

# Atomenergia és fenntartható fejlődés

(BMETE809008)

## Tárgy weblap:

<https://oktatok.reak.bme.hu/tantargyak/atomenergia-es-fenntarthato-fejlodes/>

## 2. előadás

### Energiatermelési módok részletes ismertetése: a fosszilis energiahordozók

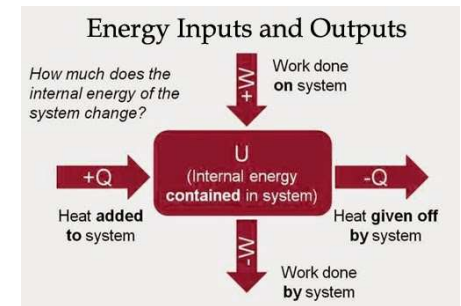
2019/2020. tanév őszi félév

Prof. Dr. Aszódi Attila  
BME NTI

## A legfontosabb fizikai törvények

- A termodinamika I. főtétele
  - az energia-megmaradás elve
    - „Az energia nem vész el, csak átalakul”
    - Zárt rendszer esetén a belső energia (U) megváltozása a be- és elvezetett hőenergia (Q) és a be- vagy elvezetett mechanikai munka (W) előjeles összegének felel meg.

$$U_2 - U_1 = Q + W$$



## A legfontosabb fizikai törvények

- A termodinamika II. főtétele
  - az energia minőségére ad útmutatást
    - Hő hidegebb helyről melegebb helyre (külső segítség nélkül) nem áramolhat.
    - A hőenergia teljes egészében nem alakítható mechanikai munkává, viszont a mechanikai munka 100%-ban hőenergiává alakítható.
  - ⇒ az energiaátalakítások során **szükségszerűen** végbemennek olyan folyamatok, amelyek **nem megfordíthatóak!**
  - Zárt rendszer összes entrópiája nem csökkenhet.

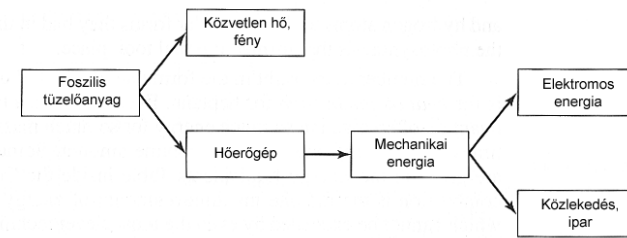
## A legfontosabb fizikai törvények

- Veszteségek az energiaátalakításban
  - Mennyiségi veszteségek:  
Az első főtétele betartása mellett az energia egy része elvész a hasznosítás szempontjából (pl. megszökik a rendszerből - elégtelen hőszigetelés, gőzvesztés).
  - Minőségi veszteségek:  
**A hőenergia minőségét a hőmérséklet jellemzi!**  
⇒ Minél **magasabb hőmérsékleten** áll rendelkezésre ugyanaz a hőmennyiség, annál **értékesebb**.  
⇒ A hőmérséklet csökkenése adott hőmennyiségnél a hő „minőségének” romlását okozza.

# A legfontosabb fizikai törvények

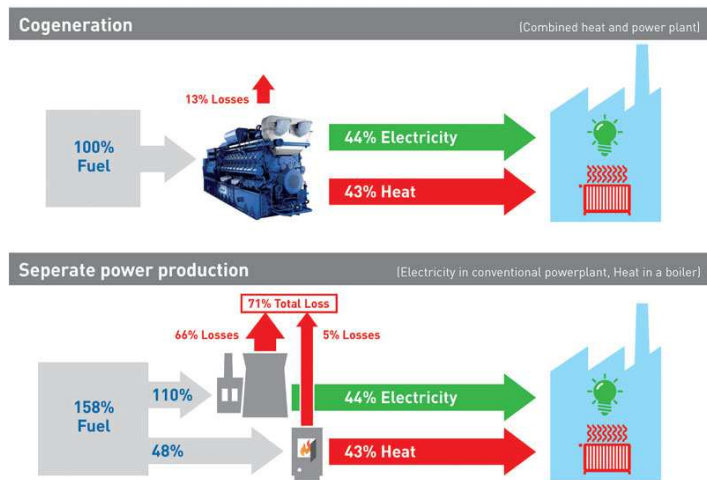
- A termodinamika kimondja az energia-megmaradás elvét (I. főtétel), de egyben meghatározza az egyes energiatípusok egymásba alakításának korlátait is (II. főtétel).

# Energiaátalakítás



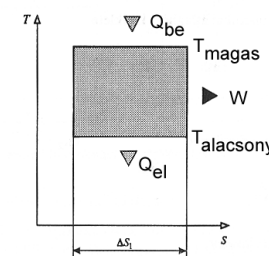
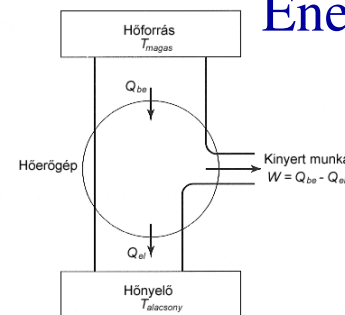
- Energetikai nagyberendezések típusai:
  - erőmű
  - fűtőmű
  - fűtőerőmű

# Energiaátalakítás



<http://www.mwm.net/en/competencies/decentralized-energy-supply/cogeneration-trigeneration-plants/>

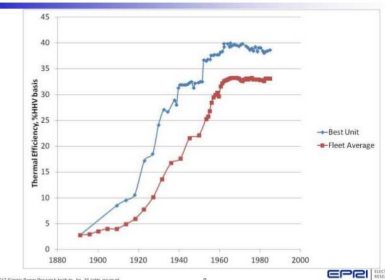
# Energiaátalakítás



Erőművi Carnot-körfolyamat

Erőműhatások fejlődése

Efficiency History of US Rankine Cycle Power Plants

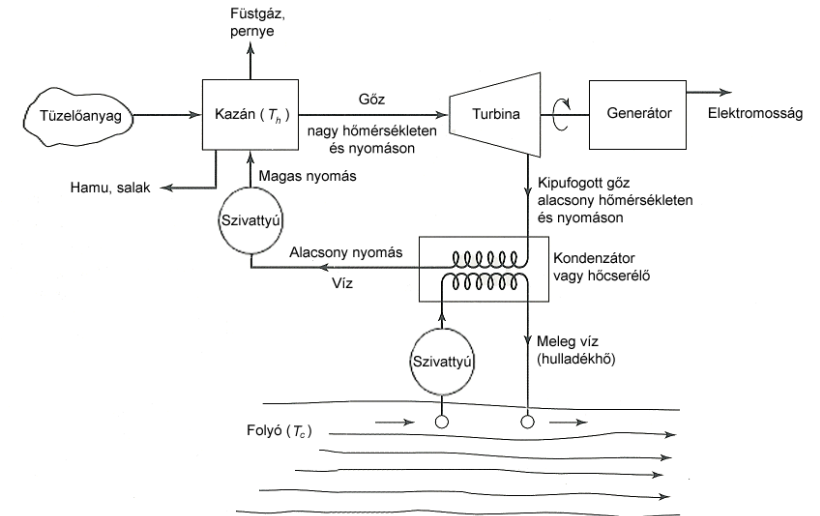


$$\eta_{Carnot} = 1 - \frac{T_{alacsony}}{T_{magas}}$$

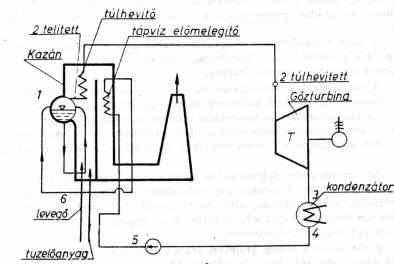
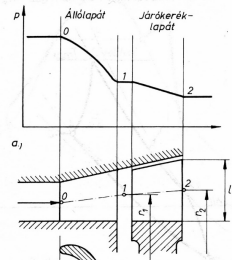
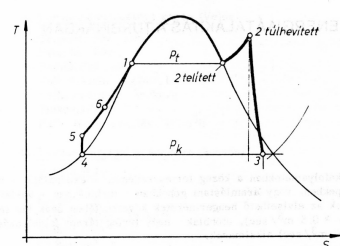
# Hőerőgépek

- Dugattyús gőzgépek
- Belső égésű motorok
  - Otto motorok
  - Diesel motorok
  - gázmotorok
- Gőzturbinák
- Gázturbinák

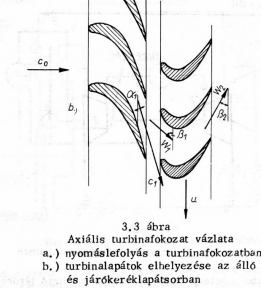
# Hőerőművi körfolyamat



# Gőzturbina működése

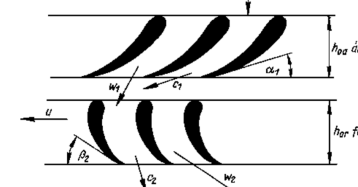


3.1 ábra  
Expanziós gép a gőzmunkafolyamatban

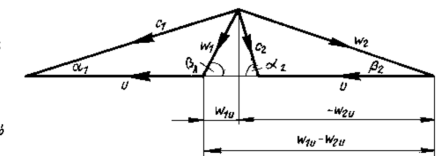


3.3 ábra  
Axiális turbinafokozat vázlat  
a.) nyomáslefelvétel a turbinafokozatban  
b.) turbinalapátok elhelyezése az álló és járókerék-lapátsorban

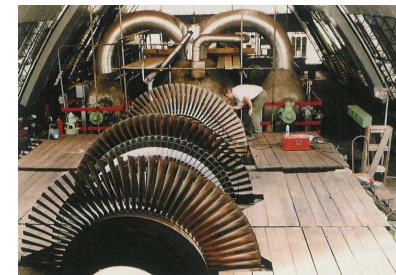
# Gőzturbina működése



Turbinafokozat lapátprofiljai



Turbinafokozat sebességábrája

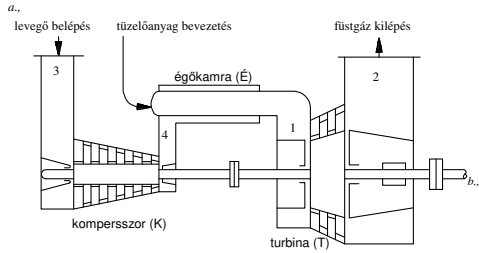


90 MW-os főturbina forgórész

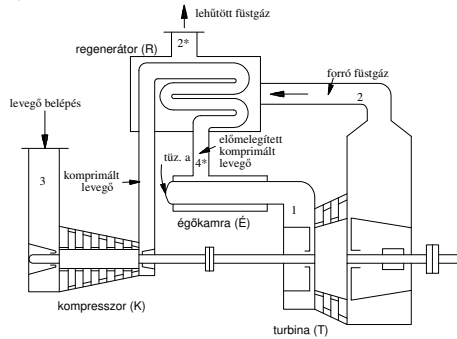


Százhalombattai 215 MW-os gőzturbina javítása

# Gázturbinák



Egytengelyes nyílt ciklusú gázturbinás blokk

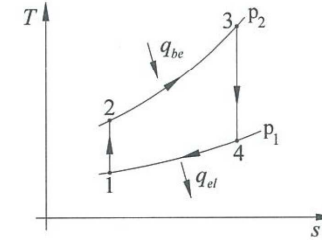


Hőcserélővel kiegészített egytengelyes erőművi gázturbinás blokk

# Gázturbinák

## 6.1. Az elméleti gázturbina körfolyamat jellemzői

A gázturbina elméleti munkafolyamata a Joule - Brayton körfolyamat, amely két adiabatikus (izentrópikus) állapotváltozásból és két állandó nyomású (izobár) állapotváltozásból áll.



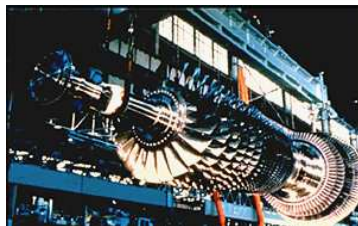
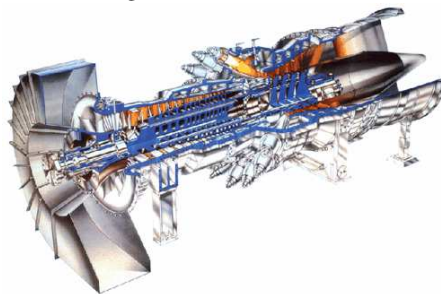
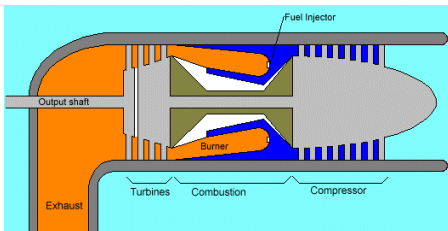
- 1-2 adiabatikus kompresszió (sűrités)
- 2-3 állandó nyomáson hőbevezetés ( $q_{be}$ )
- 3-4 adiabatikus expanzió
- 4-1 állandó nyomáson hőelvonás ( $q_{el}$ )

6.1. ábra A gázturbina elméleti körfolyamatának T-s diagramja

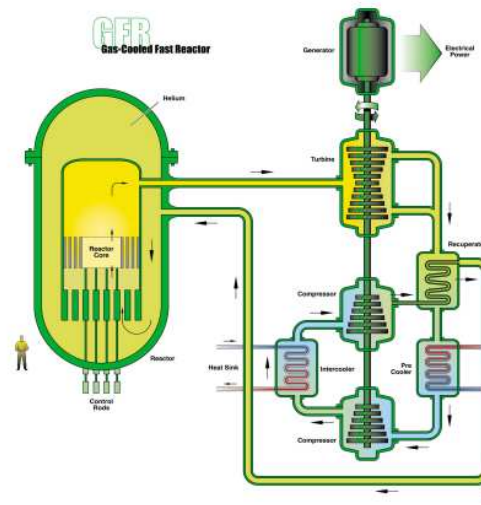
Penninger: Kalorikus gépek, 78. o.

# Gázturbina

Egytengelyes nyílt ciklusú gázturbinás blokk



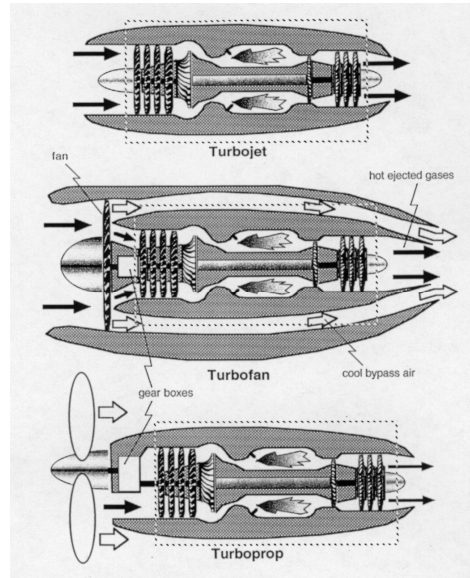
# Gázhűtésű gyorsreaktor



	2,400-MWth GFR
unit power [MWth]	2,400
core power density [MW/m <sup>3</sup> ]	100
helium pressure [bar]	70
core inlet/outlet temperature [°C]	400/850
fuel	(U,Pu)C-SiC
fuel assembly	plate
fuel/coolant fraction [% vol]	22.4/40.0
(matrix + gap)/structure fraction [% vol]	17.6/20.0
plate thickness [mm]	7.0
pin diameter[mm]	-
max. cladding/fuel temperature [°C]	965/1,260
core pressure drop [bar]	0.44
$P_{U/(U+Pu)}$ [%]	15.2
average/max. burnup [at %]	10.1/15.7
max. fast flux [ $E > 0.1$ MeV $n/cm^2/s$ ]	$1.4 \cdot 10^{15}$
max. fast fluence [ $E > 0.1$ MeV $n/m^2$ ]	$3.0 \cdot 10^{27}$
max. dose [dpa SiC]	163
dmax. dose/max. burnup [dpa SiC/at %]	10.3
He end-of-life void effect [pcm]	253
end-of-life Doppler effect [pcm]	-1,175
delayed neutron fraction [pcm]	344

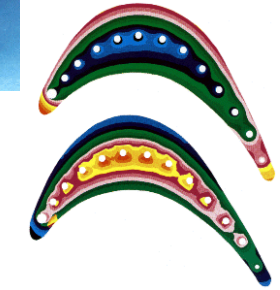
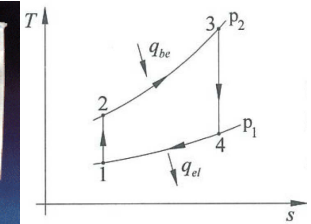
- IV. generációs reaktor koncepció;
- Demonstrátor az ALLEGRO reaktor

# Mobil gázturbina



Aszódi Attila, BME NTI

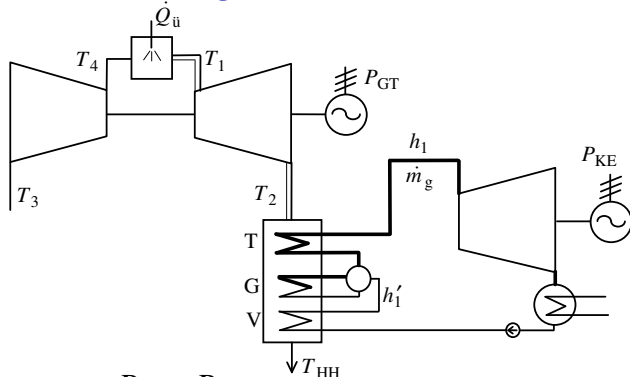
# Gázturbina forgórész hőterhelése



Fenntartható fejlődés és atomenergia

Dr. Aszódi Attila, BME NTI

# Kombinált ciklusú gázturbinás erőmű gőzturbinás hőhasznosítással



Dunamenti erőmű, Százhalombatta

$$\eta_{G/G} = \frac{P_{GT} + P_{KE}}{\dot{Q}_u}$$

Mai tipikus hatásfok 50% fölött!

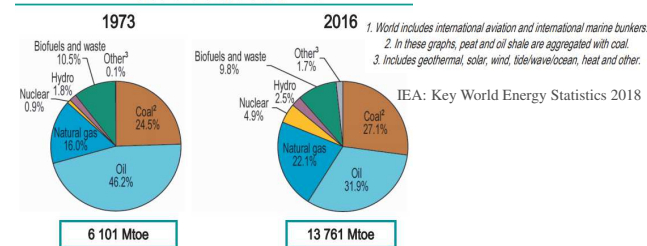


Fenntartható fejlődés és atomenergia

Dr. Aszódi Attila, BME NTI

# A világ energiafelhasználásának megoszlása energiahordozóknként

1973 and 2016 fuel shares of TPES

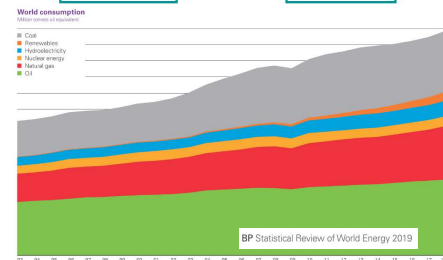


1. World includes international aviation and international marine bunkers.  
2. In these graphs, peat and oil shale are aggregated with coal.  
3. Includes geothermal, solar, wind, tide/wave/ocean, heat and other.

IEA: Key World Energy Statistics 2018

**Fosszilis energiahordozók**

- Szén
- Kőolaj
- Földgáz



BP Statistical Review of World Energy 2019

Dr. Aszódi Attila, BME NTI

## A fosszilis energiahordozók keletkezése

- Fosszilis energiaforrások: A Nap sugárzási energiája több száz millió évvel ezelőtt került betárolásra.
- Élő szervezetek -- tengerfenék -- baktériumok + rátrakódott kőzetek okozta magas nyomás és hőmérséklet  $\Rightarrow$  oxigénhiányos környezet.

$\Rightarrow$  Fossziliák kialakulása.

## Égéshő és fűtőérték

- Égéshő [kJ/kg, MJ/kg]
  - tömegegységnyi (gázoknál esetleg térfogategységnyi) tüzelőanyag tökéletes elégetésekor felszabaduló hőmennyiség, ha a tüzelőanyagban lévő eredeti nedvesség és az elégetés során keletkezett nedvesség az elégetés után cseppfolyós állapotban van jelen.
- Fűtőérték [kJ/kg, MJ/kg]
  - tömegegységnyi (gázoknál esetleg térfogategységnyi) tüzelőanyag tökéletes elégetésekor felszabaduló hőmennyiség, ha a tüzelőanyagban lévő eredeti nedvesség és az elégetés során keletkezett nedvesség az elégetés után gőz halmazállapotban marad.

## Tüzelőanyagok égése

- Szilárd tüzelőanyag:
  - a felhevítés és a nedvességpárolgás folyamata;
  - az illó eltávozása és a kokszképződés;
  - az illó égése;
  - a kokszt égése;
  - salakképződés.
- Gáznemű tüzelőanyag:
  - felhevítés;
  - égés.

## Tüzelőanyagok fűtőértéke

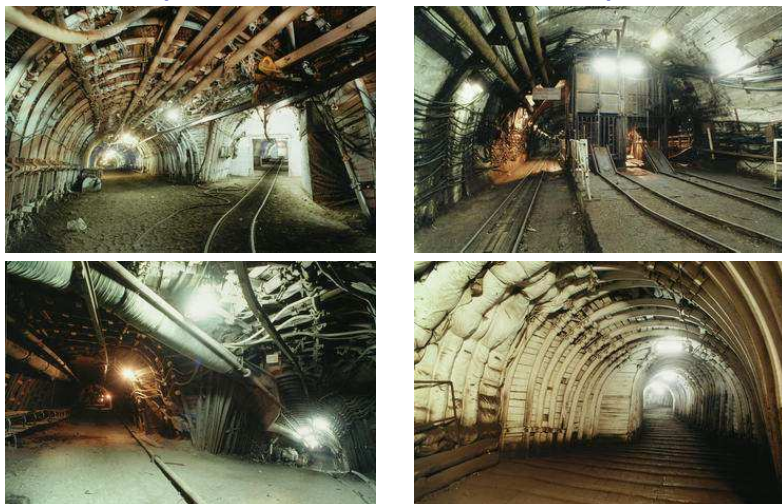
Tüzelőanyag	Fűtőérték [MJ/kg]	Nedvességtartalom [%]	Hamutartalom [%]
Komlói feketeszén	16-18	4-6	40-46
Donyeci antracit	25	7	18
Sziléziai aknaszén	20	10-15	13-22
Borsodi barnaszén	9-11	23-29	25-30
Visontai külfejtés	5,5-6,7	45-50	19-27
Háztartási tüzelőolaj	41-42		
Nehéz fűtőolaj	39-40		
Gudron	39-40		
Földgáz	41-42		

# A szén összetétele

Szén összetétele						
Kiindulási anyag	Bányanedves szén					
Általános összetétel	éghető (é)	nem éghető ballaszt				
		ásványi anyag		nedvesség		
Szárítás vékony rétegben szobahőmérsékleten	légszáraz szén					durva nedvesség (n <sup>d</sup> )
Szárítás 105 C°-ra	nedvességmentes szén			higroszkópos nedvesség (n <sup>b</sup> )		
	éghető szerves			éghetetlen szervetlen		
Hevítés 850 C°-ra levegőtől elzárva	illó rész (i)	kokszzmaradék (k <sub>m</sub> )				Összes nedvesség (n <sup>d</sup> )
		fixkarbon (f)		hamu (h)		
Tökéletes elégetés 850 C°-on						
Kémiai vagy elemi analízis	éghető kén (S <sup>e</sup> )	nitrogén (N)	oxigén (O)	hidrogén (H)	össz. karbon (C <sup>e</sup> )	

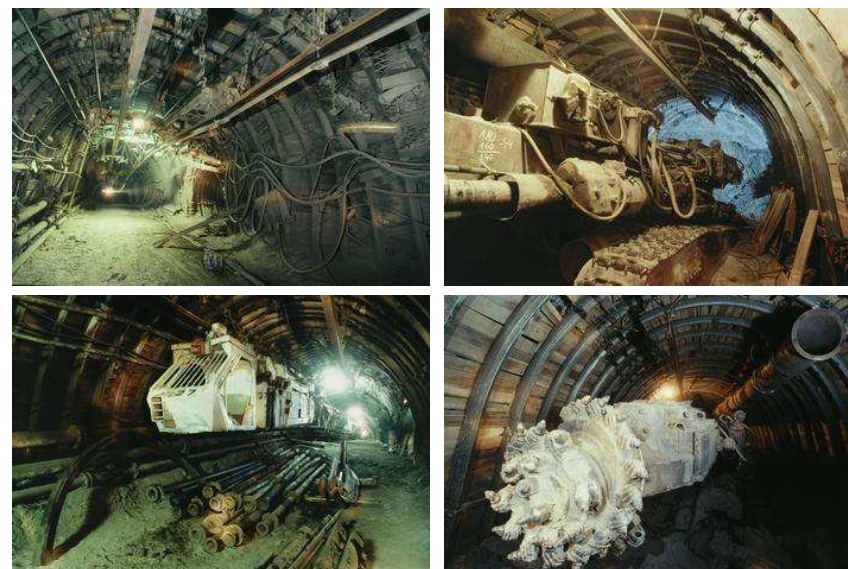
# Kahoot

## Mélyművelésű szénbányászat

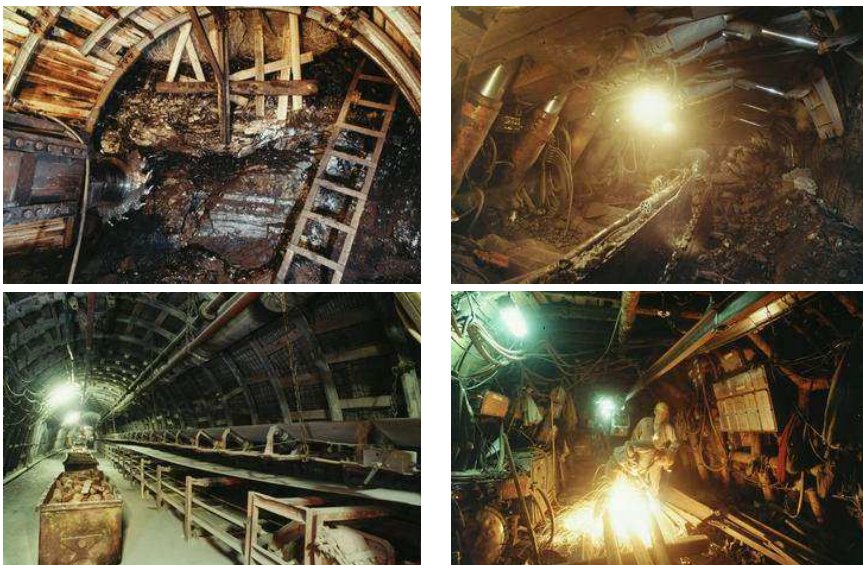


A Márkushegyi Aknaüzem (Vértesi Erőmű Rt.) az ország legnagyobb és legkorszerűbb bányája

## Mélyművelésű szénbányászat



## Mélyművelésű szénbányászat



Fenntartható fejlődés és atomenergia

Dr. Aszódi Attila, BME NTI

29

## Mélyművelésű szénbányászat



Fenntartható fejlődés és atomenergia

Dr. Aszódi Attila, BME NTI

30

## Felszíni szénfejtés



Fenntartható fejlődés és atomenergia

Dr. Aszódi Attila, BME NTI

31

## Felszíni szénfejtés



Fenntartható fejlődés és atomenergia

Dr. Aszódi Attila, BME NTI

32



## Felszíni szénfejtés



Széntermelés merítéklétrás kotrógéppel

## Felszíni szénfejtés



Visontai lignit főbb jellemzői:  
 fűtőérték: 6,2 MJ/kg  
 nedvesség: 48,7%  
 hamu: 20,2%  
 kén: 0,8%  
 hidrogén: 1,7%  
 szén: 19,7%  
 nitrogén: 0,4%  
 oxigén: 8,5%

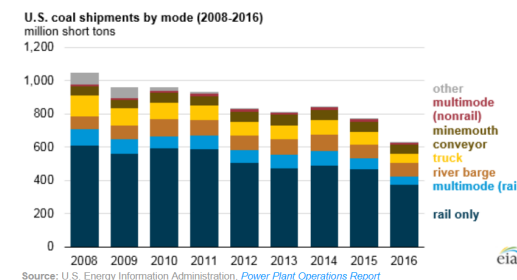
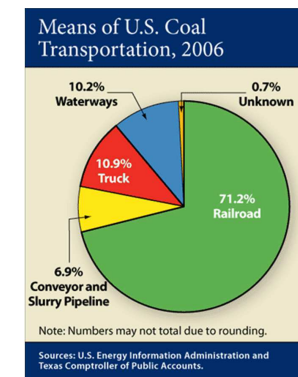
Hamu jellemzői:  
 SiO<sub>2</sub>-tartalom: 64%  
 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-tartalom: 21%

## Felszíni fejtés - a meddő elszállítása

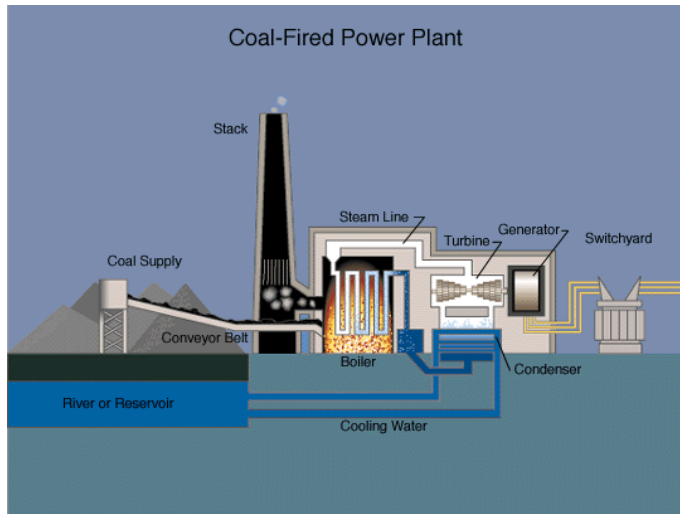


## A szén szállítása

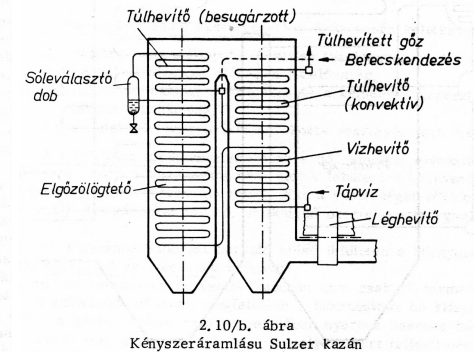
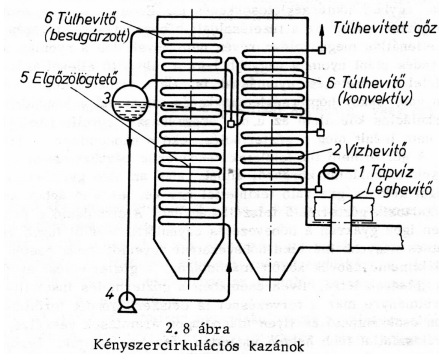
- Közvetlen szállítószalag, ha a bányá közel van.
- Legolcsóbb: vízi út. Több 10 000 tonnás tengerjáró hajók. Folyami közlekedésben 1000 - 1500 t.
- A szárazföldi szállítás zöme vasúton történik: a fejlett országokban a vasúton szállított áruk 1/3-át a szénszállítás teszi ki.
- Közút: egy tragédia.



# Széntüzelésű erőművek



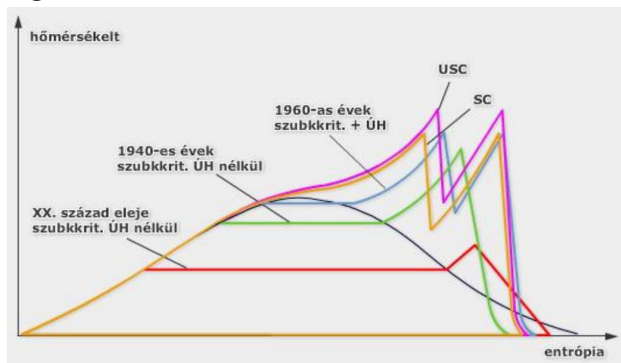
# Széntüzelésű erőművek



Kényszeráramlású kazánok

# Szuperkritikus szénerőművek

- Szuperkritikus víz a munkaközeg:
  - 374°C és 220 bar felett (ultraszuperkritikus 240 bar és 650 °C felett)
  - „folyadékszerű gáz”



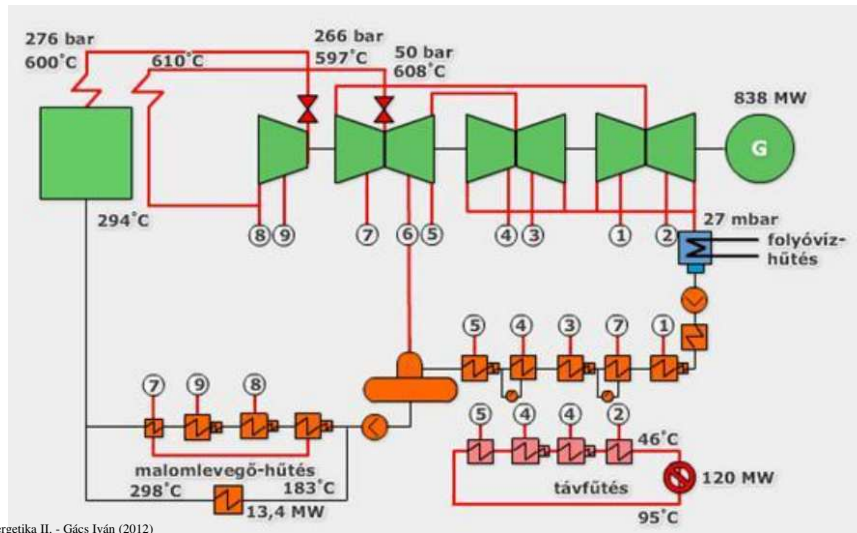
# Szuperkritikus szénerőművek

Előnyök a hagyományos széntüzelésű erőművel szemben:

- Jobb hatásfok (33 → 44 %, 50 % ultra-szuperkritikus)
  - Kisebb hűtési teljesítményt igényel
- A folyamat során sokkal kevesebb NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> és egyéb szennyezőanyag keletkezik
- Erőműberuházás ára összemérhető a hagyományossal
- CO<sub>2</sub> emisszió csökkenés
- Csökkentett üzemanyag költségek a fejlettebb technológiának hála

Hátrány: technológiai és mérnöki kihívások (sokkal nagyobb nyomás és hőmérséklet, igényesebb és drágább anyagok)

## Szuperkritikus szénerőművek



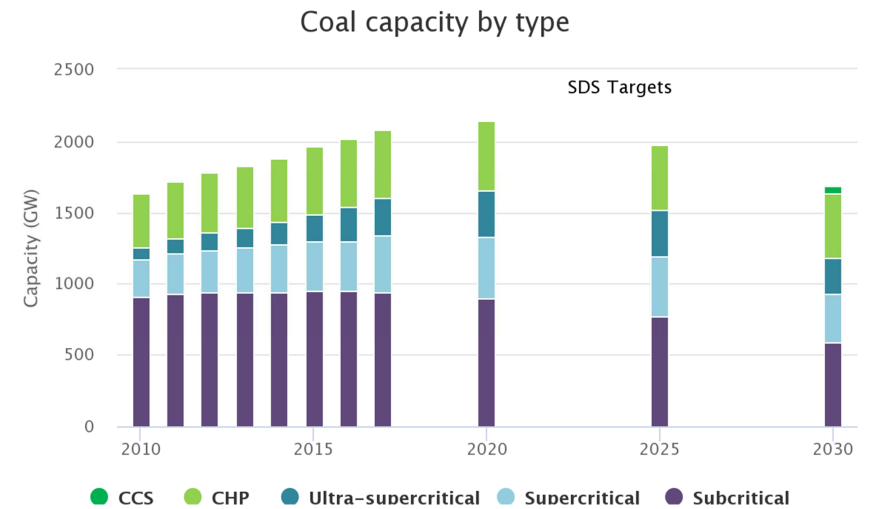
Energetika II. - Gács Iván (2012)  
EDUTUS Főiskola  
[https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop4\\_12A/2010-0017\\_34\\_energetika\\_2/ch05.html](https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop4_12A/2010-0017_34_energetika_2/ch05.html)

Fenntartható fejlődés és atomenergia

Dr. Aszódi Attila, BME NTI

41

## Szuperkritikus szénerőművek



Fenntartható fejlődés és atomenergia

Dr. Aszódi Attila, BME NTI

42

# Kahoot

## Szén-dioxid leválasztás és eltárolás

CCS – Carbon Capture and Storage

Szén-dioxid leválasztása és tárolása:

- Légszennyezés megakadályozása
- Geológiai tárolókban való elraktározás
- 3 fő rész: CO<sub>2</sub> leválasztás, szállítás, eltárolás
- Leválasztás:
  - ÜHG elvonása a füstgázból vagy égés előtt
  - Víztmentesítés
  - Szállítási nyomásra való felkomprimálás

Fenntartható fejlődés és atomenergia

Dr. Aszódi Attila, BME NTI

43

Szén-dioxid leválasztás és eltárolás – Dr. Gács Iván, 2013  
Fenntartható fejlődés és atomenergia

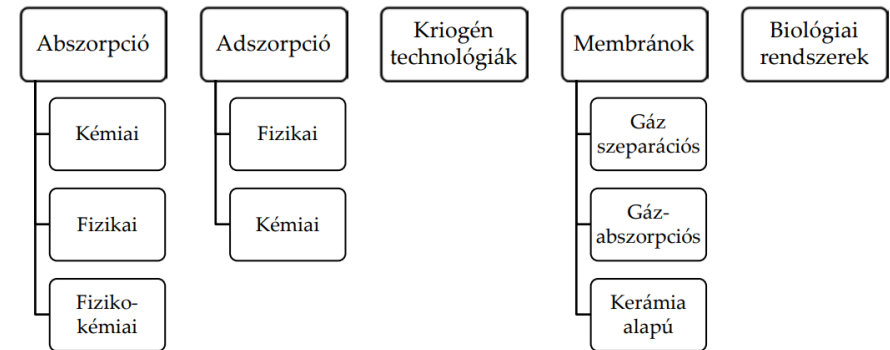
Dr. Aszódi Attila, BME NTI

44

# Szén-dioxid leválasztás és eltárolás

- CO<sub>2</sub> szeparálási módok:
  - Tüzelés utáni (post-combustion)
  - Tüzelés előtti (pre-combustion) beépítés
  - Oxyfuel tüzelés
- Szállítás: gáz eljuttatása a tároló pontig (csővezeték, tartálykocsi, hajó)
- CO<sub>2</sub> besajtolás és hosszútávú tárolás

# Szén-dioxid leválasztás és eltárolás



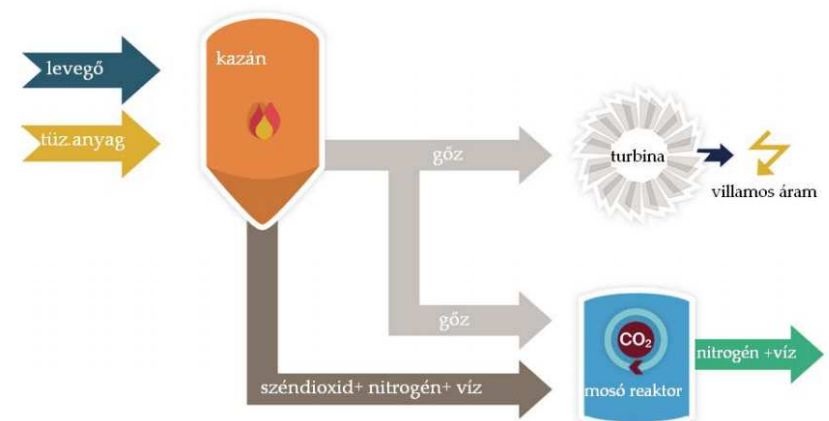
4.1. ábra. A CO<sub>2</sub> leválasztás módszerei (Rubin et al., 2002)

# Szén-dioxid leválasztás és eltárolás

4.1. táblázat. A CO<sub>2</sub> leválasztás rendszerei és módszerei

Leválasztási rendszer	Tüzelés utáni leválasztás	Tüzelés előtti leválasztás	Oxyfuel tüzeléses leválasztás
Szétválasztási feladat	CO <sub>2</sub> /N <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> /H <sub>2</sub>	O <sub>2</sub> /N <sub>2</sub>
Abszorpció	Kémiai Fizikai Fiziko-kémiai	Fizikai Kémiai	
Adszorpció	Fizikai Kémiai	Fizikai Kémiai	Fizikai
Kriogén technológia	Cseppfolyósítás	Cseppfolyósítás	Desztilláció
Membránok	Polimer alapú Kerámia alapú	Polimer alapú Kerámia alapú	Polimer alapú

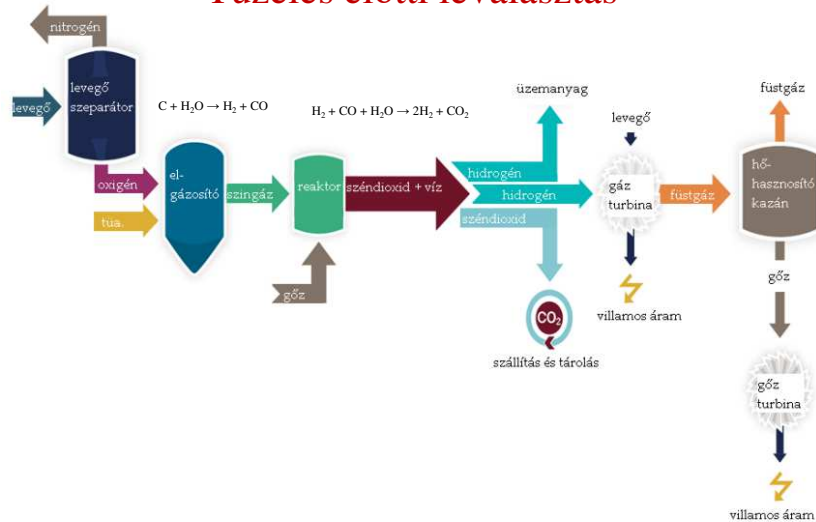
# Szén-dioxid leválasztás és eltárolás Tüzelés utáni leválasztás



4.6. ábra. A tüzelés utáni leválasztás rendszere (www.zeroemissionsplatform.eu)

## Szén-dioxid leválasztás és eltárolás

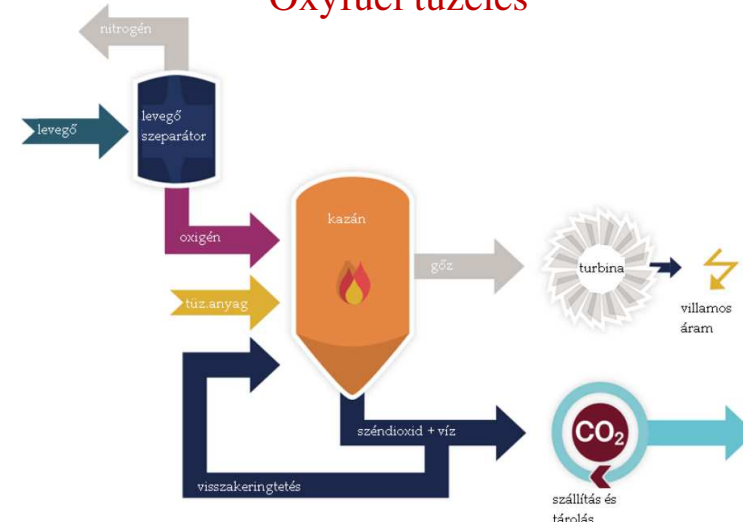
### Tüzelés előtti leválasztás



4.7. ábra. A tüzelés előtti leválasztás rendszere (www.zeroemissionsplatform.eu)

## Szén-dioxid leválasztás és eltárolás

### Oxyfuel tüzelés

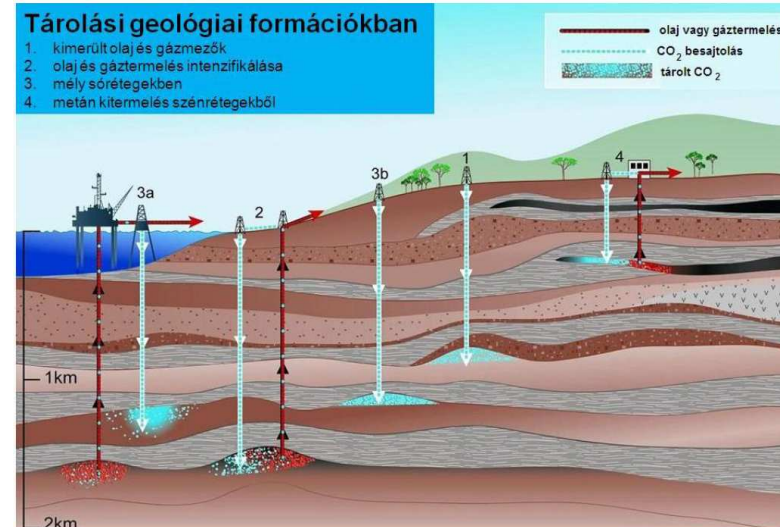


4.8. ábra. Oxyfuel tüzelés általános sémája (www.zeroemissionsplatform.eu)

## Szén-dioxid leválasztás és eltárolás

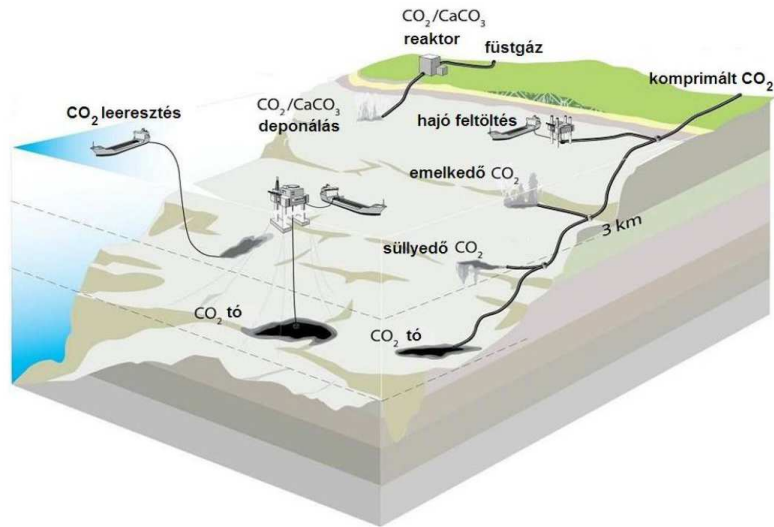
Technológia	Előny	Hátrány
<b>Tüzelés előtti</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>H<sub>2</sub> tüzelés → legjobb hatásfokú termikus körfolyamat</li> <li>Gázosítás: a keletkező szintézisgáz térfogata kisebb, mint az elsődleges tüzelőanyag égetéséből származó füstgázé → kisebb költségek</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>gázosítók hatásfoka nem 100%-os → tüzelőanyag hasznosítatlan része szilárd tüzelési veszteségként jelentkezik</li> </ul>
<b>Tüzelés utáni</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>legkönnyebben integrálható leválasztási forma</li> <li>legrugalmasabban működő eljárás → enélkül is üzemképes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>folyamat jelentős energia- és helyigénye korlátozza széleskörű elterjedését</li> </ul>
<b>Oxyfuel</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>CO<sub>2</sub> leválasztása: füstgáz vízgőztartalmának kondenzálása → költség és berendezésigény tekintetében is előnyös + 100 %-os leválasztási fok</li> <li>SO<sub>2</sub> és az NO<sub>x</sub> kibocsátást is óriási mértékben csökkenti</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>többlet energiaigénye nagyon magas a levegő szeparátor egységenergiafelhasználása miatt</li> </ul>

## Szén-dioxid leválasztás és eltárolás



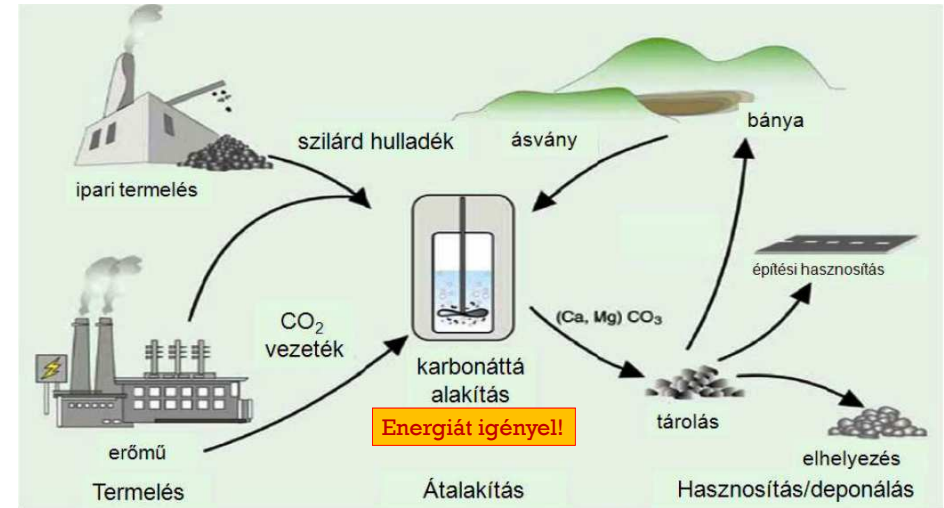
4.41. ábra. A CO<sub>2</sub> eltárolási lehetőségei geológiai formációkban

# Szén-dioxid leválasztás és eltárolás



4.42. ábra. A CO<sub>2</sub> tengeri elszívésének lehetőségei

# Szén-dioxid leválasztás és eltárolás



4.44. ábra. A szén-dioxid kőzetté alakítása

# Lignittüzelésű erőmű - példa



„A Mátrai Erőműből középtávon csak az újonnan épített napelemes rész maradhat meg. Tulajdonosi tájékoztatás szerint, a legrégebbi, 2x100 MW-os egységet várhatóan 2023 végén állítják le mintegy fél évszázados üzemeltetés után. A III., IV. és V. hsz. egységek összesen 750 MW-tal (a III. blokk 220 MW-tal, a IV. és V. egység blokkonként 232 MW-os gőzturbinás és 33 MW-os gázturbinás résszel) tervezett leállítási ideje 2025 évvége. Ezen utóbbiaknál sem retrofit, sem repowering intézkedésről nincs információ.”  
Forrás: MAVIR-RTO-DOK-0018-00-2018-10-08



Forrás: <http://www.mert.hu>

Visonta, Mátrai Erőmű – Alaperőmű a VER-ben. 966 MW beépített teljesítképesség. 2 db 100 MW-os, 1 db 220 MW-os, 2 db 232 MW-os lignit és 2 db 33 MW-os gázüzemű energiatermelő blokkal rendelkezik. Az erőmű napi lignitfelhasználása 20-25 000 tonna. Átlagos rendelkezésre állása 80%.

# Lignittüzelésű erőmű - példa



# Lignittüzelésű erőmű - példa



Visontán épült az ország első kénleválasztó berendezése. A világon egyedülálló módon a berendezés száraz Heller-Forgó féle hűtőtorony belsejében létesült. A képen az abszorber.

# Szénkészletek

## • Definíciók

### • Bizonyított készlet:

- Azok a mennyiségek, melyek nagysága a földtani és műszaki adatok elemzése alapján **kellő biztonsággal becsülhetők**, és ezek egy adott időponttól kezdődően ismert telepekből az **aktuális gazdasági feltételek**, művelési módszerek, állami szabályozás és a rendelkezésre álló technológiával az adott piaci körülmények **mellett gazdaságosan kitermelhetők.** (OECD IEA WEO 2013)

### • R/P arány (Reserves-to-production):

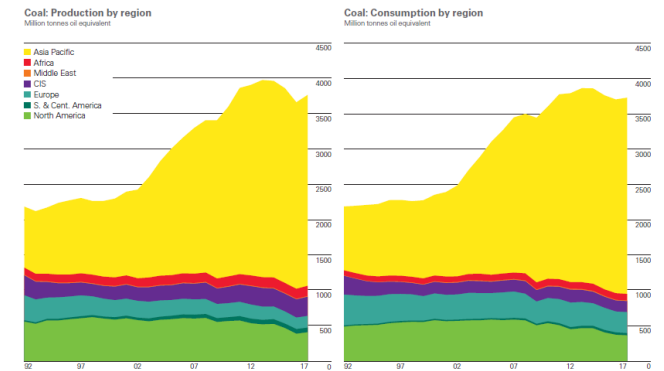
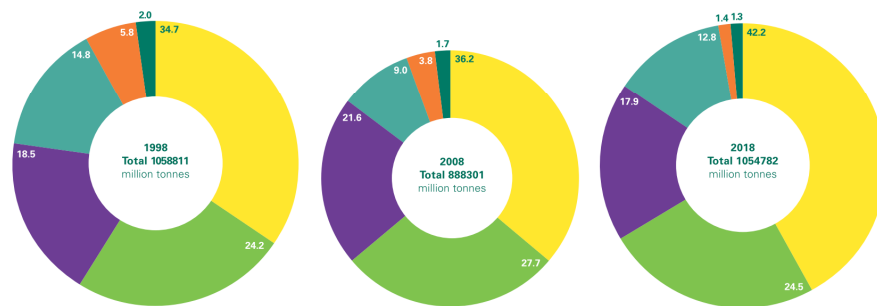
- Az év végén megmaradó készlet és az éves termelés hányadosa. Az eredmény az az időtartam, ameddig a készletek kitartanak, ha a termelés azonos intenzitással folytatódik. (BP Review, 2013)

# Szénkészletek

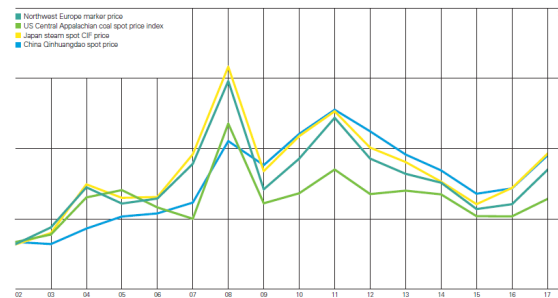
Distribution of proved reserves in 1998, 2008 and 2018  
Percentage

Legend for reserve distribution:

- Asia Pacific
- North America
- CIS
- Europe
- Middle East & Africa
- S. & Cent. America



Coal prices (US dollars per tonne)

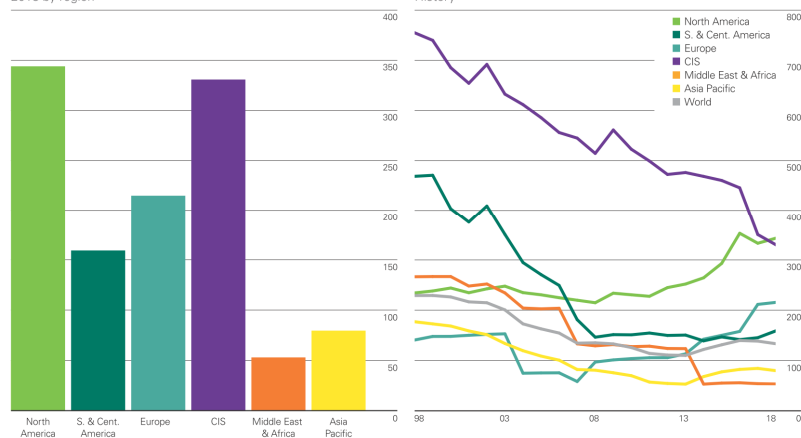


BP Statistical Review of World Energy June 2018

# Szénkészletek

Reserves-to-production (R/P) ratios  
Years

2018 by region



World coal reserves in 2018 stood at 1055 billion tonnes and are heavily concentrated in just a few countries: US (24%), Russia (15%), Australia (14%) and China (13%). Most of the reserves are anthracite and bituminous (70%). The current global R/P ratio shows that coal reserves in 2018 accounted for 132 years of current production with North America (342 years) and CIS (329 years) the regions with the highest ratio.

Coal

# Szénkészletek

Total proved reserves at end 2018

Million tonnes	Anthracite and bituminous	Sub-bituminous and lignite	Total	Share of total	R/P ratio
Canada	4346	2236	6582	0.6%	121
Mexico	1160	61	1211	0.1%	69
US	220167	30062	250229	23.7%	305
<b>Total North America</b>	<b>225673</b>	<b>32339</b>	<b>258012</b>	<b>24.5%</b>	<b>342</b>
Brazil	1547	5049	6596	0.6%	58
Colombia	4981	-	4981	0.5%	58
Venezuela	731	-	731	0.1%	*
Other S. & Cent. America	1784	24	1808	0.2%	*
<b>Total S. &amp; Cent. America</b>	<b>8943</b>	<b>5073</b>	<b>14016</b>	<b>1.3%</b>	<b>168</b>
Bulgaria	192	2174	2366	0.2%	78
Czech Republic	110	2647	2857	0.3%	81
Germany	3	36100	36103	3.4%	214
Greece	-	2676	2676	0.2%	79
Hungary	276	2633	2909	0.3%	368
Poland	20942	5837	26779	2.5%	216
Romania	11	280	291	*	12
Serbia	402	7112	7514	0.7%	199
Spain	898	319	1197	0.1%	453
Turkey	551	10975	11526	1.1%	139
Ukraine	30059	2336	32475	3.3%	*
United Kingdom	29	5172	5201	0.6%	189
Other Europe	1189	78461	79650	12.9%	215
<b>Total Europe</b>	<b>56132</b>	<b>78461</b>	<b>134593</b>	<b>12.9%</b>	<b>215</b>
Kazakhstan	25605	-	25605	2.4%	217
Russian Federation	69634	90730	160364	15.2%	364
Uzbekistan	1375	-	1375	0.1%	125
Other CIS	1509	-	1509	0.1%	358
<b>Total CIS</b>	<b>81123</b>	<b>90730</b>	<b>188853</b>	<b>17.9%</b>	<b>329</b>
South Africa	9893	-	9893	0.9%	39
Zimbabwe	502	-	502	0.3%	165
Other Africa	2756	66	2822	0.3%	164
Middle East	1203	-	1203	0.1%	*
<b>Total Middle East &amp; Africa</b>	<b>14354</b>	<b>66</b>	<b>14420</b>	<b>1.4%</b>	<b>52</b>
Australia	70927	76508	147435	14.0%	304
China	130851	7968	138819	13.2%	38
India	36488	4695	101383	9.6%	132
Indonesia	26122	10878	37000	3.5%	67
Japan	340	10	350	*	368
Mongolia	1170	1350	2520	0.2%	46
New Zealand	825	6760	7585	0.7%	46
Pakistan	207	2857	3064	0.3%	*
South Korea	326	-	326	0.1%	271
Thailand	-	1063	1063	0.1%	72
Vietnam	3116	244	3360	0.3%	81
Other Asia Pacific	1326	687	2013	0.2%	58
<b>Total Asia Pacific</b>	<b>331678</b>	<b>113210</b>	<b>444888</b>	<b>42.2%</b>	<b>79</b>
<b>Total World</b>	<b>734903</b>	<b>319879</b>	<b>1054782</b>	<b>100.0%</b>	<b>132</b>
of which: OECD	622234	177484	499718	47.4%	281
Non-OECD	412669	142395	555064	52.6%	89
European Union	22612	53356	75968	7.2%	171

\*More than 500 years. Source: Federal Institute for Geosciences and Natural Resources (BGR) Energy Study 2019.

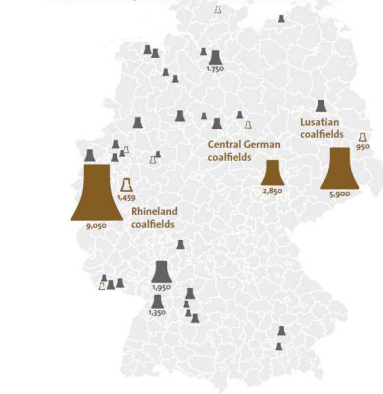
Notes: Total proved reserves of coal - Generally taken to be those quantities that geological and engineering information indicates with reasonable certainty can be recovered in the future from known reserves under existing economic and operating conditions. The data series for total proved reserves does not necessarily meet the definitions, guidelines and practices used for determining proved reserves at company level, for instance as published by the US Securities and Exchange Commission, nor does it necessarily represent BP's view of proved reserves by country. Reserves-to-production (R/P) ratio - If the reserves remaining at the end of any year are divided by the production in that year, the result is the length of time that those remaining reserves would last if production were to continue at that rate. Reserves-to-production (R/P) ratios are calculated excluding other solid fuels in reserves and production. Shares of total and R/P ratios are calculated using million tonnes figures.

## Németország – szén kivezetés

Fig. 1.1. 1. Locations of coal-fired power plants in Germany

Coal-fired power plant capacities:

- Lignite
  - Hard coal
  - Closure / transition to security reserve planned for 2020 at the latest\*
- summed up capacities of multiple power plants in MW  
\*Planned means that the operators have notified BNetzA of their intention to shut down.



Source: Own compilation based on BNetzA (2018a, 2018c) and Tab. 1.1.2

### Jelenlegi helyzet:

- Nominális kapacitás:
  - 21 GW lignit – 23 %
  - 24 GW szén– 14 %
- Átlagos erőmű életkor: 30-35
- Alacsony hatásfok
- Felmerülő kérdések:
  - Biztonságos?
  - Fenntartható?
  - Ár?

Forrás: Phasing out coal in the German energy sector published by German Institute for Economic Research (DIW Berlin), February 2019  
[https://www.ecologic.eu/sites/files/publication/2019/3537-kohlereader\\_englisch-final.pdf](https://www.ecologic.eu/sites/files/publication/2019/3537-kohlereader_englisch-final.pdf)

## Németország – szén kivezetés

Tab. 1.1.2: Scheduled\* power plant closure and power plants in the grid reserve until 2020 incl. addition to the security reserve

Energy source	Location	Block	Closure	Net capacity (MW)	Age
Hard coal	Lünen	Lünen 6		31/12/2018	149 56
Hard coal	Lünen	Lünen 7		31/12/2018	334 49
Hard coal	Kiel			2019	323 48
Hard coal	Reuter	Reuter C		2019	124 49
Hard coal	Gersteinwerk	K2		2019	614 34
Hard coal	Weither	Weither III		Grid reserve, earliest closure 2019	655 42
Hard coal	Walheim	WAL1		Grid reserve until 31 March 2020 at the latest	96 54
Hard coal	Walheim	WAL2		Grid reserve until 31 March 2020 at the latest	148 51
Hard coal	Heilbronn	HLB 5		Grid reserve until 31 March 2020 at the latest	125 53
Hard coal	Heilbronn	HLB 6		Grid reserve until 31 March 2020 at the latest	195 52
Hard coal	Altbach/Delitzsau	Alt HKW 1		Grid reserve until 31 March 2020 at the latest	433 33
Hard coal	Bexbach	BEX		Grid reserve, earliest closure 2019	726 35
<b>Security reserve plants</b>					
Lignite	Buschhaus			30/09/2020	352 33
Lignite	Frimmersdorf	P		30/09/2021	284 52
Lignite	Frimmersdorf	Q		30/09/2021	278 48
Lignite	Niederaußem	E		30/09/2022	295 48
Lignite	Niederaußem	F		30/09/2023	299 47
Lignite	Neurath	C		30/09/2022	292 45
Lignite	Jänschwalde	F		30/09/2022	465 29
Lignite	Jänschwalde	E		30/09/2023	465 31
				<b>Total</b>	<b>6572</b>

Forrás: Phasing out coal in the German energy sector published by German Institute for Economic Research (DIW Berlin), February 2019  
[https://www.ecologic.eu/sites/files/publication/2019/3537-kohlereader\\_englisch-final.pdf](https://www.ecologic.eu/sites/files/publication/2019/3537-kohlereader_englisch-final.pdf)



## Németország – szén kivezetés

- 2018. december: Prosper-Haniel (utolsó) fekete szén bánya bezárása 155 év után
- 2019. január: Németország 2038-ra az összes szén-tüzelésű erőművét le szeretné állítani
- Okok, célok:
  - Szén-dioxid kibocsátás csökkentése (2030-ra 61-62 %-os csökkenés az energiaszektorban 1990-hez képest)
  - Fenntartható energiagazdaság kialakítása
  - Világszintű trend

Tab. 2.5.1: Data relating to coal phase-out in various climate scenarios compatible with the Paris Climate Agreement

Study	Assumption of climate policy target - maximum warming	Impact on coal-fired power generation
(Prognos und Öko-Institut 2017)	Below 2°	Coal phased out by 2035
GreenEE scenario (UBA 2017a)	95% reduction in 2050	Coal phased out by 2040
95% climate trajectory (BCG and Prognos 2018)	95% reduction in 2050	96% reduction of coal-based power by 2040 compared to 2017
Climate change mitigation scenario – KS 95 (Öko-Institut and Fraunhofer ISI 2019)	95% reduction in 2050	87% reduction of coal-based power by 2040 compared to 2017
Below 2 Degrees Szenario der Internationalen Energieagentur (IEA 2017c)	Below 1.75°	Coal phased out by 2030
Sustainable Development Szenario des World Energy Outlook 2017 (IEA 2017d)	Below 2°	86% reduction of coal-based power by 2040 compared to 2016
(Climate Analytics 2017)	1.5° to 2°	Coal phased out by 2030

Forrás: Phasing out coal in the German energy sector published by German Institute for Economic Research (DIW Berlin), February 2019  
[https://www.ecologic.eu/sites/files/publication/2019/3537-kohlereader\\_englisch-final.pdf](https://www.ecologic.eu/sites/files/publication/2019/3537-kohlereader_englisch-final.pdf)

<https://www.dw.com/en/germanys-last-black-hard-coal-mine-prosper-haniel-closes/a-46833824>

Fenntartható fejlődés és atomenergia

Dr. Aszódi Attila, BME NTI

65

## Németország – szén kivezetés

40 milliárd eurós kompenzáció:

- Új munkahelyek teremtése az érintett vidékeken
- Erőművek üzemeltetőinek ellentételezése

Helyettesítés:

- Megújulók
  - Nap és szél → 2030-ra a cél a megtermelt villamos energia 65 %-a (2018: ~40 %)
- **Földgáz szerepének a növekedése!**
  - alacsonyabb CO<sub>2</sub> kibocsátás
  - Flexibilisebb – menetrendtartás, kiegyenlítés
- Tárolási technológia fejlődése

*“Less CO<sub>2</sub>, more new jobs, a secure power supply and affordability: a strong signal,” Economy Minister Peter Altmaier said on Twitter.*

<https://www.reuters.com/article/us-germany-energy-coal/germany-to-phase-out-coal-by-2038-in-move-away-from-fossil-fuels-idUSKCN1PK04I>

Forrás: Phasing out coal in the German energy sector published by German Institute for Economic Research (DIW Berlin), February 2019  
[https://www.ecologic.eu/sites/files/publication/2019/3537-kohlereader\\_englisch-final.pdf](https://www.ecologic.eu/sites/files/publication/2019/3537-kohlereader_englisch-final.pdf)

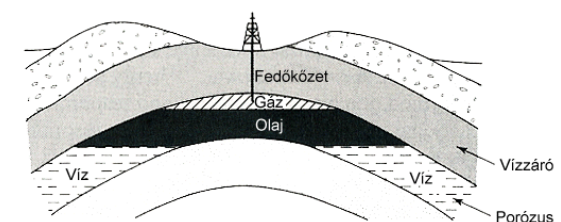
Fenntartható fejlődés és atomenergia

Dr. Aszódi Attila, BME NTI

66

## A kőolaj

## A kőolaj lelőhelyek geológiája



- Olaj és gázlelőhely tipikus geológiai formációja.
- A gáz az olaj felett, az olaj víz felett helyezkedik el.
- Mindez porózus kőzetben található.
- Az egész formációt vízzáró kőzet fedi.

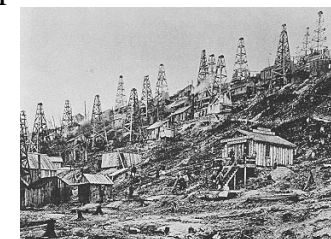
## A kőolaj bányászata

- Létezett néhány természetes forrás az USA-ban, ahol az olaj magától a felszínre jött, néhány 10 liter/nap mennyiségben.
- 1859 - Titusville, Pennsylvania
- „Colonel” Drake mélyített egy 69 láb mély fúrást, ahol olajat talált, amit a felszínre szivattyúzott.
- A fő probléma: nem volt mibe tölteni, mert az erre alkalmas hordók többbe kerültek, mint a beléjük tölthető olaj akkori értéke.



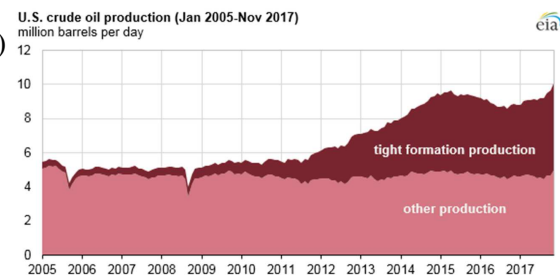
## A kőolaj bányászata

- Az Olajfinomítás nagyot változott: a kerozin biztos piacra talált (főzés, fűtés, világítás).
- 1862 - egy év alatt 75 kútból 3 millió hordó olajat hoztak felszínre csak Pennsylvániában.
- Intenzív kutatás indult több amerikai államban (Ohio, Indiana, California, Texas), ahol olajat találtak.
- 1909 - az USA olajtermelése 500 000 hordó/nap, több mint az egész világ együttvéve.
- 1 barrel (hordó) = 42 gallon = 42 x 3,885 l = 163 liter



## A kőolajtermelés az USA-ban

- Hanyatlás (~1930): elektromos világítás.
- Újabb felívelés: az autó megjelenése.
- 1970 - a csúcshatár elérése az alaszakai olajvezeték üzembevetelével. Ezután a termelés esik, majd ismét nő (palaolaj!).
- 1948 után az USA évről-évre több olajat importált kb. 2010-ig
- Ma az USA fogyasztásának kb. 50%-a import.



## Kőolajkészletek

- USA - sok, kis termelékenységű kút: 2018: 1078

Table 3.2

### Active rigs by country

	2014	2015	2016	2017	2018	change 18/17
<b>North America</b>	<b>2,255</b>	<b>855</b>	<b>843</b>	<b>1,135</b>	<b>1,219</b>	<b>84</b>
Canada	374	144	209	205	141	-64
United States	1,881	711	634	930	1,078	148
<b>Latin America</b>	<b>553</b>	<b>389</b>	<b>270</b>	<b>343</b>	<b>337</b>	<b>-6</b>
Argentina	113	91	59	71	74	3
Bolivia	6	5	5	3	3	-
Brazil	42	38	13	14	10	-4
Colombia	46	12	19	25	30	5
<b>Ecuador</b>	<b>41</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>14</b>	<b>28</b>	<b>14</b>
Mexico	72	42	19	15	31	16
Trinidad & Tobago	3	7	3	5	2	-3
<b>Venezuela</b>	<b>221</b>	<b>182</b>	<b>138</b>	<b>189</b>	<b>151</b>	<b>-38</b>
Others	9	5	7	7	8	1
<b>Eastern Europe and Eurasia<sup>1</sup></b>	<b>24</b>	<b>21</b>	<b>16</b>	<b>15</b>	<b>18</b>	<b>3</b>
Poland	7	12	8	6	6	-
Romania	15	7	6	7	10	3
Others	2	2	2	2	2	-
<b>Western Europe</b>	<b>122</b>	<b>93</b>	<b>83</b>	<b>72</b>	<b>77</b>	<b>5</b>
Germany	3	6	4	3	5	2
Italy	4	3	4	4	3	-1
Netherlands	10	4	2	4	1	-3
Norway	14	17	16	16	18	2
United Kingdom	20	9	11	5	11	6
Others	71	54	46	40	39	-1

# Kőolajkészletek

- Szaúd-Arábia: kevés, nagy termelékenységu berendezés (128), sokkal jobb mezők.

Table 3.2  
Active rigs by country

	2014	2015	2016	2017	2018	change 18/17
<b>Middle East</b>	<b>494</b>	<b>529</b>	<b>566</b>	<b>535</b>	<b>567</b>	<b>32</b>
IR Iran	135	130	153	157	157	-
Iraq	69	65	44	54	80	26
Kuwait	45	58	58	78	85	7
Oman	57	73	59	55	51	-4
Qatar	6	6	10	17	9	-8
Saudi Arabia	145	145	161	111	125	14
United Arab Emirates	30	51	79	59	57	-2
Yemen	3	-	-	-	-	-
Others	4	1	2	4	3	-1
<b>Africa</b>	<b>268</b>	<b>214</b>	<b>141</b>	<b>118</b>	<b>173</b>	<b>55</b>
Algeria	49	49	52	50	50	-
Angola	37	30	10	7	8	1
Congo	9	10	10	10	16	6
Egypt	52	44	24	22	27	5
Equatorial Guinea	3	2	2	2	2	-
Gabon	7	2	0	2	4	2
Libya	31	31	17	1	9	8
Nigeria	46	29	9	13	32	19
Others	34	17	17	11	25	14
<b>Asia and Pacific</b>	<b>274</b>	<b>221</b>	<b>213</b>	<b>237</b>	<b>250</b>	<b>13</b>
Australia	18	16	9	14	22	8
China <sup>2</sup>	36	25	25	32	35	3
India	114	100	116	116	124	8
Indonesia	40	25	16	34	24	-10
Malaysia	8	5	4	7	7	-
New Zealand	6	-	-	-	1	1
Pakistan	19	23	21	20	19	-1
Others	33	27	22	14	18	4
<b>Total world<sup>1,2</sup></b>	<b>3,990</b>	<b>2,322</b>	<b>2,132</b>	<b>2,455</b>	<b>2,641</b>	<b>186</b>
of which						
OPEC	868	791	740	747	804	57
OPEC percentage	21.8	34.1	34.7	30.4	30.4	
OECD	2,462	998	950	1,228	1,345	117

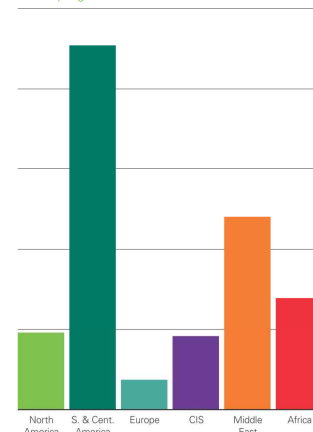
Notes:  
Figure as at year end.  
1. Excluding FSU.  
2. Excluding onshore rigs for China.

# Kőolajkészletek

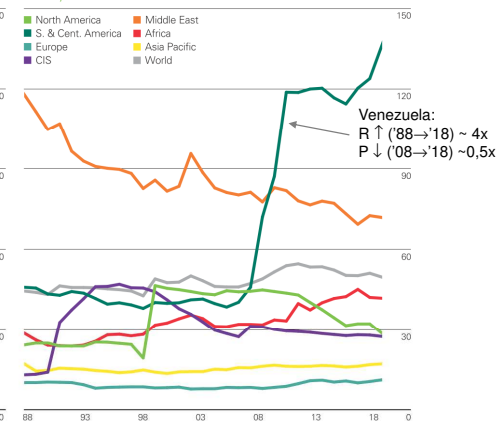
## Reserves-to-production (R/P) ratios

Years

### 2018 by region



### History



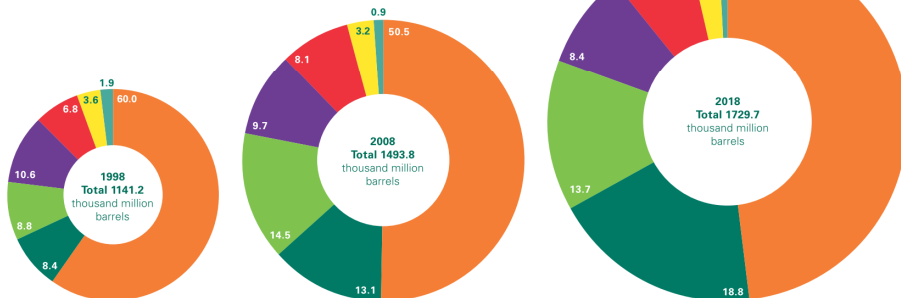
Oil reserves at the end of 2018 totalled 1730 billion barrels, up 2 billion barrels with respect to 2017. The global R/P ratio shows that oil reserves in 2018 accounted for 50 years of current production. Regionally, South & Central America has the highest R/P ratio (136 years) while Europe has the lowest (11 years). OPEC holds 71.8% of global reserves. The top countries in terms of reserves are Venezuela (17.5% of global reserves), closely followed by Saudi Arabia (17.2%), then Canada (9.7%), Iran (9.0%) and Iraq (8.5%).

# Kőolajkészletek

## Distribution of proved reserves in 1998, 2008 and 2018

Percentage

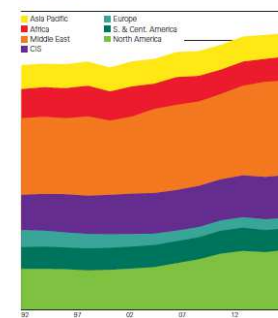
- Middle East
- S. & Cent. America
- North America
- CIS
- Africa
- Asia Pacific
- Europe



# Kőolajkészletek

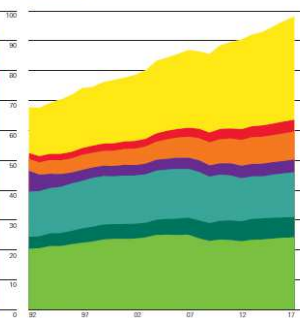
## Oil: Production by region

Million barrels daily



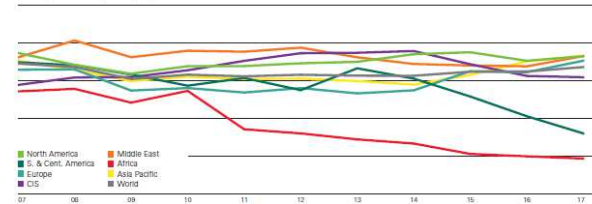
## Oil: Consumption by region

Million barrels daily



## Refinery utilization

Percentage (based on average annual capacity)



Total proved reserves

	At end 2018			At end 2017			At end 2016			At end 2015		
	Thousand barrels	Thousand million barrels	Share of total	Thousand barrels	Thousand million barrels	Share of total	Thousand barrels	Thousand million barrels	Share of total	Thousand barrels	Thousand million barrels	Share of total
Canada	49.8	178.3	189.9	167.8	27.1	0.7%	88.2					
Mexico	21.6	11.9	7.7	7.7	1.1	0.4%	10.2					
US	281.6	281.4	61.2	61.2	7.9	3.5%	11.0					
<b>Total North America</b>	<b>100.0</b>	<b>216.6</b>	<b>237.8</b>	<b>236.7</b>	<b>35.4</b>	<b>13.7%</b>	<b>26.7</b>					
Argentina	2.8	2.5	2.0	2.0	0.3	0.1%	0.3					
Brazil	7.4	12.8	13.4	2.0	0.8%	13.7						
Colombia	2.5	1.4	1.7	1.8	0.3	0.1%	1.6					
Ecuador	4.1	4.1	3.0	2.8	0.4	0.2%	4.8					
Peru	0.9	1.1	1.0	1.0	0.1	0.1%	17.6					
Trinidad & Tobago	0.7	0.8	0.2	0.2	+	+	7.6					
Venezuela	76.1	172.3	302.8	303.3	48.0	17.9%	+					
Other S. & Cent. America	1.1	0.8	0.5	0.5	0.1	0.1%	11.5					
<b>Total S. &amp; Cent. America</b>	<b>95.6</b>	<b>198.0</b>	<b>324.0</b>	<b>325.1</b>	<b>51.1</b>	<b>18.8%</b>	<b>136.2</b>					
Denmark	0.8	0.4	0.1	0.1	0.1	0.1%	16.2					
Italy	0.9	0.5	0.6	0.6	0.1	+	+					
Norway	11.7	9.9	7.9	8.8	1.1	0.5%	22.2					
Romania	1.2	0.5	0.6	0.6	0.1	+	+					
United Kingdom	5.1	3.1	2.5	2.5	0.3	0.1%	6.3					
Other Europe	1.9	1.9	1.6	1.6	0.2	0.1%	14.1					
<b>Total Europe</b>	<b>31.4</b>	<b>14.2</b>	<b>10.7</b>	<b>14.9</b>	<b>1.9</b>	<b>0.6%</b>	<b>11.1</b>					
Azerbaijan	1.2	3.0	3.0	3.0	7.0	1.0	0.4%	24.1				
Kazakhstan	5.4	30.0	30.0	30.0	3.9	1.7%	42.7					
Russian Federation	113.1	108.4	108.3	108.3	14.6	6.1%	25.4					
Turkmenistan	0.6	0.6	0.6	0.6	0.1	+	+					
Uzbekistan	0.6	0.6	0.6	0.6	0.1	+	+					
Other CIS	0.3	0.3	0.3	0.3	+	+	+					
<b>Total CIS</b>	<b>121.1</b>	<b>148.8</b>	<b>148.7</b>	<b>148.7</b>	<b>18.6</b>	<b>6.8%</b>	<b>27.4</b>					
Iran	83.7	137.6	155.6	155.6	21.4	9.0%	90.4					
Iraq	12.5	115.0	147.2	147.2	19.9	8.5%	87.4					
Kuwait	86.5	101.5	101.5	101.5	14.0	5.9%	91.2					
Oman	5.4	5.6	5.4	5.4	0.7	0.3%	15.0					
Other	13.5	29.9	29.2	29.2	2.8	1.5%	28.8					
Saudi Arabia	261.5	294.1	296.0	297.7	40.9	17.2%	66.4					
Syria	2.3	2.0	2.5	2.5	0.3	0.1%	294.8					
United Arab Emirates	97.8	97.8	97.8	97.8	13.0	5.7%	68.0					
Yemen	1.9	37.7	3.0	3.0	0.4	0.2%	107.4					
Other Middle East	0.2	0.1	0.1	0.2	+	+	2.1					
<b>Total Middle East</b>	<b>685.2</b>	<b>793.7</b>	<b>834.3</b>	<b>836.1</b>	<b>113.2</b>	<b>48.3%</b>	<b>77.1</b>					
Algeria	11.3	12.2	12.2	12.2	1.5	0.7%	22.1					
Angola	4.0	9.5	8.4	8.4	1.1	0.5%	15.0					
Chad	1.5	1.5	1.5	1.5	0.2	0.1%	40.8					
Republic of Congo	1.7	1.6	1.6	1.6	0.2	0.1%	13.2					
Egypt	3.8	4.2	3.3	3.3	0.4	0.2%	13.6					
Equatorial Guinea	0.6	1.7	1.1	1.1	0.1	0.1%	16.8					
Gabon	2.3	2.0	2.0	2.0	0.3	0.1%	28.2					
Libya	29.5	44.3	48.4	48.4	6.3	2.9%	131.3					
Niger	22.5	37.2	37.5	37.5	5.1	2.2%	50.0					
South Sudan	n/a	n/a	3.5	3.5	0.5	0.2%	73.4					
Sudan	0.3	5.0	1.5	1.5	0.2	0.1%	41.1					
Tunisia	0.3	0.6	0.4	0.4	0.1	0.1%	23.2					
Other Africa	0.7	0.7	0.9	0.9	0.6	0.2%	33.7					
<b>Total Africa</b>	<b>77.2</b>	<b>120.4</b>	<b>125.3</b>	<b>125.3</b>	<b>16.6</b>	<b>7.2%</b>	<b>41.9</b>					
Australia	4.6	4.2	4.0	4.0	0.4	0.2%	30.8					
Brunei	1.0	1.1	1.1	1.1	0.1	0.1%	27.0					
China	17.4	21.2	25.9	25.9	3.5	1.5%	16.7					
India	5.4	5.8	4.5	4.5	0.6	0.3%	14.1					
Indonesia	5.4	3.5	3.2	3.2	0.4	0.2%	10.7					
Malaysia	4.4	3.5	3.0	3.0	0.4	0.2%	12.1					
Thailand	0.4	0.5	0.3	0.3	0.2	0.1%	1.8					
Vietnam	1.9	4.7	4.4	4.4	0.6	0.3%	42.9					
Other Asia Pacific	1.3	1.3	1.2	1.2	0.2	0.1%	12.9					
<b>Total Asia Pacific</b>	<b>40.8</b>	<b>49.0</b>	<b>47.7</b>	<b>47.6</b>	<b>6.3</b>	<b>2.5%</b>	<b>77.1</b>					
<b>Total World</b>	<b>1141.2</b>	<b>1493.8</b>	<b>1727.5</b>	<b>1729.7</b>	<b>244.1</b>	<b>100.0%</b>	<b>50.0</b>					
of which: OECD	124.5	234.0	254.4	254.0	37.6	14.7%	26.4					
Non-OECD	1016.7	1259.8	1473.1	1475.7	206.5	85.3%	59.1					
OPEC	827.9	1027.9	1240.2	1242.2	174.8	71.9%	86.5					
Non-OPEC	313.3	465.9	497.3	497.3	89.4	29.2%	24.1					
European Union	8.7	5.7	4.9	4.8	0.6	0.3%	8.6					
Canadian oil sands: Total	42.1	170.3	163.4	162.3	24.4	9.4%	+					
Under active development	8.4	27.0	22.0	20.3	3.4	1.2%	+					
Venezuela: Oil-in-place	-	94.2	289.9	281.4	47.8	15.1%	+					

Fenntartható fejlődés és atomenergia

Dr. Aszódi Attila, BME NTI

BP Statistical Review of World Energy 2019

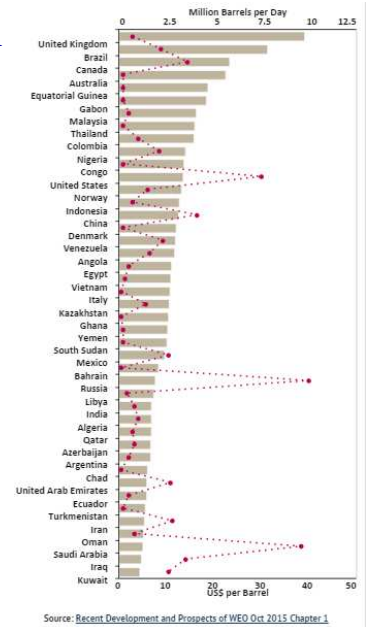
Kőolajkészletek

Olajárak a világpiacon

Marginal production cost by country (USD/bbl)

	Marginal Production Cost	
	2014	
Russia	Arctic	120.00
	Onshore	18.00
Europe	Biodiesel	110.00
	Ethanol	103.00
Canada	Sand	90.00
Brazil	Ethanol	66.00
	Offshore	80.00
United States	Deep-water	57.00
	Shale	73.00
Angola	Offshore	40.00
Ecuador	Total	20.00
Venezuela	Total	20.00
Kazakhstan	Total	16.00
Nigeria	Deep-water	30.00
	Onshore	15.00
Oman	Total	15.00
Qatar	Total	15.00
Iran	Total	15.00
Algeria	Total	15.00
United Arab Emirates	Total	7.00
Iraq	Total	6.00
Saudi Arabia	Onshore	3.00

Source: Oil Statistics (Production Costs, Breakeven Price)



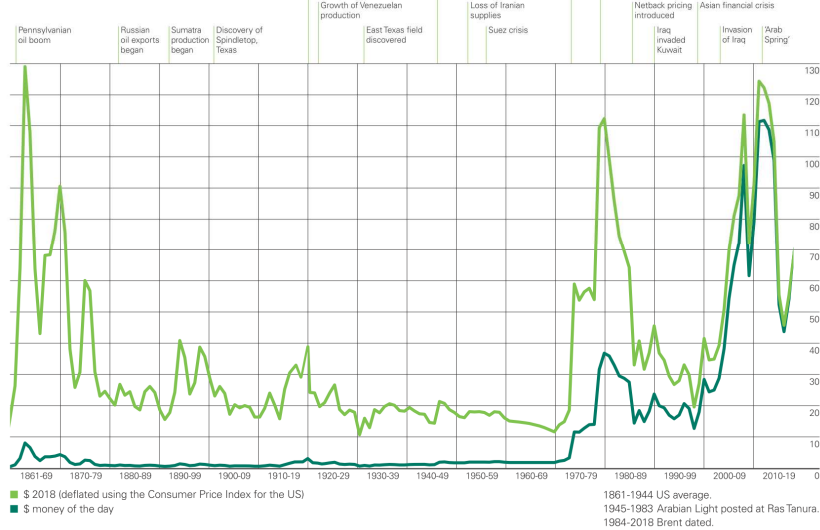
Source: Recent Development and Prospects of WFO Oct 2015 Chapter 1

Olajárak alakulása

Crude oil prices 1861-2018

US dollars per barrel

World events

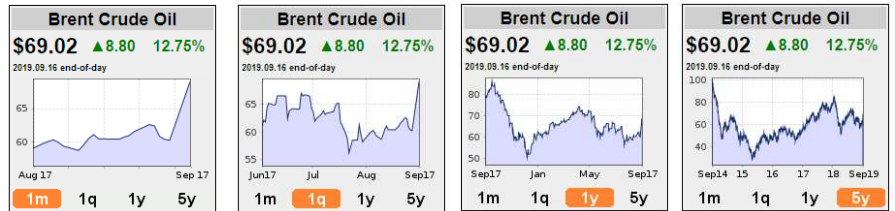


Fenntartható fejlődés és atomenergia

Dr. Aszódi Attila, BME NTI

BP Statistical Review of World Energy 2019

Olajárak alakulása



**Crude Oil Price (oil-price.net)**

2007.02.28. 2007.10.03. 2008.02.26. 2008.09.23. 2009.03.10. 2009.10.13. 2010.03.29. 2010.09.07.

Price : 60,69 \$/B 80,25 \$/B 101,13 \$/B 106,78 \$/B 47,54 \$/B 74,21 \$/B 80,43 \$/B 74,09 \$/B

1yr fcast: 79 \$/B 104 \$/B 131 \$/B 123 \$/B 55 \$/B 85 \$/B 92 \$/B 85 \$/B

**Crude Oil Price (oil-price.net)**

2011.03.29. 2011.09.06. 2012.02.21. 2012.09.04. 2013.09.16. 2014.02.10. 2015.03.03. 2015.09.20.

Price : 103,76 \$/B 86,09 \$/B 110,48 \$/B 115,07 \$/B 108,21 \$/B 99,88 \$/B 49,59 \$/B 44,68 \$/B

1yr fcast: 119 \$/B 99 \$/B 121 \$/B 110 \$/B 124 \$/B 114 \$/B 57 \$/B 51 \$/B

**Crude Oil Price (oil-price.net)**

2016.02.29 2016.09.18. 2019.03.29. 2019.09.17.

Price : 32,78 \$/B 43,91 \$/B 59,30 \$/B 62,90 \$/B

1yr fcast: 37 \$/B 50 \$/B 68 \$/B 72 \$/B

Fenntartható fejlődés és atomenergia

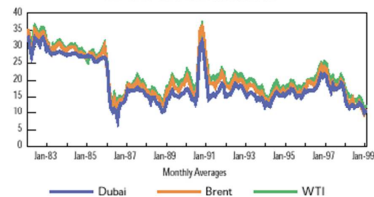
Dr. Attila Aszódi, BME INT

http://www.oil-price.net/

# Olajárak hatása a világpiacon

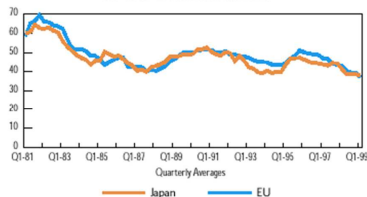
## Crude Oil

Key Crude Oil Spot Prices in US Dollars/barrel



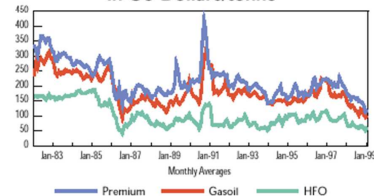
## Coal

Steam Coal Import Costs in US Dollars/tonne



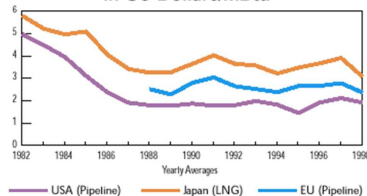
## Petroleum Products

Rotterdam Oil Product Spot Prices in US Dollars/tonne

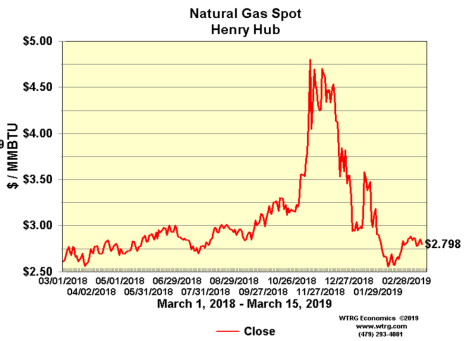
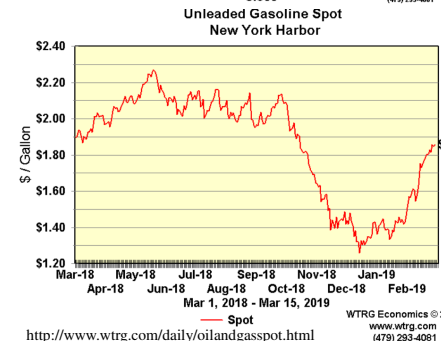
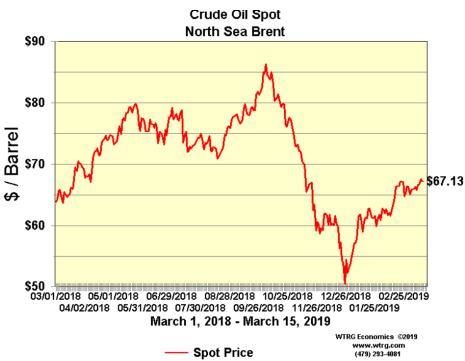
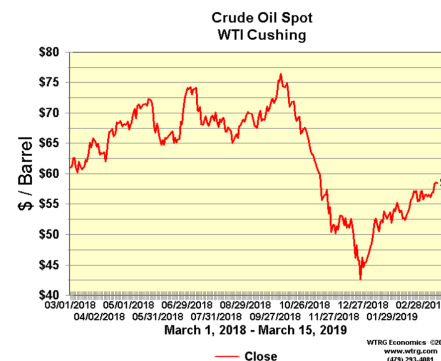


## Natural Gas

Natural Gas Import Prices in US Dollars/MBtu



81



<http://www.wtrg.com/daily/oilandgasspot.html>

# Olajárak a világpiacon

- Sok államnak az olajexport a fő bevételi forrása  
 ⇒ létkérdés az export  
 ⇒ az olaj árát sok esetben nem az igazi piaci mechanizmusok, hanem spekulációk határozzák meg.
- Az OPEC célja a mennyiség korlátozásával az ár felhajtása.
- Az autók fogyasztása az elmúlt 30 évben közel a felére esett ⇒ az autós közlekedést ez is olcsóbbá teszi napjainkban.
- A világpiaci igény a nagy, intenzíven fejlődő országok (Kína, India) kereslete miatt gyorsan és folyamatosan nő. Ez és a világpolitika ma a meghatározó felhajtóerő!

# Olajárak alakulása

- Világpolitikai változások
- Az igazolt kőolajkészletek kb. 62%-a a politikailag instabil Közel-Keleten található



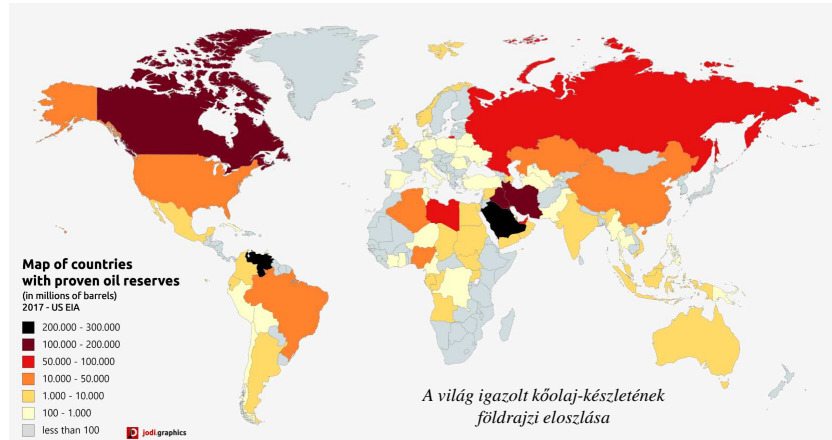
A világ igazolt kőolaj-készletének földrajzi eloszlása

BP Statistical Review of World Energy  
June 2010



# Olajárak alakulása

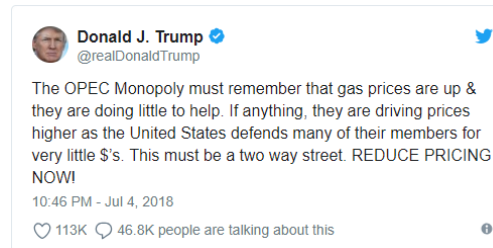
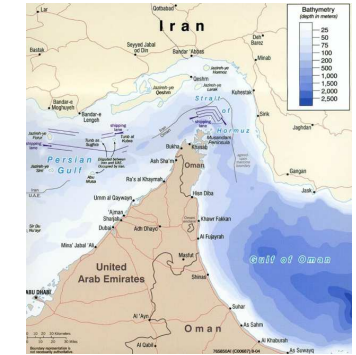
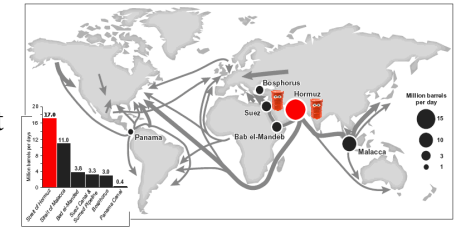
- Világpolitikai változások
- Az igazolt kőolajkészletek kb. 62%-a a politikailag instabil Közel-Keleten található



# Olajárak alakulása

Világpolitikai változások: Az igazolt kőolaj-készletek kb. 62%-a a politikailag instabil Közel-Keleten található

- 2012. január: Irán, Hormuzi-szoros lezárásával fenyeget
- 2018: feszült helyzet Iránnal szemben



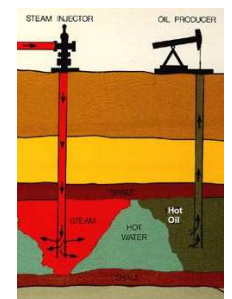
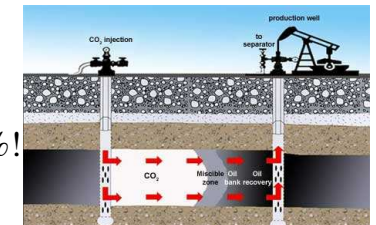
# Modern kutatás

- Olaj előkutatás:
  - robbantás,
  - nagy rezgő tömegek által keltett rezgések visszaverődésének érzékelése.
- A teljesen biztos lelőhely igazolás csak fúrással lehetséges.
- A mező kiterjedésének meghatározása további fúrásokkal lehetséges ⇐ igazolt készletek.
- A kutatófúrások rendszerint kis ráfordítással átállíthatóak termelőkutakká.
  - Legmélyebb termelőkút 9600 m.
  - Átlagos napi hozam: 10-100 t/kút.
  - Átlagos élettartam: 40 év.



# A kőolaj bányászata

- Szénhidrogének porózus kőzetben. (olajtartalmú réteg vastagsága: néhány méter - néhány 10 méter).
- A normális kihozatali ráta csak 30%!
- Termelési módszerek:
  - elsődleges: a belső nyomás hajtja ki (gázsapka, víz felhajtóereje). Kitermelés során a nyomás és a hozam csökken.
  - másodlagos (+5-15%): gáz visszanyomása a gázsapkába, vagy víz benyomása alulra.
  - harmadlagos:
    - viszkozitást csökkentő melegítés forró vízzel vagy gőzzel;
    - az olaj föld alatti meggyújtása + levegő bejuttatása;



# A kőolaj tengeri bányászata

- 200 méteres vízmélységig fix állványról, afölött lehorgonyzott mesterséges szigetekről.
- Rekord: 6,3 km víz alatt 600 m-es behatolás.
- Kitermelési együttható: ~40%.

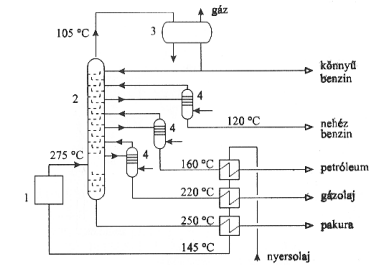


Fenntartható fejlődés és atomenergia

Dr. Aszódi Attila, BME NTI

# A kőolaj finomítása és jellemzői

- Lepárlás
- Vákuumdesztilláció
- Krakkolás - a fehéráru kihozatal javítása (benzin kihozatal 2-3-szoros)
- Probléma: a szennyezők (kén) a nehezebb frakciókban maradnak.

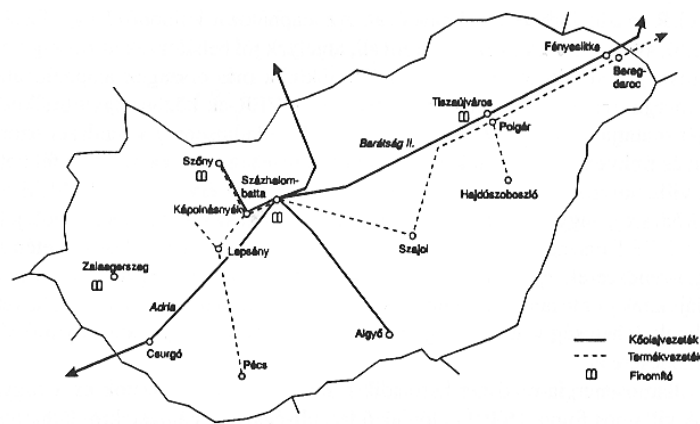


4.8. ábra. Atmoszférikus desztillációs üzem folyamatábrája  
1 csökemence, 2 frakcionáló torony, 3 reflux tartály, 4 kigőzölő torony

Nyersolaj-feldolgozás termékei			
Frakció	Molekulaméret	Forráspont [°C]	Felhasználás
Földgáz	C <sub>1</sub> -C <sub>5</sub>	-164 - +30	Tüzelőanyag
Petroléter	C <sub>5</sub> -C <sub>7</sub>	30 - 90	Oldószer (száraz tisztítás)
Benzin	C <sub>5</sub> -C <sub>12</sub>	30 - 200	Üzemanyag
Petroléum (kerozin)	C <sub>12</sub> -C <sub>16</sub>	175 - 275	Tüzelés, dízel, repülés
Tüzelőolaj	C <sub>15</sub> -C <sub>18</sub>	375 alatt	Tüzelőanyag
Kenőolaj	C <sub>16</sub> -C <sub>20</sub>	350 fölött	Kenés
Zsírok	C <sub>18</sub> és fölött	félkemény	Kenés
Paraffin	C <sub>20</sub> és fölött	olvad: 52 - 57	Gyertya
Szurok, kátrány	fölött	lepárlási maradék	Tető, utépités

Dr. Aszódi Attila, BME NTI

# A kőolaj és a fehéráru szállítása



1.9. ábra. Magyarország kőolaj és kőolajtermék hálózata

# A földgáz

## A földgáz

- A legnemesebb fosszilis energiahordozó
- Fűtőértékre vonatkoztatva alacsonyabb széntartalom ⇒ egységnyi hőfelszabadulásra kevesebb CO<sub>2</sub> termelés, mint a szén elégetése során!
- Szállítása és tárolása problémásabb, mint a kőolajtermékeké, felhasználása viszont könnyű
- Magyarország ma túlzottan nagy mértékben épít a földgázra.

## A földgáz fűtőértéke

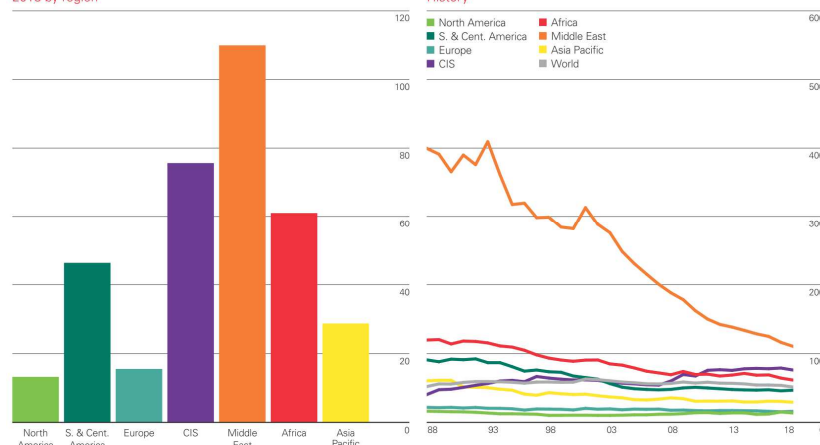
Tüzelőanyag	Fűtőérték [MJ/kg]	Nedvességtartalom [%]	Hamutartalom [%]
Komlói feketeszén	16-18	4-6	40-46
Donyeci antracit	25	7	18
Sziléziai aknaszén	20	10-15	13-22
Borsodi barnaszén	9-11	23-29	25-30
Visontai külfejtés	5,5-6,7	45-50	19-27
Háztartási tüzelőolaj	41-42		
Nehéz fűtőolaj	39-40		
Gudron	39-40		
Földgáz	41-42		

## Földgázkészletek

### Reserves-to-production (R/P) ratios

Years

2018 by region



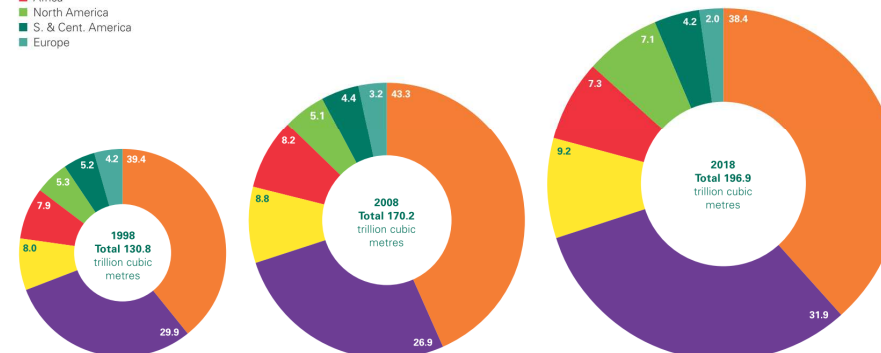
World proved gas reserves in 2018 increased by 0.7 Tcm to 196.9 Tcm mainly as a result of increased reserves in Azerbaijan (0.9 Tcm), Russia (38.9 Tcm), Iran (31.9 Tcm) and Qatar (24.7 Tcm) are the countries with the biggest reserves. The current global R/P ratio shows that gas reserves in 2018 accounted for 50.9 years of current production, 2.4 years lower than in 2017. Middle East (109.9 years) and CIS (75.6 years) are the regions with the highest R/P ratio.

## Földgázkészletek

### Distribution of proved reserves in 1998, 2008 and 2018

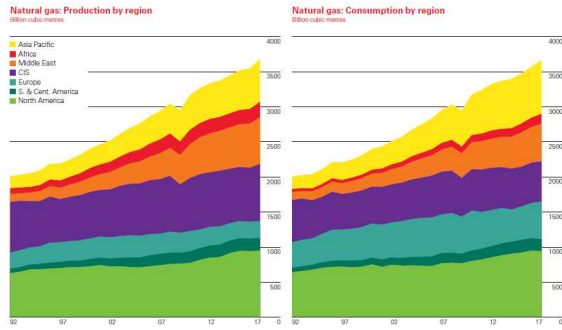
Percentage

Legend for Distribution of proved reserves in 1998, 2008 and 2018:  
 Middle East (Orange), CIS (Purple), Asia Pacific (Yellow), Africa (Red), North America (Green), S. & Cent. America (Dark Green), Europe (Teal)





# Földgázkészletek



BP Statistical Review of World Energy June 2018

# Készletek

## Total proved reserves

	At end 1998	At end 2008	At end 2017	At end 2018			
	T trillion cubic metres	T trillion cubic metres	T trillion cubic metres	T trillion cubic metres	T trillion cubic metres	Share of total	R/P
Canada	1.7	1.7	2.0	1.9	65.4	0.9%	10.0
Mexico	0.8	0.4	0.2	0.2	6.5	0.1%	4.9
US	4.4	8.6	11.4	11.9	419.8	6.0%	14.3
<b>Total North America</b>	<b>7.0</b>	<b>8.7</b>	<b>14.1</b>	<b>13.9</b>	<b>491.7</b>	<b>7.1%</b>	<b>13.2</b>
Argentina	0.7	0.4	0.3	0.3	12.2	0.2%	8.8
Bolivia	0.1	0.3	0.3	0.3	10.3	0.1%	18.3
Brazil	0.2	0.4	0.4	0.4	13.4	0.2%	18.1
Colombia	0.2	0.1	0.1	0.1	3.7	0.1%	8.3
Peru	0.2	0.3	0.4	0.4	12.4	0.2%	27.4
Trinidad & Tobago	0.6	0.4	0.3	0.3	10.9	0.2%	9.1
Venezuela	4.6	5.6	6.3	6.3	223.8	3.3%	190.7
Other S. & Cent. America	0.1	0.1	0.1	0.1	2.2	0.1%	18.5
<b>Total S. &amp; Cent. America</b>	<b>6.8</b>	<b>7.5</b>	<b>8.2</b>	<b>8.2</b>	<b>289.0</b>	<b>4.2%</b>	<b>48.3</b>
Denmark	0.1	0.1	1	1	1.0	0.0%	6.6
Germany	0.2	0.1	1	1	4.9	0.0%	4.6
Italy	0.3	0.1	1	1	1.6	0.0%	8.9
Netherlands	1.7	1.2	0.6	0.6	20.7	0.3%	18.2
Norway	1.2	2.2	1.7	1.6	56.8	0.8%	13.3
Poland	0.3	0.3	0.3	0.1	2.2	0.0%	48.0
Romania	0.3	0.6	0.1	0.1	3.6	0.1%	10.7
Ukraine	0.8	0.8	1.0	1.1	38.5	0.6%	54.8
United Kingdom	0.8	0.3	0.2	0.2	6.6	0.1%	4.6
Other Europe	0.2	0.2	0.1	0.1	5.0	0.1%	16.2
<b>Total Europe</b>	<b>4.4</b>	<b>5.5</b>	<b>3.9</b>	<b>3.9</b>	<b>137.1</b>	<b>2.0%</b>	<b>114.4</b>
Azerbaijan	0.7	1.3	1.3	2.1	75.2	1.1%	113.6
Kazakhstan	1.3	1.9	1.0	1.9	35.0	0.5%	40.7
Russian Federation	33.4	34.0	38.9	38.9	1375.0	19.8%	58.2
Turkmenistan	2.5	8.2	19.5	19.5	688.1	9.9%	318.8
Uzbekistan	1.2	1.3	1.2	1.2	42.7	0.6%	21.4
Other CIS	1	1	1	1	1.2	0.0%	113.1
<b>Total CIS</b>	<b>39.2</b>	<b>45.0</b>	<b>62.0</b>	<b>62.8</b>	<b>2214.4</b>	<b>31.9%</b>	<b>31.3</b>
Bahrain	0.3	0.2	0.2	0.2	6.4	0.1%	12.3
Iran	22.8	28.0	31.8	31.8	1127.7	16.2%	133.3
Iraq	3.0	3.0	3.0	3.6	125.6	1.8%	273.8
Israel	1	1	0.5	0.4	14.6	0.2%	41.1
Kuwait	1.4	1.7	1.7	1.7	59.9	0.9%	97.0
Oman	0.5	0.9	0.7	0.7	23.5	0.3%	18.5
Qatar	11.3	26.3	24.1	24.7	872.1	12.5%	160.7
Saudi Arabia	5.8	7.1	5.7	5.9	206.1	3.0%	52.6
Syria	0.2	0.3	0.2	0.3	4.5	0.1%	75.4
United Arab Emirates	5.8	5.9	5.9	5.9	209.7	3.0%	91.8
Yemen	0.3	0.3	0.3	0.3	3.4	0.1%	480.7
Other Middle East	1	1	1	1	0.2	0.0%	48.4
<b>Total Middle East</b>	<b>61.6</b>	<b>73.7</b>	<b>75.5</b>	<b>75.9</b>	<b>2666.7</b>	<b>38.4%</b>	<b>109.9</b>
Algeria	3.9	4.3	4.9	4.3	151.1	2.2%	47.0
Egypt	1.0	2.1	2.1	2.1	75.5	1.1%	38.5
Libya	1.2	1.6	1.4	1.4	56.5	0.7%	145.9
Nigeria	3.3	5.0	5.3	5.3	188.8	2.7%	108.8
Other Africa	0.8	1.1	1.2	1.2	41.7	0.6%	44.2
<b>Total Africa</b>	<b>10.3</b>	<b>14.0</b>	<b>14.4</b>	<b>14.4</b>	<b>509.6</b>	<b>7.3%</b>	<b>61.0</b>
Australia	1.6	2.7	2.4	2.4	84.4	1.2%	18.4
Bangladesh	0.3	0.3	0.2	0.2	5.7	0.1%	5.9
Brunei	0.4	0.3	0.3	0.3	9.5	0.1%	21.4
China	1.4	2.7	6.1	6.1	214.4	3.1%	37.6
India	0.6	1.0	1.2	1.3	45.9	0.7%	46.9
Indonesia	2.2	3.2	2.9	2.8	97.5	1.4%	37.7
Malaysia	2.4	2.4	2.4	2.4	84.5	1.2%	33.0
Myanmar	0.3	0.3	1.2	1.2	41.3	0.6%	65.6
Pakistan	0.4	0.4	0.4	0.4	12.9	0.2%	19.2
Papua New Guinea	0.4	1	0.2	0.2	6.4	0.1%	17.8
Thailand	0.2	0.6	0.6	0.6	6.6	0.1%	8.0
Vietnam	0.4	0.3	0.2	0.2	8.8	0.1%	14.4
Other Asia Pacific	0.3	0.3	0.2	0.2	1.1	0.0%	18.4
<b>Total Asia Pacific</b>	<b>10.5</b>	<b>15.0</b>	<b>18.2</b>	<b>18.1</b>	<b>640.3</b>	<b>9.2%</b>	<b>28.7</b>
<b>Total World</b>	<b>139.8</b>	<b>170.2</b>	<b>196.1</b>	<b>196.9</b>	<b>6951.8</b>	<b>100.0%</b>	<b>59.9</b>
of which: OECD	13.0	15.7	19.7	19.4	696.8	9.9%	13.7
Non-OECD	117.7	154.5	176.4	177.4	6255.1	90.1%	72.5
European Union	3.5	2.5	1.1	1.1	39.5	0.6%	10.3

# Földgázkitermelés

- 15%-ban együtt történik a kőolaj kitermelésével.
- Létezik 100 bar saját nyomással rendelkező gázkút (rekordmélység 7,5 km).
- Száraz kutakból a gáz 60-80%-a saját nyomásától a felszínre jön. Vizes elárasztással a kitermelés 85-95%-os.
- Kitermelés további javítása - rétegtörés:
  - hidraulikus repesztés;
  - föld alatti kémiai robbantás;
  - föld alatti atomrobbantás (amerikai kísérlet a nukleáris fegyverek békés célú felhasználására – Project Gasbuggy, 1967).

# A földgáz szállítása

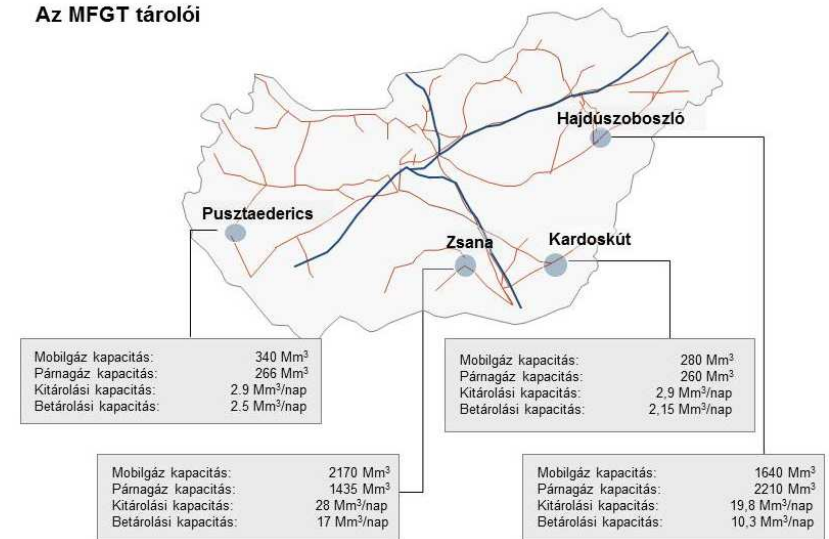
- Csővezetéken, gáz halmazállapotban
  - $\Delta p$
  - nagynyomású vezetékrendszer, gázátadó állomások
  - alacsonyabb nyomású elosztóvezetékek
  - nyomásemelő kompresszorállomások
- fogyasztónál a szállított gáz „minősége”: megfelelő forgalom és nyomás

# A földgáz szállítása



# A földgáz tárolása

Az MFGT tárolói



<http://www.magyarfoldgaztaro.hu/hu-HU/Tevekenysegunk/Gaztaro>

Fenntartható fejlődés és atomenergia

Dr. Aszódi Attila, BME NTI

102

# A földgáz tárolása

- Tárolók: 4 (MFGT) + 1 biztonsági: Szőreg (MMBF)
  - mobilgáz: a tárolható és kitermelhető gáz
  - párnagáz: nem kitermelhető
- Föld alatt
  - be- és kitárolás
  - kitárolás üteme nem változtatható tetszőlegesen
  - kitárolás során csökken a rétegyomás, így az elérhető maximális kitárolási teljesítmény is
  - be- és kitárolás iránya sem változtatható tetszőlegesen
    - jellemzően évente kétszer
  - **kimerült gáz- és olajmezők**, víztároló rétegben kialakított tároló, sötömbök

# A földgáz tárolása

- Szőreg-1 (SZBT-1)

<p><b>Napi csúcskapacitás</b></p> <p>Az a gázmennyiség, amely a létrehozott felszín alatti és felszín feletti létesítményekkel az adott technológiai korlátok mellett maximálisan felszínre hozható illetve betárolható naponta.</p> <p><b>A biztonsági tároló csúcskapacitása:</b></p> <p><b>20 M m<sup>3</sup>/ nap kitárolás</b></p> <p><b>10 M m<sup>3</sup>/ nap betárolás</b></p>		<p><b>Gázmennyiség (mobilgáz)</b></p> <p>Az a gázmennyiség, amely összességében a tárolóban elhelyezhető.</p> <p><b>A biztonsági mobilgáz mennyisége: 1200 M m<sup>3</sup></b></p>
---	--	--

7



# A földgáz tárolása



Központi létesítmény (SZBT-1), 2009. szeptember



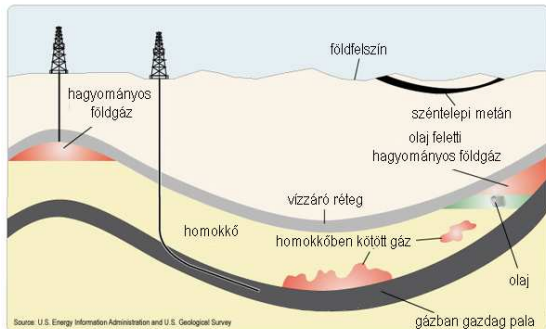
# Gáztüzelésű erőmű - Százhalombatta



**Dunamenti Erőmű – menetrendtartó erőmű**  
 Rendelkezésre álló teljesítőképesség 794 MW  
 „A Dunamenti Erőmű korábban a legnagyobb magyar erőmű volt jóval 2000 MW feletti teljesítőképességgel. Mára három része maradt a „G” blokk gázturbinával. A G1 blokk (a 14. sz. gép) 145 MW-tal, a G2 blokk (három géppel 241 MW CCGT), valamint a G3 erőműrész 408 MW-tal. A most hivatalosan 794 MW-os meglévő erőmű működési engedélye azonban 2031. dec. 31-ig hatályos. Megfelelő finanszírozás esetén azonban az egyes blokkok üzemidejének hosszabbítása is felmerülhet lehetőségként.”  
 Forrás: MAVIR-RTO-DOK-0018-00-2018-10-08

# Palagáz

- Geológiai agyagpala (finom üledékes kőzet) formációk üregeiben, mikroszkopikus csatornáiban megrekedt földgáz
- A palagáz kitermeléséhez rengeteg vízre van szükség
- Műszaki probléma esetén a felszín alatti vizek szennyeződhetnek, gázkitörések fordulhatnak elő



kép: [http://www.eia.gov/energy\\_in\\_brief/article/about\\_shale\\_gas.cfm](http://www.eia.gov/energy_in_brief/article/about_shale_gas.cfm) 2013.09.17.

## Így nyerhető ki a palagáz

A palagáz finom üledékes kőzetbe zárt természetes, nem hagyományos földgáz.



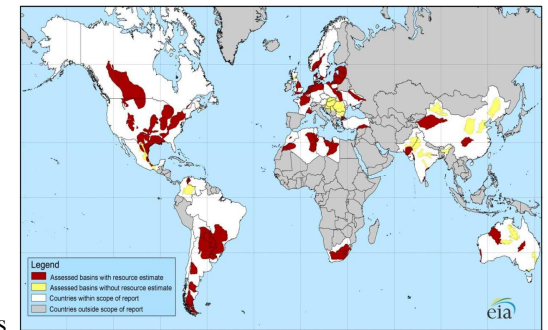
A legnagyobb lelőhelyek Svédországban, Lengyelországban és Ausztriában találhatók.

Egy palagáz-kút fúrásához 2200-4000 m<sup>3</sup> vízre van szükség.

forrás: <http://www.europarit.europa.eu/news/shunewe-room/content/20120913ST051335.htm?%C3%98Dgy%20nyer%20ki%20a%20palagaz%20k%20a%2012>  
 2013.08.17.

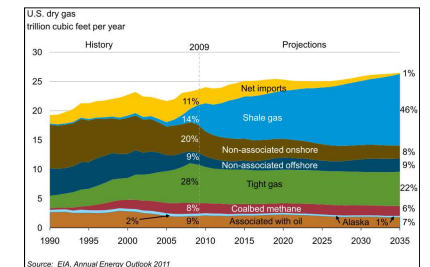
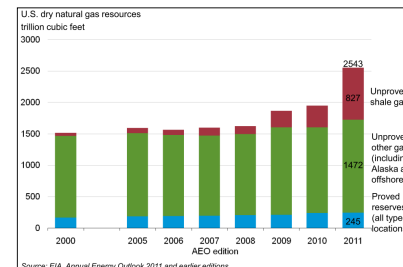
# Palagáz

- Világ:
  - 7200 tcf becsült palagáz készlet
  - bizonyított és becsült földgázkészletek: 15 583 tcf
  - ~47% lehetséges növekedés a földgázkészletekben



Source: U.S. Energy Information Administration

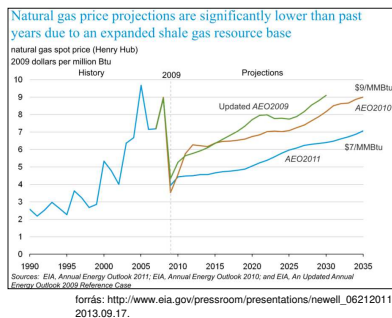
forrás: [http://www.eia.gov/pressroom/presentations/newell\\_06212011.pdf](http://www.eia.gov/pressroom/presentations/newell_06212011.pdf) 2013.09.17.



Source: EIA, Annual Energy Outlook 2011

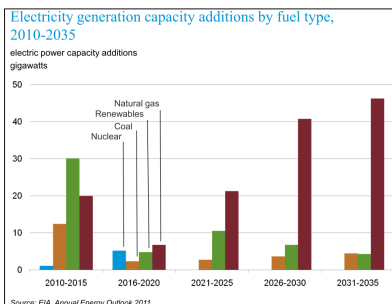
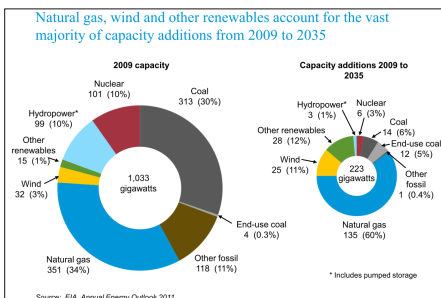
# Palagáz – USA

- már most a földgázár jelentős csökkenését okozta
- megváltoztathatja a villamosenergia-termelési mixet

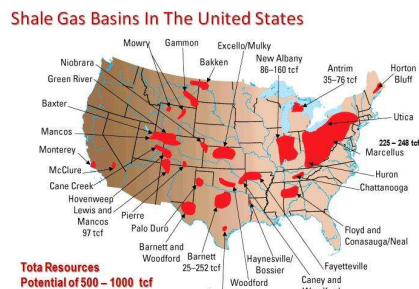
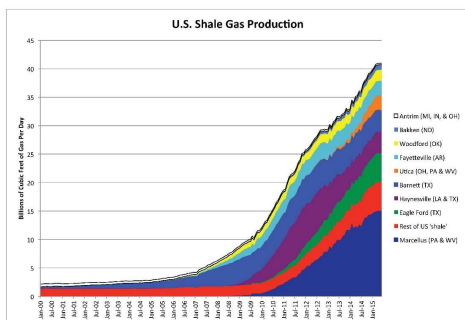


# Palagáz – USA – LNG export

- Az USA február óta exportál palagázt LNG formában
- Tőkeigényes beruházásokból terminálok készültek: Sabine Pass, Cameron LNG, Freeport, Coos Bay, Lake Charles, North Slope
- 65 millió tonna éves kapacitás áll kiépítés alatt;
- Első szállítmány: 2016. február 24. – Sabine Pass – Brazília
- 2016. júliusában két szállítmány a **Közel-Keletre**: Kuvaitba és Dubaiba;

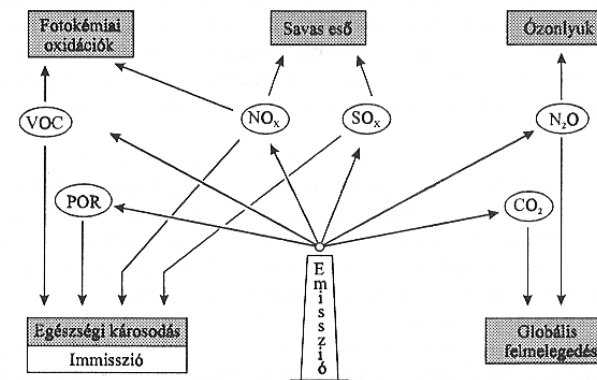


# Palagáz – USA – LNG export



- A Nemzetközi Energiaügynökség (IEA) 2017 júliusi jelentése szerint az USA 2020-ra a legnagyobb gázexportőrök közé tartozhat;
- A 2016 és 2020 közötti időtávra jóslt kitermelés-növekedés 40%-át az USA palagáz termelése adja majd,
- 2017-ben megérkezett az első LNG szállítmány az Egyesült Királyságba és Lengyelországba

# Fosszilis energiafelhasználás légszennyező hatása



11.1. ábra. A tüzelés légszennyező hatásai

VOC = Volatile organic compounds = illékony szerves vegyületek

## Főbb ellenőrző kérdések és témakörök

1. Ismertesse a termodinamika I. főtételét!
2. Ismertesse a termodinamika II. főtételét!
3. Mik a mennyiségi és minőségi veszteségek az energiaátalakításban?
4. Mik az energetikai nagyberendezések főbb típusai?
5. Ismertesse a hőerőgépek elvi felépítését és főbb típusait!
6. Ismertesse a Carnot körfolyamatot és annak hatásfokát!
7. Ismertesse a gőzturbinák működését (vázlatosan)!
8. Ismertesse a gázturbinák működését (vázlatosan)!
9. Mik a gázturbinák főbb típusai?
10. Ismertesse a gázturbinát moduláris atomreaktorral!
11. Melyek a mobil gázturbinák főbb típusai?
12. Hogyan alakul a gázturbina lapátok hőterhelése?
13. Ismertesse a kombinált ciklusú gázturbinás erőműveket!
14. Ismertesse a fosszilis energiahordozók keletkezését!
15. Mi az égéshő definíciója?
16. Mi a fűtőérték definíciója?
17. Mi az égéshő és a fűtőérték közötti különbség?
18. Ismertesse a szilárd és gáznemű tüzelőanyagok égésének folyamatát (vázlatosan)!

## Főbb ellenőrző kérdések és témakörök

19. Mi a legfontosabb fosszilis tüzelőanyagok fűtőértéke, jellemző nedvesség- és hamutartalma?
20. Ismertesse a mélyművelésű bányászatot!
21. Ismertesse a külszíni széntermelést!
22. Mik a szén szállításának módjai?
23. Mik a széntüzelésű erőművek tüzelőberendezéseinek fő fajtái és ismertesse röviden ezek működését!
24. Mekkora az USA szénvagyona?
25. Ismertesse a kőolaj lelőhelyek geológiáját!
26. Ismertesse a kőolaj lelőhelyek kutatását!
27. Ismertesse a kőolaj bányászatát, különböző kitermelési módszereket és azok kihozatali arányát!
28. Melyek a legfontosabb kőolajtermelő országok és mekkora készletekkel rendelkeznek?
29. Hogyan alakulnak a világpiaci olajárak és mekkora ennek a befolyása az egyéb energiahordozók áraira?
30. Ismertesse a „peak-oil” elméletet!
31. Ismertesse a kőolajfinomítás lépéseit!
32. Ismertesse a földgáz lelőhelyek geológiáját és kutatását!
33. Ismertesse a földgáz bányászatát!
34. Ismertesse a világ földgázkészleteit!
35. Ismertesse a földgáz szállítását és tárolását!