

Magyar Mérnöki Kamara

Továbbképzés 2021

Az energiahordozók jövője

A hidrogén a környezetbarát energiahordozó

ea: dr. Szilágyi Zsombor

Az energiahordozók szokásos csoportosítása:

Primer energiahordozók

Fosszilis: kőolaj, földgáz, szén, pébégáz

Nukleáris

Megújuló: szél, víz, nap, biomassa, geotermia,

Szekunder energiahordozók

villamos energia, bio üzemanyagok, hidrogén

Kőolaj és a földgáz:

- fosszilis energiahordozók
- **energetikai hasznosítás**
- **alapanyag.**

BRIC(S) országok:

- Brazília, Oroszország, India, Kína, (Dél Afrika)
- rapid gyors gazdasági fejlődés
- energia igények gyorsan nőttek.
- talán Oroszország a kivétel.

OECD: Organisation for Economic Co-operation and Development, 36 ország, köztük Magyarország is

OPEC: Olaj exportáló országok szövetsége, 14 ország

Irán:

- gyors energia igény növekedés
- nukleáris potenciál fejlesztést gyanított, aminek katonai vonzatai is lehetnek.

Európai Unió:

- energia igények fékeződése,
- a tudatos környezetvédelmi intézkedések

Prognózisok forrásai:

- **British Petrol**
- U.S. EIA (Energy Information Administration)
- IEA (International Energy Agency)
- Shell
- OPEC
- Energy Research Institute Russian Academy of Sciences (ERIRAS)

Mértékegységek:

mega	M	10⁶
giga	G	10⁹
tera	T	10¹²
peta	P	10¹⁵
exa	E	10¹⁸

Primer energia felhasználás (EJ)

	2012	2014	2016	2018	2019	2020
USA	89,69	93,05	92,02	95,61	94,65	87,79
Kína	117,05	124,21	126,95	135,77	141,71	145,46
Oroszország	28,98	28,71	28,76	30,04	29,81	28,31
India	25,11	27,86	30,07	33,31	34,06	31,98
Brazília	11,69	12,41	11,92	12,13	12,41	12,01
Japán	19,92	19,24	18,65	18,84	18,67	17,03
Németország	13,37	13,17	13,62	13,44	13,14	12,11
Franciaország	10,22	9,87	9,76	9,87	9,68	8,7
Olaszország	6,92	6,23	6,43	6,53	6,37	5,86
Nagy Britannia	8,55	8,02	8,01	7,96	7,84	6,89
Irán	9,41	10,28	10,79	11,83	12,34	12,03
Világ összesen	524,98	539,25	550,61	576,23	583,91	556,63

Az energiahordozók szerepe a világ primer energia termelésében (EJ)

	2018	2019	2020
olajtermék	191,45	193,03	173,73
földgáz	138,66	141,45	137,62
szén	158,79	157,86	151,42
nukleáris	24,16	24,92	23,98
vízenergia	37,34	37,66	38,16
egyéb megújuló	25,83	28,98	31,71
összesen	576,23	583,91	556,63

A világ szén felhasználása

A legjelentősebb szén felhasználó országok szén igénye (millió tonna):

	2010	2015	2020
Kína	2712	2998	3047
India	450	613	649
USA	773	627	341
Japán	180	186	169
Oroszország	140	143	121
Indonézia	61	79	120
EU összesen	386,7	370	218,9
Világ összesen	5600	5800	5608

A szén átlagos árak alakulása (USD/tonna):

	2000	2005	2010	2015	2020
Ny-Európa	35,99	60,54	92,35	59,87	50,28
USA	29,9	70,12	67,87	51,45	42,77
Japán	...	64,62	108,47	71,66	69,77
Kína	27,52	51,34	110,08	71,35	83,1

2021. januárban a rotterdami tőzsde átlag ára 68 USD/tonna volt. 2021. júliusban: 115 USD/tonna

Szén árak Kínában:

2016	350 jüan/tonna	1 jüan = 50 Ft
2018	600	
2020	580	
2021. jan	600	
2021. okt	1600	

A világ kőolajtermék fogyasztása (EJ)

BP Energy Outlook 2020 (rapid változat)

	2018	2025	2030	2035	2040
USA	37	34	30	25	20
Brazília	5	4	5	4	4
EU	26	23	19	14	10
Európa	30	26	22	17	12
Közép Kelet	17	16	15	13	12
Afrika	8	9	9	9	9
Kína	27	27	26	23	20
India	10	11	12	12	12
Oroszország	6	7	6	6	5
Világ összesen	190	184	173	153	129

Az OPEC – nyilván – 2040-ig az olaj igények folyamatos emelkedésével számol.

A világ földgáz fogyasztása (milliárd m³)

BP Energy Outlook 2020 (rapid változat)

	2019	2025	2030	2035	2040
USA	847	835	754	623	576
Brazília	35	43	53	61	65
EU	469	424	387	342	304
Európa	554	529	498	453	412
Közép Kelet	558	585	667	668	566
Afrika	150	181	232	268	283
Kína	307	490	585	672	665
India	59	115	196	278	316
Oroszország	444	467	457	447	409
Világ összesen	3929	4307	4579	4613	4383

A megújuló energiahordozók a világban (EJ)

	2018		2019		2020	
	Vízenergia	Egyéb megújulók	Vízenergia	Egyéb megújulók	Vízenergia	Egyéb megújulók
világ	37,34	25,83	37,66	28,98	38,16	31,71
OECD	12,75	15,27	12,32	16,77	13,14	18,04
EU	3,12	6,97	2,94	7,54	3,04	6,97

Nem hagyományos kőolaj termelés

„palaolaj”

Jellemző előfordulásai:

- tömör, alacsony átteresztőképességű kőzetekben

A kőzetre jellemző a kis porozitás (<1 %) és az alacsony permeabilitás (10^{-3} - 10^{-6} D)

- agyag(pala)olaj: kis porozitás (<1 %) és az alacsony permeabilitás (10^{-6} - 10^{-9} D)
jellemző a vízszintes fúrás és a rétegrepesztés
alacsony kihozatal

Különleges kitermelési eljárások:

- nehézolaj külszíni fejtéssel (Kanada)
- ciklikus gőz kezelés
- gőzelárasztás
- maradék olaj elgázosítása
- *kúttalpi elektromos melegítés*

Kőolaj kereskedelmi szervezet

A kőolaj piac négy legfontosabb szereplője:

OPEC: Kőolaj Exportáló Országok Szervezete

Központja: Bécs

Tizennégy olajexportáló ország.

Az OPEC országok ismert olajkészlete 174,8 milliárd tonna. A kőolaj termelésük 2020-ban 1448 millió tonna volt, ami 34 millió hordó/nap mennyiségnek felel meg. A világ kőolaj termelésének mintegy 40 %-át tartja kezében az OPEC. **Szaúd Arábia** a szervezetet vezető ország.

Az OPEC a kitermelés fékezésével vagy szabadon engedésével hatékonyan tudja a kőolaj tőzsdei árát befolyásolni. Az OPEC termelés korlátozás nem azonos mértékben vonatkozott a **szervezet** mindegyik tagállamra. Az OPEC országok vállalásainak teljesítését nehéz ellenőrizni, néhány tagország vissza is él ezzel a helyzettel.

A tagok fegyelmetlensége megingatta a szervezet működését.

OPEC+ a 14 tagország és 10 csatlakozott ország a 2020. évi olajár zuhanás megfékezésére.

Szaúd-Arábia

Területe 2 millió km², lakosainak száma 34 millió. 2018-ban az egy főre jutó GDP 23 ezer USD volt. Kőolaj földtani készlete 40,9 milliárd tonna. 2020. évi kőolaj **kitermelése 519,6** millió tonna volt, ami megfelel kb. 12 millió hordó/nap értéknek. Olaj **fogyasztása 6,51 EJ, kb. 160 millió tonna**. Exportjának 90 %-a kőolaj és kőolajtermék.

Szaud Arábia kőolaj és kőolajtermék exportja (millió tonna):

	2019	2020
Kőolaj export	366	349,1
Kőolajtermék export	53,7	49,7

Az OPEC vezető országa. Iránnal (szintén OPEC tag) hosszú ideje ellenséges állapotban van, 2019-ig az USA legnagyobb kőolaj beszállítója volt.

Palagáz kutatási és kitermelési programot indított.

Oroszország

Az ország népessége 146 millió. 2018-ban az egy főre jutó GDP 11 ezer USD volt.

Nem tagja az OPEC-nek.

Kőolaj készlete:14700 millió tonna.

Oroszország kőolaj és kőolajtermék exportja (millió tonna):

	2019	2020
Kőolaj export	289	260
Kőolajtermék export	123,3	106,8

Kőolaj exportja 1880-ban kezdődött.

Saját felhasználása 3,3 millió hordó/nap volt. A kőolaj termelési költségek 2020-ban: Rosneft: 32 USD/hordó, Lukoil: 30, Gazprom Neft: 28.

Oroszország teljes exportjának mintegy 20 %-a a kőolaj, és az olaj a külkereskedelmi aktívum legfontosabb tényezője is. Oroszország ma a volt szovjet tagköztársaságok legtöbbszörének kőolaját és földgázát is forgalmazza a világban.

Kelet-Ukrajna megszállása után érzékenyen érintette az oroszokat az az **embargó**, amit a világ vezető hatalmai Oroszország ellen a tenger alatti olaj és gáz kitermeléshez szükséges berendezések szállítására hirdettek meg, de a sarkkörön túli kutatási és kitermelési területek sem juthatnak a speciális berendezésekhez.

A 2016. év eleji olajár eséssel az orosz GDP változása negatívba fordult: 2014-ben még +0,6 % volt, 2015-ben a Gajdar Intézet már -6,4 %-ot mért, 2016-ra pedig -2,3 % lett. Az olaj bevétele

feleződött. Az orosz állam kénytelen volt hozzányúlni az arany- és devizatartalékhoz, és egy év alatt 130 milliárd USD értéket kényszerült piacra dobni.

A 2016. évi tapasztalatok arra ösztönzik az oroszokat, hogy a koronavírussal címkézett olajpiaci válság idején zárkózzanak fel a nagy olajtermelőkhöz (OPEC+).

2020. márciusban az Ural típusú kőolaj ára 18 dollár/hordó szintre esett. Oroszország olajtermelő létesítményeinek jelentős része az Északi-Sarkkörtől északra található, ahol a termelés leállítása súlyos műszaki következményekkel járhat. A két tényező az oroszokat sokkal rugalmasabb nemzetközi tárgyalásra kényszeríti.

Oroszországnak 2020-ban átlag 42 dolláros hordónkénti olajjára van szüksége a költségvetési egyensúlyhoz.

Amerikai Egyesült Államok

Az ország népessége 332 millió. 2018-ban az egy főre jutó GDP 63 ezer USD volt. Nem tagja az OPEC-nek. 2020-ban a világ legnagyobb kőolaj termelője (16,4 millió hordó/nap) és a világ legnagyobb kőolaj fogyasztója (16,2 millió hordó/nap) volt.

Az USA-ban kis, rugalmas vállalkozások százai kezdtek hozzá az ezer-kétezer méter mélységben lévő nem hagyományos kőolaj lelőhelyek kutatásának és kitermelésének. A 2014. év őszén megindult olajáresésre ezek a palaolaj vállalkozások először a kitermelés visszafogásával reagáltak, de azonnal elindult a termelés technológia fejlesztése, a költségek lefaragása. A 2016. februári, 27 USD/hordó Brent árral már nem bírtak, de amikor 50 dollár körüli szintre emelkedett az olaj ár, addigra már a legtöbb palaolaj vállalkozás ismét tudott haszonnal termelni. 2020. második negyedévben a palaolaj termelés költsége 40...50 dollár/hordó szinten állt.

USA kőolaj és kőolajtermék exportja (millió tonna):

	2019	2020
Kőolaj export	142,5	155,3
Kőolajtermék export	250,3	240,2

A palaolaj- és palagáz termelés sikerei erősítették az ország szénhidrogén import függőség csökkentési szándékát. A szénhidrogén ipari lobbira rábírták az USA elnökét, hogy lépjen vissza a párizsi klíma megállapodástól, vagy szebben fogalmazva: halassza pár évvel a klímavédelmi program, a szénhidrogén használat visszafogásának megvalósítását.

A palaolaj termelés hatására a kőolaj termelés a 2018. évi 671 millió tonnáról 2019.-ben 746 millió tonnára nőtt.

2019. volt az az év, amikor az USA elérte, hogy **a kőolaj és a földgáz külkereskedelme nettó exportot mutatott.** Megjelentek az amerikai cseppfolyós földgáz export szállítmányok a világ több pontján, és az USA-ban meghaladta a kőolaj export az import mennyiségét.

Az USA a stabil kőolaj piac eredményeivel feltöltötte pénz tartalékait.

A koronavírus járvány keményen sújtja az USA-t is. A felszíni kőolaj- és olajtermék készletek maximumon vannak, az olajtermékek iránti kereslet csökkent. A járvány hatására 2020. nyarán az olajtermék iránti igény a világon 75 millió hordó/nap szintre csökkent.

Az USA partner az OPEC termelés visszafogási kezdeményezésében, a kőolaj piaci árának emelésében.

Földgáz kereskedelmi szervezet

2001-ben, Teheránban létrehozták a Gázexportáló Országok Fórumát (**GECF**). 12 ország a tagja, a laza érdekvédelmi szervezetnek. Oroszország, Irán, Katar a legnagyobb földgáz exportőr a csoporton belül. Az évente tartott üléseik inkább konzultációnak tekinthetők, mint a földgáz piacot érdemben befolyásoló fórumnak. Mégis némi figyelmet érdemel ennek a szervezetnek az aktivitása, mert a Föld ma ismert (hagyományos) földgáz készletének 70 %-a van a tagországok területén. A GECF 2019. évi előjelzése szerint a világ földgáz felhasználása 2050-re felülmúlja a kőolaj fogyasztást, és a Föld energia igénye 2050-ig 30 %-kal fog nőni. A világ primer energia igényén belül a földgáz 27 %-lesz, a jelenlegi 23 %-hoz képest.

Kereskedés a tőzsdéken

A tőzsde egy különlegesen szervezett, koncentrált piac, ahol tömegárúk (beleértve értékpapírok) kereskedése szigorúan előírt szabályok szerint folyik. Elkülönülten szoktak érték (pénz, értékpapírok) és áru (valós áruk) tőzsdéket működtetni.

A legnagyobb forgalmú tőzsdék az OECD államokban működnek.

A tőzsde helyszínt biztosít a kereskedéshez, amely egy helyre koncentrálja a keresletet és a kínálatot, s emellett a résztvevők számára szigorú, speciális, csak a tőzsdére jellemző szabályokat alkalmaz. **A különleges szervezettség elemei:**

- csak pontosan meghatározott árukat,
- meghatározott helyen és időben,
- csak feljogosított személyek közreműködésével,
- meghatározott módon
- biztos teljesítés és biztos fizetés

lehet forgalmazni.

A kereskedelem lebonyolítására vonatkozó szabályokat **tőzsdei szokványnak** hívják. A tőzsde szigorú rendje mindenek előtt a befektetők érdekeit szolgálja.

A tőzsdén az áruk jelenléte nélkül folyik a kereskedés. Tényleges adás-vételek, de spekulációs ügyletek is köthetők. Az üzletkötéseket a nyilvánosság, a szereplők általi ellenőrzöttség jellemzi. A megkötött üzletek teljesítését a tőzsde intézményesen szavatolja.

A tőzsde olyan kereskedelmi centrum, amely **növeli a befektetési piac likviditását**, ugyanakkor olyan információs központ is, amely a főbb **gazdasági folyamatok értékelésére** is lehetőséget ad. A tőzsdei árfolyam az adott árura vonatkozó valamennyi információt koncentráltan, folyamatosan és objektíven adja közre.

Tőzsde fajták:

- árutőzsde: fizikai áruk adás-vétele
 - általános: többféle árucikkkel, termékkel foglalkozik,
 - speciális: csak meghatározott áruval foglalkozik (ebbe a csoportba tartoznak a kőolaj és a földgáz tőzsdék is).
- értéktőzsde: értékpapírok, devizák, nemesfémek adás-vétele
 - általános: többféle ügylettel foglalkozik,
 - speciális: csak meghatározott típusú foglalkozik: pl.: deviza, nemesfém, értékpapír
- áru és értéktőzsde

A tőzsde gazdálkodása

A tőzsde non-profit szervezet. Költségeit a tagdíjakból, a forgalomarányos díjakból, jegyzési illetékből, információ szolgáltatási díjakból fedezik. A tőzsde klasszikus gazdálkodási tevékenységet nem végezhet. A tőzsde teljes működését, gazdálkodását a közgyűlés szabályozza és ellenőrzi.

A tőzsde szervezete

A tőzsde szervezetét és vezető testületét a tőzsdei rendtartás határozza meg, de befolyásolják az adott ország más tőzsdéi, az ország jogrendje is. A legfőbb szerv a közgyűlés, hatáskörébe tartozik:

- a tőzsde alapszabályának és módosításainak elfogadása,
- tisztségviselők megválasztása,
- költségvetés elfogadása,
- forgalmazott termékek körének meghatározása,
- tagdíj megállapítása,
- a tőzsdei szabályok megsértése esetén eljárás lefolytatása.

Általában minden tőzsdetag egy szavazattal rendelkezik. A szavazások általában titkosak. A tőzsdetanács a tőzsde ügyvezető testülete. Tagjait főleg a tőzsdetagok közül választják, 3 évre.

Felügyelő bizottságot és etikai bizottságot is létrehoz a közgyűlés. Szükséges a tőzsde működéséhez választott bíróság is, a vitatott kérdések eldöntéséhez. A tőzsde munka szervezete a tőzsde titkárság, a technikai feladatok elvégzésére. A titkárságot ügyvezető irányítja.

Tőzsdei ügyletek

- azonnali (prompt, **spot**) ügylet: az ügyletet a szerződéskötéssel egy időben, vagy 2-5 napon belül kell lebonyolítani. A kereskedés tárgya lehet áru, vagy értékpapír, deviza.
- határidős (**termin**) ügylet: későbbi, fix időpontra vonatkozó üzletkötés. A kereskedés tárgya lehet áru, vagy értékpapír, deviza, vagy részvényindex is. Az ügylet a jelenlegi szerződésben kialakított feltételek mellett, jövőbeli teljesítésre vonatkozó megállapodás. A vevőnek a kötés napján jegyzett árfolyamon kell teljesíteni. Olyan dolgokkal is lehet kereskedni, ami ma még nincs a birtokunkban. Az üzletet általában 10 % letét mellett kötik. Az egyik fél vételi (long) pozíciót vesz fel és vállalja, hogy az adott tételt egy meghatározott jövőbeli időpontban megvásárolja, előre meghatározott áron. Az eladó (short) pozícióban a tételt a lejáratkor leszállítja a long pozíció birtokosának, a szerződésben meghatározott összegért, ami ebben az esetben az elszámoló ár.
- fedezeti ügylet: a fedezeti ügyletkötők (**hedger**) a kockázat csökkentésére, a veszteség elkerülésére az árfolyam-, illetve kamatkockázatból adódó veszteség elkerülése érdekében az eredeti pozíciójukkal **ellentétes határidős ügyletet** kötnek. Ezzel az árfolyam/kamat változása egyszerre kedvezően és hátrányosan érinti az ügyletkötőt. Formái: vételi (long) hedge, eladási (short) hedge.
- spekulációs ügylet: időbeli jegyzés változásra spekuláló ügyletek, árfolyamkockázat vállalása nyereségszerzés céljából. Típusai:
 - árfolyam emelkedésre (hosszra) spekuláló, azért vásárol árut/értékpapírt, hogy azt később magasabb áron adja el
 - árfolyam csökkenésre (besszre) spekuláló, azért ad el árut/értékpapírt, hogy azt később alacsonyabb áron vásárolja vissza
- arbitrázs ügylet: a helybeli, különböző tőzsdék azonos áruajtáiban fennálló, egy időben való jegyzések **árfolyam különbségeinek kihasználására**. Főleg a devizaárfolyamokra és a kamatlábakra irányulnak.

A megkötött üzletekről csak a mennyiség, az ár és a szállítás időpontja nyilvános.

Mivel a tőzsdei ügyletben sem az eladó, sem a vevő nem ismert, a tőzsde kiváló lehetőség minden külső befolyástól mentes kőolaj vagy földgáz importra és exportra is. A tőzsdén kötött ügyletekhez szükséges a kőolaj vagy a földgáz szállítóval, mint szállítási rendszer üzemeltetővel is **szerződést kötni, a tényleges szállításra**. A tőzsde szigorú rendje mindenk előtt a befektetők érdekeit szolgálják.

A tőzsdén az áruk fizikai jelenléte nélkül folyik a kereskedés. Az adás-vétel helye pontosan meghatározott, **virtuális** hely. Az áru virtuális helyre szállítását az eladó, a helyről az elszállítást a vevő biztosítja. Tényleges adás-vételek, de spekulációs ügyletek is köthetők. Az

üzletkötéseket a nyilvánosság, a szereplők általi ellenőrzöttség jellemzi. A megkötött üzletek teljesítését a tőzsde intézményesen szavatolja.

Minden egyes üzlet konkrét mennyiséget, minőséget, szállítási határidőt, átadás-átvételi pontot, árat jelent. A határidő lejárta előtt a vevő még változhat.

A kőolaj és a földgáz külkereskedelmének legalább 95 %-át a tőzsdéken kötött üzletek alkotják.

Az áruk piaca a világon (2016)

kőolaj	1720 milliárd USD
földgáz	680
szén	381
arany	470
acél	115
alumínium	90
réz	91

Az energiahordozók – beleértve a villamos energiát is – mintegy 80 %-a a tőzsdén fordul meg, vagy tőzsdei árral árazzák.

A világ legnagyobb forgalmú és ár meghatározó energia tőzsdéi az Egyesült Államokban vannak.

A 2020. április 20.-i kőolaj tőzsdei nap hatása

Dátum	Brent (USD/barrel)	WTI (USD/barrel)
2020. feb. 24.	58,2	51,43
2020. már. 16.	30,1	28,7
2020. ápr. 14.	31,45	22,41
2020. ápr. 20.	23,48	-37,63
2020. máj. 4.	29,81	20,39
2020. máj. 28.	33,89	31,68
2020. jún.3.	39,22	36,67
2020. júl. 3.	42,62	40,11
2020. aug.1.	43,24	40,23
2020.nov.2.	41,23	34,34
2020. dec. 16.	50,37	47,22
2021. jan. 27.	56,03	52,98
2021. feb. 19.	63,11	59,47
2021. már. 5.	67,66	64,68
2021. júli. 9.	75,59	74,63
2021. aug. 12.	71,25	68,92

Magyar villamos energia tőzsde

2021-ben 45 kereskedő

HUPX forgalma 2021-ben (GWh):

	DA forgalom	WD forgalom
jan	1920	125
feb	1800	140
már	2080	155
ápr	2250	135
máj	2150	170
jún	2350	195
júl	2480	275
aug	2420	215
szept	2360	270

Villamos energia árak a HUDEX tőzsdén 2021.-ben (Euro/MWh):

	2021-07-30	2021-08-09	2021-09-17	2021-10-07	2021-11-03	2021-11-12	2021-11-19
szept	103,2	109,06					
okt			145,73				
nov				227,69			
dec					190,45	196,38	222,11
Q4 21	102,3	108,84	151,82				
Q1 22				220,84	174,04	179,66	210,81
YR 22	80,48	86,3	107,19	138,76	125,67	125,22	139,85

Energia árrobbanás 2021. őszén

Kiváltó okok:

- Kína, Ausztrália szén termelése és felhasználása (EJ):

	2019	2020
Kína termelés (EJ)	79,76	80,91
Kína felhasználás (EJ)	81,79	82,27
Ausztrália termelés (EJ)	13,21	12,42
Ausztrália felhasználás (EJ)	1,75	1,69

Külfejtések előntése, bányakárok, ausztrál szén import kiesése

Távol-keleti LNG források lefoglalása

Orosz földgáz szállítások Kínába: maximumon

- Koronavírus járvány miatt az energia felhasználás csökkenése
- Európai föld alatti **földgáz tárolók** töltése (köztük orosz tulajdonúak is) (%):

	2020				2021			
	ápr	jún	aug	okt	ápr	jún	aug	okt
HU	66	74	86	96	50	58	70	85
EU	54	74	85	96	31	39	57	73
UA	51	59	72	90	36	38	40	46

- Groningen (Hollandia) leáll
- A norvég földgázmezők kitermelésének váratlan csökkenése: a 2019. évi 114,3 milliárd m³ -ről 2020-ban 111.5-re
- Orosz szállítások csökkentése:
 - Északi Áramlat II. vezeték üzembe helyezése
 - Török Áramlat vezeték üzembe helyezése 2021. október 1.-én
 - Ukrán tranzit leállítás
 - Csak a hosszú távú szerződések teljesítése, tőzsdék bojkottja
 - Belorusz fenyegetés a tranzit leállítására

A Brent és a WTI árak napjainkban:

Dátum	Brent (USD/bbl)	WTI (USD/bbl)
2021. szept. 29.	78,21	74,97
2021. okt. 16.	84,84	82,53
2021. nov. 3.	81,53	80,17
2021. nov. 11.	82,69	81,39
2021. nov. 16.	82,92	80,41
2021. nov. 18.	79,86	77

Földgáz tőzsdei árak köv. hónapra (Euro/MWh)

Dátum	TTF	CEGH	HUDEX
21 01 04	19,26	17,14	15,49
21 05 04	23,84	24,04	23,36
21 07 05	36,02	36,84	35,69
21 08 10	42,95	42,59	42,35
21 09 27	68,26	71,75	69,74
21 10 30	76,78	88,61	66,57
21 11 08	78,8	77,87	71,28
21 11 12	75,5	74,47	73,94
21 11 19	87,06	86,85	82,87

Villamos energia ára (Euro/MWh)

HUDEX áram árak következő hónapra (Euro/MWh)

Dátum	07 30	08 06	09 17	10 07	11 03	11 12	11 19
Ár	103,2	145,73	145,73	227,69	190,45	196,38	222,11

Következmények:

Kőolaj

- üzemanyag árak emelkedése – állami ár korlátozás

Földgáz

- gazdaság:
 - infláció
 - forint árfolyama
 - költségvetési hiány
- egyetemes szolgáltatás („rezsicsökkentett” ár):
 - lakosságnak kedvező
 - egyetemes szolgáltató (állami tulajdonban) hatalmas veszteség
 - hazai termelés hatósági áron az egyetemes szolgáltatónak
 - a veszteségeket az állami költségvetés vállalja
- szabadpiac:
 - felhasználónak továbbhárított piaci ár
 - termék árának emelkedése
 - gázzámla nem fizetése
 - cégek megszűnése (felhasználók, kereskedők is)

Villamos áram:

- egyetemes szolgáltatás („rezsicsökkentett” ár):
 - lakosságnak kedvező
 - egyetemes szolgáltató (állami tulajdonban) hatalmas veszteség
- szabadpiac:
 - felhasználónak továbbhárított piaci ár
 - termék árának emelkedése
 - infláció
 - áramszámla nem fizetése
 - cégek megszűnése (felhasználók, kereskedők is)

Szén-dioxid kvóta árak (Euro/tonna)

Dátum	21 06 04	21 07 30	21 09 27	21 10 18	21 10 30	21 11 15	
Ár	45,45	53,17	64	58,48	58,78	66,78	

Mit hoz a jövő?

TTF, CEGH és HUDEX határidős árak 2021. november 9.-én (Euro/MWh)

	TTF	CEGH	HUDEX
2021. dec	73,01	71,93	76,89
2022. jan	72,92	71,79	84,87
2022. feb	72,41	72,41	76,9
2022. márc	64,71	66,39	
Q2 22	40,75	42,03	48,25
Q3 22	37,64	38,91	38,64
Q4 22			31,96

- **2022. májustól visszatérnek az árak a 2021-es szintre (?)**
- **Belorusz tranzit?**
- **Figyelmeztetések:**
 - **LNG-t szerződni**
 - **az oroszoktól elszakadás ma még nem lehet cél: hosszú távú szerződések**
 - **föld alatti tárolókat tavasztól kezdve tölteni**

A kőolaj ármozgása hatással van szinte minden tőzsdei termék árára is.

A kőolaj tőzsdei árak és más termékek árai

Termék	20 02 21	20 04 27	20 08 08	20 10 02	21 01 04	21 08 02	21 11 08
Brent	58,2	22,9	44,66	39,58	53,13	74,64	83,48
Földgáz	1,91	1,78	2,25	2,46	2,62	3,99	5,6
Réz	2606	2347	2790	2867	3599	4508	4338
Búza	556	525	496	565	646	712	771
Cukor	15,59	9,79	12,66	13,39	15,77	17,1	19,98

Földgáz tőzsdék

Kereskedés a tőzsdéken

A világ vezető földgáz tőzsdéi: **Henry Hub (USA Louisiana)**

NYMEX: New York árutőzsde

Az **Európai Unióban** működő földgáz tőzsdék egységes szabályzat szerint működnek.

Európai földgáz tőzsdék és az indulás éve:

NBP National Balancing Point – Nagy Britannia, 1996

ZEE Zeebrugge – Belgium, 2000

TTF Title Transfer Facility – Hollandia, 2003

Európa legnagyobb forgalmú földgáz tőzsdéje

PSV Punto di Scambio Virtuale – Olaszország, 2003

PEG Point d'Echange de Gaz – Franciaország, 2004

NCG NetConnect Germany – Németország, 2007

BEB GASPOOL – Németország, 2007

AOC Almacenamiento para la operation comercial – Spanyolország, 2007

OTE Csehország, 2013

POLPX Lengyelország, 2013

CEGH Central European Gas Hub – Ausztria, 2005

CEEGEX/HUDEX Magyarország 2013/2018

Az európai földgáz tőzsdék jellemzői:

- az egyes földgáz tőzsdék saját kereskedelmi árat jegyeznek, az árak fő indikátora a **Henry Hub** tőzsde ármozgása
- az EU minden országában működik földgáz tőzsde, vagy az ország áru tőzsdéjének van földgáz szekciója is
- a tőzsde tagság feltételei is azonosak az EU-ban
- a tőzsdei kereskedésben közvetlenül nem fedezhetők fel politikai akaratok
- az üzletkötések kb. 20 %-a tényleges adás-vétel, a többi ár spekulációs formális üzlet
- az árutőzsdék általános szabályai szerint működnek
- az ajánlati, és üzletkötési aktusok tartalmának, formájának és időrendjének szabályai azonosak az egész világon, egyértelműek a szabályok
- a tényleges földgáz ügyletek névtelenek, az eladók és vevők nem ismertek
- az ügyletek gáznapra, hétre, hónapra, évekre szólnak:
 - azonnali ügyletek: Within Day – aznapi
Day Ahead: következő napokra
 - határidős ügyletek: következő hónapokra, következő negyedévre, következő naptári évre
- a megkötött üzlet a lejárat időpontjáig nem bontható, de újabb kötéssel módosítható
- a tőzsdei árat befolyásoló főbb események: a kőolaj tőzsde árváltozásai, újabb, jelentős földgáz készletek felfedezése, újabb ország belépése a földgáz kereskedelembé, a földgáz piac legjelentősebb államainak energetikai céljai, az EU környezetvédelmi akcióinak programja.

Európában a földgáz külkereskedelmi szerződésekből jellemzően a TTF (holland földgáz tőzsde) árait használják.

A magyar szabadpiaci földgáz kereskedők általában a TTF árral árazzák a földgázt a hazai felhasználóknak.

A kőolaj tőzsdei kereskedelme

A világban minden kontinensen több kőolaj tőzsde működik.

A tőzsdéken a különböző minőségű kőolajoknak meghatározott jellemzői, és nevei vannak: Ural, Brent, Dubai Light, Bonny Light, WTI, Nigerian Forcados, stb. A leggyakrabban előforduló minőségek:

- Európában a **Brent**: északi tengeri olaj fajta, könnyű olaj (light crude oil: LCO), kéntartalma kb. 0,37 %, sweet crude, API gravity: kb. 38.06, spec. gravity: kb. 0,835, virtuális tengeri átadás-átvételi ponttal
- Amerikában a **WTI** (West Texas Intermediate): USA tipikus könnyű olajfajtája (LCO), szárazföldi, kéntartalma kb. 0,24 %, API gravity: kb. 39,6, spec. gravity: kb. 0,827, virtuális szárazföldi átadás-átvételi ponttal (Cushing, Oklahoma)

A Brent és a WTI tőzsdei ára a világ összes tőzsdéjén azonos.

Az egyes kőolaj típusok értékét és árát a tőzsdei ármozgásokon kívül főleg az határozza meg, hogy a hagyományos desztillációs eljárással mennyi benzint és gázolajat lehet belőle kinyerni, illetve a kéntartalom kivonása milyen költséget jelent. A tengeri átadás-átvétel egyszerűbb, mert azonnal tankhajóba tölthető, ez az olaj ezért drágább. A szárazföldi átvételnél a tengerpartra szállítás még többet költséget jelent, ez az olaj ezért olcsóbb.

A tőzsdéken azonnali (holnapi napra vonatkozó) és későbbi időszakra lehet üzletet kötni. Az USA második legnagyobb áru tőzsdéje a New York Mercantile Exchange (NYMEX), ahol a szénhidrogének mellett szén, villamos áram és fémek is a kereskedés tárgyai.

Magyar földgáz tőzsde

A budapesti CEEGEX földgáz tőzsdén az **azonnali** ügyleteket kötik.

Fő termékek: DA (Day Ahead) következő napi teljesítés

WD (Within Day) aznapi teljesítés

A CEEGEX forgalma (GWh):

	2020	2021
jan	1470	3333
feb	2250	2748
már	1815	3118
ápr	2447	2355
máj	2401	2323
jun	2137	1729
júl	2052	1393
aug	1106	1385
szep	2261	1160
okt	1906	
nov	1795	
dec	1903	

HUDEX: **határidős** termékek tőzsdéje (áram és földgáz tőzsde)

Fő termékek: M+1 következő havi teljesítés (30 nap múlva)

M+2, M+3

Q1 22: 2022. év első negyedévi teljesítés

Y 22: 2022. évi teljesítés

A HUDEX tőzsde forgalma (GWh):

	HUDEX	OTC
2018	440	
2019	480	
2020	700	10
2021	740	150

OTC: over the counter, tőzsdén kívüli ügyletek

Mindkét magyar energia tőzsde az EU szabályai szerint működik. A földgáz tőzsde néhány jellemzője:

- kereskedés meghatározott kereskedési napokon, kereskedési naptár szerint folyik
- **igazolt tőzsdetagok között**
- alapterméke a határidős földgáz üzlet, amelyet az FGSZ Zrt. nagynyomású szállító rendszerén szállítanak le
- legkisebb kereskedhető mennyiség: 1 MWh, legnagyobb egység: 1000 MWh
- egységár: Euro/MWh
- kereskedés módja: folyamatos kereskedés elszámolás: minden tőzsdenapra vonatkozóan
- a földgáz átadás pontja: az FGSZ Zrt. szállítóvezeték rendszer **virtuális** pontja (MGP)
- kötések időtartama: hónap, negyedév, szezon (nyári: április-szeptember, téli: október-március), év (két következő év)
- **biztos leszállítás, biztos fizetés**

A CEEGEX/HUDEX földgáz tőzsde átlagos forgalma:

	2017/18 gázév	2018/19 gázév	2019/20 gázév
Másnapi (TWh)	6,7	28,3	22,7
Napon belüli (TWh)	1	1,8	1,7
Napi átlag ajánlatszám (db)	140	410	480
Aktív tőzsdetag (db)	25	38	25

Tőzsde tagság: olyan társaság, amely tőzsdei képzettséggel rendelkező személyzettel rendelkezik, a tőzsdei üzletkötéshez előírt pénzügyi biztosítékot elhelyezte, a tőzsdén tagként regisztrált.

Alap terméke: az FGSZ Zrt. által üzemeltetett magyar földgáz szállító rendszeren leszállított MSZ ISO 6976 szabvány szerinti földgáz.

Elszámolás egysége: energia tartalom (MWh), ahol az égéshőt (GCV) 25 °C referencia hőmérsékleten, gáz térfogatot 0 °C hőmérsékleten és 1,01325 kPa nyomáson számolják

Érték elszámolás 2017. október 1.-től: Euro/MWh

Szállítás: a piaci ügyletek az FGSZ Zrt. által üzemeltetett szállítóvezeték rendszer virtuális pontjára (**MGP: magyar gázkiegyenlítési pont**) kerülnek leszállításra. A szállítás gáznaponként történik, az ügyletben meghatározott szállítás időszakában, D nap 06 órától D+1 nap 06 óráig.

2020-ban a koronavírus járvány miatt az ország energia felhasználása a 2019. évi sinthez képest mintegy 10 %-al visszaesett.

A tőzsde forgalma a szabadpiaci földgáz forgalom 10 %-a körül van.

A CEEGEX és a CEGH (Ausztria) tőzsde havi spot forgalma 2020-ban:

	Day-Ahead kötések (TWh)		Within-Day kötések (GWh)	
	CEGH	CEEGEX	CEGH	CEEGEX
jan	8,1	1,4	403	55
feb	5	2,1	300	121
már	6,5	1,7	463	113
ápr	6,4	2,2	674	129
máj	7,7	2,3	496	88
jun	5,7	2,1	695	80
júl	7,2	2	627	54
aug	5,9	1	891	104
szep	7,6	2	988	214
okt	7,7	1,7	1321	223
nov	7	1,7	579	115
dec	8,3	1,7	725	173

A HUDEX éves forgalma és az ügyletek száma:

	Havi forgalom (GWh)		Ügyletek száma	
	2019	2020	2019	2020
jan	138	139	270	75
feb	22	0	45	0
már	7	3	25	10
ápr	81	0	100	0
máj	7	0	25	0
jun	22	1	35	10
júl	26	0	55	0
aug	0	0	0	0
szep	7	156	18	85
okt	71	302	40	122
nov	101	34	35	35
dec	0	64	0	40

A 2019. évi forgalom összesen 483 GWh, a 2020. évi forgalom 699 GWh volt.

HUDEX ár és a lakossági gázár

Lakossági gázár (<1200 m³/év)

HUDEX ár 2021-11-19.-én, dec. 21.-re:

- földgázár 47,62 Ft/m³
- ker. árrés 7,29
- szállítás 5,60
- tárolás 7,46
- elosztás 18,70

összesen: 86,67

82,87 Eur/MWh = 29004 HUF/MWh =

ÁFA: 23,40

275 HUF/m³ ⇔ 47,62 Ft/m³

átlagár: 110,07

A koronavírus járvány hatása

Az amerikai palaolaj-palagáz termelési sikere kőolaj kínálati többletet eredményezett 2019. végétől kezdődően a kőolaj piacán. Ehhez a többlet adódott a koronavírus járvány miatt lecsökkent kőolajtermék fogyasztás, ami a kőolaj piacon szokásos 95-98 millió hordó/nap felhasználást 75 millió hordó/nap szintre vitte le. A kínálati többlet a kőolaj árának zuhanását eredményezte. A helyzet kezelésére az OPEC és a hozzá csatlakozó tíz további kőolaj exportáló ország (köztük Oroszország és az USA is) 2020. áprilisban elhatározták a kitermelés csökkentését 9,5 millió hordó/nap mértékkel, 2020. május-június, majd még július hónapokban. Az elhatározás és a megkezdett csökkentés végrehajtás a kőolaj árának emelkedéséhez vezetett.

A földgáz tőzsdei forgalmát is befolyásolta a **koronavírus járvány**. A járvány a világ valamennyi országát érintette, és hatása az egyes gazdaságokra lényegesen eltérő mértékű volt.

Tőzsdei spot földgáz árak

	Henry Hub USD/mmBtu	TTF Eur/MWh	CEGH Eur/MWh	CEEGEX Eur/MWh
2019 03 01	2,82	17,75	18,86	18,48
2019 06 13	2,37	11,2	13,67	14,32
2019 09 28	2,39	9,86	10,87	14,24
2019 12 11	2,29	13,44	13,94	14,52
2020 02 02	1,84	9,64	10,84	12,94
2020 03 10	1,78	8,8	9,81	10,22
2020 03 31	1,71	7,15	8	8,65
2020 04 21	1,87	6,26	8,24	8,88
2020 05 07	1,94	5,42	7,19	8,13
2020 05 22	1,69	3,01	4,43	6,23
2020 07 06	1,81	5,01	6,61	7
2021 01 04	2,61	19,26	17,14	15,49
2021 08 10	4,04	42,95	42,35	42,59
2021 09 07	4,67	52,18	52,29	55,5
2021 10 16	5,6	88,5	88,5	95,14
2021 11 01	5,6	66,1	66,57	68,44

Henry Hub:USD/mmBtu (USA), TTF: Euro/MWh (holland), CEGH: Euro/MWh (osztrák),

HUDEX: Euro/MWh (magyar)

A kőolaj kitermelés csökkentésére született OPEC+ országok határozat **csökkenti a földgáz kitermelést is**, ezzel az LNG piacon az árak felfelé indulhatnak el.

Vezetékes földgáz export-import

Szomszédos országok között kiépített, de több országon át vezető csővezetékek is szolgálnak a vezetékes földgáz export-import lebonyolítására. A földgáz importőrnek/exportőrnek a vezetékek használatért díjat kell fizetni a vezetékek tulajdonosának.

A vezetékes földgáz export-import:

- Európában jellemző
- jelentős földgáz forgalom az USA és Kanada között
- az észak-afrikai államok és Európa között

Földgáz tranzitálás: például orosz gáz Szerbiának

A földgáz export-import szerződéseket általában több évre kötik. A szerződő felek gázpiaci szereplők, nem kormányok. Az európai szerződések néhány jellemzője:

- a szerződések részletesek, minden előforduló eseményt előre kezelnek
- a földgáz átadás-átvétel helye általában az országhatár
- a szerződött legnagyobb órai teljesítmény nem léphető át
- take-or-pay (TOP) kikötést tartalmaznak: a szerződésben meghatározott havi, éves gáz át nem vétele esetén az elmaradás értékének egy részét ki kell fizetni
- az át nem vett, illetve le nem szállított szerződött mennyiség teljesítése közös megegyezéssel halasztható (make up)
- a szerződéses ár meghatározó eleme valamelyik nagy forgalmú (európai) **földgáz tőzsde jellemző ára**
- szokásos szerződési tétel az évenkénti szerződés felülvizsgálat: külső versenyző árajánlat bekérése és versenyeztetése a többéves szerződés feltételeivel (last call opció)
- a szerződés tartalmazhat kikötést a vételár devizájának árfolyamára is

A szerződéseket a lejáratig nem szokták felbontani, de módosítani lehet.

A koronavírus járvány miatt az oroszok európai földgáz szállítása is mintegy 11 milliárd m³-el csökkent 2020. első negyedévben.

2021. szeptemberben megállapodás született új orosz-magyar földgáz import szerződésről:

- Tíz (+ öt) évre szól
- 2021. októbertől évi 4,5 milliárd m³ orosz import
 - 3,5 milliárd Szerbia felől
 - 1 milliárd Ausztria felől
 - az ár kedvezőbb, mint előtte

Cseppfolyós földgáz (LNG) kereskedelem

LNG:

- Fiatal termék a földgáz világpiacán
- Bármely tengerparti országból, bármely tengerparti
- Új országok léptek a piacra: 2020-ban
 - 19 ország exportál LNG-t
 - 24 ország fogad LNG
- Az Európai Unió minden tengerparttal rendelkező országában üzemel, vagy épül, vagy terveznek LNG fogadó állomást
- Ausztrália exportja: 2020-ban 106,4 milliárd m³

A vezetékes és LNG földgáz kereskedelem változása (milliárd m³)

ország	2013				2020			
	csővezetékes		LNG		csővezetékes		LNG	
	import	export	import	export	import	export	import	export
USA	78,9	44,4	2,7	0,1	68,2	76,1	1,3	61,4
Kína	27,3	-	24,5	-	45,1		94	-
Kanada	25,8	78,9	1,1	-	21,8	68,2	0,8	...
Katar	-	19,9	-	105,8		21,8		106,1
Japán	-	-	119	-			102	
Oroszország	27	212	-	14,2	11	197,7		40,4
Norvégia	-	102,4	-	3,8		106,9		4,3
Algéria	-	28,8	-	14,9		26,1		15
Világ összesen	707,5	707,5	325,3	325,3	755,8	755,8	487,9	487,9

Megjelent az LNG piacon Ausztrália, Indonézia, Malajzia (együtt mintegy 100 milliárd m³-el), de Vietnam is. Ezek az országok egyelőre főleg Távol-Keletre szállítanak, de a piaci helyzet eredményezheti azt is, hogy akár Európába szállítsanak.

Oroszország:

- Távol-Keleten indította az LNG exportot
- próba járatuk volt az Északi-Tengeren át
- exportált az USA-ba is

Földgáz éves összehasonlító árak (USD/millió Btu)

	2019	2020
Japán LNG	9,94	7,81
Korea LNG	5,49	4,39
Import német határon	5,03	4,06
Import UK határon	4,47	3,42
TTF (Hollandia)	4,45	3,07
Henry Hub (USA)	2,51	1,99

Az USA megjelent az európai LNG piacon. Többször szállítottak már nagy tisztaságú cseppfolyós **etánt** Európába, ami a vegyiparban fontos alapanyag.

LNG adásvétel a tőzsdén:

- meghatározott mennyiség,
- a hajót indító kikötő,
- az indítás időpontja,
- a fogadó kikötő,
- az érkezés időpontja,
- a gáz ára.

USA:

- önellátás kőolajból, földgázból
- a palaolaj termelés kap elsőséget,
- roham tempóban épülnek a szállító vezetékek és a tengerparti LNG terminálok
- visszatérnek a Párizsi Egyezményhez

Energiahordozó szerkezet kialakítása:

- az ország saját készletei – saját termelés szerepe az ország gazdaságában
- import-export lehetőségek:
 - határ keresztező szállítási lehetőségek: csővezetékek, villamos vezetékek
 - hazai tároló kapacitások
 - tengerpart: tengeri szállítás
- környezetvédelmi akciók – beruházás igényes

A világ energia fogyasztása (milliárd toe)

	1973	1991	2015	2020	2030	2035	2040
US EIA	-	-	14,70	15,22	17,11	-	18,23
BP 2016	-	-	13,08	14,43	16,48	17,31	-
BP 2017	-	-	13,15	14,35	16,40	17,16	-
IEA	6,1	-	13,65	-	-	-	10,71
Shell	-	-	-	15,46	17,89	-	19,63
BP 2019	-	-	13,06	14,06	15,32	15,87	16,39

BP (rapid változat) 2021. március (EJ):

2025	2030	2035	2040	2045	2050
606	620	623	626	627	625

Az energia igények 2040-ig nőni fognak, mert:

- **nő a Föld népessége**, a 2015. évi 7,4 milliárdról 2040-ig akár 9,2 milliárdra is
- a növekvő számú lakosság számára új lakások épülnek, több élelmiszer szükséges, többet közlekednek, több fogyasztási cikket igényelnek
- gyorsan terjed a **villamos energia** felhasználása, az eddig ellátatlan térségekben is
- **nő a közúti jármű állomány** is: 2014-ben az EU-ban 14 millió, Kínában 22 millió, Japánban 5 millió, USA-ban 15 millió közúti jármű futott. A világ jármű állománya 2040-ben elérheti a 300 milliót
- a klímaváltozás miatt **nő a hűtési energia igény**

Az energia igényeket csökkentő változások:

- még akár húsz évig is nő a földi légkör átlag hőmérséklete, **csökken a fűtési energia igény**
- az építési technológia (legalább a Világ fejlettebb felében) **kisebb hőigényű épületeket** hoz létre
- az ipari **termelési folyamatok korszerűsítése** részben az energia igények csökkentését célozza
- a közlekedésben egyre **energia-hatékonyabb járművek** jelennek meg
- a **lakosok** energia iránti **tudatossága, takarékosága nő**
- **nincs még vége a világméretű járványnak**

Energiahordozók részesedése a világ teljes energia felhasználásából (%) IEA

	1973	2015	2040
kőolaj	46,2	31,7	27,2
földgáz	18,0	21,6	25,0
szén	24,5	28,1	22,8
nukleáris	0,9	4,9	5,5
vízi	1,8	2,5	2,6
megújuló	10,5	11,2	16,9
összesen	100,0	100	100

Az energiahordozók jövője a British Petrol szerint (Mtoe)

	2020	2025	2030	2035	2040
kőolaj	4605	4703	4731	4771	4767
földgáz	3493	3857	4058	4189	4343
szén	3779	3710	3647	3628	3625
nukleáris	673	696	739	739	770
vízi	993	1101	1164	1205	1245
szél	367	569	755	990	1232
nap	187	356	548	782	1064
egyéb megújuló	802	1231	1674	2189	2748

Néhány ország és a világ földgáz felhasználása a BP szerint (TWh):

	2009	2010	2015	2020	2025	2030	2035
USA	6745,5	7010,5	7452,4	7746,9	7923,7	8129,8	8453,9
Oroszország	3976,6	4418,4	4359,5	4654	5007,5	5361	5626,1
Japán	1089,9	1119,3	1266,6	1354,9	1443,3	1502,2	1531,7
Kína	914,2	1119,3	1649,5	2297,6	3033,9	3829,3	4595,1
India	559,7	677,5	683,8	795,3	883,7	1001,5	1119,3
Dél Korea	353,5	441,8	441,8	500,7	559,7	589,1	674,3
Brazília	206,2	265,1	324	412,4	530,2	589,1	706,9
Világ összesen	31017,2	33285,3	35376,7	38734,6	42379,2	46304,8	50546

Az USA energia ellátása

- 2020-ban a világ legnagyobb kőolaj termelő és fogyasztó országa
- szénhidrogén önellátás: 2019-ben teljesült, nettó kőolaj és földgáz exportőr lett
- a kőolaj árának szerepe: a piaci ár a hazai termelést ösztönzi vagy visszafogja

Az USA energia felhasználásának különböző prognózisai (Mtoe)

	Készült	2015	2020	2025	2030	2040	2050
BP	2016	2288,8	2376,4	2373,4	2372,6		
BP	2017	2280,6	2394,4	2360,2	2347,2		
US EIA	2018		2500,0		2575,0	2625,0	2725,0

A BP prognózisa 2021-ben (EJ):

Év	2025	2030	2035	2040	2045	2050
EJ	90	84	77	73	70	67

Energiahordozók részesedése az USA teljes energia felhasználásból (%)

	2000	2010	2017	2020	2030	2040	2050
Kőolaj	42,2	37,7	38,0	37,1	35,0	34,4	33,9
Földgáz	21,7	28,3	28,5	30,0	31,5	32,5	32,4
Szén	21,5	20,7	14,2	12,5	12,2	11,4	10,5
Nukleáris	7,2	7,5	8,1	8,0	7,6	7,4	7,1
Vízi	3,6	2,7	2,5	2,6	2,5	2,4	2,4
Megújulók	3,8	3,1	8,5	9,8	11,2	11,9	13,7
Összesen	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Az USA új stratégiája:

- az USA elhatározta, hogy 2020-ra **szénhidrogén import nélkül** biztosítja az ország energia ellátását, tehát szükség van az amerikai szénbányászatra, az olaj és a földgáz termelésre → palaolaj, palagáz karrierje: TELJESÜLT

- a kőolaj felhasználást 2020 után fokozatosan csökkenti

- Trump: az amerikai szénhidrogén- és szénbányászat érdekeinek megfelelően **nem vállalt** újabb szén-dioxid kibocsátási korlátozásokat

Biden: visszatérnek a Párizsi Egyezménybe

- a nukleáris energia termelés szintje csökken
- Trump: a környezetvédelmi beruházások pénz igényesek és hosszú idő alatt térülnek meg, vagyis pár év múlva ráérünk erre a célra sok pénzt áldozni

Biden: óvatos revízió

Környezetbarát energetikai lépések az USA-ban:

- adókedvezmény a megújulók használatához (nálunk projekt támogatás),
- piaci árviszonyok biztosítása a megújuló villamos energia termelőknek (nálunk hatósági árak)
- nincs hatósági árszabályozás → a piaci árak befolyásolják a termelést

A földgáz jövője a világban

- a hagyományos földgáz készlet kutatás eredményei nagyon biztatóak: sarkvidékeken, a tengerparti sávokban, de a már régebben megkutatott szárazföldi térségekben is
- a „palagáz” kutatás eddigi eredményei hatalmas készleteket sejtetnek
- **metánhidrát**, 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

A Föld egyes térségeinek, illetve országainak földgáz igénye (milliárd m³)

	2016	2030	2040
Délkelet Ázsia	165	210	265
Japán	120	110	115
India	55	115	180
Kína	205	480	605
Oroszország	470	475	480
Közép Kelet	485	650	795
Afrika	125	205	300
Európa	585	610	625
Közép és Dél Amerika	165	200	270
Észak Amerika	950	1065	1125

A földgáz import szerepe a jövőben a Föld egyes térségeiben, illetve országaiban (milliárd m³)

	Import 2040-ben	Import növekedése 2016 óta
Kína	278	205
India	99	75
Egyéb Ázsia	178	230
Európai Unió	329	60

Az LNG szerepe

- 2017. év végén befutott az első tiszta cseppfolyós etán szállítmány Rotterdamba az USA-ból.
- Például Belgium LNG-t importál és exportál is.
- 2018-ban megérkezett az első LNG-t szállító hajó Oroszországból az USA-ba.
- 2020-tól az USA-val mint jelentős LNG exportőrrel lehet számolni. Az USA határozott célja, hogy 2020-ig földgázból önellátó legyen: teljesült
- LNG forgalom 2020-ban: 487,9 milliárd m³, a teljes földgáz felhasználás 12,8 %-a
- Legnagyobb LNG termelők 2020-ban, milliárd m³:
Ausztrália 106,2, Katar 106,1, USA 61,4, Oroszország 40,4
- Legnagyobb LNG felhasználók 2020-ban, milliárd m³:

Japán 102, Kína 94, Dél-Korea 55,3 India 35,8

Nem hagyományos földgáz készletek

- „palagáz” önálló készletek, „palaolaj” kísérő gáza
 - kis porozitás, kis permeabilitás
 - 1000-2000 m mélység
 - vízszintes fúrás
 - rétegrepesztés több ütemben
 - hagyományos készletek többszöröse
- **CBM**: coal bed methane:
 - nyomás csökkenéssel szabadul ki
 - felszínről mélyített kutak, ferde fúrás, vízszintes fúrás
 - rétegrepesztés
 - A világ kőszén készlete: $5-18 \cdot 10^{12}$ tonna, CBM készlete: $256 \cdot 10^{12} \text{ m}^3$
 - USA kitermelhető CBM készlete: $1,4-5,1 \cdot 10^{12} \text{ m}^3$
- **Mély, savanyú gáz**: H₂S és CO₂ tartalom
 - CO₂ visszasajtolás
- **metánhidrát**:
 - 1970-től indult a kutatás
 - állandóan fagyott területeken (permafrost), például:
 - Szibériában Messoyokka mező 11 milliárd m³ készlet, kitermelés 1970-2004 között 5,7 milliárd m³
 - Kanada, Mallik 2L-38 mező: 1150 m mélységben 110 m vastag réteg, készlet: 110 milliárd m³
 - tengeri kontinentális talapzatokon: 100-1100 m mélységben

A földgáz árak története és várható alakulása (USD/mmBtu)

(2016-os deviza árfolyamon)

	2005	2010	2016	2025	2030	2035	2040
USA	8,8	4,3	2,5	3,7	4,4	5,0	5,6
EU	5,9	7,9	5,2	7,9	8,6	9,1	9,6
Kína	2,3	8,1	7,6	9,4	9,7	10,0	10,2
Japán*	6,0	10,8	7,1	10,3	10,5	10,6	10,6
Oroszország	1,6	2,1	2,0

*LNG import ár

Földgáz árak:

- a földgáz piaci árakat továbbra is a kőolaj tőzsdei ára determinálja
- a növekvő készlet és piaci túlkínálat növeli a felhasználást
- a növekvő földgáz kereslet növeli vagy legalább szinten tartja az árakat
- a földgáz árának alakulását a világban alapvetően az USA földgáz piaca diktálja
- az árakban természetesen lehetnek lokális és rövid távú eltérések

2021. nyári ár robbanás a földgáz tőzsdéken

Okok:

- orosz földgáz szállítások visszafogása (Északi Áramlat II:)
- LNG eltűnik Európából
- tárolók alacsony töltöttsége
- holland és norvég kitermelés csökkenése

HUDEX tőzsde (Eur/MWh):

(82,87 Eur/MWh = 276,23 Ft/m³)

	21 09 22	21 10 01	21 10 21	21 11 03	21 11 19
Szept 21.	73,58				
Okt 21.	70,23	87,59			
Nov 21.	68,75	86,32	114,43		
Dec 21.	61,78	80,24	95,5	76,74	82,87
Jan 22.		81,03	98,45	86,12	90,01
Q1 22		78,79	96,2	89,89	88,6
Q2 22		51,23	50,29	50,34	46,11
Q3 22		43,95	40,81	40,59	41,59
Q4 22		36,96	32,66	32,3	39,12

Villamos áram termelés

Villamos energia előállítás költségei az EU-ban (Eurocent/kWh):

szén	7
szél	6,22
olaj	6,1
víz	4,72
földgáz	3,86
nukleáris	3,54

Áramtermelés (TWh)

	2010	2015	2020
Kína	4207	5814	7779
USA	4394	4348	4286
India	937	1317	1560
Oroszország	1038	1067	1085
Japán	1156	1030	1004
Kanada	607	659	643
Brazília	515	581	620
Németország	633	647	571
Magyarország	37	30	34,6
Világ	21570	24270	26823

HUDEX BL („zsinór”) áram árak (euró/MWh):

	20 07 20	21 08 06	21 09 17	21 11 03	21 11 19
20 júl	37,2				
21 szept		109,06			
21 okt			145,73		
21 dec				190,45	222,11
YR 22		86,3	107,19	125,67	139,85

Magyarország energiahordozó felhasználása

Magyarország energiahordozó vagyona (2018)

feketeszen	földtani vagyon	1915 millió tonna
	kitermelhető	1625
barnaszén	földtani vagyon	3200 millió tonna
	kitermelhető	2241
lignit	földtani vagyon	5734 millió tonna
	kitermelhető	4330
kőolaj (konvencionális)	kezdeti földtani vagyon	331,2 millió tonna
	kezdeti kitermelhető	121,8
	összes kitermelt mennyiség	100,5
	kitermelhető még	21,3
	éves kitermelés	0,8
kőolaj (nem konvenc.)	földtani vagyon	418 millió tonna
	kitermelhető	25
földgáz	kezdeti földtani vagyon	426,0 milliárd m ³
	kezdeti kitermelhető	316,3
	összes kitermelt mennyiség	236,2
	kitermelhető még	80,1
	éves kitermelés	1,2
lignit	földtani vagyon	5687 millió tonna
	ipari	2926
CO₂	földtani vagyon	44,8 milliárd m ³
	(nem energiahordozó)kitermelhető	28,1
	kitermelés (2014)	103 millió m ³

Szénhidrogén előfordulások

kőolaj:	143 terület, 344 kőolajtelep
éghető földgáz:	270 terület, 989 földgáz telep
CO ₂ :	29 terület, 74 telep

Magyarország primer energiahordozó felhasználás összetétele (PJ)

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
olaj	286	286	308	329	335	312
földgáz	314	336	358	297	353	366
szén	99	91	93	89	79	71
nukleáris	173	176	176	172	178	176
vízi	0,8	0,9	0,8	0,8	0,8	0,9
egyéb megújuló	132	133	131	118	113	120
összesen	1054	1070	1115	1107	1104	1094

(megújulóból 2020-ra 14,65 %-ot vállaltunk)

(Kereskedelmen kívüli tüzfifa felhasználás)

Villamos energia termelés (GWh)

	2015	2019	2020
nukleáris	15834	16288	16055
szén	5908	4184	3841
földgáz	5108	8566	9077
kőolaj	77	70	42
biomassza	1660	1769	1666
biogáz	293	318	320
kommunális hulladék	208	137	167
víz	234	219	244
szél	693	729	655
nap	141	1497	2450
geotermikus	0	18	16
egyéb	204	359	391
összesen	30360	34154	34924

Az ország primer energia mérlege 2020 (PJ)

	Primer termelés	Import	Export	Készlet változás	Primer felhasználás
szén	39,04	38,15	6,85	0,96	71,3
kőolaj	42,29	399,89	126,33	-3,2	312,65
földgáz	54,76	426,49	148,98	34,16	366,43
nukleáris	175,9				175,9
víz	0,87				0,87
szél	2,31				2,31
vill. külker		69,03	26,99		
egyéb megújuló	124,8	8,91	15,92	0,37	118,16
egyéb nem megújuló	3,2	1,96			5,46
összesen	443,17	944,43	325,07	32,29	1094,82

A primer energia felhasználás lényegesen nem változott:

Év	2016	2017	2018	2019	2020
PJ	1078	1125	1124	1107	1094

Földgáz felhasználás villamos áram termelésre (millió m³):

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
50 MW feletti	1662	940	173	849	1105	1337	1193	1437
összesen	2182	1746	1386	1480	1656	2003	1787	1905

A megújuló energiaforrásokból előállított villamos energia részaránya a bruttó végső villamos energia fogyasztáson belül (%):

Év	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
%	4,4	3,5	4,2	5,3	7,0	7,1	6,4	6,1	6,6	7,3	7,3	7,2

Erőművek Magyarországon:

- 13 darab 50 MW feletti beépített termelő teljesítményű villamos erőmű van
- hatásfok alacsony, Gönyü ~ 50 %
- MVM felvásárolta a Tiszai Erőművet, felújítják, üzembe állítják: 1000 MW
- MVM felvásárolta a Mátrai Erőművet: lignit tüzelés leáll 2025-ig, 500 MW gázturbinás rész épül
- erőművek beépített együttes teljesítménye 6932 MW
- rendelkezésre álló állandó teljesítő képesség 5581 MW
- ténylegesen igénybe vehető teljesítmény 4860 MW. Az erőművek 2018. 1-10. hónapjában 6647 TJ megújuló energiahordozót használtak fel
- 2018. augusztusban 324 darab 50 MW alatti névleges teljesítményű kis erőmű volt
 - névleges teljesítmény 1877 MW.
 - 2 MW feletti teljesítményű kis erőművek száma 147.

A villamos áram kereskedésben is erőteljes növekedés figyelhető meg: nőtt a kereskedők egymás közti és a tőzsdei áram forgalom is 2020-ban. A piac erősödése folytatódik 2021-ben is.

2019-ban a HUDEX áram szekciójának forgalma 1778 GWh volt, 2020-ban már 2990 GWh.

A villamos energia szabadpiacán a forgalom (GWh):

	2020	2021. 1.-5. hónap
Vásárolt energia	167569	63152
Tőzsdén vásárolt	25315	9354
Kereskedők közti forgalom	97646	36273
Felhasználóknak értékesített	25936	10952

Az átlag árak alakulása magyar villamos energia szabadpiacon (ezer Ft/MWh):

	2020	2021. 1.-5. hónap
Vásárolt energia	16,82	18,91
Tőzsdén vásárolt	14,58	20,22
Kereskedők közti forgalom	18,21	18,62
Felhasználóknak értékesített	25,32	24,88

A villamos piacon forgalom emelkedéssel együtt járt a piaci árak emelkedése is. A HUDEX tőzsdén a villamos energia árak:

2021. július 28.-án:

2021. aug 21.-i szállításra	98,24 Eur/MWh
2021. 4. negyedévi szállításra	100, 86
2022. évi szállításra	79,80

2021. szeptember 6.-án:

2021. október 21.-i szállításra	123,32 Eur/MWh
2021. 4. negyedévre	126,73
2022. évi szállításra	98,32

Átlag árak a HUDEX áramtőzsdén (Euro/MWh)

(BASE átlag árak)

Teljesítés	'2020. július	'2021. január	'2021. július
Adott hétre	36,17	57,5	107,67
Egy hónapra	39,52	60,16	95,79
Köv. év 1. név	43,27	55,46	77,62
Köv. év 2. név	52,77	54,52	67,07

Pébégáz ellátás (LPG)

A palackos pébégáz ellátás 1937-ben indult el.

A forgalom felfutása az 1970-es évekre tehető.

Hazai pébégáz felhasználás:

Év	1970	1975	1980	1985	1990	1995	1996	1997
Ezer t	170	224	277	327	332	301	346	364

2020: 6000 tartályos fogyasztó

180 autógáz kút

4000 cseretelep

5 millió palack forgalomban

Pébégáz forgalom (ezer tonna)

	2018	2019	2020
Bruttó termelés	110	110	109
Import	446	479	452
Export	87	93	85
Végső felhasználás	487	479	476
ipar	119	115	...
közlekedés	21	18	...
lakosság	69	67	...

Pébégáz ellátási formák és forgalom (tonna)

	palack	tartály	autógáz	összesen
2014	67955	71088	25232	164275
2015	70629	60271	25071	155971
2016	72480	69616	23619	165715
2017	73590	58473	21784	153847
2018	73255	52943	20057	146255
2019	71854	61970	17924	151748

Vezetékes pébé ellátás:

1998: ellátott település:	57
felhasználók száma	3775
pébé fogyasztás	3428 tonna
elosztóhálózat	295 km
2017: ellátott település:	15
felhasználók száma	1273
pébé fogyasztás	380 tonna
elosztóhálózat	99 km

Vezetékes földgáz export-import

Szomszédos országok között kiépített, de több országon át vezető csővezetékek is szolgálnak a vezetékes földgáz export-import lebonyolítására. A földgáz importőrnek/exportőrnek a vezetékek használatáért díjat kell fizetni a vezetékek tulajdonosának.

A földgáz export-import szerződéseket általában több évre kötik. A szerződő felek gázpiaci szereplők, nem kormányok. Az európai szerződések néhány jellemzője:

- a szerződések részletesek, minden előforduló eseményt előre kezelnek
- a földgáz átadás-átvétel helye általában az országhatár
- a szerződött legnagyobb órai teljesítmény nem léphető át
- take-or-pay (TOP) kikötést tartalmaznak: a szerződésben meghatározott havi, éves gáz át nem vétele esetén az elmaradás értékének egy részét ki kell fizetni
- az át nem vett, illetve le nem szállított szerződött mennyiség teljesítése közös megegyezéssel halasztható
- a szerződéses ár meghatározó eleme valamelyik nagy forgalmú (európai) földgáz tőzsde jellemző ára
- szokásos szerződési tétel az évenkénti szerződés felülvizsgálat: külső versenyző árajánlat bekérése és versenyeztetése a többéves szerződés feltételeivel (last call opció)
- a szerződés tartalmazhat kikötést a vételár devizájának árfolyamára is

A szerződéseket a lejáratig nem szokták felbontani, de módosítani lehet.

Új magyar-orsz gázszállítási szerződést kötöttünk 2021. október 1.-i szállítás indítással. A tíz (+5) évre szóló szerződés évi 4,5 milliárd m³ szállításáról szól. Ebből 3,5 milliárd m³ Szerbia felől, 1 milliárd m³ Ausztria felől érkezik.

Szén-dioxid kvóta szabályozás és kereskedelem

A kvóta kereskedelem rendszerét ETS rendszernek nevezik. A kibocsátási egység: 1 tonna szén-dioxid.

Az EU 2005-ben indította el, a kyoto-i klíma egyezmény hatására. A világ többi térségében nincs hasonló szabályozás.

A cél:

- anyagi ösztönzést kapcsoljanak a kibocsátás csökkentéshez,
- a nagy kibocsátókra vonatkozzon első sorban,
- az egész EU-ban egységes legyen
- a kvóták szakaszos szűkítése

Az EU kibocsátásának kb. 45 %-t fedi a szabályozott kereskedelmi rendszer.

Térítésmentes kiosztással indult.

A kvóta szabályozás:

- csak a nagyipar tudja kezelni, és itt érhető el a legnagyobb kibocsátás csökkentés is.
- az EU-ban több mint 11 ezer erőművet és gyárat érint
- az EU egyenként meghatározta a korlátozásba bevont cégek évenkénti kibocsátási normáit
- a norma adható-vehető
- tőzsdén is lehet vele kereskedni (Leipzig)

Tervezik:

- a kvóta jogosult évente csökkentse a kibocsátást. Az eddigi évi 1,74 %-ról 2,2 %-ra emelik a leszorítás mértékét. 2024 után várhatóan 2,4 % lesz az éves csökkentési norma.
- a kibocsátási normák összekapcsolása a gyártott termék mennyiségével
- a kvótákkal erősen lehatárolt vállalkozások ne kerüljenek a külpiacokon hátrányba

Az EU:

- fokozatosan lecsökkenti az érintett vállalkozások kvótáinak értékét,
- a kvóta egy részét tartalékba helyeztetni
- 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
- tervezik a kibocsátási normák összekapcsolását a gyártott termék mennyiségével

Az EU kibocsátásának kb. **45 %-t** fedi a szabályozott kvóta kereskedelmi rendszer. A szabályozás a kibocsátás folyamatos szűkítését tekinti célnak, és időszakonként felülvizsgálják a kvóta rendszer eredményességét.

Jelentősen csökkent az unió kibocsátáskereskedelmi rendszerének hatálya alá tartozó ipar és erőművek üvegházhatású gázkibocsátása 2019-ben: 8,7 %-kal. Ebből az energia ágazat csökkenése 15 %, az ipar 2 %. A légi közlekedés 1 %-os növekedést mutat.

A szén-dioxid kvóta árak a tőzsdén a koronavírus járvány hatására estek, de 2021-re emelkedtek. Az átlagos kvóta árak:

2020. január	26 Euro/tonna
2020 február	23 Euro/tonna
2020. március	24 Euro/tonna
2020. április	17 Euro/tonna
2020. május	21 Euro/tonna
2020. augusztus	30 Euro/tonna
2021. március	32 Euro/tonna
2021. április	42 Euro/tonna
2021. július	52 Euro/tonna
2021. augusztus	56 Euro/tonna
2021. szeptember	61 Euro/tonna
2021. október	59 Euro/tonna

Az átlagos napi forgalom ~ 15 ezer tonna.

A 2020. évi kvóta forgalom 229 milliárd Euro volt a világban.

Az EU szabályozás szerint 2021-ben 2,2 %-kal csökkentik a kvótákat. A kvóta árak gyors emelkedése miatt a kibocsátások szűkítése felülvizsgálatra kerül.

A szén-dioxid kibocsátási kvóta szabályozás Magyarországon

A kvóta szabályozás 2006-ban indult el Magyarországon, 229 létesítmény kapott kvótát. Cégek besorolása öt kategóriába. Ma **176 vállalkozás** kötelezett a kvóta betartására. Erőművek, vegyipari cégek, légitársaságok, papírgyárak, cement- és mészművek, vas- és acélgyártók, téglá-, kerámia- és üvegyárak.

A kvóta szabályozás eredményei Magyarországon:

	Bruttó kibocsátás	Nettó kibocsátás
1985-87.	109 ezer tonna CO ₂	107 ezer tonna CO ₂
1990.	93 ezer tonna CO ₂	91 ezer tonna CO ₂
2016.	61 ezer tonna CO ₂	57 ezer tonna CO ₂
Csökkentés 1985-2016 között	43,9 %	47,1 %
Csökkentés 1990-2016 között	34,5 %	37,5 %

A szén-dioxid kibocsátást minden cégnél **számítással határozzák** meg. A méréseket és a számításokat a **Nemzeti Klímavédelmi Hatóság** ellenőrzi.

A koronavírus járvány miatt elrendelt korlátozások pozitív hatást gyakoroltak a szén-dioxid kibocsátásra is. Az ipari termelés csökkenése, a közlekedési korlátozások következtében lecsökkent a légkörbe kerülő CO₂ mennyisége is. Ez a csökkenés azonban még nem okoz mérhető változást a légkör hőmérséklete alakulásában. Mérték viszont a sarkkörüi légtérben az ózon koncentráció emelkedését, ami a Nap sugárzás hatásának mérséklődést eredményezi, ezzel a légköri hőmérséklet emelkedés is fékeződik.

A kvóta szabályozás alatt álló cégek 2017. évi kibocsátása 22,6 millió tonna volt, 2018-ban 22,3 millió tonna.

Kvóta befizetések a költségvetésbe 2018-ban: 72 milliárd Ft.

A hidrogén a környezetbarát energiahordozó

A világ energia fogyasztása (10⁹ toe)

	1973	1991	2015	2020	2030	2035	2040
US EIA	-	-	14,70	15,22	17,11	-	18,23
BP 2016	-	-	13,08	14,43	16,48	17,31	-
BP 2017	-	-	13,15	14,35	16,40	17,16	-
IEA	6,1	-	13,65	-	-	-	10,71
Shell	-	-	-	15,46	17,89	-	19,63
BP 2019	-	-	13,06	14,06	15,32	15,87	16,39

Az **energia igények 2040-ig nőni fognak**, mert:

- **nő a Föld népessége**, a 2015. évi 7,4 milliárdról 2040-ig akár 9,2 milliárdra is
- a növekvő számú lakosság számára **új lakások épülnek, több élelmiszer szükséges, többet közlekednek, több fogyasztási cikket igényelnek**
- gyorsan terjed a **villamos energia** felhasználása, az eddig ellátatlan térségekben is
- **nő a közúti jármű állomány** is: a világ jármű állománya 2040-ben elérheti a 300 milliót

Az **energia igényeket csökkentő** változások:

- még akár húsz évig is nő a földi légkör átlag hőmérséklete, **csökken a fűtési energia igény**
- az építési technológia (legalább a Világ fejlettebb felében) **kisebb hőigényű épületeket** hoz létre
- az **ipari termelési folyamatok** korszerűsítése részben az energia igények csökkentését célozza
- a közlekedésben egyre **energia-hatékonyabb járművek** jelennek meg
- a lakosok energia iránti tudatossága, **takarékossága nő**
- a koronavírus járvány **fékezi az energia felhasználást**

Energiahordozók részesedése a világ teljes energia felhasználásából (%) IEA (Paris)

	1973	2015	2040
kőolaj	46,2	31,7	27,2
földgáz	18,0	21,6	25,0
szén	24,5	28,1	22,8
nukleáris	0,9	4,9	5,5
vízi	1,8	2,5	2,6
megújuló	10,5	11,2	16,9
összesen	100,0	100	100

A hidrogén:

- a legelterjedtebb elem a világon: a Föld elemeinek 75 %-a, a légkörben a koncentráció: ~1 ppm
- a legegyszerűbb kémiai szerkezet
- energiahordozó és környezetbarát
- nem tartozik a megújuló energiahordozók közé
- alkalmas a fosszilis energiahordozók kiváltására
- a természetben található anyagokból, természetes eljárásokkal is előállítható
- hidrogént közvetlenül a felhasználás helyén, kis mennyiségben is tudunk termelni

Hidrogén termelés a világon: kb. 60 millió tonna, a primer energiahordozó felhasználás 1,5 %-a.

2040-re a primer energiahordozó felhasználás **18 %-a** lehet.

Európai programok a hidrogén használatra (példák)

Európai Bizottság (2010 májusában) „Stock Taking Document Towards a new Energy Strategy for Europe 2011-2020” szorgalmazza:

- alacsony szén-dioxid kibocsátással járó technológiák, közöttük a hidrogén használatának felgyorsítása
- a hidrogén és a tüzelőanyag-cellák az egyik olyan kulcsfontosságú technológia a szén-dioxid kibocsátás csökkentésre
- 2050-ig különösen a hidrogén technológiák közlekedési alkalmazását, az akkumulátoros villamos hajtással együtt kell fejleszteni

Az Európai Bizottság célja, hogy 2050-re megszűnjön a (további) szén-dioxid kibocsátás Európában.

Jan Ingwersen, a Földgázpiaci Szállítási rendszer-üzemeltetők Európai Hálózatának (ENTSOG) igazgatója szerint:

- Az EU gáztárolóinak kapacitása 1200 TWh, képes biztosítani az európai energiarendszer rugalmasságát
- a hidrogén is beléphet a földgáz tárolók használatába
- a gázvezetéseket úgy alakítják ki, hogy alkalmasak legyenek földgázhoz kevert, vagy tiszta hidrogén szállítására is
- amíg az EU egész területén nem adottak a hidrogén szállítóvezetékes szállításának feltételei, addig regionális kísérletek és fejlesztések folynak
- az EU célkitűzése, hogy 2050-re az energetikai célra használt földgázt a szállító rendszeren hidrogén váltsa fel

2017. januárban a Toyota, Air Liquide, Altom, Anglo American, BMW, Daimler, Engie, Honda, Hyundai, Kawasaki, Linde, Shell és Total létrehozta a **Hidrogén Tanácsot**. Célja:

- bemutassa a hidrogén alapú technológiák fejlesztése területén elért legfrissebb eredményeket
- rávilágítson a hidrogénnek az energiaváltásban betöltött központi szerepére
- fellépjen a jobb alkalmazási körülmények (jogi környezet és a gazdasági szabályozói háttér) érdekében.
- ajánlások megfogalmazása a politikai döntéshozók, az üzleti közösségek, a nemzetközi és civil szervezetek számára

A Škoda Electric és a német Proton Power System cég közös fejlesztésbe fogott. **Škoda buszokban** a Proton cég moduláris jellegű **HyRange®** tüzelőanyag celláját alkalmazzák, amely hatótávolság növelőként működik. Ebben a koncepcióban viszonylag kis tüzelőanyag cella teljesítményt kell beépíteni a buszba: 37 kW teljesítményt.

EDF (Electricité de France) cég bejelentette, hogy „Hynamics” néven új vállalatot hozott létre, hogy alacsony karbonkibocsátással állítson elő hidrogént az ipar és a közlekedés számára. Becslésük szerint 2050-re a globális végső energia felhasználás 18 %-t (milliárd tonna) hidrogénnel lehetne fedezni. A Hynamics törekszik, hogy a hidrogént elektrolízissel állítsa elő, és ehhez a villamos energiát mindenek előtt megújuló forrásokból nyerje.

A **Solaris autóbusz** gyártó 2019. júniusban bemutatta az „Urbio 12 hydrogen” elnevezésű tüzelőanyag-cellás városi autóbuszát:

- 37 férőhelyes
- két 60 kW teljesítményű tüzelőanyag-cella
- két 125 kW -os, tengelybe integrált villanymotor
- 5 darab, 350 bar nyomású, egyenként 312 literes kompozit palack szolgál
- hatótávolsága 350 km.

A BMW autógyár 2019. szeptemberben mutatta be a hidrogén-cella hajtású személyautóját, amit „i-Hydrogen NEXT” névvel ruháztak fel. Széria gyártását 2022-re tervezik.

A San Bernardino Közlekedési Hatóság (USA) megrendelésére a svájci Stadler cég **hidrogén hajtású motorvonatokat** készít. A kétkocsis szerelvényt elővárosi forgalomban használják. 108 férőhellyel rendelkezik és 130 km/óra végsebességre képes.

Linz Hydrogen Initiative

2018. szeptember 17-18.-án Linzben 25 ország képviselői konferenciát tartottak a hidrogén alkalmazásról:

- Az ENSZ és az EU dekarbonizációs céljai reálisak lehetnek,
- Az energia felhasználás mértékének és az energiahordozó összetételnek is változni kell
- A megújuló energiahordozók felé fordulás mellett a felhasználási technológiák fejlesztése, új energiahordozók bevezetése is fontos cél
- a hidrogénhez kapcsolódó kutatást és innovációt tovább kell erősíteni.

Műhelytanácskozás a hidrogéngazdaságról

2019. szeptember 26.-án Budapesten tartottak műhelytanácskozást **hét közép-európai ország és Nagy Britannia** képviselői a hidrogéngazdaság fejlesztésének tartalmáról.

- Nagy Britannia 2030-ra el akarja érni az új személygépkocsik értékesítésében az ultra alacsony kibocsátásúak legalább 50 %-ot, teherjárművek esetében 40 %-ot
- a kutatásra, fejlesztésre szánt összegek 2027-re a nemzeti össztermék 2,4 %-t el fogják érni
- az akkumulátoripari innovációra mintegy 250 millió fontot terveznek fordítani.
- a tanácskozáson az ITM képviselője megerősítette, hogy **hazánk is elkezdte a hidrogén üzemanyag struktúra kiépítését**: tervbe vették két hidrogén töltőállomás megépítését 2020 végéig. Magyarország energia ellátása nagyban függ a földgáztól, ezért napirendre kerül a földgáz és a hidrogén együttes kezelésének elemzése.

Európai Bizottság a hidrogén-technológiák támogatására

2019. október 9.-én Brüsszelben az Európai Bizottság konferenciát tartottak „Hydrogen for Climate Action” címmel: A rendezvény célja a hidrogén-technológiai alkalmazások fejlesztésének, elterjesztésének elősegítésére. A hidrogén használat terjesztése bekerült a közös európai érdeket szolgáló fontos projektek közé. Az **Európai Bizottság 2019. november 5.-én közzétette azt a hat stratégiai és jövő orientált ipari ágazatot, amely kiemelt támogatást kaphat. Ezek között szerepel a hidrogéntechnológiák és -rendszerek fejlesztése, alkalmazása is.**

Magyar hidrogén alkalmazási kísérletek a közlekedésben

A hidrogén termelés és a hidrogén-cellás hasznosítás egyik legjelentősebb magyar kutató-fejlesztő vállalkozása a pécsi **Kontakt-Elektro Kft.**

A hidrogén cella hajtású hajók különböző teljesítményű változatait sikerrel próbálták ki.

A Bács-Kiskun megyei Jakabszálláson 2020. január 22.-én a Genevation Aircraft Kft. bemutatta a világ első hidrogén üzemanyagcella meghajtású, személyszállításra is alkalmas, magyar-amerikai együttműködésben fejlesztett légi járművet (drónt).

A hidrogén története

A hidrogén:

- a Föld felszín és a világűr leggyakrabban előforduló eleme
- a normál anyag tömegének 75 %-át, az atomok számának 90 %-át alkotja, vegyületekben.
- Föld atmoszférájában az elemi vagy molekuláris hidrogén csak kb. 1 ppm sűrűséggel fordul elő
- ma is képződik a természetben, baktériumok és algák anyagcseréjének terméke
- az ember emésztőrendszerében lévő baktériumok is termelnek hidrogént, amit az ember kiürít.

A **hidrogént** Robert Boyle fedezte fel 1671-ben.

Henry Cavendish 1766-81 között ismerte fel, hogy a hidrogéngáz egy diszkrét anyag, aminek elégetésekor víz keletkezik. Erről a tulajdonságáról kapta a „vízképző” nevet, görögül: υδρογόνο

Nicholson és Carlisle 1800-ban állított elő hidrogént elektrolízissel.

1830-ra tehető a hidrogén-cella felfedezése.

1852-ben Henri Griffard hidrogénnel töltött léghajóval repült.

1898-ban James Dewar cseppfolyósított hidrogént

Budán 1856-ban indult el a városigáz szolgáltatás. Az első évben 45 km elosztóvezeték és 839 közvilágítási lámpa üzemelt. Az éves gáztermelés 1,7 millió m³ volt.

1937-ben a hidrogénnel töltött Hindenburg léghajó szerencsétlensége

1937-ben Daytonban hidrogén hűtésű turbogenerátort próbáltak ki.

1963-ban a Gemini űrhajó energia ellátására 1 kW teljesítményű hidrogén-cellát használtak.

1977-ben készült el az első nikkel-hidrogén akkumulátor, űrhajózási célra.

2000. év körül a szén alapú hidrogén termelést kiszorította a **szénhidrogén alapú gyártás**. 2006-ban a világ hidrogén felhasználása már 425 milliárd m³ (USA: 222 milliárd m³.)

A közúti hidrogén töltő állomások száma: a világban 2018 nyarán 298 töltőállomás volt, ebből 111 Európában. A töltési helyek számának gyors emelkedését megalapozza, hogy 2050-re a világon 113 millió üzemanyagcellás járművel számolnak. Ha ez a jármű állomány üzembe áll, akkor a légköri szén-dioxid kibocsátás akár 200 millió tonnával is csökkenhet.

Magyar programok a hidrogén használat elterjesztésére

*A hidrogén használat különböző területeinek népszerűsítésén dolgozik a **Magyar Hidrogén és Tüzelőanyag-cella Egyesület**.*

Magyarországon a Nemzeti Kutatási és Technológiai Hivatal (NKTH) még 2008-ban létrehozta a **Hidrogén és Tüzelőanyag-cella Nemzeti Technológiai Platformot**.

- nemzetközi trendek felmérése és elemzése: hazánk a technológiailag fejlett országokhoz képest legalább tíz évvel le van maradva
- Stratégiai Kutatási Tervet és ehhez Megvalósítási Tervet is kidolgozott.
- a tüzelőanyag-cellák alkalmazási területeiként a következő területeket jelölték meg:
 - közlekedés, ezen belül is a közúti közlekedés
 - kapcsolt hő- és villamos energia termelés
 - szünetmentes tápegységek
 - kis teljesítményű mobil alkalmazás

A hidrogén használata a különböző technológiákban már 2010-ben is eléggé elterjedt volt a **magyar iparban**, a hidrogén gyártása, szállítása, tárolása technikailag megoldott volt a **vegyiparban, a fém megmunkálásban, az élelmiszeriparban**.

A 2020. januárban kiadott **Nemzeti Energia- és Klímaterv** (NEKT) a hidrogénnel kapcsolatban a következő programot vázolja:

*Magyarország a biogáz/biométán mellett a megújuló energia felhasználásával előállított hidrogénre is alternatívaként tekint: a karbonmentes forrásokból termelt villamos energiával előállított hidrogén földgázhoz keverése innovatív, kísérleti szakaszban lévő, nagy potenciállal rendelkező, ám magas támogatási igényű opciót jelent, amely ugyancsak releváns a megújuló és dekarbonizációs célok teljesítése szempontjából. A lehetőség tesztelésére **pilot projekt** elindítását tervezzük földgázszállítói-, -tárolói és -elosztói szinten egyaránt.*

A 2020.januárban kiadott „**Nemzeti Energiastratégia 2030, kitekintéssel 2040-ig**” a hidrogénnel kapcsolatban a következőket említi:

- a biometán mellett a megújuló energia felhasználásával előállított hidrogénre is alternatívaként tekintünk: **hidrogén földgázhoz keverése**
- a földgázhálózat „szezonális” energiatárolóként működhet, power-to-gas technológiával előállított metán, biogáz és **hidrogén betáplálásával**
- a stratégia időtávján a hidrogén jelentős szerephez juthat a **megújuló villamos energia termelés integrálásában**, a hazai ellátásbiztonság erősítésében és dekarbonizációs céljaink elérésében egyaránt

Magyar világújdonság a 2in1 hidrogéncella

Négy cég: Accuseeled Kft., MTA Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Kutatóintézet, BME Gépjárművek Tanszék, VHJ Kft. közös kutatása arra irányul, hogy a **hidrogéncella nemcsak előállítsa, hanem tárolja is a hidrogént**. Az új hidrogén cella gyakorlati alkalmazására egy gépkocsit építettek. A fejlesztés eredményeként a kísérleti autóban 70 hidrogén-cella működik. A cellák várható élettartama 200-1000 ciklus, vagyis kb. 2-7 év. Egy cellában 80 liter hidrogén van. Az energia tartalom 150-170 Wh/kg. Az cella töltési ideje 5...12 óra.

A hidrogént **teljes mértékig környezetbarát energiahordozónak** tekinthetjük, mert:

- a világ vízkészletei körforgásának egyik eleme
- használata a környezetet nem szennyezi

Ugyanakkor meg kell jegyezni, hogy a hidrogén előállításának leggyakoribb eljárása (a szénhidrogének gőzreformálása) a légkörbe káros anyagokat bocsát ki.

A hidrogén tulajdonságai

A hidrogén a Földön elemi állapotban csak ritkán fordul elő, kötött állapotban viszont (például víz, szénhidrogének) a leggyakoribb elem.

A hidrogén szekunder energiahordozó.

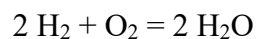
A világűrben a legelterjedtebb elem.

A hidrogén tulajdonságai:

- nem mérgező,
- nem rákkeltő,
- nem üvegház hatású,
- nem radioaktív,
- a környezetbe kijutó hidrogén nem okoz semmilyen maradó környezetszennyezést.

A hidrogén használata azért is került most 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 a hidrogénnel villamos áramot előállítani
- Levegőn vagy oxigéngázban meggyújtva vízzé ég el:



A reakció entalpiája: -286 kJ/mol, ennek alkalmazható része: -237 kJ/mol.

A fajlagos munkavégző képesség: 118,5 MJ/kg, térfogategységre (25 °C-on, 1 bar nyomáson): 9,9 MJ/m³.

További jellemzői:

- A hidrogénatomban lévő alapállapotú elektron energiaszintje $-13,6 \text{ eV}$, amely egy 92 nm hullámhosszúságú ultraibolya fotonnak felel meg
- Égetésekor felszabaduló entalpia 286 kJ/mol .
- Öngyulladási hőmérséklete: 560 °C
- Minden oxidálószerrel reagál
- GHS (Global Harmonised System – veszélyes vegyi anyagok azonosítása) besorolás: tűzveszélyes gáz 1.

A hidrogén izotópjai

A természetes hidrogénben 99,985 %-ban az atomonként egy protont tartalmazó **próciumnak** nevezett atomok vannak. Szokásos jelölése: ^1H .

0,015 %-ban fordul elő a hidrogénben a **deutérium**, vagy nehéz hidrogénnek nevezett anyag. Ennek atommagja egy protont és egy neutron tartalmaz. Ennek az izotópnak a vegyülete a nehézvíz, amelyet a termonukleáris reakcióknál használnak kiindulási anyagként. Jelölése: ^2H

A hidrogén harmadik izotópjá a **trícium**. Radioaktív tulajdonságú, atommagjában egy proton és két neutron van. Béta sugárzás mellett bomlik, felezési ideje 12,5 év. A természetes hidrogénben csak nyomokban található. Jelölése: ^3H .

A hidrogén fizikai-kémiai jellemzői

- A Mendelejev -féle periódusos rendszer első eleme. Kéttomos, apoláris szerkezetű molekulát: H_2 alkot. A H-H kötés igen stabil.
- Fizikai tulajdonságai:
színtelen, szagtalan, nem mérgező gáz
sűrűsége 14,4-szer kisebb a levegőnél.
rendkívül nagy a diffúzió sebessége és a fajlagos hőkapacitása
nagy a hővezető- és az elektromos vezető képessége
vízben kismértékben oldódik
- egyes fémekkel ötvözetet alkot
- magas a gravimetriás energia sűrűsége, közel háromszorosa a folyékony szénhidrogéneknek. A térfogati energia sűrűsége viszont alacsony
- fizikai, kémiai, tüzeléstechnikai tulajdonságai:
olvadáspontja $-259,3\text{ }^\circ\text{C}$
forráspontja $-252,9\text{ }^\circ\text{C}$,
kritikus hőmérséklete $-239,9\text{ }^\circ\text{C}$,
robbanási koncentráció határai: 4-75 tf %,
a levegőnél sokkal könnyebb
- Klór és hidrogén 1:1 keveréke robbanásszerű hevességgel egyesül sósavvá:
$$\text{H}_2 + \text{Cl}_2 = 2 \text{HCl}$$
- Fontos redukálószer
- Égésterméke víz, de a hidrogén égésénél a levegő nitrogén tartalma miatt nitrogén-oxidok is keletkeznek, ami erősen légkör szennyező gáz
- Erősen redukáló hatású
- Nem mérgező
- A hidrogén cseppfolyósítása ma már nem számít újdonságnak, a cseppfolyós levegő, a nitrogén, az oxigén és a földgáz cseppfolyósítása, tárolása, szállítása elegendő tapasztalat a cseppfolyós hidrogén kezelésére is

A hidrogén és a fémek kölcsönhatása

A különböző fémekben a hidrogén eltérő mértékben oldódik. A szobahőmérsékleten a fémek hidrogén oldási sorrendje: Pt, Cu, Fe, Ni. Az oldódásba a hidrogén atomok és a fém atomok szerkezetének lényeges különbségei a fő okok.

A hidrogén- vagy hidrogéntartalmú gázok tároló edényei, csővezetékei és szerelvényei esetében a réz- vagy réztartalmú anyagok használata korai korróziós lyukadást eredményezhet.

Ugyanakkor megállapították, hogy a **Cu-DHP jelölésű réz ötvözet** (99,9 súly % réz és 0,015-0,04 súly % foszfor ötvözete) kiválóan ellenáll a hidrogénnek, a fémötvözet rácsszerkezetét a hidrogén nem tudja megbontani.

A fémek és fém ötvözetek környezeti hőmérsékleten és nyomáson kristályrácsba rendeződtek.

A cseppfolyós állapotú hidrogén molekulárisan oldódik a fémekben a hidrogén molekula deformációja nélkül, a közeg a molekula környezetében általában feszültségtől mentes, korrozív jelenségek ritkák.

A gáz halmazállapotban az atomos állapotú hidrogén igen nagy rácsfeszültséget okoz, aminek egy sor fémot károsító következménye lehet.

A fémbe oldódó hidrogén növeli a fém elektromos ellenállását. Ha a hidrogén atomok egymástól kellő távolságra diffundáltak a fém felületbe, akkor az elektromos ellenállás lineárisan függ a hidrogén koncentrációtól. Ha néhány hidrogén atom egymáshoz közel épül be a fémrácsba, akkor deformálja maga körül a kristályrácsot, és az így kialakuló lazább rácsszerkezetbe újabb hidrogén atomok tudnak beépülni. Ennek az az oka, hogy a deformált rácsszerkezetben újabb atom beépüléséhez már kevesebb energia szükséges, mint az első atom beépüléséhez. A különböző fémek és fémötvözetek esetében a hidrogén egyenetlenül abszorbeálódik, így rácsdeformáló hatása is különböző lesz.

Gorsky effektusnak hívják azt a folyamatot, amikor a fém felületbe oldott hidrogént juttatunk. Ha a fém felületet deformáljuk – meghajlítjuk – akkor a fém homorú oldaláról megindul az oldott hidrogén áramlása a fémbe a domború oldal felé. A jelenség tulajdonképpen a legkisebb kényszer elvének érvényesülése egy mechanikai feszültséget mutató rendszerben. A fém felület a hidrogén diffúzió hatására mechanikai változásokat is mutat. **A diffundáló hidrogén a fém belsejében migrál a magasabb hidrogén koncentrációval rendelkező pontok felé.** A jelenséget uphill diffúzióknak hívják.

A molekuláris hidrogén gázok folyadékban oldása a hőmérséklet emelkedésével csökken.

A hidrogén oldódása egyes fémek esetében (Pt, Cu, Fe, Ni) a hőmérséklet emelkedéssel nő, más fémek esetében (Pd, V, Ta, Ti) pedig csökken.

A hidrogén és a vas kölcsönhatása

A hidrogén és a különböző összetételű acélok kölcsönhatását vizsgálják legtöbbször.

A hidrogén és az érintkező fém felület közötti reakciók gyorsasága és mélysége függ az érintkező felületek hőmérsékletétől és a hidrogén nyomásától.

A vas tércentrált köbös kristályszerkezetében tetraédes és oktaédes kristályformák találhatók. Alacsony hőmérsékleten a tetraédes kristályok vannak nagyobb arányban, de a hőmérséklet emelkedésével az oktaédes helyek aránya gyorsan nő.

A szoba hőmérsékleten a hidrogén köbös kristályszerkezetű vasban oldódása nagyon kicsi: 0,01...0,1 ppm (léggöri nyomáson).

1000 °K hőmérsékleten az oldhatóság már kb. 2 cm³ H₂/100 g vas.

A hőmérséklet emelkedéssel a vas kristályszerkezete is változik: alacsony hőmérsékleten a szerkezet többsége tetraéderes, magas hőmérsékleten oktaéderes.

Az elnyelt hidrogén a vasötvözetben ridegedéshez, korai fáradáshoz vezet, ami a szerkezeti anyagok törését, porladását okozhatja.

A mindennapi gyakorlatban a vas-szén ötvözetek esetében a 400...700 °C közötti hőmérséklet tartományban a hidrogénnel érintkezés minden esetben a vas gyors ridegedését okozza.

A hidrogén és a vasötvözet kölcsönhatása jelentkezik a katódos védelem alá helyezett acél szerkezetek, csővezetékek esetében is: mert a katódos polarizáció fokozott hidrogén elnyeléshez vezet.

A hidrogén és a vas kölcsönhatását jól lehet mérni a vas felületek különböző bevonásával. Gyakori korrózióvédelmi eljárás a vas felület zománcozása, kb. 800 °C hőmérsékleten zománcréteg ráolvasztása a vas felületre. Még a háztartásokban is megfigyelhető, hogy a zománcozással bevont edényeken a zománc sérülése után a fém rendkívül gyors korróziója jelentkezik, az oktaéderes rácyszerkezetben a hidrogén gyors abszorbeálódása miatt. A zománc bevonatot a fémbe oldódó hidrogén gyorsan lefeszíti.

A nyomástartó edények és a gázvezetékek belső felületét a gyártás során más bevonattal (fémes és nem fémes bevonat) is el lehet látni a hidrogén korrózió csökkentésére. Ez a bevonatolás azonban hiányzik a varratokon.

Nyomástartó berendezések hidrogénállósága

Az acél anyagú nyomástartó berendezések (tartályok, csővezetékek) hidrogénállóságának két fő eleme a különböző **hőmérsékletű** cseppfolyós vagy gáznemű hidrogén hatásának, és a különböző **nyomású** hidrogéngáz hatásának értékelése.

A cseppfolyós hidrogént tároló és szállító rendszerekben a jellemző hőmérséklet a hidrogén forráspontja: -252,9 °C. A hidrogén ennél magasabb hőmérsékleten normál állapotban gáz halmazállapotba kerül. **A cseppfolyós hidrogént tároló, szállító berendezéseket 9 % Ni tartalmú acélból állítják elő.**

A hidrogént tároló és szállító berendezésekben a gázfázisú hidrogén reakció képessége a hőmérséklettől függ, a magasabb hőmérsékleten a hidrogén korrozív reakciója erősödik.

A hidrogén tároló és szállító berendezésekben a gázfázisú hidrogén reakció képessége a nyomás emelkedésével kismértékben nő. Az ipari alkalmazásokban legfeljebb 100 bar nyomású tároló és szállító rendszerek fordulnak elő. Ezeknek **a berendezéseknek a hidrogén korrózióknak leginkább kitett részei a fém hegesztések.** A varratokban az acél-Ni ötvözet homogenitása torzulhat, lokális feszültség jelentkezhethet, ezek a pontok a hidrogén abszorpciójára lehetőséget biztosítanak.

Az ipari hidrogén ellátó rendszerekben a 9 % Ni tartalmú acél berendezésekben 100 bar legnagyobb nyomást alkalmaznak.

A hidrogén és a műanyagok kölcsönhatása

A gáziparban kiterjedt kutatások folynak a földgáz-hidrogén keverék szállítására, elosztására.

Az eddigi kutatások egyértelmű eredményeket még nem hoztak. A különböző kísérletek eredményeként 5-10 tf. % hidrogén bekeverését a földgázba a tisztán földgáz ellátásra épített rendszerekben különösebb veszély nélkül értékelik. Ez a megállapítás legfeljebb 90 °C hőmérséklet és 16 bar nyomás esetén érvényes.

A magyar földgáz ellátó rendszerben 93 %-ban polietilén csővezetékek vannak, 7 % acél vezeték. A polietilén és a hidrogén tartalmú gázok kölcsönhatásáról csak rövid távú vizsgálatok készültek. A vizsgálatok alapján állapították meg a legfeljebb 15 tf. % hidrogén tartalmat, mint a földgáz felső hidrogén tartalmát. Gyorsított és kiterjesztett vizsgálatokról még nem jelent meg szakvélemény.

Más műanyagok és a hidrogén kölcsönhatása a hazai gázipar számára érdektelen.

A hidrogén égésterméke

Ha a hidrogént oxigén jelenlétében égetik el, akkor víz keletkezik. Ha a hidrogén égése levegőben történik, akkor a víz mellett nitrogén-oxidok is keletkeznek, a levegő nitrogén tartalmából. A nitrogén-oxid (NO) és a nitrogén-dioxid (NO₂) egyaránt jelen lehet az égéstermékben.

A hidrogén gyártása

Oxigéntől elzárta, a Föld alsóbb rétegeiben hidrogén ma is keletkezik.

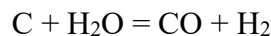
Hidrogént termelnek különböző algák, enzimek is. Hidrogént termelnek az emberben és az állatokban élő egyes baktériumok is.

A világon az éves hidrogén termelés kb. 60 millió tonna, ez az energia mennyiség a világ 2018. évi primer energia felhasználásának 1,5 %-a. A világon a hidrogén termelés évente kb. 6 %-kal nő.

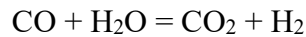
A hidrogén ipari felhasználásban is Európa vezet, kb. 50 millió tonnával. Ennek kereskedelmi értéke kb. 400 millió euró.

Az iparban nagy mennyiségben állítják elő, Magyarországon is:

1. **Vízgázreakcióval**, amelynek során izzó szénből és vízgőzből 1000 °C-on hidrogén és szén-monoxid keletkezik:



A keletkezett szén-monoxid víz hatására 450 °C hőmérsékleten vas-oxid-katalizátor jelenlétében szén-dioxiddá alakul és újabb hidrogén molekula nyerhető:

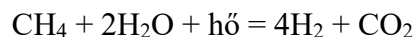


A szén-dioxidot nyomás alatt, vízzel kimossák.

A világon 2019-ben termelt hidrogén kb. 18 %-a készült ezzel az eljárással. Az eljárás a szén-dioxid kibocsátás miatt nem környezetbarát.

2. **Földgáz bontással** (gőzreformálással). A földgáz tisztítása után a gázt túlfűtött gőzzel együtt egy katalizátor felülete mentén engedik át, általában 850...900 °C hőmérsékleten. A metán ilyen körülmények között először CO-dá oxidálódik és hidrogén szabadul fel. A felszabaduló szén-monoxid ezután a vízgőzzel reagálva kémiai átrendeződésen megy keresztül, ami szén-dioxid és hidrogén képződéshez vezet. A keletkező hidrogén tisztítása a végső lépés. Az eljárás endotermikus, a technológia megvalósításához elengedhetetlenül szükséges, hogy magas hőmérsékleten és aktív nikkal katalizátor legyen jelen. A technológia lépései:

- a reakció kis nyomáson (20 bar alatt) is végbemegy
- metán kompressziója, hevítése 260 °C-ra, a gáz tisztítása
- a víz ásvány és oxigénmentesítése és elgőzösítése 200 °C-on
- a metán és a vízgőz bevitele a reaktorcsőbe
- hevítés kb. 800 °C-ra
- reakcióba lép a metán és a vízgőz, nikkal bázisú katalizátoron:



- lepárló toronyban abszorpcióval leválasztják a szén-dioxidot, a szén-dioxidot cseppfolyósítják, általában ipari célra hasznosítják
- a hidrogént tisztítják [40].

Az eljárást kb. 40 bar nyomáson végzik.

Az eljárás alkalmas biomasszából előállított biogáz (legalább 50 % metán tartalom) feldolgozására is.

A világon 2019-ben termelt hidrogén kb. 50 %-a készült ezzel az eljárással. A hidrogén termelés másik fontos alapanyaga a kémiai iparból, kőolaj feldolgozásból származó olajok, benzinek, ezek adják a hidrogén termelés kb. 30 %-t.

A földgáz reformálás útján nyert hidrogén minden kilogrammjára 11,88 kg szén-dioxid kibocsátás jut. A gőzreformálási eljárás velejárója a keletkező szén-dioxid kezelésének problémája. A szén-dioxid megkötése, kivonása a hidrogén termelés költségeit kb. 30 %-al emeli. A technológia fejlesztésével foglalkozó intézményeket erősebben ösztönözhetné a szén-dioxid költség hatékonyabb kezelésének fejlesztésére a szén-dioxid kvóta alkalmazása.

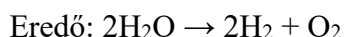
3. metanol-víz reformálással, hasonlóan a földgáz bontási eljáráshoz:



A világon 2019-ben termelt hidrogén kb. 18 %-a készült ezzel az eljárással.

4. víz elektrolízise

Egyenáram áram segítségével az elektrolitba merülő elektródák felszínén vízbontás játszódik le.



Az eljárás hatásfoka 80..95 %

2,8 kWh elektromos energiával elő lehet állítani 1 m³ hidrogént. Az eljárás szoba hőmérsékleten folyik.

A termelt nagy tisztaságú oxigén külön hasznosítható.

A világon 2019-ben termelt hidrogén kb. 3,9 % -a készült ezzel az eljárással. Ha az elektrolízishez használt villamos áramot megújuló vagy nukleáris energiahordozóból állítják elő, akkor a hidrogén termelés nem jár szén-dioxid kibocsátással.

A hidrogén termelési eljárások energia igénye és az előállítás átlagos költségei 2017-ben:

Eljárás	Energia igény (kWh/Nm ³)	Költség (Ft/Nm ³)
Földgáz bontás	0,05	45
Metanol bontás	0,05	78
Elektrolízis	4,5	110

2021. nyarától a földgáz és a villamos energia tőzsdei árai rohamosan emelkednek:

(Budapesti HUDEX tőzsde)

Nap	Földgáz (Euro/MWh) szállítás 3 napon belül		Villamos áram (Euro/MWh) BL zsinór ár	
	Euro/MWh	Ft/m ³	Szállítás 30 nap múlva	Szállítás 2022- ben
2021-06-20	29,24	85,15	96	
2021-07-30	39,95	116,33	103,2	80,48
2021-08-06	42,59	124,02	109,06	86,3
2021-09-17	67,43	196,33	145,73	107,19
2021-10-21	114,43	333,17	223,69	164,53
2021-11-04	74,45	216,77	184,91	136,01

A 2021. szeptemberi energiahordozó árarányok miatt az elektrolízis költségei csökkentek a metán bontás költségeihez képest.

A Cambridge Econometrics becslést adott közre a hidrogén előállítás jövőbeli költségeiről (euró/kg):

	2020	2030	2040	2050
Elektrolízis	6,9	6	5,3	5,1
Metán gőzreformálás	6	4,2	4,0	3,7
Szén vízgáz reakció	5,5	3,2	2,9	2,7

A hidrogén gyártás és a szén-dioxid kvóta kereskedelem

Az EU 2005-ben indította el a szén-dioxid kibocsátás mennyiségi korlátozását, és ugyanakkor a szén-dioxid kvóták kereskedelmét.

A kvóta kötelezettség a szén- és szénhidrogén alapú **hidrogén gyártásra is vonatkozik**: a szén-dioxid kibocsátás mentes hidrogén gyártást előnybe helyezi.

A hidrogén tárolása és szállítása

- Tárolás és szállítás
 - 10-50 liter űrtartalmú (ötvözött)acél palackokban, palack csoportokban, legfeljebb 200 bar nyomáson. A palackokon fehér színjelzés van, a csatlakozás balmenetes.
 - A közúti szállításnál megjelent a **folyékony hidrogén** szállítás is: hőszigetelt, kriogén tartályban. Mivel a cseppfolyós hidrogént a forráspont hőmérséklete (-252,9 °C) alatt kell tartani, ezért különleges acél ötvözetből készülnek a tartályok
 - 2016-ban a világon több, mint 4500 km hidrogénvezeték üzemelt, első sorban ipari hidrogén termelők és hidrogént felhasználó üzemek között. Az USA hidrogént szállító vezetékének hossza 2600 km volt, Európában Belgiumban, Németországban, Franciaországban, Hollandiában üzemeltetnek hidrogén szállító vezetékeket. Kazincbarcikán a BorsodChem telephelyén, a Tungstam-nál Budapesten, a Huntsman Zrt.-nél Pétfürdőn, növényolaj feldolgozóknál és természetesen az ipari gáz gyártóknál (Linde, Messer stb.) több kilométer hosszú hidrogénvezeték hálózat üzemel.
 - tárolják még tartályban: 25, 50 vagy 100 m³ térfogatú (ötvözött)acél álló- vagy fekvőhengeres tartályokban, 45 bar névleges nyomáson
 - tárolják és szállítják is cseppfolyós állapotban: forráspont körüli hőmérsékleten. Hűtőközegként általában neon-hélium keveréket használnak. A cseppfolyós hidrogén energia tartalma kb. háromszorosa, mint az azonos térfogatú benziné.
- 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 hidrogén komprimálásához is energiára van szükség. A 700 bar nyomásra komprimáláshoz a tárolt hidrogén energia tartalmának **kb. 12 %-át** kell felhasználni. A hidrogén cseppfolyósításhoz szükséges energia a cseppfolyósított mennyiség energia tartalmának **kb. 35 %-a**.

A nagynyomású és a kriogén tartályok ára 600-800 USD, a tárolt gáz minden kilogrammjára.

A hidrogén vezetékek és szerelvények létesítésének költsége kb. kétszerese a földgáz vezetékekének

A hidrogén cseppfolyósítása

A gázok cseppfolyósításának alapjait Faraday még 1823-ban rakta le: a cseppfolyósításhoz a gázt komprimálni és hűteni kell, a szükséges számú fokozatban.

Ma a gázok cseppfolyósítása általánosan elterjedt ipari folyamat.

A hidrogén cseppfolyósítása: komprimálás, hűtés több ciklusban.

A hidrogén forráspontja (1 bar nyomáson) -252,9 °C, az ipari gázok között a legalacsonyabb. Alkalmas a nagy hidrogén tisztaság elérésére.

A hidrogén cseppfolyósítása erősen energia igényes: kb. 12 kWh/kg H₂.

A cseppfolyós hidrogén alacsony nyomáson (0,5 MPa) tárolható.

1 m³ cseppfolyós hidrogénből 847,6 m³ normál állapotú gáz lesz.

Átszámítási tényezők:

Hidrogén	m ³ (gáz, 15 °C, 1 bar)	liter (folyadék, 1,013 bar)	kg
m ³	1	1,19	0,08
liter	0,84	1	0,07
kg	11,89	14,13	1

A hidrogén ipari használata

A hidrogén legnagyobb vegyipari alkalmazási területe:

- a **szénhidrogének feldolgozása**: hidro-dealkilezés, a hidro-deszulfurizáció és a hidro-krakkolás.
- **ammónia termelés**

Az élelmiszer iparban:

- **telítetlen olajok, zsírok telítettségének növelése,**
- **metanol előállítására.**

A fémek megmunkálásánál:

- különleges hegesztési eljárások
- magas hőmérséklet (2000 °C) eléréséhez általában hidrogént használnak
- védőgázként szerepel, a redukív hatásának kihasználásaként.

A hidrogén engedélyezett élelmiszer adalék (E949), lehetővé teszi az élelmiszer csomagolás szivárgásmentessége ellenőrzését, és antioxidáns hatásával az élelmiszer tartósság növelését.

Vegyipari alkalmazások

Szervetlen vegyületek gyártása: a hidrogén a sósavgáz, az ammónia, a hidrogén-cianid és még több vegyület gyártásának alapanyaga.

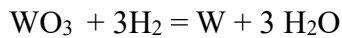
Szerves vegyipari alkalmazások: metanol, formaldehid, kenőanyagok gyártása.

Évente a világon mintegy 3 millió tonna **hidrogén-peroxidot** (H₂O₂) használnak: oxidálószerként, esetenként redukálószerként. Gyártásához hidrogént használnak: antrahidrokinont oxigénnel reagáltatnak. A reakció közben keletkező antrakinont katalizátor jelenlétében hidrogénnel visszaalakítják antrahidrokinonná.

Fémek megmunkálása

Fémek előállítása

Ipari redukálószer, például nagy tisztaságú wolfram előállítására használják:



1500 °C feletti megmunkálási hőmérséklethez atomos, aktív hidrogént használnak. Wolfram elektródok között húzott villamos íven a H₂ -t átfűvatva atomos hidrogén keletkezik. Ezt az atomos hidrogén gázáramot fém felületre irányítva rekombinálódás megy végbe, és a reakcióhőt átveszi a fém. Ezzel az eljárással 4000 °C hőmérséklet is elérhető. Az eljárásban a hidrogén nem energiahordozóként vesz részt, ezért nagy fémtisztaság érhető el.

Hegesztés

A hegesztéseknél a hidrogén általában más gázok kísérőgáza. Energetikai szerepe mellett igénybe veszik az erős redukáló hatását is.

Rakéta hajtóanyag

A folyékony hidrogén és az oxigén hatékony rakéta hajtóanyagok.

Félvezetőipar

A hidrogént felhasználják az amorf szilícium és az amorf szén szabad kötéseinek telítésére, így stabilizálva az anyagi tulajdonságokat. Emellett különböző oxidokban potenciális elektrondonor.

Üvegipar

Az úsztatott síkűveg gyártásnál a folyékony horganyfürdőt nitrogén-hidrogén gázelegy védi az üveg koptató hatásától.

Gyógyszer hatóanyag

A molekuláris hidrogén (H₂) az ember egészségét elősegítő hatását már elég régen ismerik a gyógyszer kutatók. A hidrogén fokozza az ember antioxidáns védelmi rendszerét és közvetlenül ártalmatlanítja a káros szabad-gyököket.

A hidrogén energetikai használata

- a **hidrogén üzemanyag cella** alkalmas különböző teljesítményű villamos áram igény folyamatos kielégítésére, különösen a villamos hálózattól távoli felhasználási helyeken. Az üzemanyag cella lehet gazdaságosabb, mint a robbanómotoros áramfejlesztés.
- a szél- és napenergia termelés szezonálisának kiegyenlítő energiahordozója lehet: áram túltermelés esetén hidrogént lehet termelni, majd áram hiány esetén a hidrogénből áramot termelhetnek
- a hidrogén részben, vagy teljes mértékben **gépjármű hajtóanyagot** válthat ki
- földgázhoz keverve szénhidrogént helyettesíthet

Villamos áram termelés hidrogénnel

EU a hidrogén- és tüzelőanyag cellák fejlesztésének, használatának stratégiája:

- 2006-2010 évek: demonstrációs időszak, első alkalmazások valós körülmények között
- 2009-2012 évek: széleskörű demonstrációs időszak, az ipar első érdeklődése a technológia iránt
- 2010-2015 évek: kereskedelmi léptékű FC felhasználások, tömeggyártás feltételeinek kialakítása
- 2015-től: piaci növekedés, egyre szélesebb körű alkalmazás

Az Európai Hidrogén- és Tüzelőanyag-cella Platform célkitűzése, hogy a tüzelőanyag cellák kapacitása 2025-re elérje a **százezer megawattot**.

A kiegyenlítő villamos áram termelés új formája a hidrogén-üzemanyag cella használata. A hidrogén-üzemanyag cella a hidrogén kémiai energiájából közvetlenül villamos áramot állít elő, miközben hő is fejlődik.

A hidrogén tüzelőanyag-cella

Tüzelőanyag-celláknak azokat az elektrokémiai eszközöket nevezzük, amelyekben a tüzelőanyag kémiai energiája közvetlenül elektromos energiává alakul., miközben hő is fejlődik.

A hidrogén tüzelőanyag cella energetikai hatásfoka 60 % körül van.

A tüzelőanyag cellák típusai:

PEMFC proton cserélő tüzelőanyag cella – hidrogén energiahordozóval

DMFC direkt metanol tüzelőanyag cella

AFC alkáli tüzelőanyag cella

PAFC foszforsavas tüzelőanyag cella

MCFC olvasztott karbonátos tüzelőanyag cella

SOFC szilárd oxid alapú tüzelőanyag cella

A hidrogén-üzemanyag cella két elektródából (anód és katód) és a köztük lévő elektrolitból áll. A folyamat során katalizátor (általában platina) segítségével a hidrogén molekulák előbb atomos hidrogénre, majd protonra és elektronra bomlanak.

A protonok az elektroliton haladnak keresztül, az elektronok a külső áramkörön. A külső áramkörön áthaladó elektronok hasznosíthatók elektromos áramként.

A katódra érkező elektronok a katalizátor segítségével egyesülnek a protonokkal és az oxigénnel, és víz jön létre.

A hidrogén cellák:

- általában kötegekben alkalmazzák, mert egy cella feszültség szintje kicsi
- az elektronok elektromos áramot keltenek, ami a cellából kivezetve 0,6-0,8 V feszültséget generálnak
- a cellák felületén 2 A/cm² áramsűrűség is elérhető
- az üzemi hőmérséklet 40-70 °C
- a cellák élettartama 2 ezer és 20 ezer óra között van, a felhasználás jellegétől függően.

Az áramtermelés mellékterméke: víz.

A hidrogén-üzemanyag cella előnyei:

- a hidrogén környezetkímélő energiahordozó
- korlátlanul tárolható a hidrogén
- a hidrogén felhasználása áram termelésre egyszerű és biztonságos
- a hidrogén cella hűtésére használt víz fűtésre, használati melegvízként hasznosítható
- a hidrogén a kereskedelemben kapható
- a reakció végén a hidrogén vízzé alakul
- hatásfoka magasabb, mint a belső égésű motoroké
- az üzemelésnek nincsen időbeli korlátja

Hátrányok:

- új üzembiztonsági rendszerek tartoznak a hidrogén használathoz
- a tüzelőanyag-cella hatásfoka 50-60 %, ami alacsonyabb, mint a nettó villamos hajtás hatásfoka
- ma még drága a hidrogén-cella
- gyors áramigény változást nem tud követni

Hidrogén keverése a földgázhoz

A hidrogén és a metán fizikai és tüzeléstechnikai jellemzői között nagy a különbség.

A hidrogén és a metán néhány jellemzője

tulajdonság	mértékegység	hidrogén	metán
sűrűség (15 °C-on)	kg/m ³	0,089	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
robbanási koncentráció határ (20 °C-on, 1 bar-on, levegőben)	tf %	18,2-58,9	6,3-13,5
láng hőmérséklet	°C	1527	1222
forráspont 1 bar-on	°C	-252,9	-161,5
folyadék sűrűsége 1 bar-on	kg/m ³	70,8	422
gáz sűrűsége 1 bar-on	kg/m ³	0,08	0,65
öngyulladás hőmérséklet 1 bar-on	°K	858	813
fajsúly, gáz levegőben, 1 bar-on	(levegő=1)	0,07	0,55
kritikus hőmérséklet	°C	-240,2	-118,56
kritikus nyomás	bar	12,7	49,74

A két gáz sűrűségének különbsége alapján arra lehet számítani, hogy a nyugalmi állapotban lévő gázkeverékben a **sűrűség szerinti rétegződés** azonnal megindul.

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 tf % hidrogén bekeverés esetén a gázellátó rendszeren a hidrogén tartalom elváltozást még nem idézett elő.

Vizsgálatokat végeztek a gáz felhasználói berendezések hidrogén állóságáról is. Néhány előzetes eredmény:

- a háztartási gázkészülékeknél a 10 % alatti hidrogén tartalom nem okoz problémát, a gázégők finom szabályozása szükséges lehet
- az ipari gázberendezéseknél is a 10 %-on belüli hidrogén tartalmat a berendezések átalakítás nélkül tudják fogadni
- a gázturbinák és a gázmotorok esetében a berendezések újra szabályozása már 5 % hidrogén tartalomnál szükséges lehet
- a hagyományos sűrített földgáz (CNG) tartályoknál már 2 % hidrogén tartalomnál szilárdsági problémák jelentkezhetnek

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

- a gázkeverék hőértéke és Wobbe száma megváltozik, a **gázkészülékek újra szabályozása** lehet szükséges
- 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 hidrogén bekeverés:

- a gázkeverék robbanási koncentráció határai megváltoznak, **kisebb gázkoncentráció okozhat már robbanásveszélyt**
- a láng terjedési sebesség nagyobb lesz
- az eddigi robbanási koncentráció határokhoz kapcsolódó **biztonsági berendezéseket módosítani kell**
- a **szivárgás érzékelő műszerek** metánra vannak hitelesítve, a hidrogén-metán gázkeverékhez más műszerek szükségesek
- a hidrogén tartalom mellett a gázt szállító, tároló rendszerekben **baktérium tenyészetek** jelenhetnek meg

Ipari léptékű alkalmazási kísérletek

Németországban a Shell Rheinland Refinery üzemben évente saját használatra 180 ezer tonna hidrogént gyártanak, gőzreformálással. A finomítói kapacitás fejlesztés újabb 1300 tonna H₂ termelés növelést igényel.

2013-ban helyezték üzembe a Connecticut Állami Egyetem (USA) területén az 1,4 MW teljesítményű tüzelőanyag-cellás energia központ.

2017-ben Németországban a közúti hidrogén töltőállomások számára előállított hidrogén 52 %-a „zöld hidrogén” volt, amit víz elektrolízisével vagy biogázból nyertek ki

Ausztriában, a Rohöl-Aufsuchungs AG. Pilsbachban sikeres kísérletet folytat **hidrogén tárolásra leművelt földgáz mezőben**. Az ezer méter mélyben lévő, porózus kőzet tároló mintegy 4 millió m³ párnagáz mellett 1,8 millió m³ mobil gázt tud befogadni. A rétegnyomás 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 besajtolt földgázhoz. A hidrogén aránya a földgázban 10 tf %. A kísérletek eredményének összefoglalása:

- a hidrogén tárolható leművelt földgáz mezőben
- a gáztároló berendezései 10 tf % hidrogén-metán keveréket jól tudtak kezelni
- a gáztárolóban:
 - nem volt átfejtődés
 - a tároló kőzet nem változott
 - a tároló mikrobiológiai folyamatai jól ellenőrizhetők

A Kawasaki fejlesztések egyik célja, hogy Ausztráliából Japánba (kb két hetes út) a cseppfolyós **hidrogént** szállító hajókon a napi 1 % körüli ún. lefűvási gázt hidrogén-cellákkal a hajó hajtására használják.

Nagy-Britanniában, Leeds városban 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
- egyelőre négy darab, összesen 1025 MW teljesítményű földgáz bontót használnak
- a város gázenergia igénye: éves átlagban 678 MW, a teljes éves gázigény 5,9 TWh. A napi csúcsgény 2067 MW
- föld alatti, sósótelegen kialakított 200 millió m³-es hidrogén tárolót használnak
- előirányzott költsége: 1 milliárd GBP a hidrogén termelő, tároló és elosztó hálózat, 1 milliárd GBP a felhasználói gázberendezések cseréje.

A német Energie des Nordens és a H-Tec Systems cégek megállapodtak egy szélenergia hasznosítás és hidrogén termelés projekt megépítésében. Az 1 MW teljesítményű létesítmény 2020-ban kezd üzemelni. A szélgenerátorok által termelt áramot hidrogén termelésre használják, és az üzemanyagcellákat akkor üzemeltetik, amikor a szélgenerátorok nem termelnek elegendő áramot.

Az ausztrál kormány tudományos ügynöksége (CSIRO) tette közzé, hogy membrán technológiával képesek a hidrogént ammóniává, majd ismét hidrogénné alakítani. Az ammónia biztonságos szállítása már rég megoldott dolog, ezzel a hidrogén-ammónia-hidrogén konverzióval a hidrogén szállítás kockázatai (alacsony energia sűrűség, gyúlékonyság) kiküszöbölhetők.

2019. végén helyezték üzembe Nagy Britanniában, Staffordshire-ben, a Keele Egyetem épületeinél a földgáz-hidrogén keverék szolgáltatás rendszerét. A projekt céljai:

- hidrogén bekeverése a földgázba,
- a hidrogénnel dúsított földgáz ellátás a felhasználóknak ne kerüljön több, mint az előző tiszta földgáz szolgáltatás,
- ne kelljen gázkészülékeket cserélni

A projekt 130 felhasználót és 230 gázkészüléket érint. A földgáz rendszerbe hidrogént 20 % mértékig kevernek, fokozatosan. Az elosztó hálózat acél marad.

Hidrogén és földgáz keverési kísérlet Nagy-Britanniában

Nagy-Britanniában, Staffordshire egyik városrészében (a Keel-i egyetem területén) 2019.-től kezdődően folyik hidrogén bekeverési kísérlet a földgáz ellátó rendszerbe. 100 lakás és az egyetem 30 épülete a kísérleti projekt. Különböző hidrogén arányokat próbáltak ki, eljutottak a 20 tf %-os hidrogén arányig.

Laboratóriumi vizsgálatok után rendszeresen vizsgálták:

- az elosztó hálózat elemeit: acél és PE csővezetéseket, szerelvényeket, gáznyomás-szabályozókat, gázmérőket
- felhasználói gázkészülékeket 600 kW-ig
- a gáz szaghatását és összetételét.

A hidrogént elektrolízissel, a helyszínen állítják elő.

Megfigyelték, hogy a hidrogén-földgáz arány a rendszerben változó, összefüggésben a csővezetékben a gázkeverék áramlási sebességével. Az összetétel 14...18 tf % között mozgott, 18 tf % betöltési arány esetén. Ennek oka a metán és a hidrogén lényegesen eltérő sűrűsége.

A kísérlet 3 éve alatt baleset nem történt, a felhasználók nem éreztek különbséget a gázkeverék használata miatt.

Hidrogén és földgáz keverési kísérlet Magyarországon

2021. szeptember: A Magyar Földgáztároló Zrt. Kardoskúton 2,5 MW teljesítményű, elektrolízis alapú hidrogén fejlesztőt épít, a napelemek termelési feleslege hasznosítására. A hidrogént földgázhoz keverik, és a tárolt földgázhoz keverik.

Az első hidrogénnel működő ipari méretű erőművet az olaszországi Fusina városában helyezték üzembe. Az erőművet az ENEL üzemelteti. A hidrogénnel üzemelő gázturbinás berendezésben elkerülhető a korrózió és a turbina lapátokon a lerakódás. A berendezés méretei kisebbek lehetnek a nagy égési sebesség miatt. Az erőmű magasabb nitrogén-oxid kibocsátással üzemel, a magasabb turbina hőmérséklet miatt.

Dél-Koreában, Szöul mellett épült meg egy ipari léptékű tüzelőanyag cellás erőmű, Az 50 MW teljesítményű erőmű évente 440 millió kWh villamos energiát termel.

A magyar Kontakt-Elektro Kft. hidrogén üzemű, üzemanyag cellás kishajókat fejlesztett. Az első kishajó tömege 250 kg, 6 személyt szállíthat, a motor teljesítménye 2,4 kW, sebessége kb. 8 km/h. A hajót FCS-300-HYB jelű üzemanyag cella által termelt áram hajtja. Az üzemanyag cella maximális villamos teljesítménye 2,7 kW. A hajóban van még 220 Ah kapacitású akkumulátor telep is. A hajón a hidrogént palackokban szállítják. Tervezik nagyobb teljesítményű hajó hajtások építését is: 15 kW, 25 km/h határokig.

2019 őszén feltöltés céljából Londonban kikötött az Energy Observer (EO) ökobarát úszó, kísérleti laboratórium, ami tulajdonképpen egy többéves tengeri utazásra tervezett katamarán. A hajón 168 négyzetméter napelem, 126 kWh-s akkumulátor telep, hidrogén termelő elektrolízis berendezés, hidrogéncella adja az energiát. Kiegészítő berendezés a tengervíz sótalánító és a kompresszor telep, a hidrogén 300 bar-ra sűrítéséhez. Első indulásakor még két szélturbinát is telepítettek, ezt később vitorlákra cserélték.

Hidrogén a gépjármű hajtásban

Közlekedési szempontból jelentős különbség van a városi és az országúti gépkocsi használat között.

A városi forgalomban:

- a gyakori fékezés, megállás, gyorsítás, de alacsony az átlagos sebesség,
- a motorok erejét első sorban a gyorsításra vesszük igénybe.
- a motor kis teljesítménnyel is gazdaságosan működjön, és alacsony legyen a károsanyag kibocsátása.

Országúti forgalomban:

- gyakorlatilag egy sebesség fokozatban nagyobb távot teszünk meg, a motor teljesítményének szinte teljes kihasználásával
- jelenleg megoldás a hibrid hajtás, hátránya a nagy tömegű és drága akkumulátor telep.

A BP a közlekedés energiahordozó igényét a következő táblázat szerint becsüli (Mtoe):

	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 gépjármű fejlesztések legújabb területe a hidrogén hajtás, azzal együtt, hogy már az első autók tervezésekor is foglalkoztak a tiszta gáz hajtással, köztük a hidrogén hajtással is.

A hidrogén, a benzin és a gázolaj néhány jellemzője:

	mértékegység	hidrogén	benzin	gázolaj
Égéshő	MJ/kg	141.974	45,217	44,715
Fűtőérték	MJ/kg	119,617	42,035	41,843
Égéstermék		H ₂ O	H ₂ O, CO ₂ , CO	H ₂ O, CO ₂ , CO
Elméleti levegőarány	kg/kg	34,3	30...190	-
Gyulladás tartomány	v/v %	4...76	1,76	0,6...5,5
Lamináris lángsebesség	cm/sec	230	≈40	≈40
Energiasűrűség (folyadék)	MJ/dm ³	8,5	31,7	35,8
Tömeghányadok				
szén	%	0	85,6	86,1
hidrogén	%	100	12,2	13,9
oxigén	%	0	2,2	0

A Cambridge Econometrics prognózist adott közre a teherszállításnál alkalmazható **üzemanyag cellák** (FC) várható áráról, a 2016-ban látható fejlődés figyelembe vételével (euró/kW):

Év	FC árak
2015	300
2020	100
2030	62
2040	49
2050	38

A hidrogénmotor alkalmazása

A hidrogén hajtású robbanómotort legkorábban 1807-ben Francois Isac de Rivaz fejlesztette ki. A motor ú.n. atmoszférikus, szabaddugattyús gázgép volt, amiben a dugattyút a meggyújtott hidrogén mozgatta. A mozgást a dugattyúrúdon lévő fogasléc és a kilincsműves fogaskerék alakította forgó mozgássá. Ezzel a motorral 1813-ban mintegy 100 métert tett meg egy jármű: ez volt az első belső égésű motor.

N.A. Otto, az Otto motorok feltalálója az 1870-es években először szintézisgázt (szén-monoxid és hidrogén keveréke) használt motor hajtóanyagként, aminek hidrogén tartalma 50 % körül volt. A motor fejlesztésének későbbi szakasza volt a benzin használata, a karburátor kifejlesztése és használata után. A benzin üzemű motorok kiszorították a gázüzemű motorokat.

A hidrogén a motorban:

- meggyújtásához kis energia kell a benzinhez képest,
- a hidrogénnek viszonylag nagy az oktánszáma,
- a hidrogén nagy lángterjedési sebessége miatt a hidrogénmotorban lejátszódó folyamat jobban közelíti a termodinamikai körfolyamatot,
- a hidrogén a levegőben jobban keveredik, mint a benzingőz, ezért a hidrogén a motorban egyenletesebb égést tesz lehetővé,
- elméletileg minden kilogramm hidrogénhez 34 kg levegő szükséges. Ez jóval nagyobb, mint a benzinnél szükséges 14,7:1 arány,
- a motor teljesítménye a benzinmotorhoz képest 85 ...120 % körül van: 85 % egyszerű bevezetésnél, 120 % nagynyomású befecskendezésnél.

A hidrogéncella alkalmazása járművekben

A hidrogén-cella alkalmazása az **első járműben 1959-ben** jelent meg: az Allis Chalmers amerikai mezőgazdasági gépeket gyártó cég bemutatta hidrogén-cellás traktorját. A gépben 1008 darab hidrogén-cella működött és 15 kW teljesítményt adott le

A hidrogén alkalmazása az autó meghajtásában:

- akkumulátor használatával együtt
- a hidrogént gáz halmazállapotban tárolják, személygépkocsikban akár 700 bar nyomáson is.
- a tároló tartályok acélból vagy szénszál-erősítésű kompozit anyagokból készülnek, rendkívül ellenállóak a használat során keletkező bármilyen káros hatásnak.
- a hidrogén ellátó rendszerben különleges minőségű kötéseket és tömítéseket kell használni.

Németországban 2018-ban forgalomba állított az Alstom két vasúti személyszállító járművet, hidrogén hajtással. 2020-ban további három hidrogén hajtású vonatot állítanak forgalomba, 2022-re pedig 64 szerelvény közlekedhet.

A Toyota gyár 2002-ben jelent meg a hidrogén-cellás prototípussal. A Toyota Mirai személyautó gyártása felfutott, 2020-ban már 30 ezer Mirai kerülhet forgalomba. Nyugat-Európában 2015-ben jelent meg az autókereskedésekben a sorozatban gyártott **Toyota Mirai**

A Mirai személyautóban:

- az első ülések alatt lítium-ionos akkumulátor van
- 56 kg tömegű, 37 liter térfogatú, 114 kW teljesítményű üzemanyagcella van az autóban
- az első kerekeket 130 kW-os váltóáramú szinkron motorok hajtják
- 60 és 62 literes, 700 bar nyomású hidrogén tartály van az ülések mögött.

Az autó -30 °C hőmérsékletig használható, a „kipufogó” rendszeren át távozó vízgőz miatt. Az autó 100 km-ként 0,76 kg hidrogént használ, 7 liter vizet termel és 22 m³ levegőt vesz igénybe. A jármű hatótávolsága: 500-800 km. A tankolt 5kg hidrogén 700 bar nyomáson kb. 500 km útra elegendő. A jármű kb. három perc alatt tankolható.

A jármű bármely sebességnél csak vízgőzt bocsát ki a levegőbe.

Az autó ára 2017-ben **66 ezer euró** volt. A gyártó 2025-re várja azt, hogy az autó a benzin vagy dízel hajtású, azonos kategóriájú személyautók árszintjén legyen.

Az autó nagy sorozatú gyártásának feladata lehet a hidrogén-cellában a platina katalizátor helyettesítése olcsóbb anyaggal.

A Toyota megjelent az FCV Plus tanulmányautójával, amelyben az üzemanyag cella nemcsak a gépkocsiban tárolt hidrogénből tud villamos energiát előállítani, hanem külső hidrogén tartályból is vehet fel üzemanyagot. Ezzel az autó mozgó áramfejlesztő lehetőséget jelent.

2017-ben Németországban a hidrogén töltőállomások számára előállított hidrogén 52 %-a „zöld hidrogén” volt, amit víz elektrolízisével vagy biogázból nyertek ki.

A Kawasaki fejlesztések egyik célja, hogy Ausztráliából Japánba (kb két hetes út) a cseppfolyós hidrogént szállító hajókon a napi 1 % körüli ún. lefűvási gázt hidrogén-cellákkal a hajó hajtására használják.

Az Audi A7 Sportback H-tron quattro jelű, hidrogén hajtású autója megjelent a kereskedelemben. A kimondottan sportautó orrában helyezték el a hidrogén-cella blokkot. A blokk 300 önálló hidrogén-cellát tartalmaz. A cellákban polimer műanyag membrán van, amelynek két oldalán van a platina katalizátor. A kipufogórendszer súlytakarékos műanyagból készült. Két villamos motorja egyenként 85 kW, forgatónyomatékuk 270 Nm. Álló helyzetből 7,9 mp alatt gyorsul 100 km/óra-ra, végsebessége 180 km/óra. A négy hidrogén tartály 700 bar nyomást bír, alumínium falukat szénszál erősítésű műanyag burkolat veszi körül. Egy tankolással kb. 500 km-t tud menni.

Hidrogén tankolási lehetőségek:

- kb. 50 kilométerenként.
- bárhol telepíthető hidrogén töltőhely: napelemmel termelt villamos energiából elektrolízissel termelnek hidrogént, amit kompresszorral a töltési nyomásra sűrítnek.

Magyarországon a tervek szerint 2025-ben öt, 2030-ban 14 darab hidrogén töltőhely lesz.

Az USA-ban 2019. elején 60 közúti hidrogén töltőállomás üzemel, két év múlva már 160 töltőállomással számolnak. 2018. végén Az USA-ban üzemelő hidrogén-tüzelőanyag cellás targoncák száma meghaladta a 20 ezret.

Európában 2019 elején 81 töltő állomás van, 2020-ra 520 töltőállomással számolnak.

A hidrogén hajtású autók jellemzői:

- 2025-re a hidrogén hajtású személyautók és a hagyományos belső égésű motorral szerelt autók ára azonos lesz,
- Hatásfoka 60 % feletti,
- A hidrogén hajtású 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 2019-ben még 10 euro körül van kilogrammonként, de az ár rohamos csökkenésével számolhatunk. Ma Európában 100 km megtétele elektromos autóval kb. 1200 Ft, hidrogén hajtású autóval 2280 Ft.
- nagy nyomatékkal tud indulni,
- nagyon csendes,
- károsanyag kibocsátása gyakorlatilag nulla,
- egyszerű szerkezet, olcsóbb, egyszerűbb a karbantartás.

A hidrogén hajtású autók árnyoldala:

- Az égéstermékben nitrogén-oxidok is vannak.
- 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, az akkumulátor elég sok teret foglal az autóban
- még kell pár év ahhoz, hogy az országban bárhol könnyen tölthessünk hidrogént

Prognózist is készítettek a hidrogén hajtású autó legfontosabb üzemi paramétereiről:

Jellemző	M.e.	2010	2015	2035
Fogyasztás	kg H ₂ /100 km	1	0,8	0,6
Fogyasztás benzin egyenértékben	liter/100 km	3,8	3	2,3
Hatótávolság	km	400	500-600	700-800

OPEC szerint: a szénhidrogén hajtás a járművekben nincs leáldozóban, a dízel és az Otto motor dominanciája változatlanul megmarad: 2040-ben még 92 % lesz. A dízel hajtott autók az összes autó között a 2014. évi 14 %-ról 2040-re 21 %-ra nő, a benzin hajtásúak aránya 82 %-ról 71 %-ra csökken.

A hidrogén felhasználás jövője

A hidrogén energetikai használatának jövőjét több tényező befolyásolja:

- A világ országainak **egysége** a légkör védelmére,
- A szén-dioxid kibocsátás csökkentése a fő cél,
- A kibocsátás csökkentés egyik útja a felhasználási technológiák fejlesztése, energiatakarékos eljárások bevezetése,
- Az energiahordozó takarékoság vagy csere alapvetően erősen beruházás igényes,
- Az azonnal elhatározott energiahordozó cserék esetében is évek, évtizedek kellene a légkörben a mérhető hatás elérésére,
- A villamos hálózatok határon túli összekapcsolása is csak Európában indult meg érdemi mértékben,
- A fosszilis energiahordozó cserék többirányúak: köztük kap szerepet a teljes mértékben környezetbarát hidrogén is.