfogyasztás időbeli periódusai nem azonosak, a termelés és a felhasználás között áramkiegyenlítő eljárások szükségesek. Azok az országok, amelyek jelentős vízerőművel rendelkeznek, hamar felismerték, hogy a vízerőművek gyors indítása és leállása kiváló lehetőség a nap- és szélenergia hasznosítás ciklusainak kiegyenlítésére. Más országokban gyors indítású, szénhidrogén tüzelésű erőműveket kell állandó, meleg, forgó tartalékban tartani a megújulók kiesése ellensúlyozására.

Egy sor kísérlet után megállapítható, hogy a villamos energia tárolása akkumulátorokban ipari léptékkel nem valósítható meg, más utat kell keresni.

A kiegyenlítő villamos áramtermelés új formája a tüzelőanyag cella használata [55] [56]. A tüzelőanyag cellák különböző üzemanyaggal működnek: hidrogénnel, alkohollal, földgázzal, kőolajpárlattal. A hidrogén-üzemanyagcella a hidrogén elégetésével közvetlenül villamos áramot és hőt állít elő.

Tüzelőanyag celláknak azokat az elektrokémiai eszközöket tekintjük, amelyekben a tüzelőanyag (hidrogén) kémiai energiája közvetlenül elektromos energiává alakul át, miközben hőfejlődés is történik [61].

A tüzelőanyag cellák működése hasonlít az alkáli elemekéhez, elektrokémiai reakció során közvetlenül elektromos energiát állítanak elő. Az egyik legfőbb különbség az, hogy az alkáli elem lemerülése után használhatatlan, a tüzelőanyag cella addig üzemel, amíg az üzemanyag bevezetés biztosított.

A hidrogén cella anódból, katódból és az őket elválasztó elektrolitból áll. Platina katalizátor működik a cellában. Az anódon oxidáció megy végbe, vagyis az ide áramló üzemanyag elektront ad le, a katódon redukció, elektron felvétel történik [62]. Az elektrolit-membrán meggátolja a tüzelőanyag és az oxidálószer keveredését. A közvetlen villamos áramtermelés céljára a protoncserélő membrános cella (szokásos angol rövidítése PEMFC) látszik a legalkalmasabbnak.

A hidrogén-üzemanyagcella előnyei:

- a hidrogén környezetkímélő energiahordozó;
- korlátlanul tárolható a hidrogén;
- a hidrogén felhasználása áram termelésre egyszerű és biztonságos;
- a hidrogén-üzemanyagcella hatásfoka 60 % körüli, magasabb, mint bármilyen másik villamos áramtermelő technológia hatásfoka;
- a hidrogén-üzemanyagcellának nincs élettartama, összehasonlítva a hagyományos elemekhez és akkumulátorokhoz;
- a hidrogén kereskedelemben kapható;
- a termelt hő is hasznosítható.

Hátrányok:

- az üzemanyagcella égéstermékében is megjelenik a nitrogén-oxid;
- új üzembiztonsági rendszerek tartoznak a hidrogén használathoz;
- ma még drága ez a technológia.

Sorozatban gyártják azokat a villamos hajtású személygépkocsikat, amelyekben 100 kW teljesítményű hidrogén-üzemanyagcella termeli a villamos energiát.

Németországban 2018-ban forgalomba állt két vasúti személyszállító jármű, hidrogén hajtással.

Nyugat-Európában folynak a kísérletek a földgáz üzemanyaggal működő üzemanyagcellák fejlesztésére. A μ CHP (mikrokogenerációs) berendezéseket különböző teljesítménnyel alkalmasak épületek teljes villamosenergia- és hő igényének kielégítésére. A berendezésben az üzemanyagcella biztosítja az áram- és hőtermelést.

Az E.ON ún. energiakonténert helyezett üzembe Gemencen, 2015-ben. A konténer villamos hálózattól függetlenül szolgál ki egy erdészházat és hivatalt. A villamosenergia önellátó rendszer 32 napelem panelt, 870 Ah kapacitású, 48 V feszültségű akkumulátor telepet, 0,5 kW teljesítményű hidrogéncellát, továbbá kiegészítő berendezéseket (inverter, töltésszabályozó, hidrogénpalackok) tartalmaz. A napelemek a felesleges áram termelésével hidrogént termelnek. A hidrogéncella az akkumulátortelep használatát egészíti ki.

Hidrogén keverése a földgázhoz

A hidrogén hozzáadása a földgázhoz a földgáz ismert összes fizikai, tüzeléstechnikai jellemzőjét megváltoztatja.

A hidrogén és a metán néhány jellemzőjének összehasonlítása [46]:

tulajdonság	mértékegység	hidrogén	metán
sűrűség (15 °C-on)	kg/m ³	0,090	0,718
alsó hőérték	kWh/m ³	2,84	9,45
felső hőérték	kWh/m ³	3,36	10,49
lángterjedési sebesség	cm/sec	267	35
felső Wobbe szám	kWh/m ³	12,74	14,09
gyulladás koncentráció határ (20 °C-on)	tf %	4-80	5-15
láng hőmérséklet	°C	1527	1222
forráspont	°C	-259,1	-161,5

A hidrogén és a metán fizikai és tüzeléstechnikai jellemzői között nagy a különbség. A két gáz keverékének jellemzői jelentős mértékben függenek a két gáz keveredésének mértékétől. A két gáz sűrűségének különbsége alapján arra lehet számítani, hogy a nyugalmi állapotban lévő gázkeverékben a sűrűség szerinti rétegződés azonnal megindul, ami a gázkeverék felhasználása esetén lényeges fizikai-tüzeléstechnikai jellemző különbségeket okozhat. Ugyanez a fizikai szétválasztódás a hosszabb tárolás során is kialakulhat, tárolótartályban vagy a föld alatti tárolóban is.

Ma is folynak kísérletek arra, hogy a hidrogént milyen mértékben lehetne a földgázhoz (metánhoz) keverni, hogy a gázellátó rendszer elemeiben ne kelljen átalakítást végezni. A kísérletek eredménye, hogy 5...15 v/v % hidrogén bekeverés a földgázba a gázellátó rendszeren elváltozást még nem idézett elő. Más kutatások 10 v/v %-ban jelölik meg a hidrogén bekeverés felső határát. A sűrített földgázzal (CNG) üzemelő járművek esetében jelenleg még csak 2 v/v % hidrogén bekeverést tartanak elfogadhatónak.

Vizsgálatok folynak arról is, hogy a földgázba kevert hidrogén hogyan befolyásolja az eddigi gázellátó rendszer mechanikai jellemzőit. A vizsgálatok sora még nem zárult le, de néhány előzetes eredményt már be lehet mutatni [46]:

	polimer (polietilén)	egyéb nem fém anyag	acél	réz	egyéb fém anyag
permeabilitás	*	*	**	**	**
csővezeték szilárdsága	**	**	*	**	**
mechanikai tulajdonságok	*	**	**	**	**
kifáradásos törés	*	**	**	**	**

*további vizsgálatok szükségesek **nem mutatkoznak problémák

A hidrogén képes reakcióba lépni a tárolótartály falával, a csővezetékkel, 400-700 °C hőmérséklet tartományban [57], fémporladást idézve elő. A nem megfelelő anyagú tartállyal vagy csővezetékkel hidegfolyás jelensége léphet fel, ami a berendezés deformációját, majd lyukadását, szakadását okozhatja. A porladás megelőzésére acél ötvözeteket alkalmaznak az alábbi hőmérséklet tartományban:

- ~400 °C alatt szénacél ötvözet
- ~400 – 450 °C tartományban króm-molibdén-acél ötvözetet
- ~450 - 700 °C tartományban nikkel-acél ötvözetet

Vizsgálatokat végeztek a gáz felhasználói berendezések hidrogénállóságáról is. Néhány előzetes eredmény [46]:

- a háztartási gázfogyasztó készülékeknél a 10 % alatti hidrogéntartalom nem okoz problémát, a gázégők finom szabályozása szükséges lehet;
- az ipari gázberendezéseknél is a 10 %-on belüli hidrogéntartalmat a berendezések átalakítás nélkül tudják fogadni;
- a gázturbinák és a gázmotorok esetében a berendezések újra szabályozása már 5 % hidrogéntartalomnál szükséges lehet;
- a hagyományos sűrített földgáz (CNG) tartályoknál már 2 % hidrogéntartalomnál szilárdsági problémák jelentkezhetnek.

Megállapították, hogy a földgázba kevert hidrogén miatt a gázellátás rendszerének több pontján módosítások szükségesek [46]:

- a gázkeverék hőértéke és Wobbe száma megváltozik, a gázkészülékek újra szabályozása szükséges lehet;
- a gázpiaci elszámolásoknál a gáz összetételét más kromatográfokkal kell mérni;

- a térfogatáram mérésekhez használt eszközöket (gázmérőket) újra kell hitelesíteni;
- a hidrogén betáplálást az ország szállítóvezeték hálózatának minden csomópontjában biztosítani kell.

A gázellátás rendszerének működésében néhány változást okozhat a hidrogénbekeverés [46]:

- a gázkeverék robbanási koncentráció határai megváltoznak, kisebb gázkoncentráció már robbanásveszélyt okozhat;
- a láng terjedési sebessége nagyobb lesz;
- az eddigi gázösszetételhez tartozó biztonsági berendezéseket át kell állítani a megváltozott robbanási koncentráció határokhoz;
- a szivárgás érzékelő műszerek metánra vannak hitelesítve, a hidrogén-metán gázkeverék nehezen mérhető.

Ausztriában, a Rohöl-Aufsuchungs AG. Pilsbachban sikeres kísérletet folytat hidrogén tárolásra leművelt földgázmezőben [42]. Az ezer méter mélyben lévő, porózus kőzet tároló mintegy 4 millió m³ párnagáz mellett 1,8 millió m³ mobil gázt tud befogadni. A rétegyomás 80 bar. A mezőt egy termelő-visszanyomó kút üzemelteti. A Power-to-Gas (PtG) üzem a villamos hálózatról vett energiával termel enyhén lúgos vízből hidrogént, amit kompresszorral kevernek a besajtott földgázhoz. A hidrogén aránya a földgázban 10 v/v %. A projekt célja az, hogy az Ausztriában gyorsan terjedő nap- és szélgenerátorok áramának feleslegét hidrogéntermelésre használják. Az így tárolt hidrogén korlátlan ideig raktározható. Megjegyezzük, hogy Ausztriában a vízi erőművek nagy teljesítménnyel állnak rendelkezésre a szél- és naperőművek termelési szezonálisának kompenzálására.

Nagy-Britanniában, Leeds városban a Northern Gas Networks gázipari cég programot dolgozott ki a város gázhálózatának hidrogénszállításra alkalmassá tételére [43]. Az acél csőhálózatot polietilén anyagúra cserélik abból a célból, hogy a hálózat alkalmas legyen tiszta hidrogén fogadására (is). A gázellátó rendszer 660 ezer embert szolgál ki. A város gázhálózatában eredetileg városigázt forgalmaztak, amelyben akkor még 30...50 v/v %-ban hidrogén is volt. A hálózatot később különösebb átalakítások nélkül földgázra állították át, és ma folynak az előkészületek a tiszta hidrogénszállításra. Az átállítás része a gázfogyasztó készülékek cseréje is, ami tulajdonképpen a korábbi városigáz – földgáz átállás ismétlése, de ma már az EU követelményeket is teljesítő gázfogyasztó készülékekre. A város hidrogénellátásához egyelőre négy darab, összesen 1025 MW teljesítményű földgázbontót használnak majd. A város gázenergia igénye: éves átlagos gázigény 678 MW, teljes éves gázigény 5,9 TWh. A napi csúsigény 2067 MW. A fogyasztás szezonálisához majd föld alatti, sörétegben kialakított hidrogéntárolót használnak. Az egész projekt kiemelt célja, hogy a felhasználóknak az új szolgáltatás ne legyen drágább, mint a földgázellátás.

Az MVM közzétette a napelemparkok építésének tervét, amely több, nagy teljesítményű projekt megépítését jelenti. Tekintsük át, hogy egy ipari léptékű napelem park hogyan hasznosítható hidrogén termelésre [46]. Az egyik, mintegy 40 hektáron épülő napelem park 74 ezer napelemmel épül, és várható éves termelése 21 GWh. 1 kg hidrogén előállításához elektrolízissel kb. 50 kWh villamosenergia szükséges.

Ha a napelem park éves áramtermelését teljes egészében hidrogén előállításra fordítják, akkor:

- 65 % hatásfokkal számolhatunk;
- 300 m³/óra hidrogén termelhető;
- a földgázhoz 10 %-ban keverve óránként 2700 m³ földgáz dúsítását jelenti.

Az MVM vázolja a biohidrogén gyártás lehetőségét [51]. Jelenleg az iparban termelt hidrogén több, mint 90 %-t a földgáz és a kőolaj termokémiai kezelésével nyerik. Az alkalmazott termokémiai eljárások energiaigénye magas, szükség lenne alacsony energiaigényű hidrogénfejlesztési technológiákra. A hidrogén jövője szempontjából fontos minden olyan kísérlet és fejlesztés, amely a hidrogéntermelést környezetbarát módon, minél kevesebb energiafelhasználással oldják meg.

A biogázt termelő anaerob lebontás mellett léteznek olyan biológiai folyamatok is, amelyekkel a biomasszából (bio)hidrogén fejleszthető. A hidrogén előállítása biológiai úton a következő lehet:

- víz biofotolízise;
- szerves anyagok fotofermentációja;
- szerves vegyületek sötét fermentációja.

A Chesteri Egyetem kutatói kidolgoztak egy eljárást, melynek révén a háztartásokban keletkező műanyagszemetet hidrogénfejlesztésre, majd ezen keresztül hőtermelésre, illetve járműhajtásra lehet hasznosítani [65]. Az eljárás lényege, 1000 °C hőmérsékleten olvasztják fel a műanyagot, amelynek alkotói gázok keverékére, köztük hidrogénre bomlanak el. Az ipari alkalmazását a Cheshire grófságban lévő Ellesmere Port egyik gyárában valósítják meg az idén.

Az előző eljárások ma még csak laboratóriumi körülmények között működnek. Remény van arra, hogy a további fejlesztések kiléphetnek az ipari-mezőgazdasági gyakorlat területére.

Hidrogén a gépjármű hajtásban

A gépjármű fejlesztések legújabb területe a hidrogénhajtás, azzal együtt, hogy már az első autók tervezésekor is foglalkoztak a tiszta gázhajtással, köztük a hidrogén

hajtással is. Sok iparági szakértő egyetért azzal, hogy a jövő zöld energiahordozója a hidrogén lehet.

A hidrogén hajtású személygépkocsik fejlesztését és sorozatgyártásra alkalmassá tételét a japán autógyárak indították el a világban, még az 1970-es években. A hidrogén alkalmazása az autó akkumulátorának használatával együtt alakult ki: a hidrogénrendszer biztosíthatja a nagyobb teljesítményű energiafelhasználást, az akkumulátor pedig a regeneratív fékezést, a gyors teljesítményemelést segítheti.

A hidrogén hajtást a járművekben üzemanyagcellás konstrukcióban építik ki. Az FCV jelölés a járműveken az üzemanyagcellára utalnak (Fuel Cell Vehicle). A ma sorozatban gyártott legfejlettebb (japán) hidrogén hajtású személyautóban az első ülések alatt lítium-ionos akkumulátor kapott helyet, 103 kW teljesítményű üzemanyagcella van az autóban, az első kerekeket 130 kW-os váltóáramú szinkron motorok hajtják, és mintegy 140 literes, 700 bar nyomású hidrogéntartály van az ülések mögött.

A járművekben a hidrogént gázhalmazállapotban tárolják, személygépkocsikban akár 700 bar nyomáson is. A tárolótartályok acélból vagy szén-szál-erősítésű kompozit anyagokból készülnek, rendkívül ellenállóak a használat során keletkező bármilyen káros hatásnak. A hidrogénellátó rendszerben különleges minőségű kötéseket és tömítéseket kell használni.

A tüzelőanyag-cellák használata járművek hajtásához gyorsan terjed a világban. 2018. végén az USA-ban üzemelő hidrogén-tüzelőanyag cellás targoncák száma meghaladta a 20 ezret [56]. Ehhez telephelyenként hozzátartozik a hidrogén-töltő hálózat, amely esetenként hidrogén termelő berendezéssel egészül ki.

A gépjárművek hidrogén hajtásának elterjedéséhez először hidrogéntöltő állomások szükségesek, a hidrogén hajtású járművek ható távolsága felének megfelelő távolságra egymástól.

Az USA-ban 2019. elején 60 közúti hidrogéntöltő állomás üzemel, két év múlva már 160 töltőállomással számolnak. Japán is élen jár a hidrogén hajtás terjesztésében. Európában 2019 elején 81 db töltőállomás van, és hazánkban is tervezik az első töltő helyet. Európában 2020-ra 520 db töltőállomással számolnak.

A hidrogén hajtású autó vízgőzt bocsát ki, ami minden kétséget kizáróan teljesen környezetbarát anyag. A hidrogénhajtású autók jellemzői:

- 2025-re azzal számolnak a nagy autógyárak, hogy a hidrogénhajtású személyautók és a hagyományos belsőégésű motorral szerelt autók ára azonos lesz;
- A hidrogénhajtású autók ható távolsága is 500-800 km lesz;

- Az autó gyorsan tölthető: kb. három perc alatt, mint a hagyományos hajtású autók;
- A tankolt hidrogén ára ma még 10 euro körül van kilogrammonként, de az ár rohamos csökkenésével lehet számolni. Ma Európában 100 km megtétele elektromos autóval kb. 1200 Ft, hidrogén hajtású autóval 2280 Ft;
- nagy nyomatékkal tud indulni;
- nagyon csendes.

Van azért a hidrogén hajtású autóknak is néhány árnyoldala:

- a hidrogén hajtású autók ma még drágák;
- az autó összesített hatásfoka (az energia forrástól a kerékig) kb. 30 %, összehasonlítva a villamos autók kb. 70 %-ával;
- az egy kilométer futásra jutó üzemanyag költség ma még kb. kétszerese mint az elektromos autóké;
- az autó ára ma még kb. négyszerese az azonos jellemzőkkel rendelkező szénhidrogén hajtású autóhoz képest;
- a hidrogén tartály elég sok teret foglal az autóban;
- még kell pár év ahhoz, hogy az országban bárhol könnyen tölthessünk hidrogént.

A hidrogén felhasználás jövője

A hidrogén jelenlegi ipari felhasználása és a folyó kutatások alapján vázolható a hidrogén új szerepe a jövő évtizedekben [49]:

- közúti közlekedés hajtóanyaga;
- hajó, vasúti jármű hajtása;
- telephelyen belüli anyagmozgató eszközök hajtása;
- kisléptékű villamos áramtermelés kb. 1...2 kW teljesítménnyel, és a hő kiegészítő hasznosítása;
- hordozható energiaforrások; először a katonai alkalmazás indult el;
- szünetmentes áramforrások kis teljesítménnyel;
- részvétel a villamos rendszer szabályozásban.

10. Irodalomjegyzék

- [1] BP Energy Outlook 2018 edition (2018. jun.)
- [2] BP Statistical Review of World Energy June 2018
- [3] MEKH adatok
- [4] Kabdebon Balázs: A biogáz-termelés és -felhasználás alakulása Magyarországon és az EU tagállamaiban. M.E. Kőolaj és Földgáz Intézet 2015.
- [5] index.hu 2018 01. 15
- [6] NRGreport.hu 2018 01 30
- [7] U.S. EIA, www.eia.gov/leo 2017
- [8] Kaszáné, dr. Kiss Magdolna: Hulladékgazdálkodás. www.tankonyvtar.hu
- [9] NRGreport.hu 2018 08 31
- [10] KSH adatok
- [11] Magyar Ásványolaj Szövetség adatai
- [12] Nemzeti Energiastratégia 2030
- [13] www.agronaplo.hu 2010/08
- [14] Somogyi Andrea: Az első generációs bioüzemanyag-piac komplex értékelése SZIE Gödöllő 2012
- [15] U.S. Energy Information Administration: Annual Energy Outlook 2018
- [16] MEKH: Beszámoló a kötelező átvételi rendszer 2016. évi alakulásáról
- [17] MEKH: Beszámoló a magyarországi megújulóenergia-felhasználás 2010-2016. évi alakulásáról
- [18] gurulohordo.blog.hu 2018 02 08
- [19] Tamás János, Blaskó Lajos: Environmental management. Debreceni Egyetem, 2008
- [20] nrgreport.com 2019 02 14
- [21] Mérnök Újság 2019. jan-feb.
- [22] The Guardian – index.hu 2018. 10. 08. 12 év múlva pokol várható
- [23] gurulohordo.blog.hu 2018 07 20
- [24] BP Energy Outlook 2019 edition
- [25] nrgreport.com 2019 02 26
- [26] MEKH: Összefoglaló a nem engedélyköteles – ezen belül háztartási méretű – kiserőművek adatairól (2008-2017)
- [27] Magyar Bányászati és Földtani Hivatal: Magyarország ásványi Nyersanyagvagyaona 2015. január 1.
- [28] ozonenet 2019 03 01
- [29] portfolio.hu 2019 03 02
- [30] MNB Versenyképességi program 330 pontban. Budapest, 2019. jan.
- [31] U.S. Energy Information Administration: Annual Energy Outlook 2019 with projection to 2050. January 24, 2019
- [32] nrgreport.com 2019 03 14

- [33] vg.hu 2019 03 15
- [34] BP Energy Outlook projection to 2035 (2016 09 24)
- [35] BP Energy Outlook 2017 12 19
- [36] Shell: World Energy Model a View to 2100
- [37] index.hu 2019 03 21
- [38] nrgreport.com 2019 03 08
- [39] index.hu 2019 03 06
- [40] MEKH: Magyarország geotermikus felmérése 2016
- [41] Magyar Hidrogén és Tüzelőanyag-cella Egyesület: Látogatás a RAG ausztriai Power to Gas létesítményben 2016.
- [42] Magyar Hidrogén és Tüzelőanyag-cella Egyesület: H2 – Hidrogén Hírlevél 2018/3
- [43] Prof. Tamás János, Prof. Blaskó Lajos: Environmental management (Debreceni Egyetem, 2008)
- [44] www.agraragazat.hu: Biogáz üzemek Magyarországon 2012 09 04
- [45] Galyas Anna Bella: Hidrogén a földgázhálózatban – fikció vagy már a valóság? 26. DUNAGÁZ Konferencia és Kiállítás 2018.
- [46] Kabdebón Balázs: A biogáz-termelés és -felhasználás alakulása Magyarországon és az EU tagállamaiban. Szakdolgozat, Miskolci Egyetem 2015.
- [47] Magyar Napelem Napkollektor Szövetség elektronikus hetilapja X. évf. 14. szám
- [48] www.tankonyvtar.hu /hidrogen es metanol 2019 04 02
- [49] Horváth Dóra, Schiller Ottilia: Biogáz. Corvinus Egyetem www.docplayer.hu
- [50] www.mvmpartner.hu Biológiai alapú, energetika célú gáztermelés lehetséges irányvonalai Magyarországon 2019 04 04
- [51] www.cedec.com/files/default/2017-06-13
- [52] <https://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/data/shares>
- [53] Eurostat newsrelease 27/2019 12 February 2019
- [54] Dr. M. Csizmadia Béla: Az e-mobilitásról másképpen. Mérnök Újság 2019. április
- [55] Rozsnyai Gábor: Hidrogént a tankba? Mérnök Újság 2019. április
- [56] Mechanical Integrity of Syngas Outlet Systems. EIGA, doc 202/15
- [57] Bándy Tamás: Hidrogén tisztítás-hasznosítás. Előadás, Tiszaújváros 2015 07 09
- [58] vg.hu 2019 04 04
- [59] BP Energy Outlook – 2019 edition (2019. április)
- [60] www.pannenerg.hu/biouzemanyag
- [61] Nemes Ákos: Protoncsere-membrános tüzelőanyag-cellák mikrostruktúrájának optimalizációja. Szakdolgozat. ELTE Természettudományi Kar 2011
- [62] www.index.hu 2019 06 11
- [63] www.eia.gov/kids/energy
- [64] www.index.hu 2019 07 22

11. Melléklet

A FAP-2019/102-GOT mérnöki segédlethez

A megújuló energiahordozók fokozottabb használatának fontosságát a világ minden országában már felismerték. Különböző intézkedésekkel lehet elősegíteni az energia termelésben a hatékonyság növelését és a környezetbarát energiahordozók kiterjedtebb használatát. Magyarországon a légkörbe kerülő káros anyagok mintegy 40 %-a a háztartásokból származik. A háztartások energia felhasználásának csökkentését, a káros energiahordozók megújulóakra cserélését a Kormány több, kisebb akcióval támogatta már. Egyértelműen az állapítható meg, hogy a lakosság a korszerűbb energia szerkezet felé csak anyagi érdekeltsége esetén fordul.

Jelen mellékletben lakossági felhasználóknak fogalmazunk meg néhány tanácsot az energiahordozó megválasztásához, vagy az energia ellátás módosításához. A kommunális és ipari hőenergia fogyasztók részére általános érvényű javaslatokat nem lehet megfogalmazni, minden hőellátási megoldáshoz vizsgálni kell a helyi adottságokat, a felhasználó költség- és beruházás vállalási készségét. A kommunális és ipari hőenergia fogyasztóknál szakképzett személyzet (energetikusok) segítik az optimális energia ellátási döntések meghozását.

Részletesen a családi házak hőenergia ellátását elemezzük: a hőellátás berendezéseit, a létesítés költségeit, az optimális üzemeltetés néhány feltételét. A létesítés költségeit a telekhatártól az épület fűtőberendezésével, illetve a használati melegvíz (HMV) termelő berendezésével bezárólag kalkuláltuk.

A fűtő-, vízmelegítő berendezések választéka rendkívül széles, az alsó ártartományban lévő berendezéseket választottuk a számításokhoz.

Az energiahordozó megválasztásnál alap energiahordozóként a földgázt tekintjük, és a többi ellátási lehetőséget ehhez mérjük. A vizsgált alternatív energiahordozók: napenergia, hőszivattyú, fatüzelés. A napelem és a szélgenerátor telepítést kiegészítő alternatívaként ajánljuk a háztartási felhasználóknak. Nem vizsgáljuk a pébégáz használatát a fűtés és a vízmelegítés energiahordozójaként, a pébégáz magas ára miatt.

A számításoknál a hazai, 2019. harmadik negyedévi, átlagos bruttó energiahordozó és fűtőberendezés árakat vettük figyelembe. Az egyes településeken az energiahordozó árakban vannak kisebb különbségek, az energiahordozóhoz tartozó rendszerhasználati díjak eltérései miatt.

A következő táblázat a földgáz és a szilárd biomassza energiahordozók piaci árarányait mutatja be. A földgázon kívüli energiahordozók ára a kereskedő telephelyén érvényesek.

Tüzelőanyag	Relatív árak
földgáz (egyetemes szolgáltatás)	100
tűzifa (légszáraz)	100
faapríték (50 % nedvességgel)	120
faapríték (25 % nedvességgel)	110
fapellet	220
fa brikett	192
energiafű pellet	210

11.1. Családi ház hőellátása

Az országban 4,4 millió lakás van. Mintegy 600 ezer lakás lakatlan, és kb. 200 ezer lakás olyan állapotban van, hogy az energia ellátás módosítására nem szabad költeni. 650 ezer lakás panel lakás, szinte kizárólag távfűtéssel és táv melegvíz ellátással. 403 ezer lakossági földgáz fogyasztónál nincs gázmérő, földgázt csak egy tűzhelynél használnak.

A lakossági földgáz fogyasztók száma 2018. év végén 3256,8 ezer volt.

A családi ház különböző fűtési rendszere és hőellátása összehasonlításánál olyan épületet veszünk számításba, amely:

- mintegy 100 m² alapterületű, összkomfortos, egyedülálló, hagyományos építési technológiával készült, 30 cm-es téglafalakkal;
- külső falainak és födémjének hőszigetelése 10 cm vastagságú ásványgyapot vagy azzal egyenértékű szigetelés, nyílászárói $W=1,2 \text{ W/m}^2/^\circ\text{C}$ hőátbocsátási tényezővel rendelkeznek;
- padló szerkezetében 5 cm vastag hőszigetelő réteg van;
- a tető egyik oldala dél-nyugati tájolású;
- a hőtermelő berendezés utáni felhasználói létesítmények értékelését nem tekintjük feladatunknak;
- magántulajdonban van (a tulajdonos dönthet az energia ellátásról), négy személy lakja;
- a tulajdonos mérlegeli az energiahordozó váltást.

A családi házak hőenergia ellátásában a villamos energia is szerepet kap:

- a minta családi ház áram felhasználása nem több, mint évi 1320 kWh, kivéve a légtermikus hőszivattyú használatát;
- a gázkészülékek, a pellet kazánok fogyasztanak villamos energiát is;
- az áramszolgáltató társaságok dolgozói kedvezményesen vásárolhatnak villamos energiát, és ez a kedvezmény az épület villamos fűtéséhez is lehetőséget ad;

- a családi házak közül 2018. végén már több, mint 38 ezer épületnél kiépült a napelem rendszer, amelynek áram termelése részben részt vehet az épület hőellátásában;
- mintegy 3 ezerre tehető a családi házak mellett üzemelő szélturbinák száma. A szélturbina áram termelése hasonlóan csatlakozik az épület és az áram közellátáshoz, mint a napelemek;
- a családi házak energia ellátásánál az egész épületet kiszolgáló hőszivattyú még nem terjedt el széles körben. A továbbiakban bemutatott hőszivattyús hőellátás szélesebb körű megismeréséhez még idő szükséges.

A családi házak hőenergia ellátásában nem vehető számításba a geotermikus hőszivattyú, a hidrotermális hőszivattyú (folyó vagy tó mellé telepítve), a biogáz termelés és felhasználás, a termálhő egyedi hasznosítása. Ezek az energiahordozók lakáscsoportok hőellátása esetén vehető számításba, az alap beruházási költségek miatt.

A családi ház fűtési és vízmelegítési energiahordozóinak vizsgálatát végeztük el. Az energia ellátás létesítése költségei számításánál a következőket vettük figyelembe:

- az EU előírásainak megfelelő, legkorszerűbb fűtő és vízmelegítő berendezés;
- a hőtermelő berendezések széles árvalasztékából az olcsó kategóriába tartozó berendezések;
- a fatüzelés esetén a kb. 25 m² alapterületű, fedett (zárt) tűzifa, pellet, brikett tároló létesítési költségét is;
- fatüzelésnél legalább 1000 literes, fűtési forróvíz tároló létesítése is;
- tárolós melegvíz előállítás esetén 100 literes forróvíz tároló;
- villamos fűtésnél nem szokásos a villamos kazán-melegvízes fűtési rendszer változat, hanem inkább az egyedi fűtőkészülékek használata; a számításoknál az összehasonlíthatóság miatt választottuk az előbbi rendszert;
- a villamos hőellátásra átállás esetén nem számoltunk az épület villamos hálózatának cseréjével.

A családi ház részére a földgázt a felhasználó az egyetemes szolgáltatótól, hatósági árszabás szerint vásárolhatja. A gázszámlát a felhasználó fizetheti egész évben azonos összeggel (kiegyenlített számlázás) és havi mérő leolvasás alapján. A földgáz árára rakódó különböző további díjak miatt a gáz egységarak az ország egyes településein különbözők lehetnek.

A villamos energiát a családi ház részére egyetemes szolgáltatótól, hatósági áron lehet vásárolni. A napelemes áramtermeléssel rendelkező háznál általában évente egyszer kell számlát fizetni, az ad-vesz mérő állása alapján. Hasonló a helyzet a családi házhoz telepített szélturbinával termelt áram esetében is. A számításokban az ELMŰ 2019. január 1.-től érvényes tarifáit használtuk.

A tűzifa, a fapellet és a fabrikett szabadáras termék, általában a kereskedő házhoz szállítja. Mivel a pellet és a brikett víztartalma kicsi, nem szükséges a felhasználás előtt hosszabb ideig tárolni és szárítani. A tűzifa és a brikett tüzelésű kazánt rendszeresen rakni kell, ha éjszaka erről nem tudunk gondoskodni, akkor célszerű puffer forróvíz tárolót építeni a fűtési rendszerbe. A pellet kazán pellet égővel napi egy pellet feltöltés mellett a folyamatos üzemeltetést tudja biztosítani.

Három, ma még nem általánosan elterjedt háztartási energia ellátási rendszert mutatunk be: a légtermikus hőszivattyút, a napelemeket és a szélturbinákat.

Légtermikus hőszivattyú telepítése

Magyarországon a légtermikus hőszivattyúk szerepét a fűtésben és hűtésben a Nemzeti Energia és Klímaterv 2019-es változata 0,1 PJ-ra becsüli.

A berendezés az épületen kívüli levegő energia tartalmát hasznosítja, az épület fűtésére. A berendezés alkalmas az épület belső terének hűtésére is. A hőszivattyú elektromos árammal működik. A felvett elektromos energia és a kinyert fűtési energia arányát adja meg a berendezés fő jellemzője, a COP érték. A további számításoknál COP 1:4 értékkel számolunk. A hőszivattyú üzemeltetéséhez igényelhető kedvezményes, ún. „Geo” áramtarifa, egész évre, ez az ár 24,3 Ft/kWh, de ez az áram csak napi 20 órában vételezhető, és naponta 2x2 órára nem. A légtermikus hőszivattyúval megoldható az épület HMV ellátása is, de inkább ajánlott villamos, tárolós vízmelegítő használata.

A légtermikus hőszivattyú használatakor számolni kell a ventilátor zajhatásával is.

A minta családi ház fűtését és hűtését 16 kW felvett teljesítményű hőszivattyú biztosítja.

16 kW-os hőszivattyú, tartozékokkal, HMV termeléssel együtt 3,5 millió Ft beruházást jelent. Szerelési díj: 1,0 millió Ft.

Éves áram fogyasztás: 12 000 kWh

Éves áram költség „Geo” tarifával: 295 ezer Ft

Napelemek telepítése

A napelemek telepítése felgyorsult az országban. 2019. június végén 1,14 GW teljesítményű napelem működött, ebből 388,5 MW háztartási méretű.

Két, 5 kW névleges teljesítményű, korszerű napelem rendszert mutatunk be. Az árak 2019. 3. negyedévében a piaci átlag körüli árak. A megtérülési időt 37,6 Ft/kWh lakossági áramárral kalkuláltuk.

A családi háznál a 45° dőlésszögű, dél-nyugati fekvésű tetőre szerelünk napelemeket. A villamos hálózathoz csatlakozást egyfázisú inverter biztosítja. Az optimalizáló berendezés azt biztosítja, hogy egy vagy több napelem árnyékba kerülése esetén csak az árnyékolt napelem veszítsen a teljesítményéből. A felhasználó ad-vesz villamos mérőn mért áram fogyasztás alapján számol el az áramszolgáltatóval.

- 16 db Axitec Axipremium 310W típusú napelem
inverter: Solar Edge SE 5000 HD wawe
optimalizáló: 16 db P 370
éves termelés: 6000 kWh
kulcsrakész ár: 2,1 millió Ft
kalkulált megtérülési idő: 10 év
- 16 db Axitec Axipremium 310W típusú napelem
inverter: Fronius Primo 5.0-1
éves termelés: 5800 kWh
kulcsrakész ár: 1,9 millió Ft
kalkulált megtérülési idő: 9 év

Szélgenerátor/szél turbina telepítése

A szélgenerátor kiegészítheti a hálózatról vásárolt villamos energiát, a napelemhez hasonlóan ad-vesz villamos mérőn keresztül a villamos hálózatra is termelhet. 2017. év végén 619 darab 50 kW-nál kisebb teljesítményű (háztartási) szélgenerátor működött az országban. A szél turbinák átlagos üzemóra száma 1000 körül van évente, a telepítési helytől erősen függően.

A szél turbinák családi házakhoz telepíthető változatainak néhány jellemzője:

- 2200 W névleges teljesítmény, 230 cm szélkerék átmérő, ár: 300 ezer Ft, telepítés: kb. 100 ezer Ft. Zajhatással kell számolni.
Éves termelt villamos energia értéke háztartási normál tarifával: 81 ezer Ft
A beruházás megtérülési ideje: kb. 5 év
- 1200 W névleges teljesítmény, 103 cm szélkerék átmérő, ár: 350 ezer Ft, telepítés kb. 80 ezer Ft. Mérsékelt zajhatással kell számolni.
Éves termelt villamos energia értéke háztartási normál tarifával: 44 ezer Ft
A beruházás megtérülési ideje: kb. 10 év
- 500 W névleges teljesítmény, 103 cm szélkerék átmérő, ár: 100 ezer Ft, telepítés: kb. 80 ezer Ft
Éves termelt villamos energia értéke háztartási normál tarifával: 18 ezer Ft
A beruházás megtérülési ideje: kb. 10 év

A lakossági célú energiahordozó árak 2019. szeptemberben (bruttó árak):

- földgáz: bruttó 140 Ft/m³ éves átlagban, ami megfelel kb. 14 Ft/kWh energia árnak
- villamos energia A1 normál árszabás, járulékos díjakkal együtt: 37,55 Ft/kWh (ELMŰ)
Hőszivattyú telepítése esetén igényelhető az áramszolgáltatótól az ú.n. „Geo” tarifa: 24,3 Ft/kWh
- tűzifa, kb. 20 % víztartalommal, aprítva: 40 Ft/kg, ami megfelel kb. 10 Ft/kWh-nak.
- keményfa pellet, kb. 6 % víztartalommal: 88 Ft/kg, ami kb. 22 Ft/kWh-nak felel meg
- keményfa brikett: kb. 6 % víztartalommal, 79 Ft/kg, vagyis kb. 20 Ft/kWh.

Az energia ellátás létesítési költsége:

A minta családi háznál, az épület teljes hőellátására, a gázmérőtől, illetve villamos mérőtől a hőtermelő készülékkel bezárólag, égéstermék elvezető rendszer, valamint fűtési- és melegvíz ellátási rendszer nélkül:

- földgáz: 24 kW névleges teljesítményű, kondenzációs fűtő-vízmelegítő falikazán. Éves átlagos hatásfoka: 92 %. Létesítés költsége: 400 ezer Ft
- villamos energia: 24 kW névleges teljesítményű fűtő és vízmelegítő villamos kazán. Éves átlagos hatásfoka: 99 %. Létesítés költsége: 250 ezer Ft
- tűzifa: 24 kW névleges teljesítményű faelgázosító kazán 1000 literes forróvíz tároló puffer tartállyal, tűzifa tárolóval. Éves átlagos hatásfoka: 70 %. Létesítés költsége: 800 ezer Ft
- keményfa pellet: 24 kW névleges teljesítményű pelletkazán, pelletégővel, 1000 literes forróvíz tároló puffer tartállyal. Éves átlagos hatásfoka: 80 %. Létesítés költsége: 1 millió Ft
- keményfa brikett: 24 kW névleges teljesítményű brikett-tüzelésű kazán, 1000 literes forróvíz tároló puffer tartállyal. Éves átlagos hatásfoka: 80 %. Létesítés költsége: 550 ezer Ft
- légtermikus hőszivattyú: 16 kW névleges teljesítmény, HMV termeléssel, éves átlagos hatásfoka: 1:4 COP. Létesítés költsége: 4500 ezer Ft

Éves energia költség, 1000 óra csúcskihasználási óraszám mellett:

- földgáz: 365 ezer Ft
- villamos energia: 697 ezer Ft
- tűzifa: 343 ezer Ft
- keményfa pellet: 660 ezer Ft
- keményfa brikett: 600 ezer Ft
- légtermikus hőszivattyú: 292 ezer Ft

Energiahordozó alternatívák összevetésére szokták használni azt az egyszerűsített számolást, hogy az egyes változatok létesítési költségének és tízéves energia igényének összege hogyan alakul.

A fűtés és HMV termelés létesítésének és tíz éves üzemeltetésének költségei összesen:

- földgáz: 4050 ezer Ft
- villamos energia: 7220 ezer Ft
- tűzifa: 4230 ezer Ft
- keményfa pellet: 7600 ezer Ft
- keményfa brikett: 6550 ezer Ft
- légtermikus hőszivattyú: 7420 ezer Ft

A szabadáras tűzifa használata szorosan a földgáz használat költségei körül alakul, ugyanakkor ne felejtjük a fatüzeléssel járó többlet házimunkát. A légtermikus hőellátás versenyképessége a jövőben még nőhet is, a berendezések korszerűsítése és az olcsóbb gyártása eredményeként.

11.2. Kommunális épületek hőellátása

Az országban mintegy 200 ezer kommunális épület és kisvállalkozás van, földgáz ellátással. A kommunális épületek többségében önkormányzati vagy állami tulajdonban vannak. Mintegy 200 ezer nem lakossági földgáz felhasználó 20 m³/óra alatti igénnyel rendelkezik, és választhatja az egyetemes gázszolgáltatást, hatósági földgáz árral. Ezeknél a nem lakossági felhasználóknál a családi ház hőellátásánál bemutatott megoldások és költségek figyelembe vehetők. A 20 m³/óra teljesítménynél nagyobb földgáz fogyasztók a szabadpiacon kereshetik meg az ellátásukhoz a földgáz kereskedőt, és egyedi szerződés szerint vételezhetik a földgázt. A felhasználónak általában évente van lehetősége kereskedőt váltani.

A kommunális épületek hőenergia ellátása a legtöbb esetben hasonló a családi házakhoz, csak értelemszerűen nagyobb energia teljesítménnyel. A kommunális épületeknél is megtalálható a földgáz ellátáson kívül villamos, hőszivattyús, fatüzeléses megoldás is.

A kommunális épületek hőenergia ellátásában már számításba vehető a geotermikus hőszivattyú, a hidrotermális hőszivattyú (folyó vagy tó mellé telepítve), a biogáz termelés és felhasználás, a termálhő hasznosítása, különösen akkor, ha a kommunális épület jelentősebb megújuló energia hasznosító létesítmény mellett települ.

A kommunális létesítmény a földgázt földgáz kereskedőtől, a szabadpiaci körülmények között vásárolhatja. A szabadpiaci árak 2019. szeptemberben az egyetemes szolgáltatási árak szintje alatt alakultak.

A kommunális épületeknél is gyors ütemben terjed a villamos hálózattal összekapcsolt napelemek telepítése.

A kommunális épületek hőellátása költségeinek becslésénél a családi házaknál részletezetteket arányosan lehet figyelembe venni.

11.3. Ipari létesítmények hőellátása

2018. év végén mintegy 15 ezer olyan gázfelhasználó volt az országban, amely ipari termelést folytat. A földgázt különböző mértékben használják fel a termelési folyamatban: alapanyagként vagy technológiai energiahordozóként, illetve az épületeik fűtésére.

Az ipari létesítmények fűtési és vízmelegítési rendszerei a legtöbb létesítménynél földgázt használnak. Vannak ipari létesítmények, amelyek a technológiából kinyerhető hőt használják a fűtésre és használati vízmelegítésre. A városi fűtőművekben megjelent a megújuló energiahordozók használata is: szilárd biomassza, a termálvíz.

Az ipari létesítmények fűtési- és vízmelegítési rendszerei energiahordozójának kiválasztásához egyedi elemzések szükségesek.

Az ipari létesítmények hőenergia ellátásában számításba vehető minden megújuló energiahordozó, köztük a geotermikus hőszivattyú, a hidrotermális hőszivattyú (folyó vagy tó mellé telepítve), a biogáz termelés és felhasználás, a termálhő hasznosítása, napelem park létesítése is.

A klímaváltozás jól látható jelenségeinek legfőbb okozója a légkörbe kerülő szén-dioxid mennyiségének növekedése. Hazánkban is nőtt a szén-dioxid kibocsátás 2018-ban. Előrelépés a kibocsátás csökkentésében első sorban az ipari létesítményeknél várható el.

Az EU 2005-ben indította el a szén-dioxid kibocsátás mennyiségi korlátozását, és ugyanakkor a szén-dioxid kvóták kereskedelmét. A kibocsátási kvóta szabályozás alapvető célja a legnagyobb kibocsátási szektorban, a nagyiparban a kibocsátás csökkentése. A kvóta kereskedelem az EU-ban több, mint 11 ezer erőművet és gyárat érint. Az EU egyenként meghatározta a korlátozásba bevont cégek évenkénti kibocsátási normáit. A norma túllépés veszélye esetén az érintett cég más kvóta szabályozás alatt álló vállalkozástól kibocsátási kvótát vásárolhat, tőzsde rendszerben. Ez a vásárlás nemzetközi is lehet. A kvóta kereskedelem rendszerét ETS rendszernek nevezik. A rendszer 2020-ig van érvényben, napirenden van a rendszer szigorított további alkalmazásának elfogadása. A kibocsátási egység:

1 tonna szén-dioxid.

Amennyiben a kibocsátási egységek kerete a vállalkozásoknak szűkös, akkor a szén-dioxid tőzsdén kontingenst tud vásárolni. A tőzsdei ár beépülhet annak a terméknek az árába, amely a kibocsátást előidézi, vagy csökkenti a kibocsátó cég költségeit, ha a kontingensből meg tud takarítani. A kialakult rendszer megfelelően ösztönöz a kibocsátás csökkentésére. A kvóta rendszer bevezetése különösebb állami támogatásokat vagy banki pénzforrásokat nem igényel, a szabályozott vállalat maga gondoskodhat az adottságai átalakításáról. A kvóta szabályozás több cégnél termékváltást, vagy egyes termékek előállításának megszüntetését is eredményezte.

Az eddigi tapasztalatok alapján a rendszer módosítására van szükség, mert az érintett cégek egy része jelentős kibocsátás megtakarítást ért el, és a kvóta kereskedelemben kínálati többlet keletkezett: 2013-ban 2,1 milliárd tonna, 2015-ben 1,78 milliárd tonna, 2016-ban 1,69 milliárd tonna. A kínálati többlet levitte a szén-dioxid piaci árát, és a szabályozás elértéktelenedését eredményezte. Ennek kezelésére az EU fokozatosan lecsökkenti az érintett vállalkozások kvótáinak értékét, ezzel a cégeket újabb kibocsátás megtakarításra szorítják. A kvóta árfolyama ezzel emelkedik, és valódi, kiegyensúlyozott szén-dioxid piac alakulhat ki.

Az EU két pénzügyi alapot hozott létre a vállalatok fejlesztési kényszerének támogatására: az innovációs alapot első sorban a megújuló energiahordozókra átállás segítésére és a modernizációs alapot a hátrányosabb helyzetű államokban működő kvóta limit alá eső vállalkozások támogatására.

A kvóta szabályozás 2006-ban indult el Magyarországon, 229 létesítmény kapott kvótát. Ma 176 vállalkozás kötelezett a kvóta betartására. Erőművek, vegyipari cégek, légitársaságok, papírgyárak, cement- és mészművek, vas- és acélgyártók, téglá-, kerámia- és üveggyárak. A cégek 2017. évi kibocsátása 22,6 millió tonna volt, 2018-ban 22,3 millió tonna. A hazai kvóta kereskedelem 2017-ben 13,6 millió tonna volt, 2018-ra 13,2 millió tonnára csökkent. A kínálat szűkülése magával vonta a kvóta kereskedelmi árának emelkedését: a 2017. évi átlagos 5,84 Euro/tonna ár 2018-ban már 16 Euro/tonna volt. A kvóta korlát alatt termelő vállalkozásoknak lehetősége van kibocsátási kontingenst vásárolni nem kvóta kötelezett cégektől is, tehát a kvóta kereskedelmen kívüli vállalkozások szén-dioxid kibocsátási megtakarítása értékesíthető.

A sorozat keretében eddig megjelent kiadványok

2017.

- | | | |
|----|--|---|
| 1. | NÉMETH András, MILÁVE CZ Richárd | Iparban használatos vízminőségek |
| 2. | DR. SZILÁGYI Zsombor, DR. SZUNYOG István | Mérések a gáziparban |
| 3. | DR. BARNA Lajos, EÖRDÖGHNÉ DR. MIKLÓS Mária, DR. SZÁNTHÓ Zoltán, DR. BALLA József | A biztonságos ivóvízellátás megteremtésének tervezési eszközei |
| 4. | BORBÁS Lajos Dr. | Felépítés elvű (additív) gyártástechnológiák a gépészetben |
| 5. | BERENCSI Miklós, BERE CZKY Ákos, HORVÁTH László, KOVÁCS Gergely, MIHÁLFY Krisztina | Kerékpárosbarát közlekedéstervezés |
| 6. | TÜDŐS Tibor, DR. VARJÚ György, DR. PETRI Kornél, GÁBOR András | A csillagpontkezelés legújabb külföldi és hazai eredményei (Útmutató és tervezési segédlet) |
| 7. | DR. GARBAI László, DR. JASPER Andor, VÁRADI András | Fűtési és használati melegvíz-igények kockázati elvű méretezése példákkal |
| 8. | KÁDI Ottó, DOHÁNY Máté, JÓZSA Bálint, LÁSZLÓ Csaba Tibor, JAKKEL Ottó | A közúti vasutak (villamos) tervezésével kapcsolatos kézikönyv |

2018.

- | | | |
|-----|--|---|
| 9. | BLAZSOVSZKY László | A gázfogyasztó készülékek égéstermék elvezetésével kapcsolatos szabályozások hiányosságai és ellentmondásai |
| 10. | CSORDÁS Szilveszter, FORGÁCS Lajos Dr., PÓLYA Endre ifj., RÉV Zoltán, UD VARDY Péter | Orvostechnológiai továbbképzés ismeretanyaga |
| 11. | NÁDASDY Tamás, EGYHÁZY Zita, KOVÁCS Ákos Sándor, SZECSŐ Dániel Géza | A közúti biztonsági audit (KBA) jelentések elkészítésének alkalmazási segédlete – A közúti infrastruktúra közlekedésbiztonsági kezeléséről szóló jogszabályhoz és ütügyi műszaki előíráshoz kapcsolódó értelmezési, kidolgozási és elfogadtatási javaslatrendszer |
| 12. | DR. SZILÁGYI Zsombor, HORÁNSZKY Beáta | Földgáz kereskedelem (mérnöki segédlet) |
| 13. | DR. SZILÁGYI Zsombor | Az energiahordozók jövője – kőolaj, földgáz, megújulók |
| 14. | S. VÍGH Judit, DOHÁNY Máté | Magános közlekedők baleseti súlyosságának csökkentése mobil applikáció segítségével |
| 15. | DR. BALIKÓ Sándor, DR. CSÚRÖK Tibor, NOVÁK Dániel, ORBÁN Tibor, DR. ZSEBIK Albin | Ötletlapok I. – Energiahatékonyság növelő ötletek egyszerű energetikai és gazdasági számításai |
| 16. | DARABOS Zoltán, KOLTAI Henrik, SZABÓ Tamás, SZÁSZ Béla, VAJDA Sándor | Felvonók felújítása és átalakítása – Műszaki segédlet |
| 17. | TÜDŐS Tibor, KRUPPA Attila | Alapozásföldelők új tervezési elvei és kivitelezési módszerei – Tervezési segédlet és kivitelezési útmutató |
| 18. | FENYVESI Zsolt | Tűzvédelmi tervek tartalmi szabályainak átdolgozása |
| 19. | GÁBORI László Dr., BEINSCHRÓTH | Nagyméretű informatikai beruházásoknál |

	József Dr., NÓGRÁDI Gábor, RÁTKAY Tamás	(fejlesztéseknél) ajánlott szoftveroldali tervdokumentációk tartalmi elemeinek meghatározása (I. – II. kötet)
20.	DR. DIVÓS Ferenc	Az élő fák stabilitása – mérnöki megközelítés – Élő fák, mint teherhordó faszerkezetek
21.	DR. KARÁCSONYI Zsolt	Faanyagok tartós szilárdsága
22.	BARNA Lajos Dr., ERDEI István, JASPER Andor Dr., TAKÁCS Gyula	Segédlet épületek csatorna-berendezéseinek tervezéséhez
23.	ANTÓK Péter István, FÜZÉR Ferenc, SÁRKÖZI András	Fényvezető kábelszakaszok műszaki-minőségi ajánlás gyűjteménye
24.	JANCSÓ Béla, DR. KULCSÁR Alexandra, NÉMETH Gábor, DR. VÍMI Zoltán, DÉRI Lajos, SZIMANDEL Dezső	Vízjogi engedélyezési eljárással kapcsolatos dokumentációk és engedélyeztetéssel kapcsolatos követelmények a 2018.01.01-én hatályba lépett 41/2017. (XII.29.) BM rendelet alapján
25.	DR. TAKÁCS Bence, DR. SIKI Zoltán, DR. ÉGETŐ Csaba, BÉNYI László	Mérnökgeodéziában alkalmazott alapponthálózatok – A jó gyakorlat bemutatása mintapéldákkal
26.	DR. MÓCZÁR Balázs, LAUFER Imre, TÓTH Gergő, WOLF Ákos	Korszerű támszerkezetek tervezése
27.	HALÁSZ Györgyné Dr., CSERVENYÁK Gábor, TUCZAI Attila, VIRÁG Zoltán	Különböző funkciójú épületek klimatechnikája II.
28.	KÁDI Ottó, JÓZSA Bálint	Kerékpáros balesetek létesítmények szerinti vizsgálata
29.	GARBAI László Dr., JASPER Andor Dr., PELLER József Bendegúz	Hőteljesítménymérési tényező alkalmazása távhőrendszerek optimális szabályozásának modelljében
30.	GARBAI László Dr., SÁNTA Róbert Dr., JASPER Andor Dr.	A kompresszoros hőszivattyúk optimalizálása – Tervezés és üzemeltetés
31.	LADÁNYI Gábor Dr.	Diagnosztika a karbantartásban
32.	MÉSZÁROS János, MOLNÁR Tibor, RITZL András	KIÜRÍTÉSI ÉS MENEKÜLÉSI ÚTVONALBA ÉPÍTETT AJTÓK tervezési segédlet (2018)

2019.

33.	BLAZSOVSZKY László	Földgáz elosztóvezetékek üzemeltetése
34.	DR. SZILÁGYI Zsombor	A megújuló energiahordozók jövője Magyarországon
35.	FORGÁCS Lajos Dr., HAIDEGGER Tamás Dr., PÓLYA Endre ifj.	Új fejlesztések, innovatív megoldások az orvostechnológia terén
36.	VARRÓ Beáta, DR. KIS András	Magyarországon előforduló, épületekbe beépített faanyagokat károsító gombák vizsgálata és azonosítása DNS diagnosztikával
37.	MANNINGER Marcell, SZEPESHÁZI Attila, SCHEURING Ferenc, MOLNÁR György	Munkatér határoló szerkezetek
38.	KORSÓS András, RÁDULY Zsolt	A közterületi és belterületi térfigyelő kamerarendszerek tervezési irányelvei
39.	GERGELY Edit, DR. BEZEGH András	Módszertani útmutató az üvegházhatású gázok közvetlen és közvetett kibocsátásának számítására
40.	DR. BEZEGH András, BITE Pálné Dr., GERGELY Edit	Városi környezetvédelem (Fenntartható és okos városok)
41.	GÓDOR Balázs, DR. KÁSA László, SZÉKELY Bence	Híddaruk méretezési segédlete (2019.)

42. FÜRJES Andor Tamás, KOTSCHY András, NAGY Attila Balázs, CSOTT Róbert Teremakusztikai méretezés gyakran előforduló szituációkban
43. DR. KARÁCSONYI Zsolt Faanyagok tartós szilárdsága
Faanyagok szilárdságának változása az idő függvényében
44. DR. BALIKÓ Sándor, ORBÁN Tibor, VARGA Péter, DR. ZSEBIK Albin Ötletlapok II. – Energiahatékonyság növelő ötletek egyszerű energetikai és gazdasági számításai
45. PRIMUSZ Péter, PhD. Hajlékony útpályaszerkezetek méretezése talajstabilizációk figyelembevételével
46. NÉMETH Balázs, HÁMORI Sándor, KOSTYÁK Attila, VÍGH Gellért Különböző funkciójú épületek klímatechnikája III.
Segédlet ipari épületek lég- és klímatechnikai rendszereinek tervezése
47. JANCsó Béla, KAVECZKI Gergely, KÓCZÁN Gábor, LABORCZI Tamás, KNOLMÁR Marcell, RAUM László Csapadékvízgazdálkodás tervezési követelményei
Hogyan tervezzünk városi csapadékelvezető rendszereket
48. DOHÁNY Máté, SCHVANNER Norbert Kerékpárosok sebességének felülvizsgálata jelzőlámpás csomópontokban
49. JÓZSA Bálint, S. VÍGH Judit Sebességsökkentés hatásainak vizsgálata gyorsforgalmi utakon
50. DR. ZSEBIK Albin, NOVÁK Dániel Projektlapok I. – Energiahatékonyság növelő javaslatok projektlapjai
51. DR. MÓGA István Beruházási projektek szabályozási és szabvány környezete, Tervezési követelmények meghatározása
52. DR. GÁBORI László, DR. BEINSCHRÓTH József, NÓGRÁDI Gábor, RÁTKAY Tamás Informatikai Tervező szakmai minősítő rendszere (Informatikai szakmai terület illesztése a Mérnök Kamarai működési rendbe és rendszerekbe)
I. kötet: Konceptió és modell
II. kötet: Modell illesztése
III. kötet: Tudástár
53. VIRÁG Zoltán, GYURKOVICS Zoltán, SZAKÁL Szilárd, VIRÁG Zsolt, ORCSI Attila Országos Tűzvédelmi Szabályzat épületgépész értelmezése a szakmai gyakorlatban
Segédlet a gyakorló épületgépész mérnökök számára I.