

# ***Megújuló energiaforrások I.***

**Dr. Ivelics Ramón PhD.  
egyetemi adjunktus**

**PTE MIK Mérnöki és Smart Technológiák Intézet  
Környezetmérnöki Tanszék**

# ENERGIAHORDOZÓK ÉS JELLEMZŐI

Energiahordozók csoportosítása.

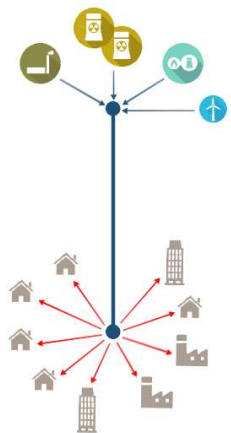
Energiahordozók és jellemzői  
(fosszilis, nukleáris és egyéb).

Az energia megjelenési formája	Példa	A példában szereplő maximális energia, MJ
Kinetikus (mozgási)	1 kg tömeg 48 km/h sebességgel mozog	0,000 09
Potenciális (helyzeti)	1 kg víz energiája az alapszint feletti 500 m magasságban	0,005
Hő	1 kg 373 K hőmérsékletű víz energiája a 293 K alaphőmérséklethez viszonyítva	0,34
Villamos energia	230 V feszültségen 1 A erősségű áram 1 órán keresztül folyik	0,83
Napsugárzás energiája	Teljesen derült időben, déltájban 1 m <sup>2</sup> földfelszínt 1 órán keresztül érő napsugárzás	3,4
Kémiai energia	1 kg olaj levegőben szén-dioxiddá és vízzé való elégetésekor	45
Atomenergia	1 kg 235-ös urán hasadása	80 000 000

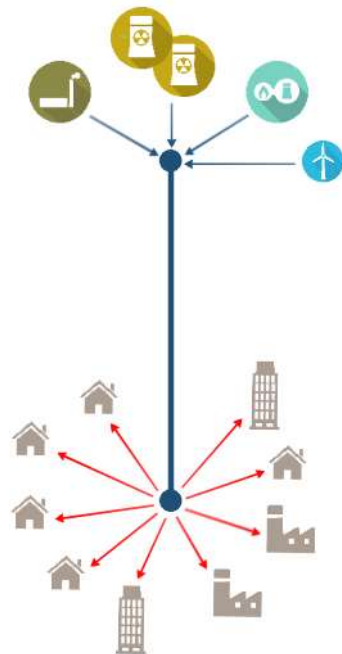
	Mechanikai	Hő	Villamos	Sugárzás	Kémiai	Nukleáris
Mechanikai	egyszerű gépek, hajtások hidraulikus gépek, vízturbina	súrlódás	generátorok, mikrofon	tribo- és krisztalloszonolumineszcencia	mechano-kémiai jelenségek	részecskegyorsító
Hő	hőerőgépek	abszorpciós hűtőgép	hőelem	hősugárzás, izzólámpa	endoterm kémiai reakciók	fúzió kiváltása
Villamos	villamos motorok	villamos fűtés, Peltier-elemes hűtés	transzformátor, tranzisztor	gázkisülések	elektrolízis, akkumulátor	részecskegyorsító
Sugárzás	radiométer	abszorpció, infra-sugárzó	fényelem, vevőantenna	fluoreszcencia, lézer	fotoszintézis fényképezés	párkeltés, fúzió lézerrel
Kémiai	izom, ozmózis, sugárhajtómű,	exoterm kémiai reakciók, égés	galván-elem, tüzelő-anyag cella	kemolumineszcencia, biolumineszcencia	kémiai reakciók	
Nukleáris	hasadás	atomreaktor	termoelektromos reaktor, izotópos áramforrás	radioaktivitás	kötések módosulása	fúzió, fission

Erőgép	Hatásfok, %	
	erőgép önmagában	elsődleges energiahordozóra vetítve
Dugattyús gőzgép	12..20	8..14
Gőzturbina	78..90	35..45
Benzinmotor	20..32	17..27
Diesel-motor	30..45	25..38
Gázturbina	30..40	21..25
Vízturbina	85..96	82..94
Szélmotor	30..40	6..15
Villamos motor	85..95	28..32

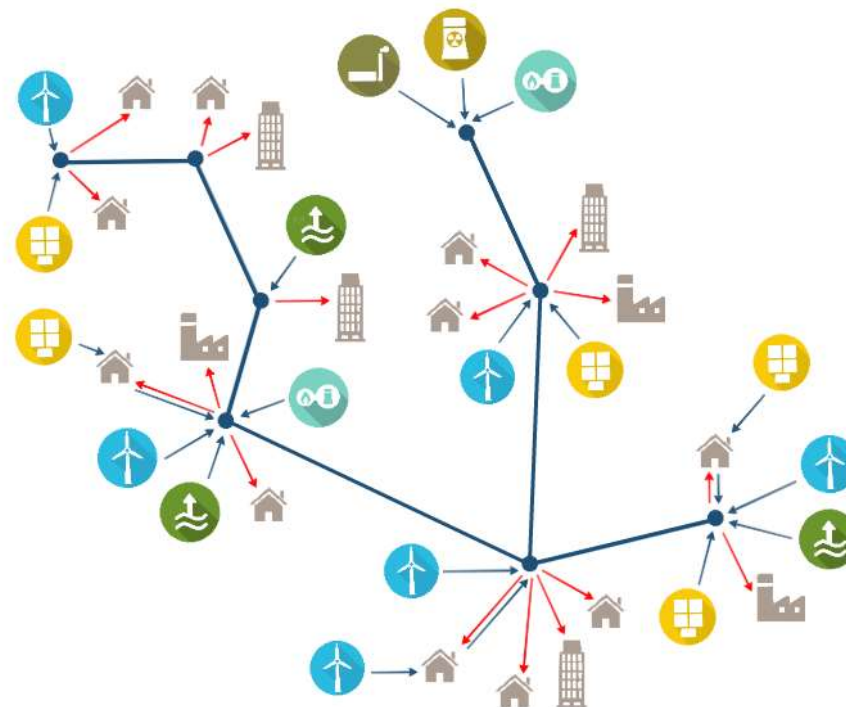
Hagyományos, centralizált energiarendszer



Hagyományos, centralizált energiarendszer

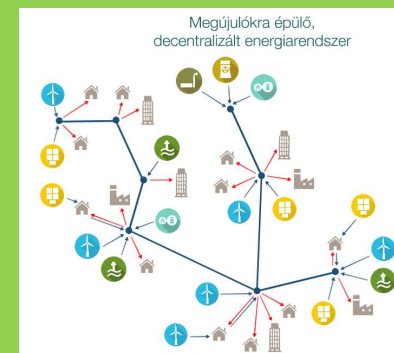


Megújulókra épülő, decentralizált energiarendszer



## Az energiaellátás rendszerstruktúrája

Energiahordozók előállítása	Energiahordozók szállítása	Energia végfelhasználás
	elosztása	
	tárolása	



# Energiahordozók és -források

## **Primer vagy elsődleges energiahordozók:**

a természetben található eredeti állapotban lévő energiahordozók (ásványi szén, kőolaj, földgáz, nukleáris energiahordozók, stb.), amelyek általában az energetikai folyamatok kiinduló közegei - kimerülő energiaforrások.

a természetben található és munkavégzésre használható erők (napsugárzás, szél, áramló víz, tengeri energia, biomassza, stb.) - megújuló energiaforrások.

## **Szekunder vagy másodlagos (átalakított) energiahordozók:**

a primer energiahordozók átalakítása során jönnek létre, eltérő fizikai és/vagy kémiai tulajdonságokkal rendelkező új energiahordozók. (gőz, melegvíz, villamos energia, koks, különböző olajtermékek, nukleáris fűtőelemek).

# ***Alapfogalmak***

- *alap (primer) energiahordozók:*  
energetikailag hasznosítható ásványi anyagok (pl. szén, kőolaj);
- *alap (primer) energiaforrások:*  
munkavégzésre használható természeti erők (pl. napsugárzás, szél, víz);
- *átalakított (szekunder) energiahordozók:* a primer energiahordozóktól fizikai tulajdonságaikban különböző anyagok (pl. brikett, benzin, gázolaj).



# ***Alapfogalmak***

- *végső energiahordozók*: az átalakított (szekunder) energiahordozóktól fizikai és kémiai tulajdonságaikban különböző energiahordozók (forró víz, gőz, villamos energia stb.);
- *hasznos energiahordozók*: a fogyasztó szempontjából hasznos energiaformák (mozgási-, helyzeti-, fényenergia stb.);

# Primer energiahordozók csoportosítása kimerülésük alapján

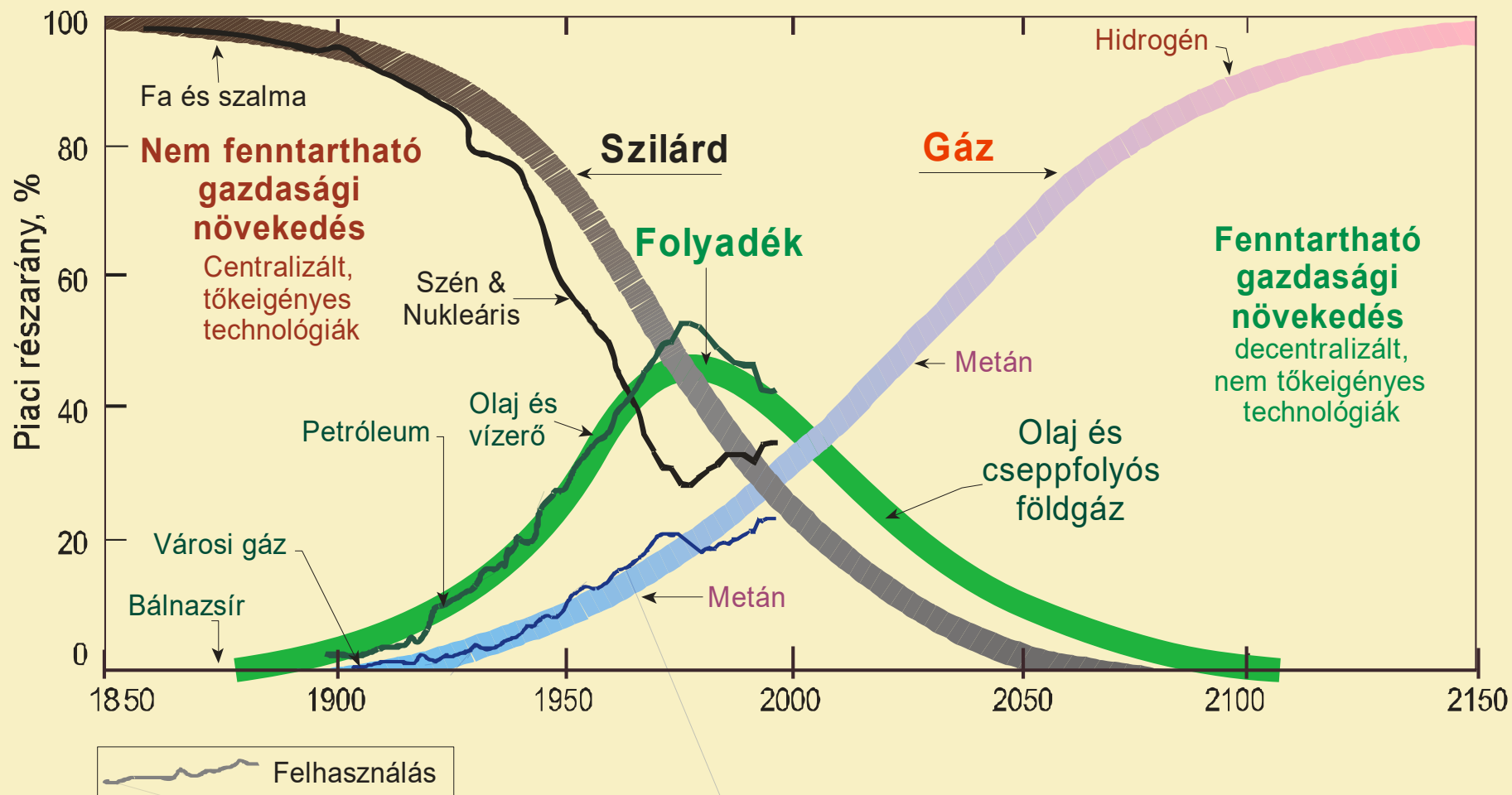
## Kimerülő energiahordozók

- kémiai tüzelőanyagok:
  - szén, kőolaj, földgáz, egyéb,
- nukleáris tüzelőanyagok:
  - fissziós, fúziós,
- *geotermikus energia*
- exoterm reakciók

## Megújuló energiahordozók

- napenergia: napsugárzás, fotoszintézis, szél, hőfokkülönbségek, stb.
- *szél,*
- *bioenergia: izomerő, biomassa, mikrobiológiai reakciók,*
- gravitáció: árapály.

# Energiahordozók evolúciója



# Természeti erőforrások

## természeti erőforrások

kimerülő (stock)

részben meg-  
újuló, meg-  
újítható:

megújuló (flow)

felhasználva  
elfogyasztott:

szén,  
kőolaj,  
földgáz,  
hasadó-  
anyagok

elvileg visz-  
szanyerhető:

elemi  
ércek és  
ásványok

hulladék asz-  
szimulációs  
képesség,  
talaj termőké-  
pesség

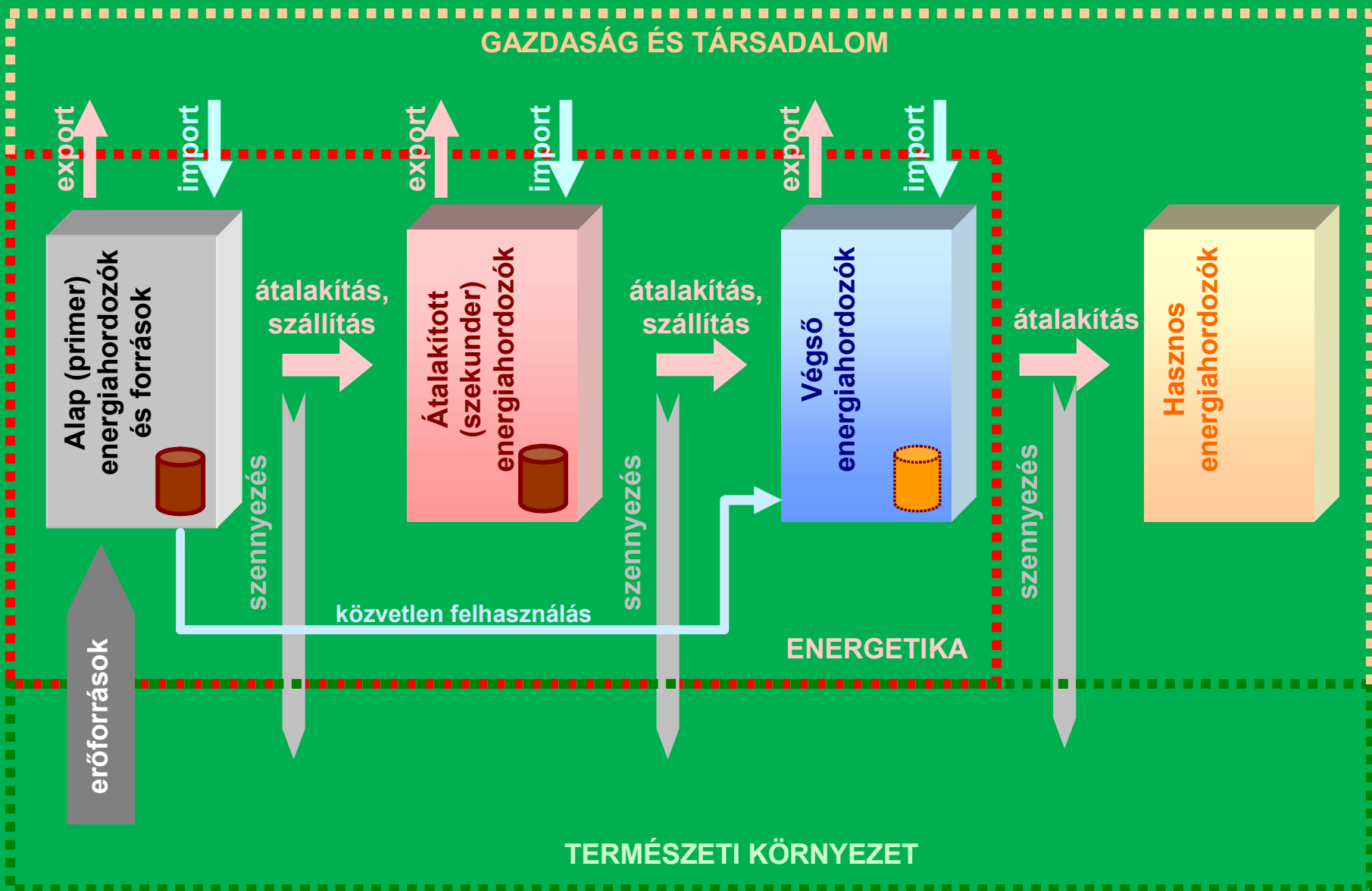
kritikus:

növényzet,  
termőtalaj,  
vízkészlet,  
halállomány

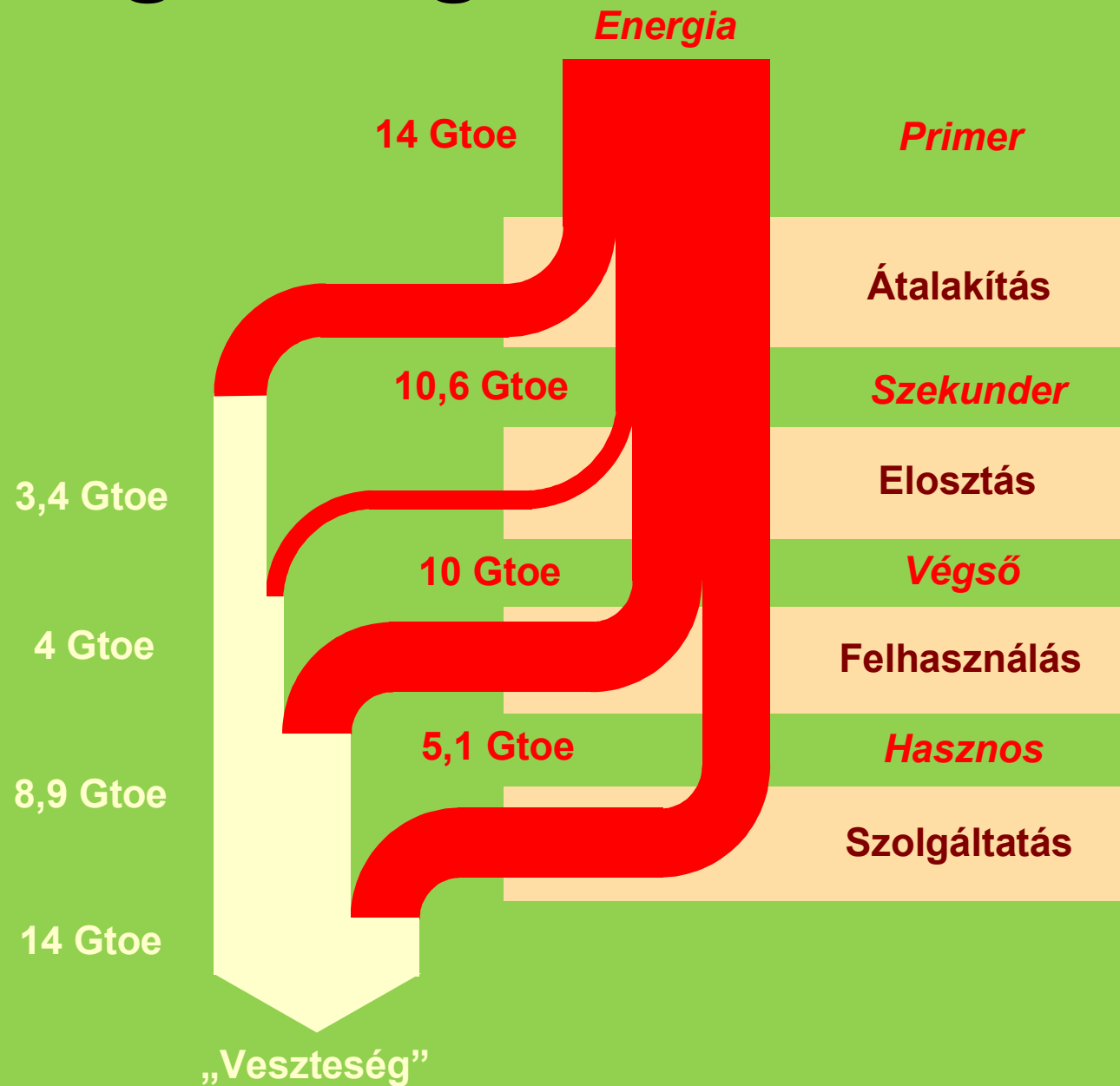
nem kritikus:

napenergia  
szél-  
vízenergia,  
árapály

# Energiaátalakítási lánc



# Világ energiafelhasználása



# Energiahordozók

Izomerő: az emberi munkavégzés egy napi lehetősége 1,5-3 MJ = 100 g szén hőegyenértékét is alig éri el.

Magyarország összesített elméleti munkavégző képessége 2-3 PJ.

Energiahordozók első jelentős bővülése: tüzelőanyagok megjelenése (biológiai eredetű - megújuló, kimerülő).

Új eljárások. Nukleáris energiatermelés.

Legújabb eljárások.

# Energiahordozók jellemzése I.

Tüzelőanyag	fűtőérték
Kémiai reakció	szabad energia
Hő-körfolyamatok	entalpia, exergia
Áramló közegek	teljes energia
Villamos jelenségek	térfogategységre eső teljesítmény



# Energiahordozók jellemzése II.

## Az energiahordozók jellemzői

Energetikai jellemzők (energiatartalom, égéshő, fűtőérték, stb.)

Anyagjellemzők (hamu-, nedvességtartalom, sűrűség, egyéb jellemzők, stb.)

# Energiahordozók jellemzése III.

## Anyagjellemzők

- Kémiai összetétel,
- Vegyi összetétel,
- Hamutartalom,
- Víztartalom,
- Sűrűség,
- Ásványi anyagtartalom.

## Energetikai jellemzők

- Égéshő,
- Fűtőérték,
- Fajlagos energiatartalom,
- egyéb tüzeléstechnikai jellemzők.

# Égéshő - Fűtőérték

**Égéshő** (Higher Heating Value): az a hőmennyiség, amely egységnyi tömegű fűtőanyagból szabadul fel annak elégetése során, és a keletkező vízgőzt kondenzáltatjuk.  $\text{Égéshő} = f(\text{C}, \text{H}, \text{N}, \text{S}, \text{O})$

**Fűtőérték** (Lower Heating Value): az a hőmennyiség, amely egységnyi tömegű fűtőanyagból szabadul fel annak elégetése során, és a keletkező vízgőzt nem kondenzáltatjuk.  $\text{Fűtőérték} = f(\text{C}, \text{H}, \text{N}, \text{S}, \text{O}, \text{nedvesség- és hamutartalom})$

**Mértékegység:** KJ/kg (MJ/kg, GJ/t).

**Fajlagos energiatartalom:** MJ/m<sup>3</sup>.

# Hamu- és nedvességtartalom

## Hamutartalom

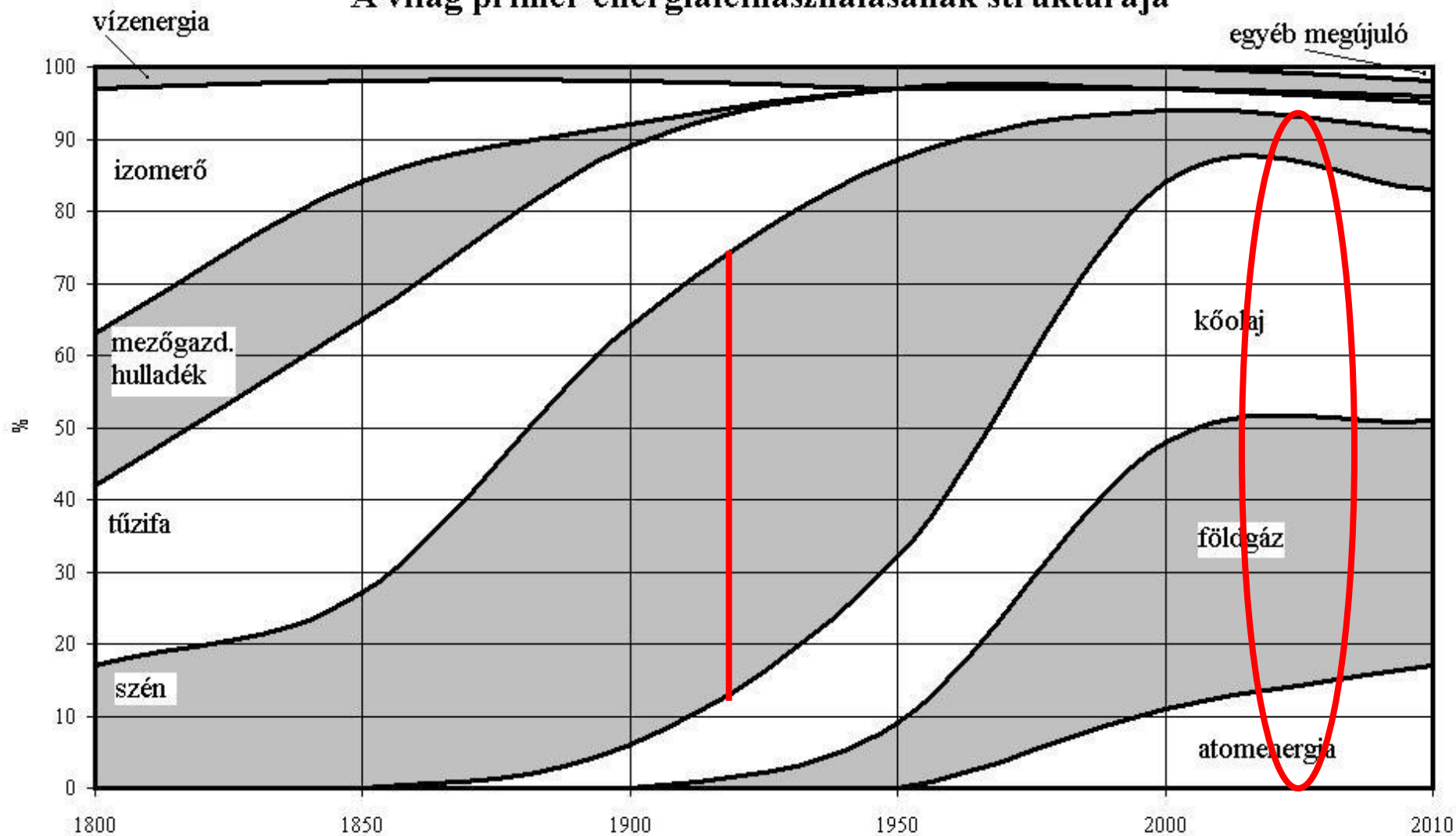
- éghetetlen ásványi szennyezőkből keletkezik az égés során.
- összesült darabjai: *salak*,
- szálló por formájában távozó része: *pernye*.

## Nedvességtartalom

- *durva nedvességtartalom*: fizikai erők: felületi adszorpció, keveredés (eltávolítása - természetes száradással, szárítással).
- *egyensúlyi nedvességtartalom*: légszáraz, 100 °C felett távozik el (fizikai és kémiai erők: kolloid oldat, kapilláris nedvesség),
- *analitikai nedvességtartalom*: megegyezés szerinti °C-on (általában 105 °C-on) eltávolított nedvességtartalom,
- *szerkezeti nedvességtartalom*: csak a vegyületek szétbontásával, magas hőmérsékleten távolítható el.

# A világ primer energiafelhasználásának arányai

A világ primer energiafelhasználásának struktúrája



# Fosszilis energiahordozók

Kialakulásuk: kedvező feltételek (megfelelő nyomás, hőmérséklet) mellett az elhalt élőlényekből alakultak tüzelőanyagokká, geológiailag is hosszú idő alatt.

Kondenzált napenergiát testesítenek meg.

(Megújulóknál tárolt napenergia.)

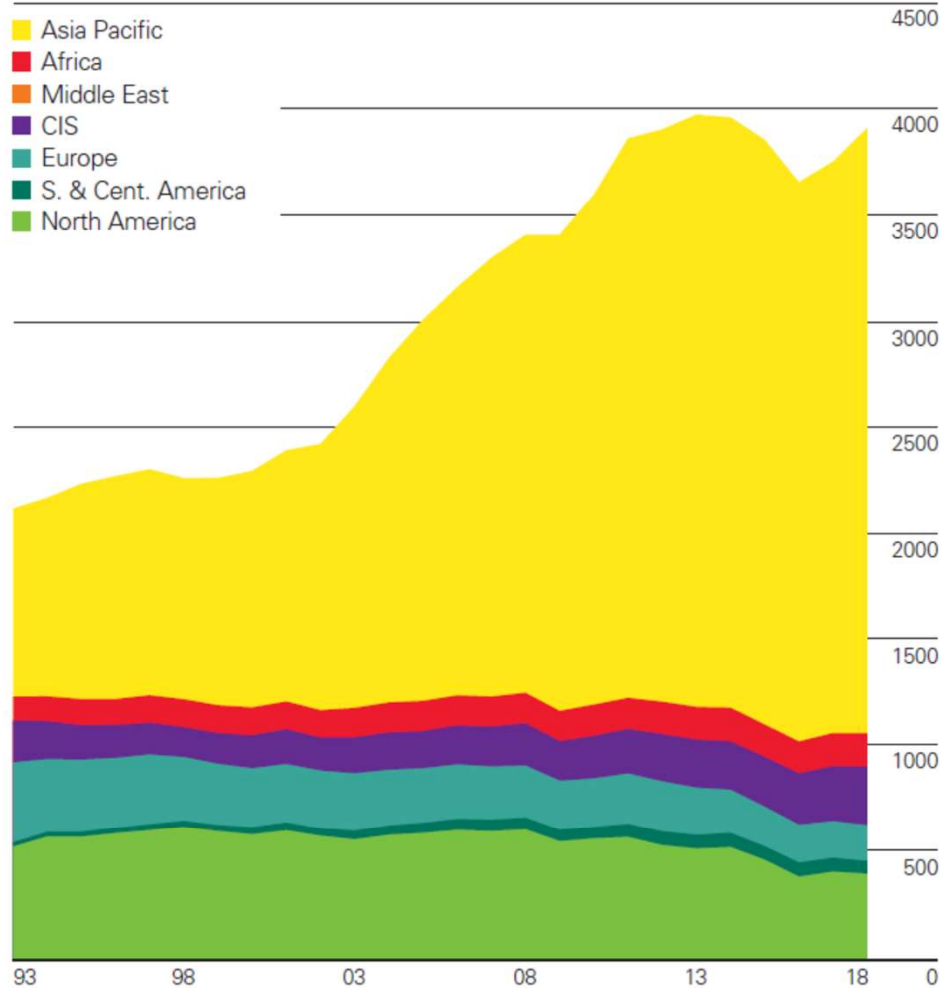
Legfontosabb képviselői: szén, kőolaj, földgáz, stb.

A fosszilis bázisú energiatermelésre jellemző a *környezet erős károsítása*:

- felhalmozott anyagok - jelen légkörben (CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, pernye, salak, stb.).

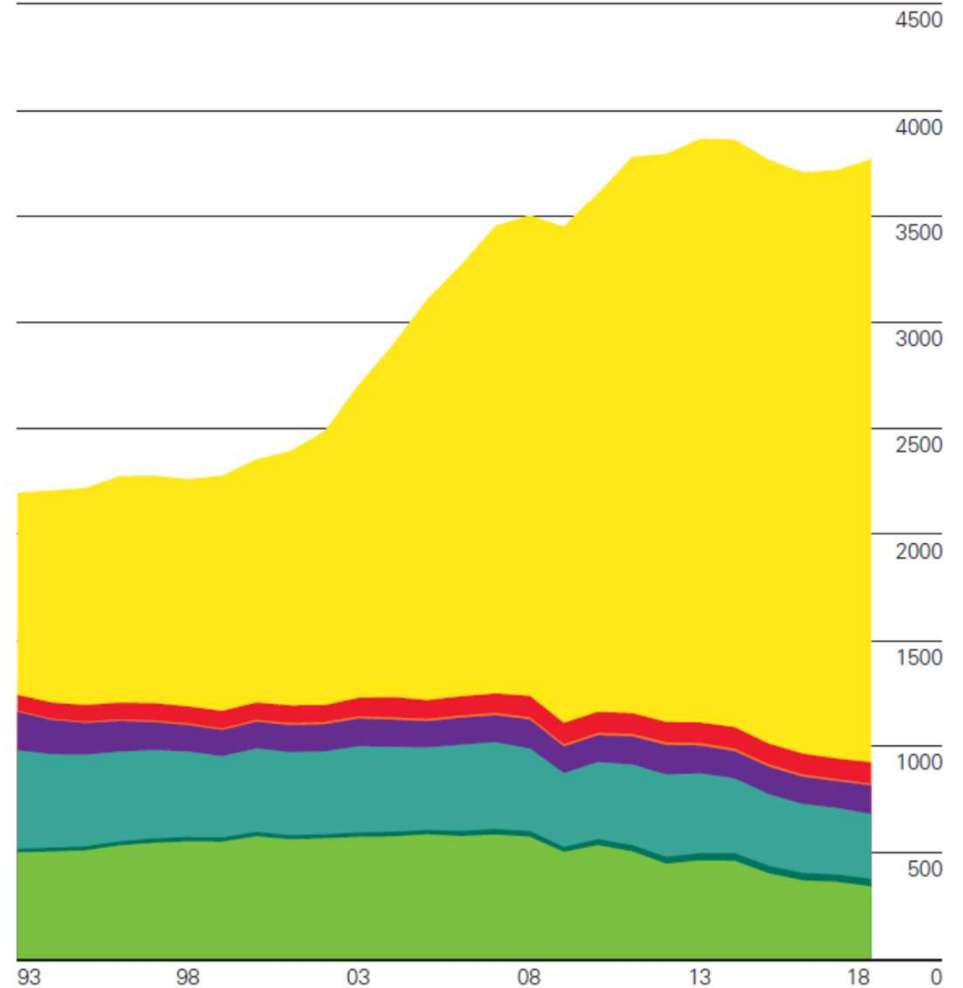
## Coal: Production by region

Million tonnes oil equivalent



## Coal: Consumption by region

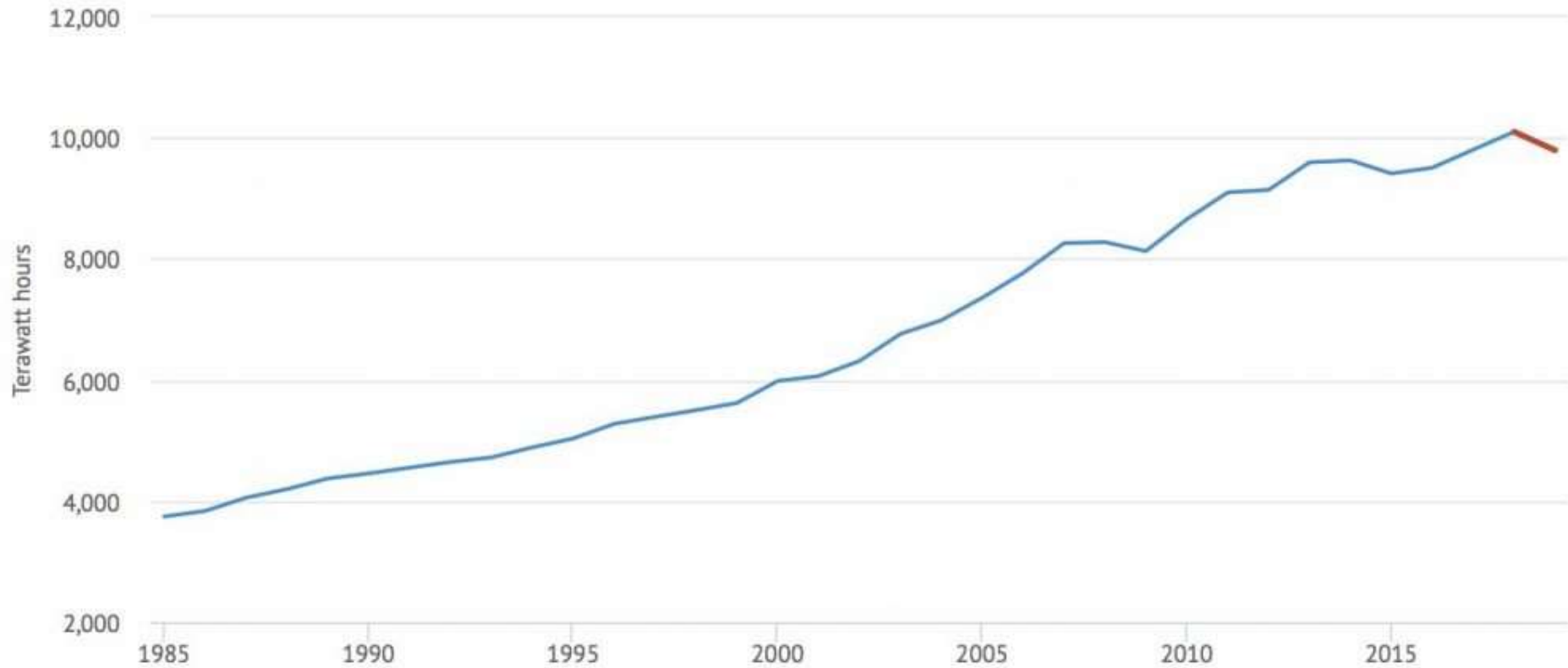
Million tonnes oil equivalent



Global coal production increased by 4.3% in 2018, significantly above the 10-year average of 1.3%. Production growth was concentrated in Asia Pacific (163 mtoe) with China accounting for half of global growth and Indonesian production up by 51 mtoe. Coal consumption increased by 1.4% in 2018, the fastest growth since 2013. Growth was again driven by Asia Pacific (71 Mtoe), and particularly by India (36 Mtoe). This region now accounts for over three quarters of global consumption, while 10 years ago it represented two thirds.

## Global **coal power** is on track for a **record fall in 2019**

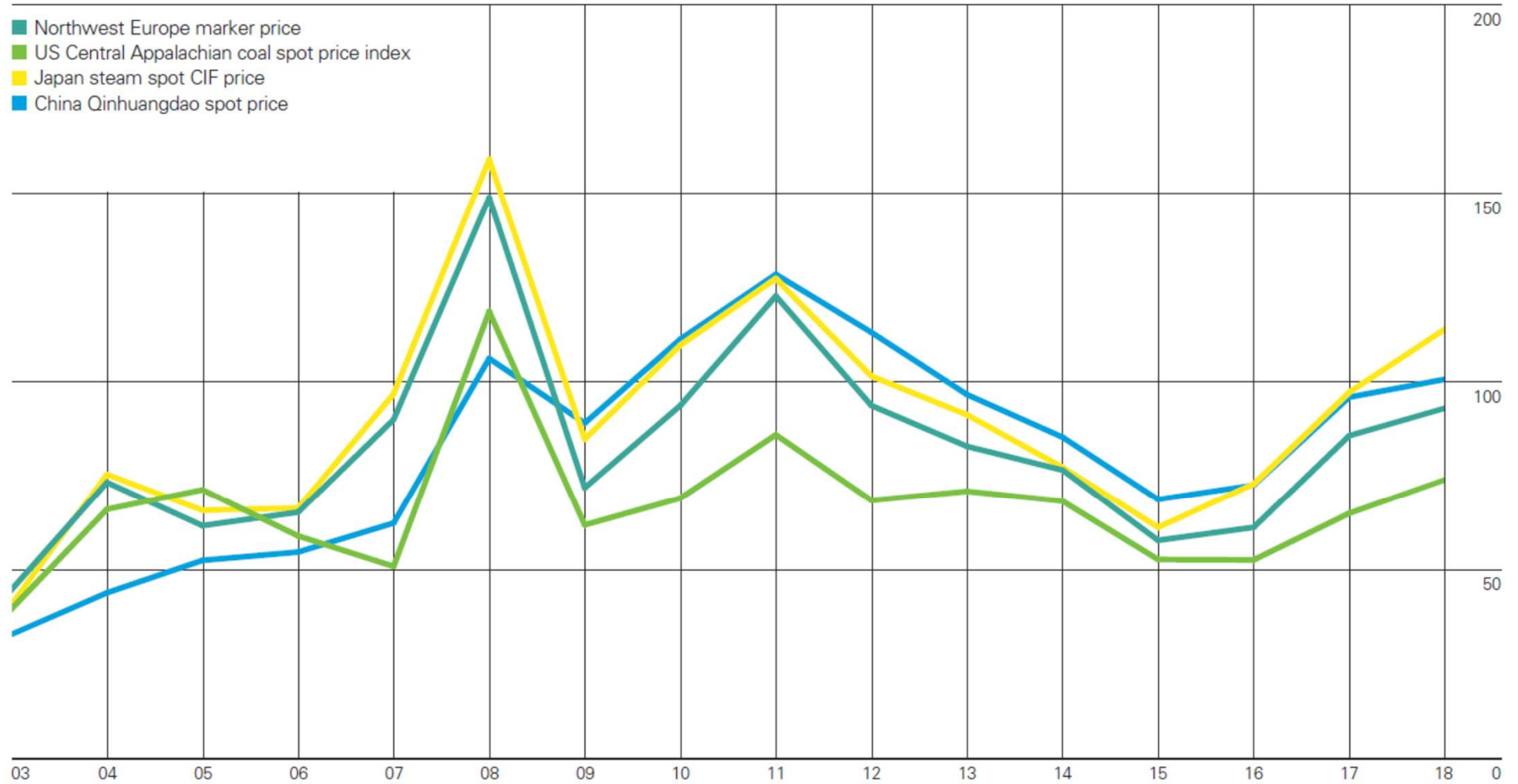
Projection based on analysis of national electricity sector data



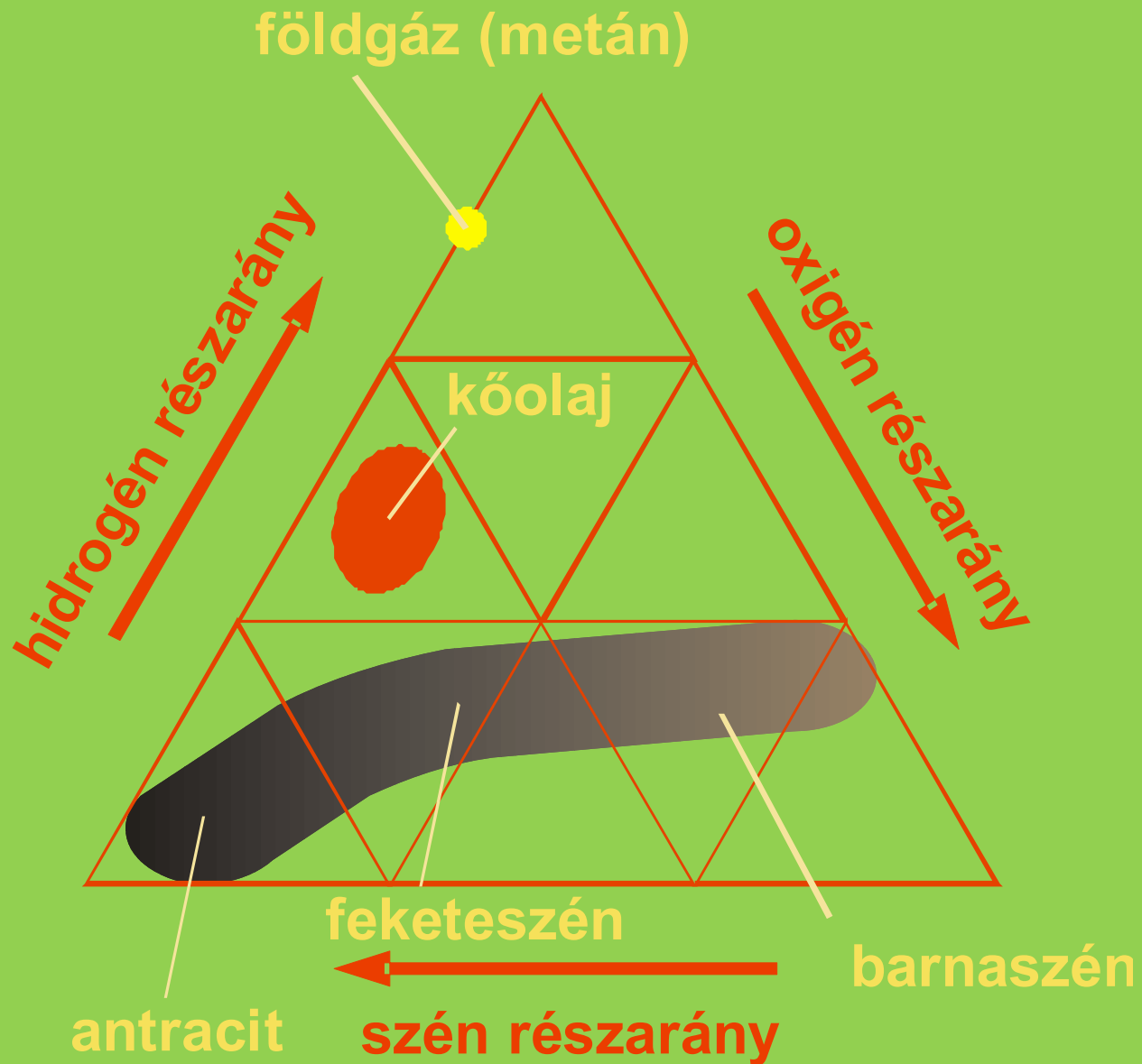


## Coal prices

US dollars per tonne



# Tüzelőanyagok



# A szén kialakulása I.

A szén a legbőségesebben rendelkezésre álló ásványi tüzelőanyag,

- a gazdaságosan kitermelhető ásványi tüzelőanyagok 80 %-a,
- a szén kialakulása: hosszú földtani korszakok alatt lehetséges
  - *1. tőzegesedés*: a szénképződés első fázisa: végterméke a *tőzeg*
    - a víz alá került elhalt növények nagy molekulái mikroorganizmusok hatására, hosszú idő alatt lejátszódó biokémiai folyamatok közben kisebb molekulákra bomlanak,
    - frissen fejtett tőzeg nedvességtartalma 80-90 % - nem igazán tüzelhető.
    - levegőn szárítva 20-25 %-ra csökkenthető - fűtőértéke 15,5 - 17,5 MJ/kg,
    - tehát kis sűrűségű (0,1...0,8 kg/dm<sup>3</sup>), nagy nedvesség tartalmú, ezért nehezen szállítható, rossz tüzelőanyag,
    - tőzegtüzelésű megvalósítható blokknagyság felső határa: 400-700 MW,
    - a világ becsült tőzegovagyonának hőegyenértéke  $3 \cdot 10^{21}$  J = 3000 EJ, ebből évente kb. 80 millió tonnát (1-2 EJ-t) termelnek ki.

# A szén kialakulás II.

- a szén kialakulása:
  - 2. szenülés: a szénképződés második fázisa:
    - a hegyképző erők hatására a földkéreg belsejében került tőzeg átalakul - jellemző folyamat a karbonizáció (karbon tartalom növekedése → nő a fűtőértéke).
    - a szenülés mértéke és az így kialakult szén tulajdonságai függenek:
      - egyes geológiai korok növényi anyagának összetételétől,
      - földkéregben uralkodó viszonyoktól (nagyobb nyomás és magasabb hőmérséklet → polimerizáció, kondenzáció → *kőszén*).
- *kőszén*: kolloid szerkezetű, 5000-nél nagyobb molekulásúlyú szénvázis szerves vegyület (70 %-a benzol gyűrűben helyezkedik el).
  - Összetevői: huminiték, oxiniték, kitiniték, bitumenitinek

# A szén fajtái

Koruk alapján: barna- és feketeszeneket különböztetünk meg.

Feketeszeneket 150...350 millió évvel ezelőtti karbon és jura kori mocsárerdők szolgáltatták.

Barnaszének 60...75 millió évvel ezelőtti kréta és eocén kori sűrű láperdőkből keletkeztek.

Magyarországon:

mecseki feketeszen - jura kori,

barnaszének - kréta kori.

Barna- és feketeszenek elkülönítése: 23,87 MJ/kg (egyensúlyi nedvességtartalomra és hamumentes mennyiségre vonatkoztatva).

Tüzeléstechnikai gyakorlatban 17-20 MJ/kg hamutartalommal.

# A szén fajtái - barnaszének

## Kemény barnaszén - **barnaszén** (40%-nál kisebb nedvességtartalmú)

- fajtái: földes, lágy, fénytelen, fényes, stb.
- hátránya: szerkezetéből adódik (kolloidálisan kötött víz, sok szerves és szervetlen vegyület kapcsolódik a kristallitaihoz),
- 10-17 MJ/kg fűtőértékű,
- hamutartalma és nedvességtartalma alacsonyabb, mint a lignité,

## Lágy barnaszén - **lignit** (40%-nál nagyobb nedvességtartalmú)

- lignit fűtőértéke 3,5...10 MJ/kg,
- Legfiatalabb szén, szerkezete erősen fás,
- magas hamu- és nedvességtartalmú,
- előnye : nagy mennyiségben található nem túl vastag takarórétegek alatt,
- külfejtéssel könnyen kitermelhető,
- csak nagy erőművekben lehet gazdaságosan eltüzelni.

# A szén fajtái - feketeszenek

Fűtőértéke: 17...33 MJ/kg,

Nedvességtartalma: 5...15 %,

Hamutartalma alacsonyabb, mint a barnaszéneké.

Fajtái:

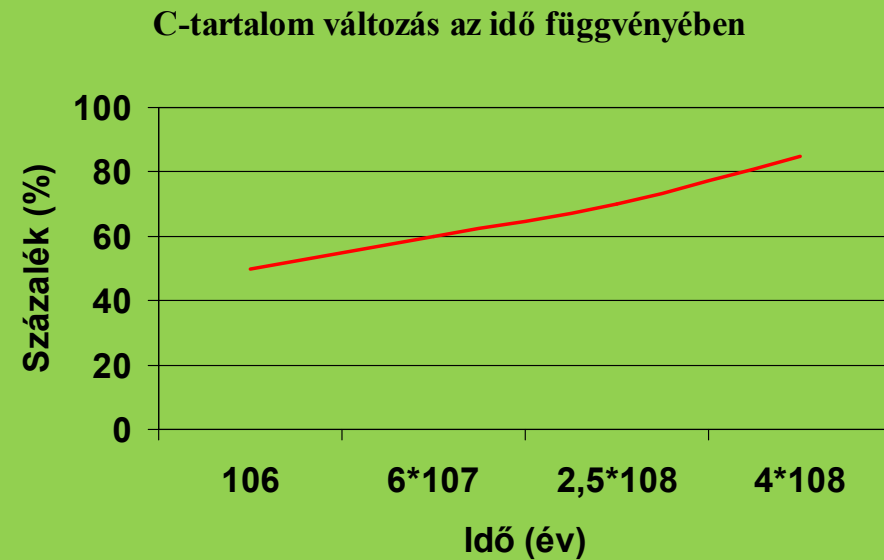
- lángszén,
- gázszen,
- kovácsszen,
- kokszszen (zsírszen),
- gyengén sülő szen,
- sovány szen,
- antracit.

A feketeszenek szerkezete homogénebb, mint a barnaszéné.

# A szén minőségének időfüggése

A szén minősége időfüggő.

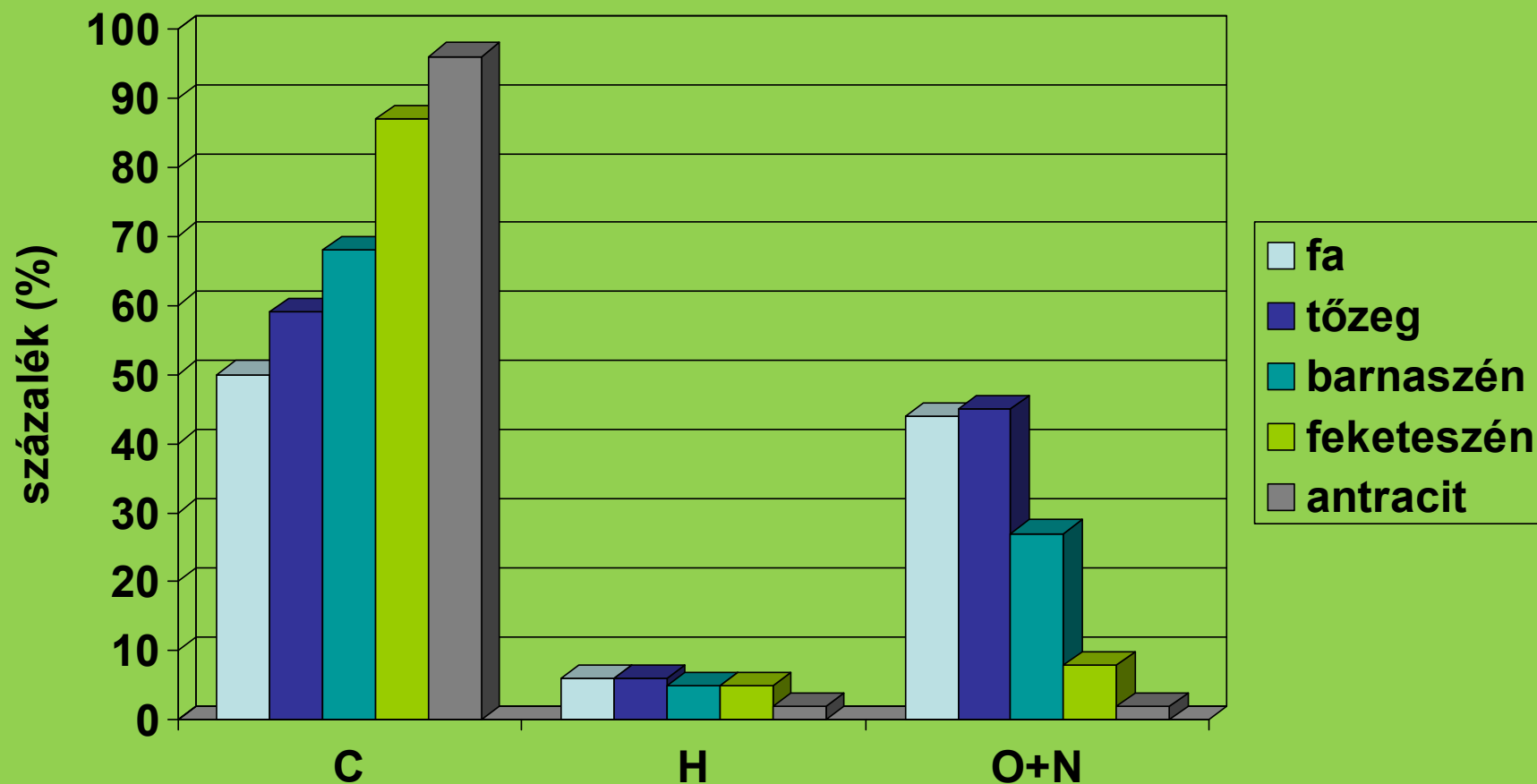
- tőzeg (lignit) vagy lágý barnakőszén (viszonylagos összetétel:  $C_{60}H_{70}O_{25}$ )  $10^6$  év,
- fényes barnakőszén ( $C_{60}H_{50}O_{16}$ )  $6 \cdot 10^7$  év,
- feketekőszén ( $C_{60}H_{45}O_5$ )  $2,5 \cdot 10^8$  év,
- antracit ( $C_{60}H_{15}O_1$ )  $4 \cdot 10^8$  év.





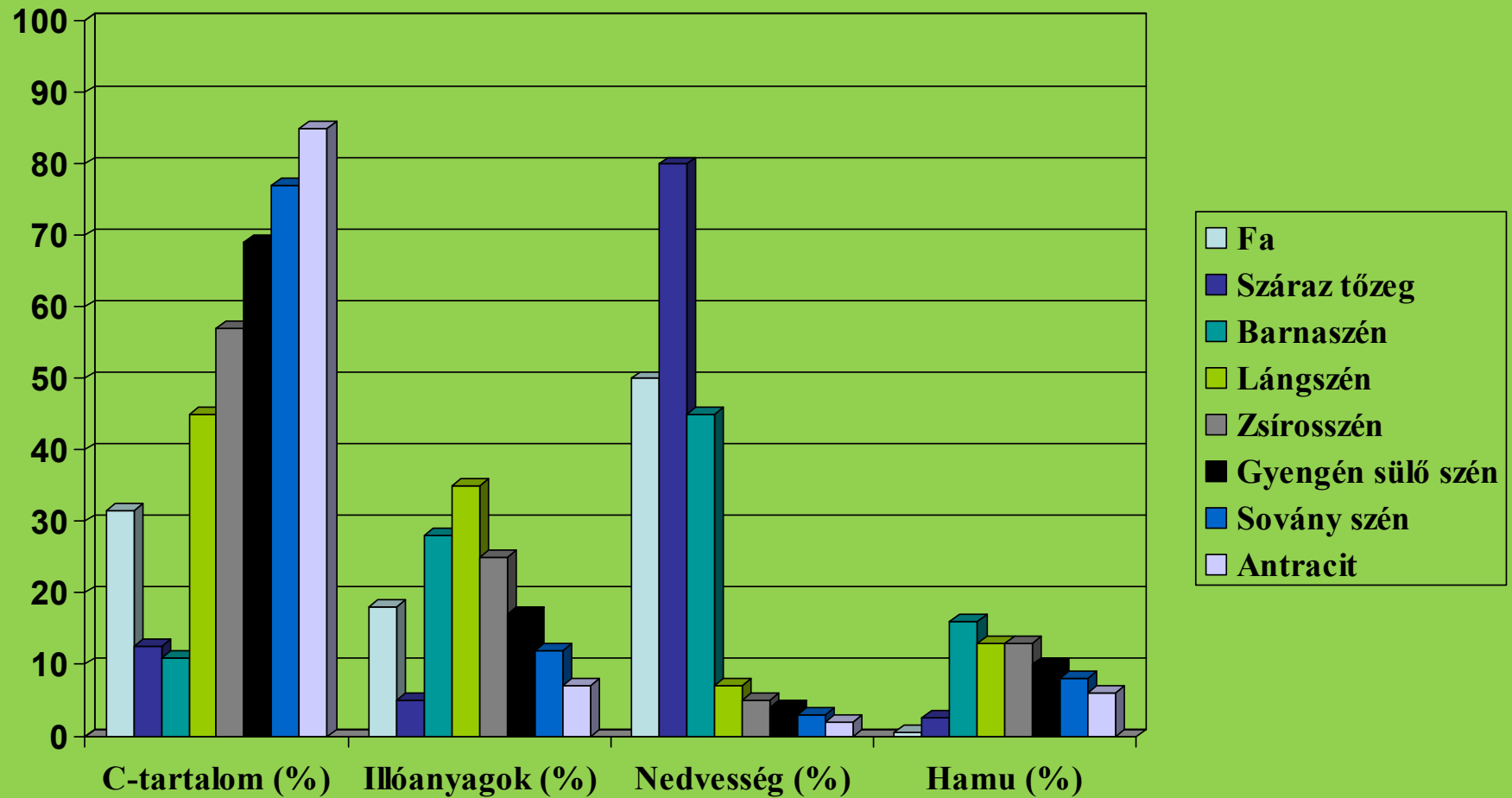
# A szén fajták elemi összetétele

(átlagos értékek)



# A szén fajták tulajdonságai

(átlagos értékek)



# A szén kéntartalma

Szenek kéntartalma jelentős: 1-5 %.

Szerves kén, szulfid kén = éghető kén.

Szulfát kén.

Legtöbb része  $\text{SO}_2$  formájában a füstgázzal eltávozik.

Savas esők.

Moratórium lejárt.

Kéntelenítés.

Áttérés más energiahordozókra.

## A szén hamutartalma

Hamutartalom 2...60 % (átlagosan 25 %).

Szabad hamu: a bányászkodás során a szénhez keveredett.

Kötött hamu: fizikai eljárással nem eltávolítható.

Jó minőségű szenek hamualkotói savasak (Si, Al).

Minél gyengébb a szén összetétele annál nagyobb a bázikus alkotók aránya (Ca, Mg, Na).

Nehézfémek.

# A szén bányászata és szállítása

Leghatékonyabb módszer a külfejtés.

Fele akkora a beruházási értéke, mint a mélyművelésű bányászaté.

Környezetvédelmi engedély. Tájbaillesztés. Rekultiváció.

Hazai külszíni fejtések. (Mátrai erőmű - lignit, barnaszén)

Mélyművelésű bányák.

Külfejtéses lignit vagy mélyművelésű barnaszén.

Újabb technológiák:

- fejtés automatizálás,
- föld alatti elgázosítás.

A szén szállítása. A bánya és az erőmű távolsága.







# Hazai szén előfordulás és bányászat

Hazánkban 4 milliárd t technikailag kitermelhető szén van:

- 600-700 Mt kőszén,
- 1 milliárd t barnaszén,
- 3 milliárd t lignit.

Pécs, Komló *kőszén* 10-20 MJ/kg, magas hamu- és kéntartalom,

Veszprém, Ajka *barnaszén* kb. 12 MJ/kg, 3-4 % kén-, 24-40 % hamutartalom,

Oroszlány, Tatabánya, Dorog *barnaszén* 15 MJ/kg, 3 % kén-, 40 feletti hamutartalom,

Lyukóbánya (Észak-Magyarország) *barnaszén* 10 MJ/kg, 3 % kén- és 35-40 % hamutartalom,

Visonta, Bükkábrány *lignit* 6-7 MJ/kg, 1-1,5 % kén-, 35-40 % hamu- és nagyon magas nedvességtartalom.



# Ásványi szenek

nedvesség és hamutartalom



fűtőérték



33..17 MJ/kg

17..10 MJ/kg

10..3,5 MJ/kg



fekete kőszén  
karbon kor  
(350..300  
millió év)



feketeszén  
jura kor  
(200..150  
millió év)



barnaszén  
kréta kor  
(125..75  
millió év)



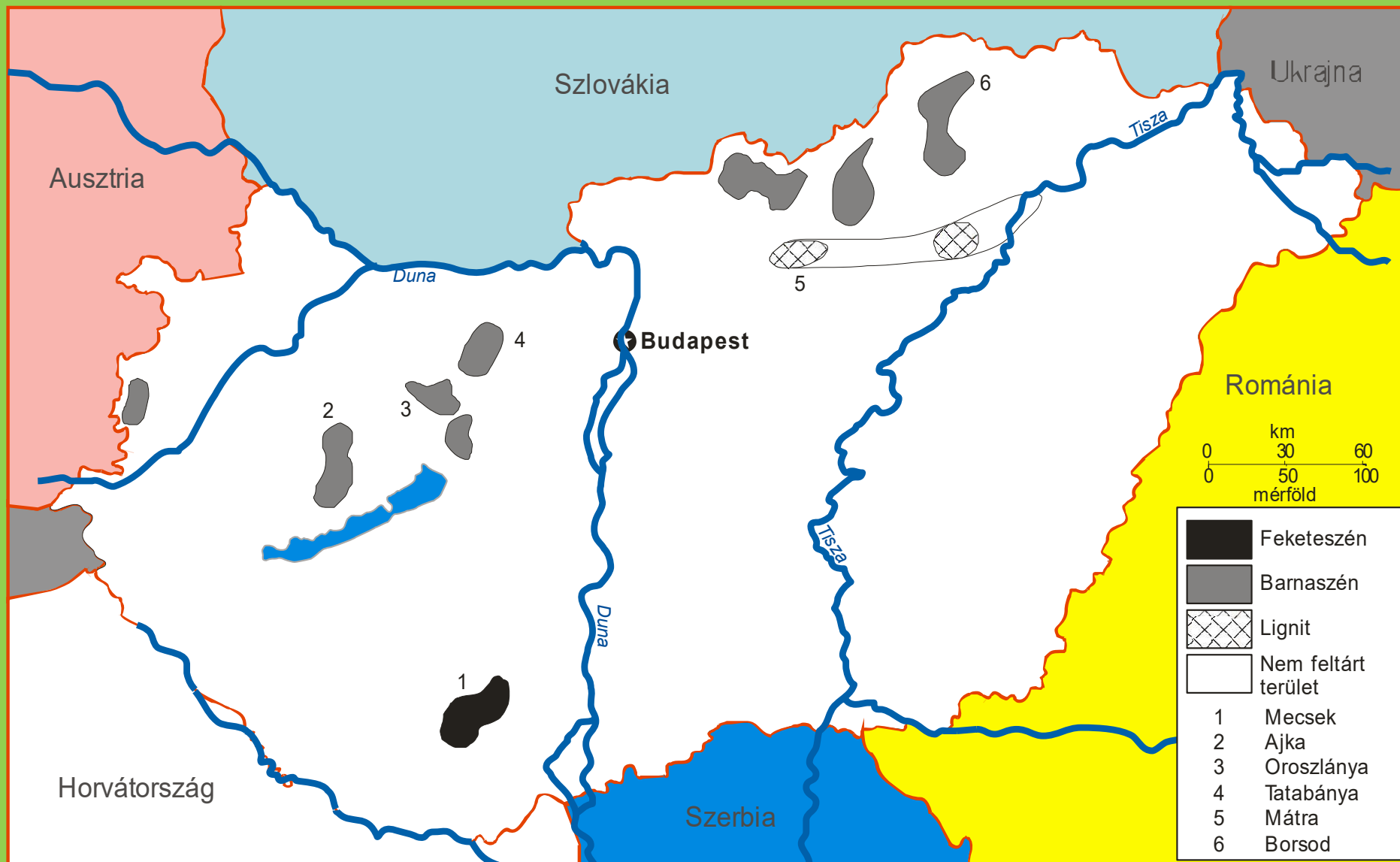
barnaszén  
eocén kor  
(75..60  
millió év)



lignit  
pleisztocén  
(kb. 1  
millió év)

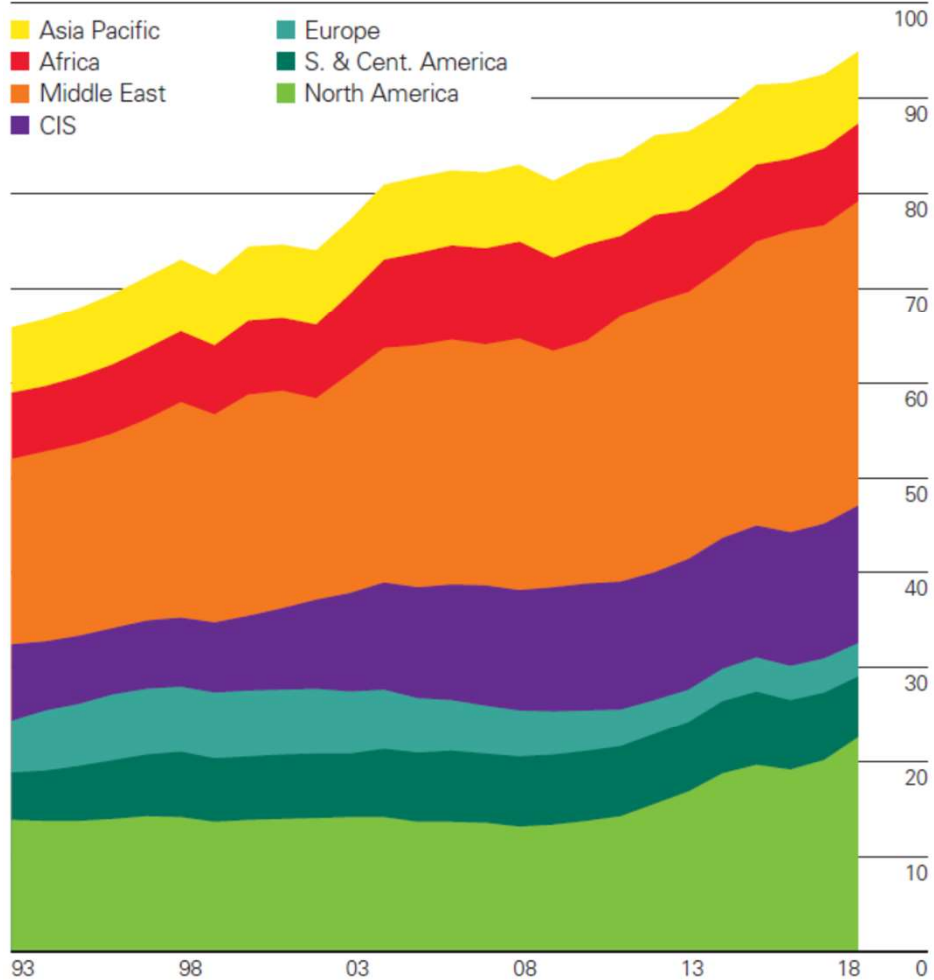


# Magyarország széntelepei



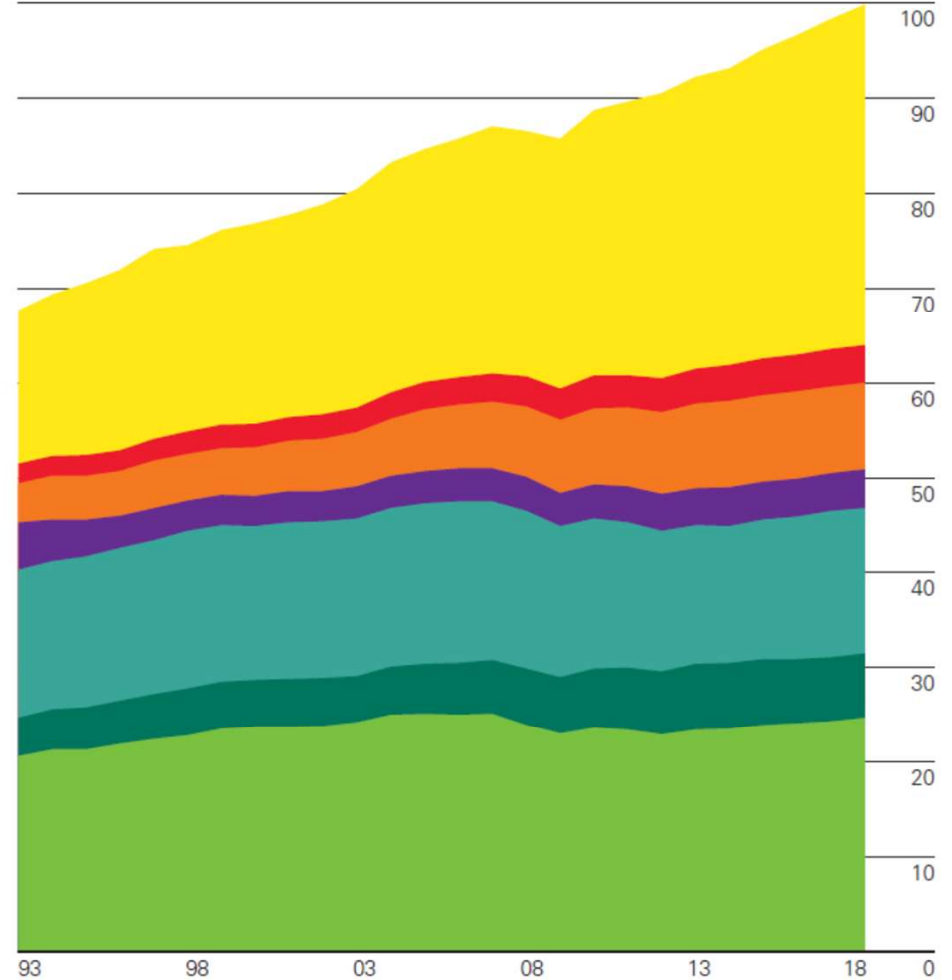
## Oil: Production by region

Million barrels daily



## Oil: Consumption by region

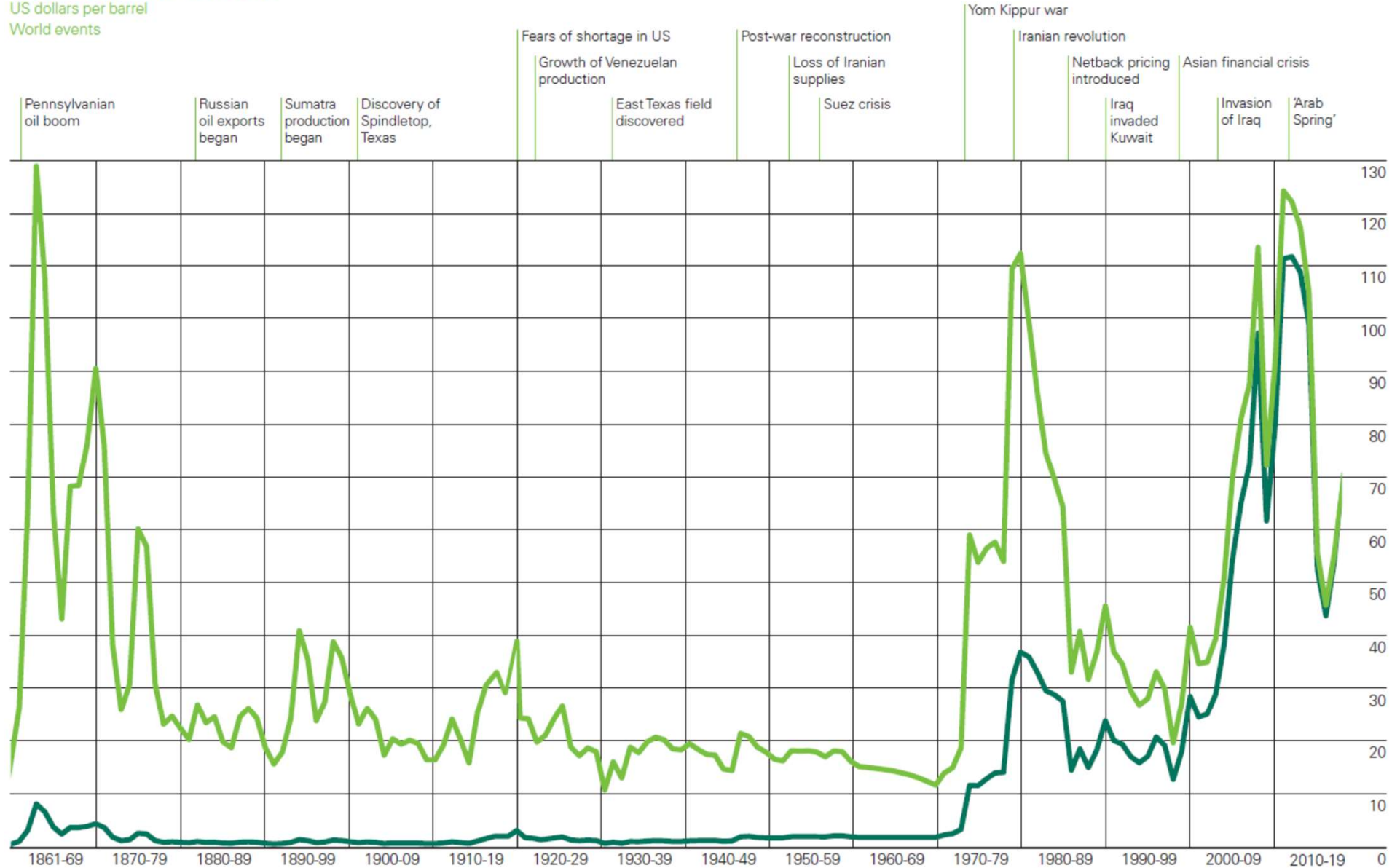
Million barrels daily



Global oil production increased by 2.2 million b/d in 2018. Growth was heavily concentrated in the US (2.2 million b/d), Canada (410,000 b/d) and Saudi Arabia (390,000 b/d) while oil production declined sharply in Venezuela (-580,000 b/d) and Iran (-310,000 b/d). OPEC production declined by 330,000 b/d while non-OPEC production increased by 2.6 million b/d. Oil consumption in 2018 grew by an above average 1.4 million b/d. China (680,000 b/d) and the US (500,000 b/d) accounted for the majority of this year's growth.

# Crude oil prices 1861-2018

US dollars per barrel  
World events

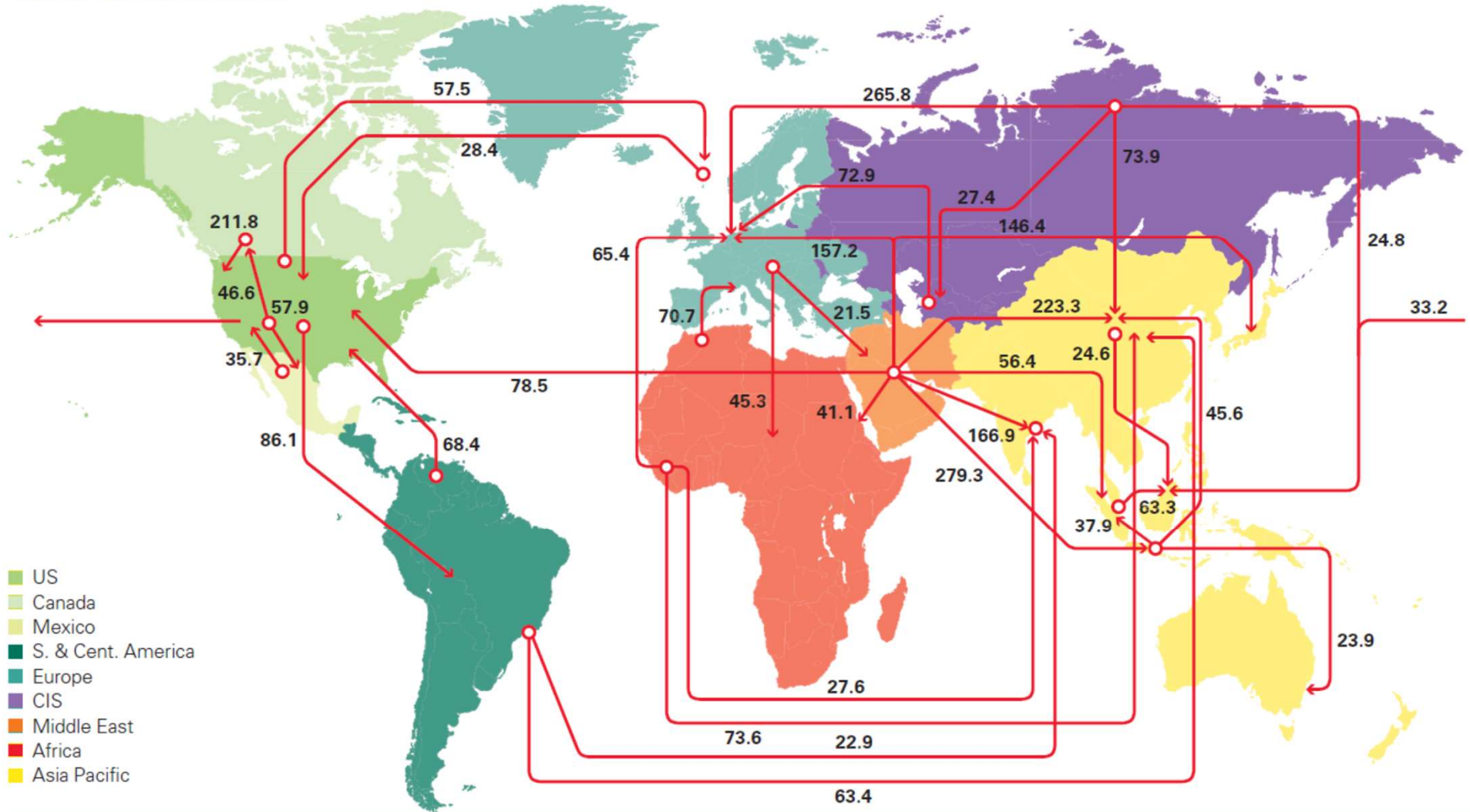


■ \$ 2018 (deflated using the Consumer Price Index for the US)  
■ \$ money of the day

1861-1944 US average.  
1945-1983 Arabian Light posted at Ras Tanura.  
1984-2018 Brent dated.

## Major trade movements 2018

Trade flows worldwide (million tonnes)



# A kőolaj keletkezése

Keletkezése: a tengerekben elhalt és a fenékre süllyedt állati és növényi szervezetek, elsősorban egysejtű lények alkotta iszap, a **szapropél**, levegőtől elzártan, mikroorganizmusok hatására bekövetkező bomlásának terméke. (zárórétegek között található, 15 km-ig)

Nagyobb kőolajtelepek: arab-, szaharai-, Volga-Urál -vidéki, Észak-Amerikai, vagyis a nagy földtáblák felhalmozódásánál.

Magyarországon: triász kori tenger üledékeiből származik.

Szapropél eredete, kora, bomlásának körülményei, geológiai feltételek különböző minőségű olajokat eredményez: változik a viszkozitás, a szín, a folyósság, a konzisztencia, a molekulasúly, az aszfalttartalom.

# A kőolaj összetétele

Nagy részét szénhidrogének alkotják (35...75 %).

Főleg telített nyílt szénláncú molekulákból áll.

Nyersolajok osztályozása a sűrűségük alapján: paraffin bázisú (Algyő), intermedier, naftén és aszfalt bázisú (Nagylengyel), H/C arány minél nagyobb annál kisebb a sűrűség.

Elfogadott az API (American Petroleum Institute) sűrűség skálája.

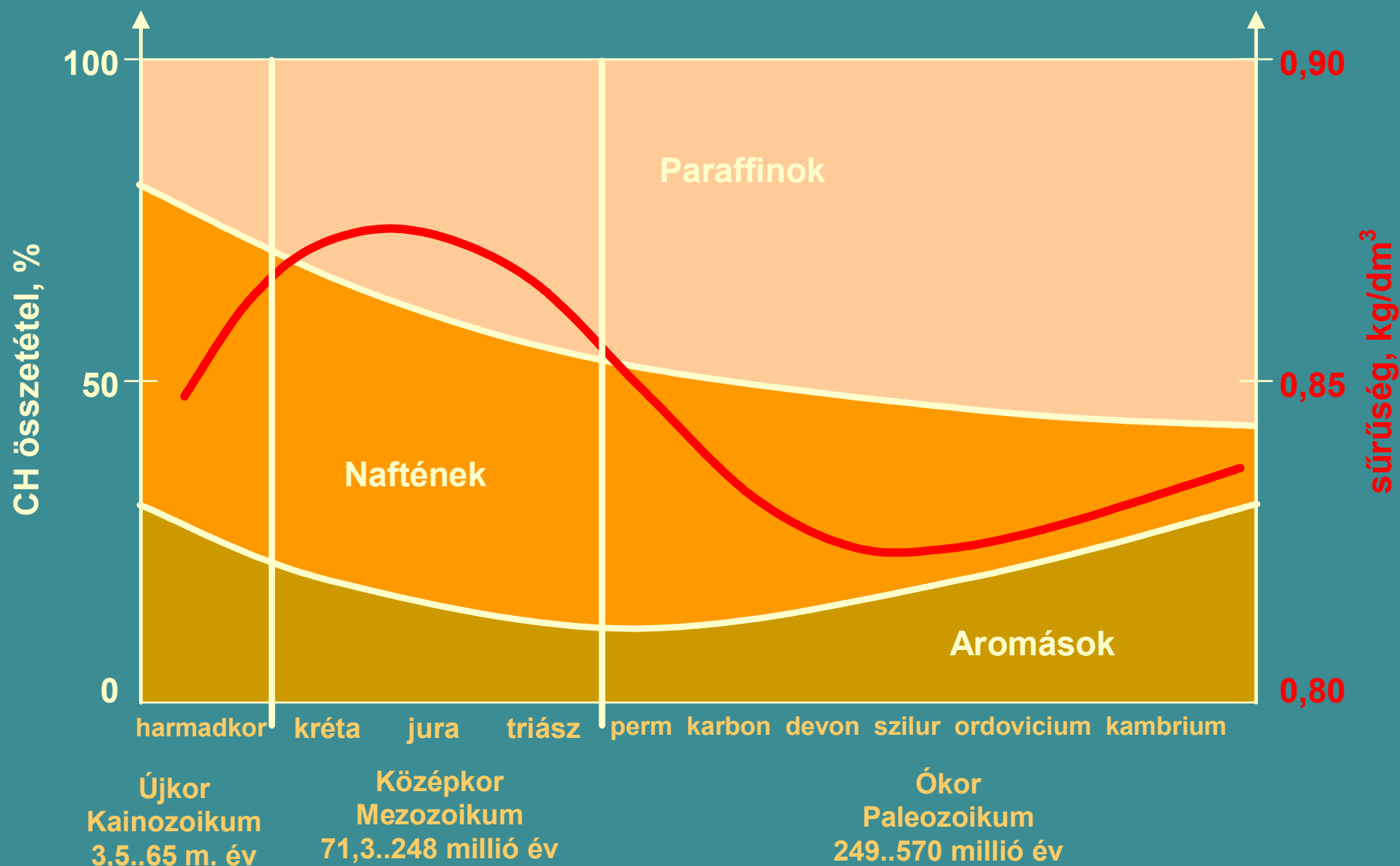
Kőolaj megadása: sűrűség, származási hely.

Ezen kívül sós vizet, oldott gázokat (metán, kén-hidrogén, szén-dioxid és egyéb), ásványi szennyezések, szilárd kolloid részecskék is találhatóak.

Hazai kőolaj legfontosabb előfordulása: Lovászi, Budafa, Nagylengyel, Algyő.



# Kőolajtípusok kor szerint



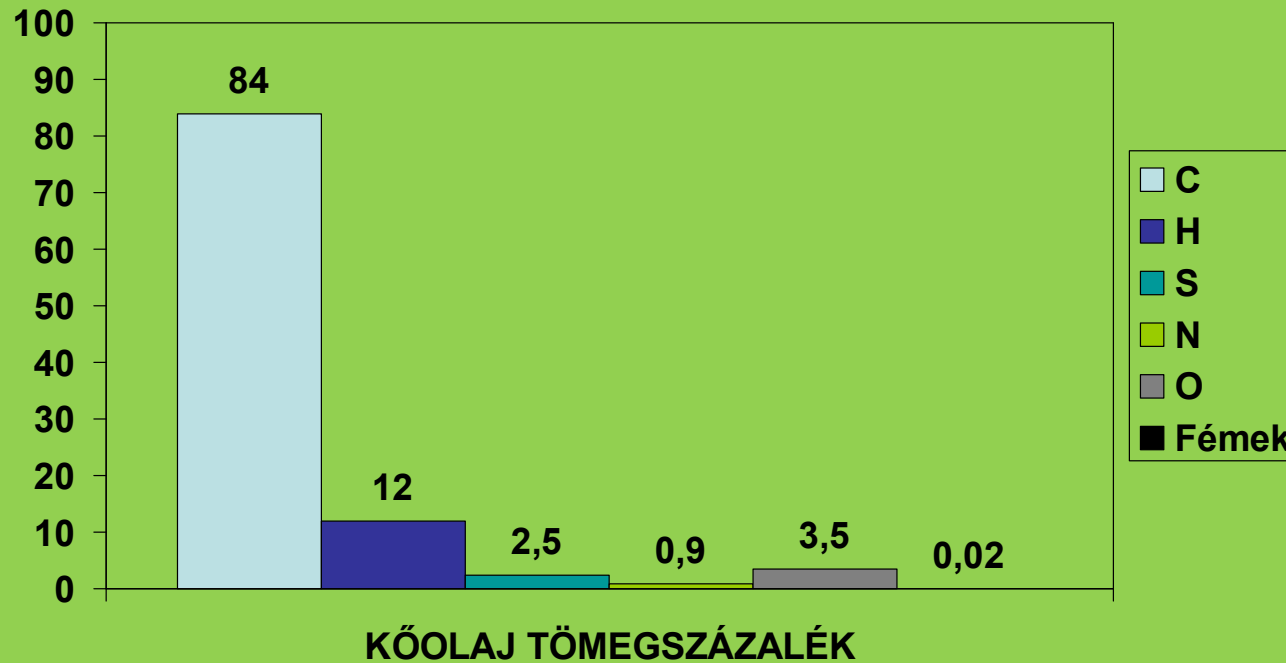


# Olajkereskedelem

Nemzetközi olajkereskedelem, Mb/d



# A kőolaj elemi összetétele a víz és a gáz leválasztása után



Kéntartalom: 0,01 - 5%. Hazánkban algyői 2,5%,  
nagy lengyeli 3,5 %.

SO<sub>3</sub>, korrozív, savak esők.

Minősítés kéntartalom alapján.

# A kőolaj energetikai tulajdonságai és feldolgozási termékei

Fűtőérték: 37...44 MJ/kg,

- tüzelőolaj: 41-44 MJ/kg,
- fűtőolaj: 39-42 MJ/kg,

Hamutartalom: 0-0,8 %.

Nedvességtartalom: 0,5-3 %.

Sűrűség: 820-990 kg/m<sup>3</sup>.

Termékek:

- Motorhajtóanyagok (fehérárúk): benzin, petróleum, gázolaj, kerozin, stb.
- Fűtő- és tüzelőolajok.

# A kőolaj felhasználása

Babilon - téglák kötésére.

Kolumbusz (trinidadai aszfalt).

Gyógyszer készítése.

Petróleum világítás - villanyvilágítás.

Gépkocsi feltalálása - rohamos fejlődés:

- 1870. 1 millió tonna, 1900. 20 millió tonna, 1914. 50 millió tonna,
- **2020. 6000 millió tonna** a világ olajtermelése. (150 év alatt 6000-szeresére nőtt a világ olajtermelése!)

OPEC (Olajexportáló Országok Szervezete - Organisation of Petroleum Exporting Countries) a világ olajtermelésének felét szolgáltatják.

A kőolaj vásárlás teszi ki a világkereskedelem 20 %-át, amelynek 90%-át a fejlődő országok szolgáltatnak.

Japán, Európa, USA erősen függenek az OPEC országoktól.

# A kőolaj mennyisége - meddig elég?

1939. 18 évre, 1949. 24 évre, 1969. 35 évre, 1989. 32 évre 2000.  
30 évre, 2020. 50 évre volt/lesz elegendő a kőolaj.

Ekkor a kőolaj kutatásánál mindig találtak új olajmezőket.

Valószínűsíthető, hogy ez most is bekövetkezhet, de a környezetvédelmi előírások, a globális klímaváltozás miatt megújuló energiahordozókkal szükséges ellátni a világ energiaigényét.

Diverzifikáció. Európa. Magyarország. Akár USA!

Kitermelés: szárazföldi, tengeri. Elsődleges kitermelés - felhajtóerővel, másodlagos kitermelés - gázbenyomásával, harmadlagos kitermelés - forró víz vagy gőz benyomásával.

Azonban egyre nehezebb, gazdaságtalanabb kitermelés.

# A kőolaj előkészítése és szállítása

A nyersolaj nem tisztán kerül a felszínre, kőolaj és “idegen” anyagok keveréke (sós víz, ásványi szennyeződések, illékony szénhidrogének (metán, etán, propán, bután).

A nyersolajat víz- és sómentesíteni (elektromos sómentesítő) stabilizálni kell.

Feldolgozás gazolin üzemben:

– nyomásnöveléssel és hőmérséklet csökkenéssel kondenzáció, kiegészítve abszorpcióval vagy adszorpcióval).

Szállítás: csővezetéken és/vagy hajóval (tankerrel) esetleg vasúti tartálykocsikkal szállítják a kőolaj-feldolgozókhöz, míg a kőolajtermékeket csővezetéken, vasúti tartálykocsikkal és tankautókkal a nagyfogyasztókhöz.

# A kőolaj szállítása és tárolása

Magyarországon az olajvezetékek hossza kb. 1500 km, a feldolgozásra kerülő olaj 98 %-át, a kőolajtermékek kb. 50 %-át szállítja.

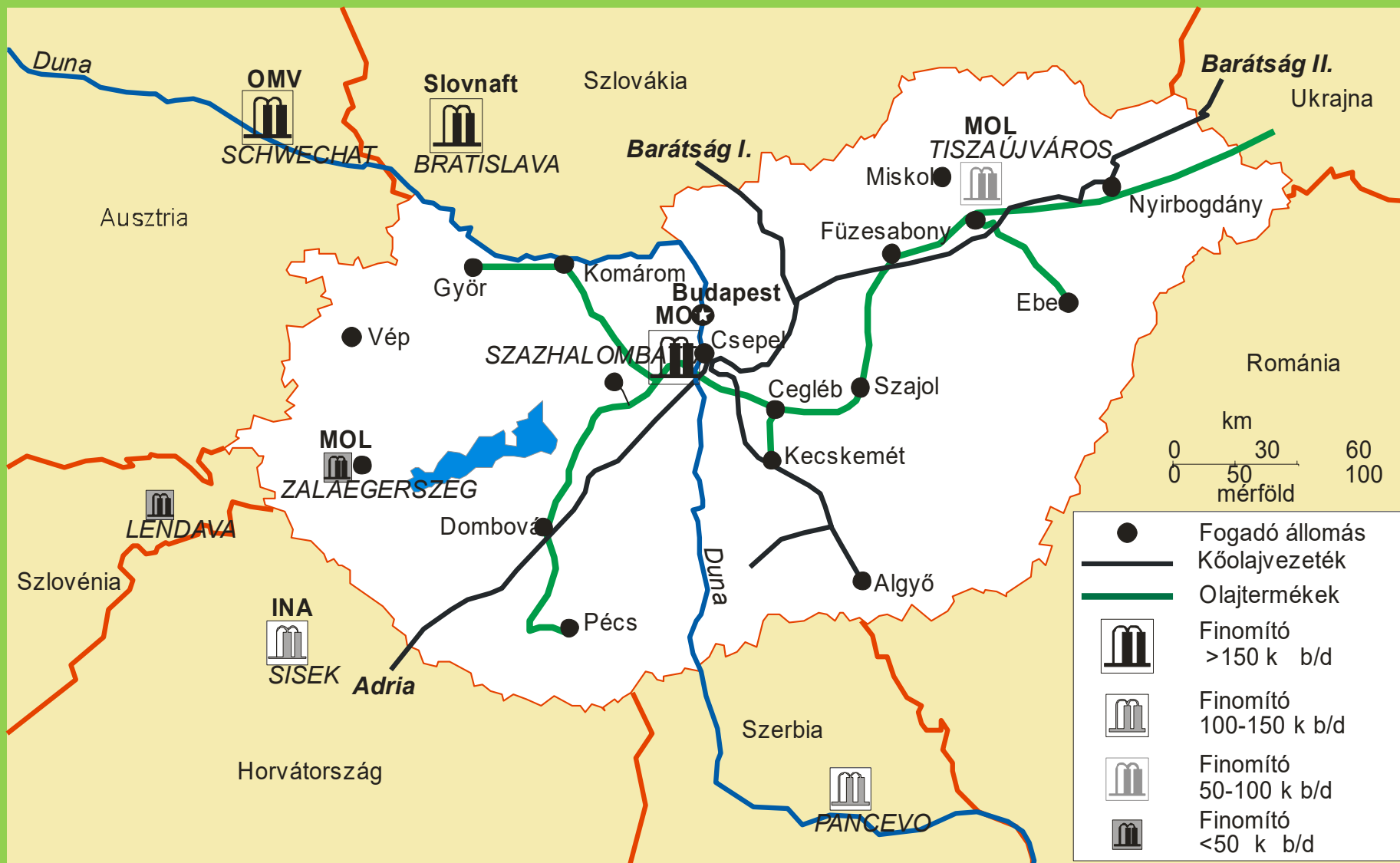
A csővezetékben áramló olaj sebessége 3-8 km/h (0,8-2,2 m/s), az optimum 5-6 km/h (1,4-1,5 m/s).

- Barátság II. (D=600 mm, 10 Mt/év),
- Barátság I-II. közti összekötés (D=350 mm, 5 Mt/év),
- Adria (D=600 mm, 10 Mt/év),
- Algyő - Százhalombatta.

## Tárolás

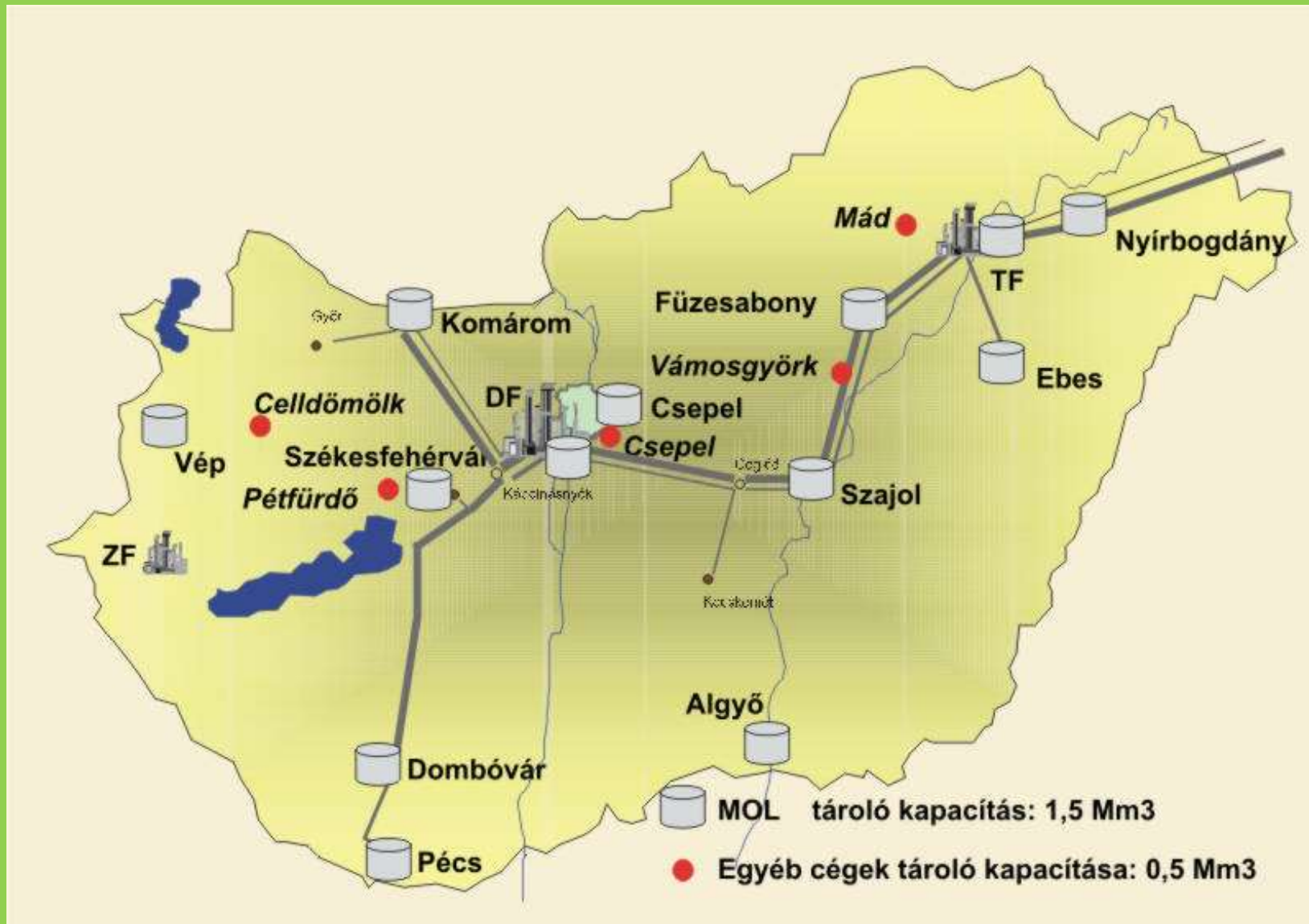
- Stratégiai olajtartalékunk 1998-tól megfelel az EU előírásának: 90 napi nettó import, kb. 1,8 Mt. A kőolajat és olajtermékeket felszíni ( $V=10^4-10^5 \text{ m}^3$ ) és földbe süllyesztett ( $V=10^2-10^3 \text{ m}^3$ ) tartályokban tárolják.

# Magyarország olajipara





# Stratégiai olajtárolók

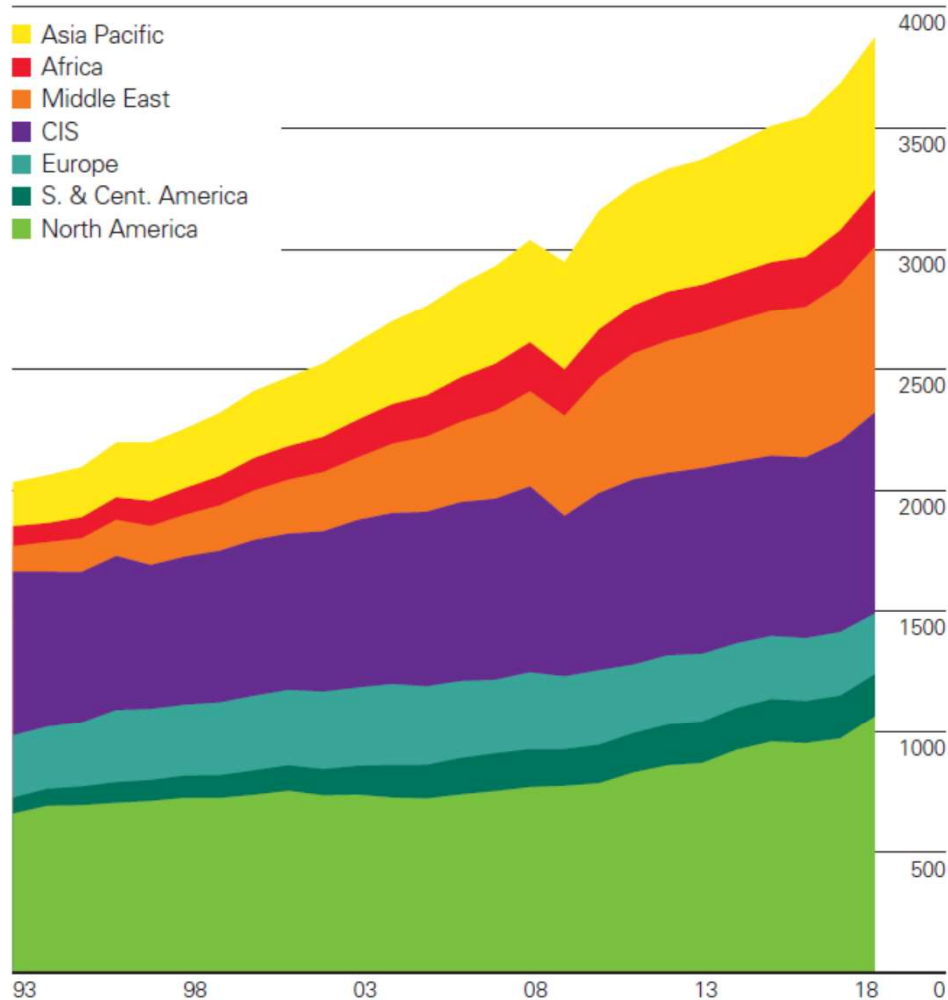


# Üzemanyagok jellemzői

- **Motorbenzin:**
  - optimális illékonyság a karburáláshoz,
  - ne legyen korrózióagresszív,
  - ne képződjön gyanta,
  - jó kompressziótűrés.
- **Gázolaj:**
  - megfelelő viszkozitás (szivattyúzás), alacsony dermedéspont,
  - ne legyen hajlamos a kokszképződésre,
  - alacsony kéntartalom
  - jó legyen a gyulladási hajlama.
- **Kerozin (speciális petróleum):**
  - a nagy magasságra jellemző hidegben is folyékony maradjon,
  - nyomokban se tartalmazzon vizet, ami megfagyhat,
  - magas hőmérsékleten ne oxidálódjon,
  - ne legyen hajlamos a kokszképződésre (fúvóka eltömődés).

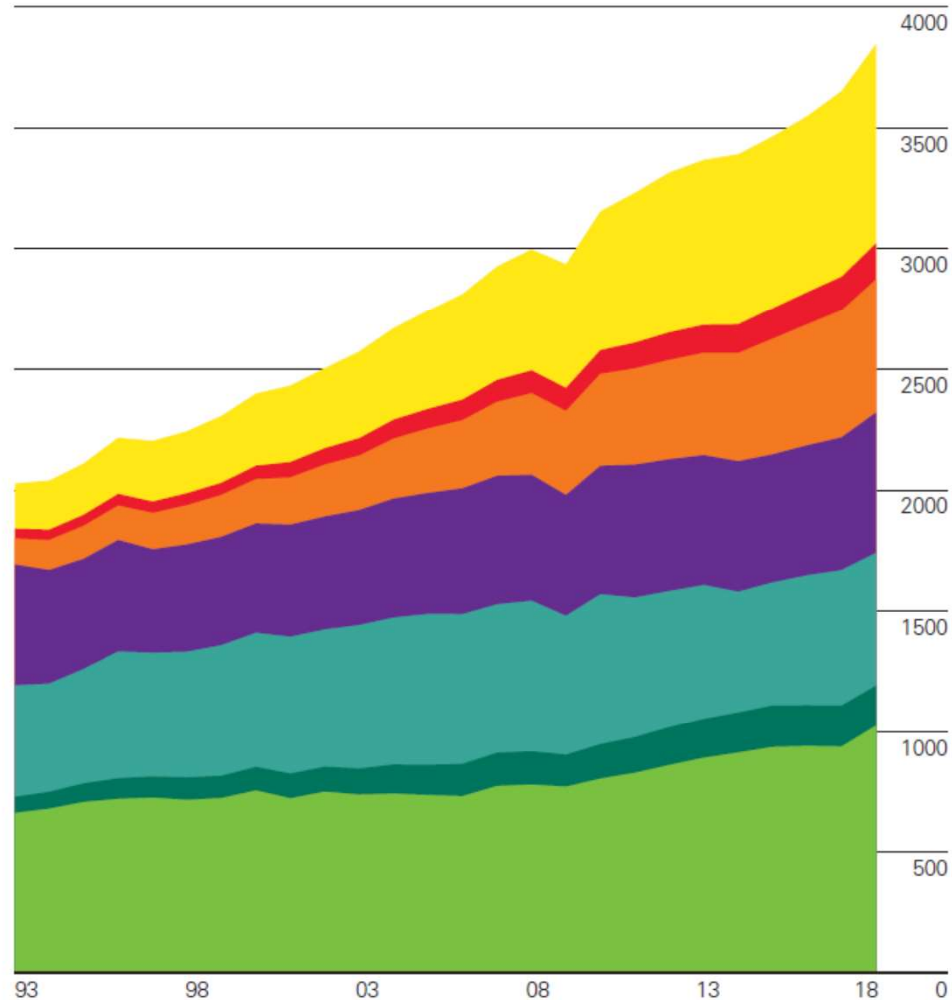
## Natural gas: Production by region

Billion cubic metres



## Natural gas: Consumption by region

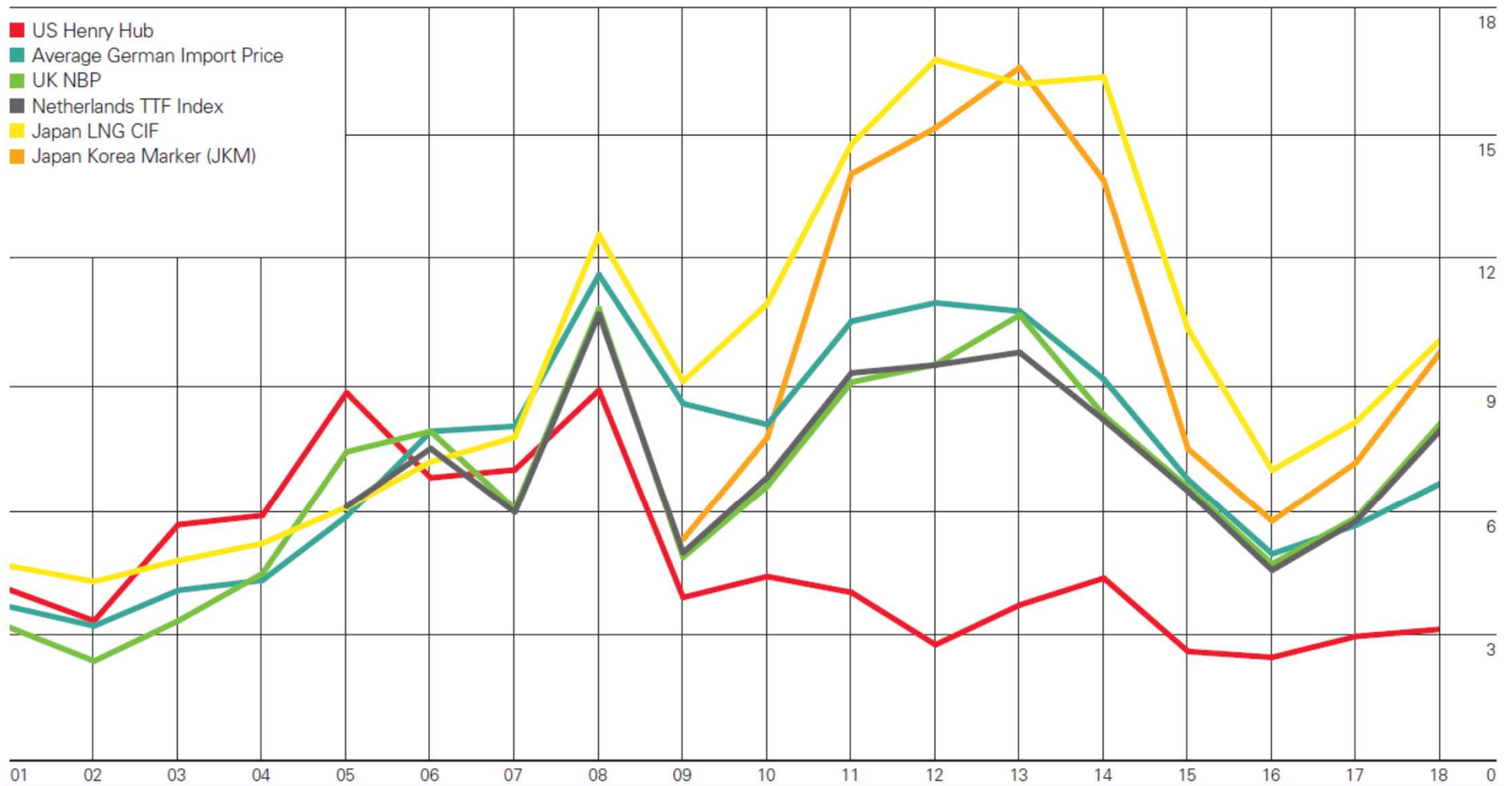
Billion cubic metres



Gas production and consumption registered record-high volumetric increases in 2018. Production increased by 5.2%, the highest rate since 2010 and more than double the 10-year average growth rate of 2.3%. US (86 bcm) and Russia (34 bcm) accounted for almost two thirds of global growth. Similarly, gas consumption increased by 5.3%, with the US (78 bcm) registering the strongest growth on record. China also saw above-average growth of 17.7% (43 bcm).

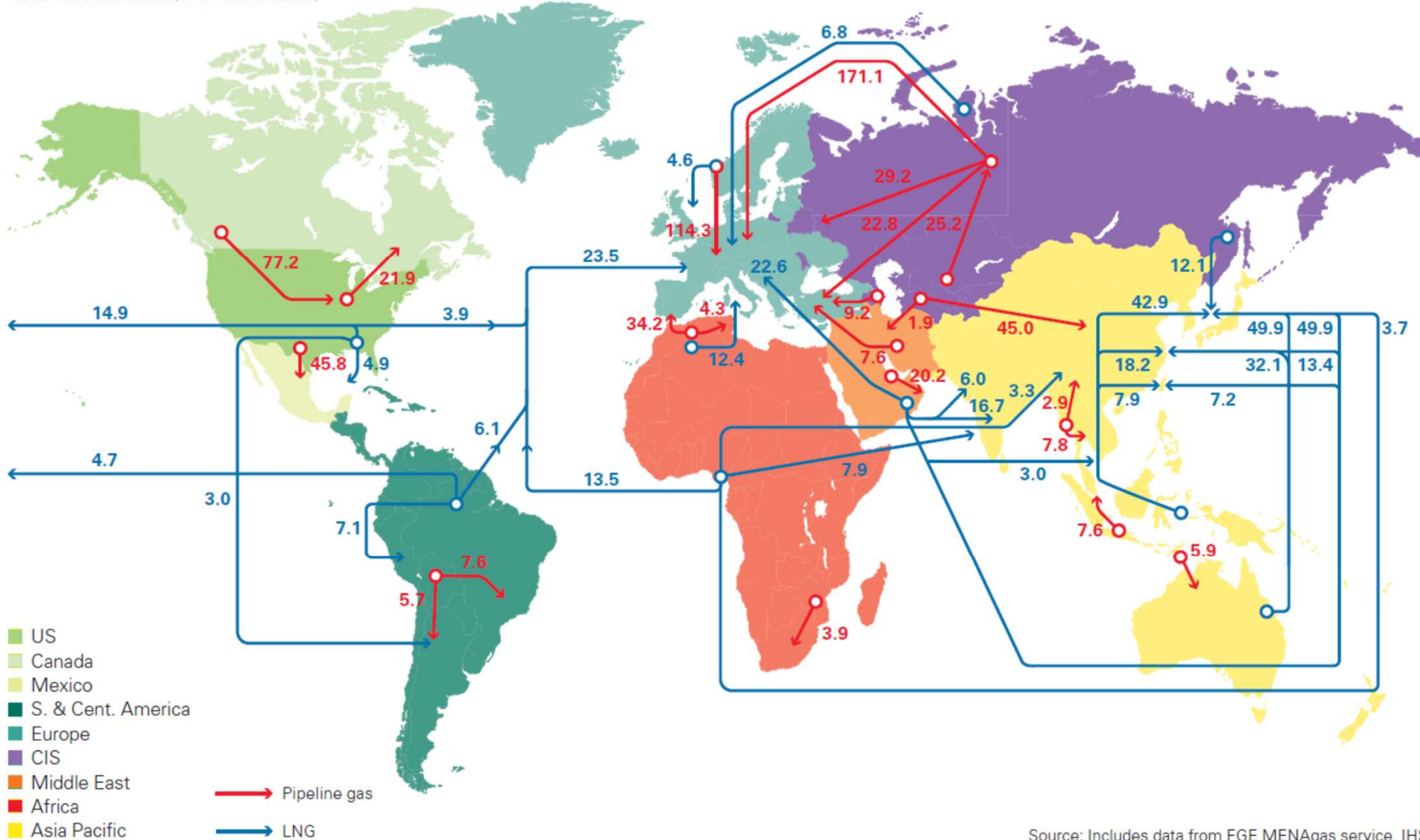
## Prices

\$/mmBtu



## Major trade movements 2018

Trade flows worldwide (billion cubic metres)



Source: Includes data from FGE MENAgas service, IHS.



# A földgáz és keletkezése

A földgáz a legnemesebb primer energiahordozó, mivel kitűnő tüzeléstechnikai tulajdonságokkal és homogén összetétellel rendelkezik!

Energetikai szempontból a túlnyomóan szénhidrogén tartalmú gázokat tekintik földgáznak (metántól a pentánig terjedő paraffinok a meghatározó vegyületek). Természetesen vannak egyéb összetételűek is ( $\text{CO}_2$ , N,  $\text{H}_2\text{S}$ ).

Utóbbiak alacsony fűtőértékkel rendelkeznek.

A földgáz keletkezése: különböző elméletek.

A leletek egyharmada kőolajjal együtt található. A kőolaj keletkezéséhez hasonló geológiai formációkban fordul elő.

# A földgáz fajtái

Feldolgozás szempontjából:

- *száraz földgáz*: metánból (80...99 %) és etánból (1...15 %) állnak, nem tartalmaz olyan részt, amely szobahőmérsékleten cseppfolyósítható.
- *nedves földgáz*: kőolajat kíséri, olajban oldva található: metán (30...40 %), etán (20...35 %), propán, bután, hexán, heptán (30...40 %)

PB-gáz: C<sub>2</sub>...C<sub>5</sub> frakciók elegye.

PB-gáz hazai fogyasztása 0,4...0,5 Mt/év.

Több helyen a földgázt elfáklyázzák, a szállítási lehetőségek híján - ez egy pazarló megoldás.

Másodlagos kőolaj kitermelés - rétegnyomás növelésére visszajuttatják.

# A földgázban lévő éghető gázkomponensek

Nitrogén, szén-dioxid, kénhidrogén, hélium - néha ipari nyersanyagként kinyerhetők, de tüzeléstechnikai szempontból nem kívánatos összetevők!

Magyarországon, földgázok általában szén-dioxidot tartalmaznak. 75 %-nál nagyobb CO<sub>2</sub>-tartalmú gázokat szénsav előállítására alkalmazzák (pl. Répcelak).

Egyéb anyagok: vízgőz, környező közetektől kiragadott szilárd részecskék.



# Földgáz készletek

A világ kitermelhető földgáz készlete 300...600 Tm<sup>3</sup>.

Volt Szovjetunió utódállamai, USA, Algéria, Irán, Hollandia, Északi-tenger alatt, Kanada, Alaszka.

Magyarországi potenciális készlet 120 Gm<sup>3</sup>.

Algyő, Hajdúszoboszló, Pusztaföldvár, Szank. Metántartalmuk 86-99 %.

Gyöngyösmellék, Istvándi.

Hazai termelés nem elegendő a magyar igények kielégítésére.

Jelentős mennyiségben importra szorulunk. (70-80%)

Könnyű szállítás (Csővezetékben a fogyasztóig.)

- cseppfolyósított földgáz (LNG) - tengeri szállításra kiváló.

# A földgáz tulajdonságai

	<b>Földgáz</b>	<b>PB-gáz</b>
<b>Sűrűség (kg/m<sup>3</sup>)</b>	0,5...0,7	2
<b>Nedvességtartalom (%)</b>	1...2	1...2
<b>Hamutartalom (%)</b>	kb. 0	kb. 0
<b>Éghető kén (%)</b>	kb. 0	kb. 0
<b>Fűtőérték (MJ/kg)</b>	32...42	24...27

A földgáz átlagos fűtőértéke 34 MJ/Nm<sup>3</sup> ( p=101 kPa, t=15 °C).

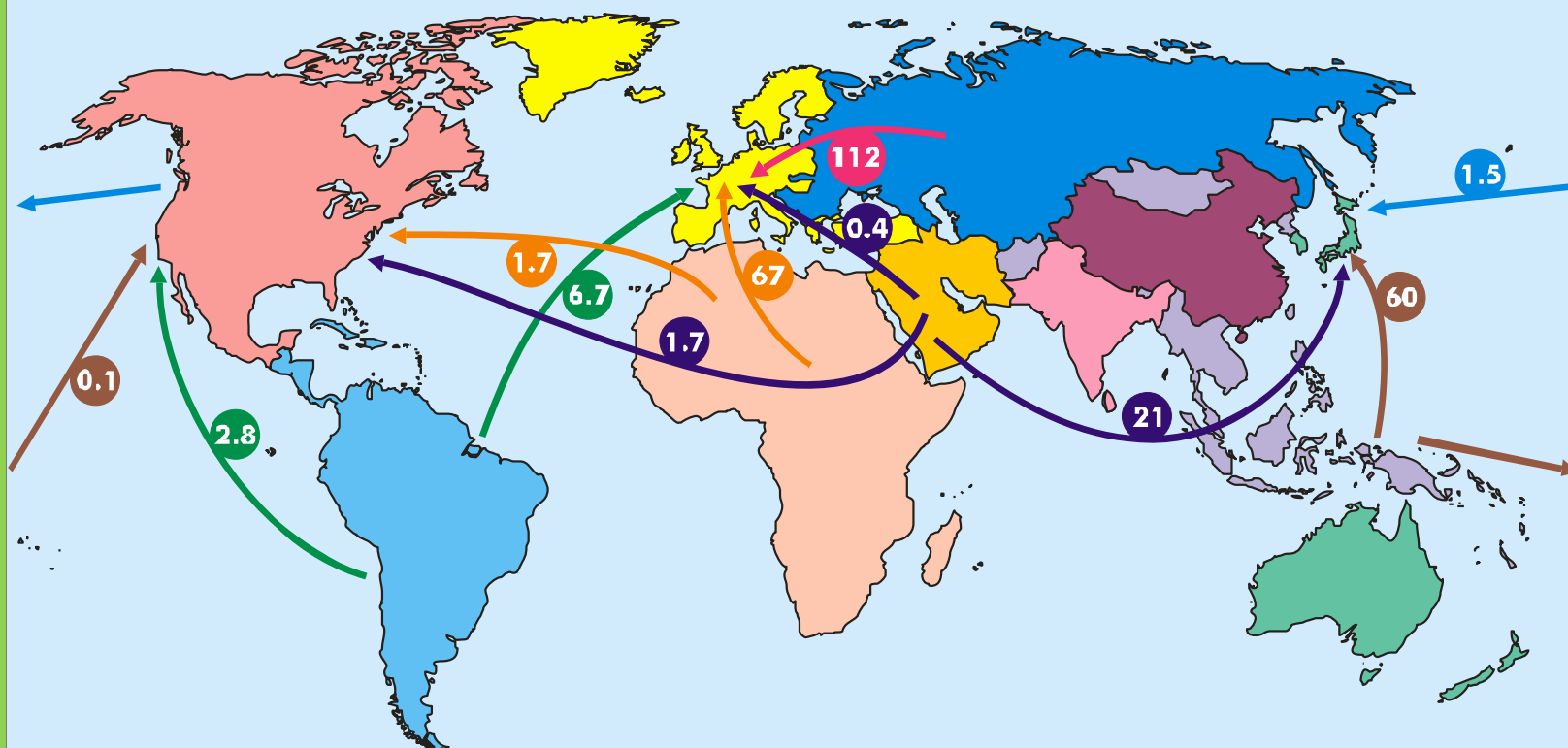
# Előkészítés a szállításhoz, szállítás

A mezők közelében telepített földgázüzemekben történik:

- szeparálás (a gázhoz keveredett folyadékok leválasztása szeparátorokban),
  - a szilárd szennyező anyagok leválasztása elektrosztatikus leválasztókkal,
  - a különbözőképpen hasznosítható frakciók szétválasztása a gazolin üzemben,
  - el kell távolítani a vízgőzt is a földgáz szárításával vagy hűtésével, mert a gázhidrátok kiválhatnak.
- A csővezetékek nyomása szerint négy féle gázvezeték :
    - nagynyomású:  $p > 25$  bar,
    - nagy középnyomású: 4-25 bar,
    - középnyomású: 0,1-4,0 bar,
    - a városi szolgáltató hálózat: 0,03-0,08 bar.

# Nemzetközi gázkereskedelem

## Gázkereskedelem, 2000, milliárd m<sup>3</sup>



OECD Észak-Amerika	OECD Európa	Afrika	Kína	OECD Csendes-óceáni térség
Latin-Amerika	átmeneti gazdaságok	Közel-Kelet	Dél-Ázsia	Kelet-Ázsia

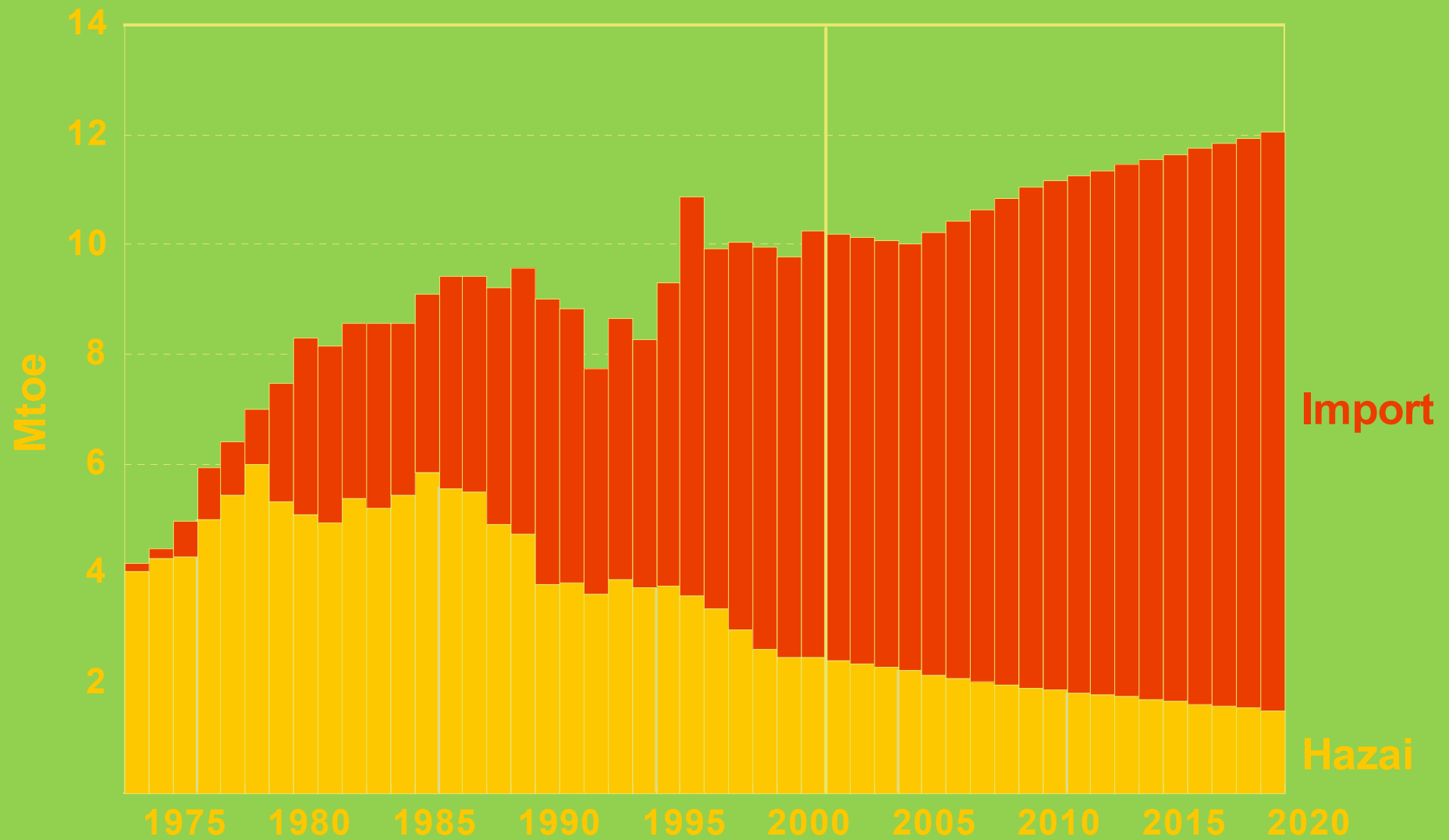
# Európai gázhálózat



# Magyarországi földgázhálózat



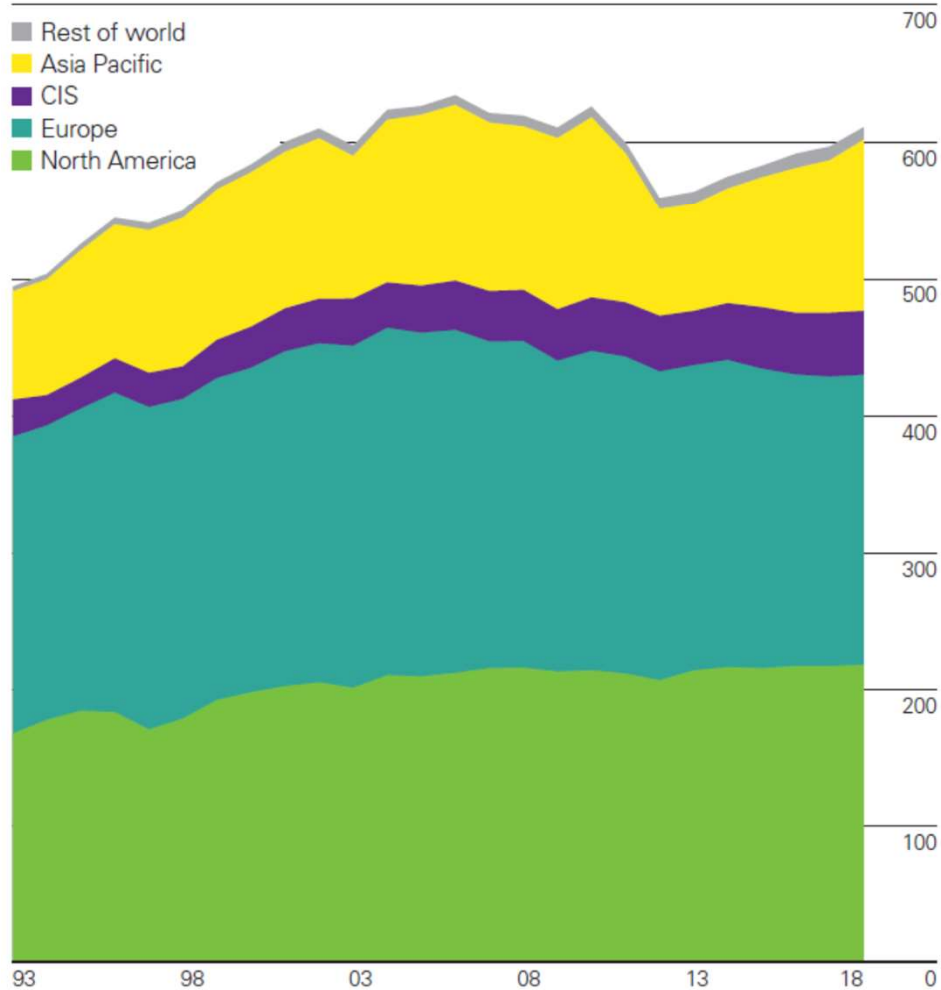
# Gázfüggőség





## Nuclear energy consumption by region

Million tonnes oil equivalent



Nuclear consumption increased by 2.4% in 2018. China (10 mtoe) accounted for almost three quarters of global growth. In fact, nuclear consumption in China has more than quadrupled in the last 10 years. The largest declines were recorded in South Korea (-3 mtoe) and Belgium (-3 mtoe). World hydroelectric consumption rose by 3.1%, slightly above the 10-year average (2.8%). China (8 mtoe) and Brazil (4 mtoe) posted the largest contributions. Asia Pacific's global share has increased significantly in recent years: in 2018 Asia Pacific accounted for 41% of global consumption, 20 years ago it accounted for only 20%.



# Nukleáris energiatermelés

**Fissziós** (maghasadásos) energiatermelés: nehéz elemek széthasítása közepes rendszámúakká. (urán, tórium, plutónium)

**Fúziós** (magegyesüléses) energiatermelés: könnyű elemek egyesítése nehezebb atomban. (pl. deutérium és trícium egyesítése héliummá.)

A világ urán- és tórium készletei nagyok és széles körben eloszlának.

A jutányos áron és hozzáférhető biztos és valószínű uránkészlet  $4 \cdot 10^6$  t (ebből biztos  $2,2 \cdot 10^6$  t), a tóriumkészlet  $2,2 \cdot 10^6$  t körül lehet.

# Nukleáris energiahordozók

Az urán fűtőanyaggal működő, vízűtéses termikus reaktorokban lényegében a természetes uránban 0,7 %-ban előforduló U-235 izotópot használják ki. Az így hasznosítható energia kb. 1000 MWnap/kg  $^{235}\text{U}$ , 1 kg  $^{235}\text{U}$  „elégetése” 80 GJ energiát eredményez.

Hazánkban a magas költségek miatt az uránércbányászatot 1997-ben beszüntették, így a paksi, négy VVER-440 reaktor fűtőelem ellátását importból kell fedezni.

További hátránya: radioaktív hulladékok, pl. kiégett fűtőelemek elhelyezése.

## Fosszilis energiahordozók néhány fontosabb jellemzője

Megnevezés	Sűrűség (kg/m <sup>3</sup> )	Nedvesség (%)	Hamu (%)	Éghető kén (%)	Fűtőérték (MJ/kg)
Fa	400...890	10...65	0,5...6,0	kb.0	5...21
Lignit	670...700	40...50	15...40	2...5	5...15
Barnaszén	750...840	12...40	5...25	1...2	10...18
Feketeszén	800...860	5...15	3...10	0,5...2	15...25
Tüzelőolaj	800...960	0,5...3,0	0,02...0,5	1...2	40...42
Fűtőolaj	900...990	0,5...1,5	0,3...0,5	1,2...5	37...43
Földgáz	0,45...0,70	kb.0	kb.0	kb.0	34...43
PB-gáz	1,5...2,4	kb.0	kb.0	kb.0	23...27

# Egyéb elsődleges energiahordozók

Geotermikus energia,

Napenergia,

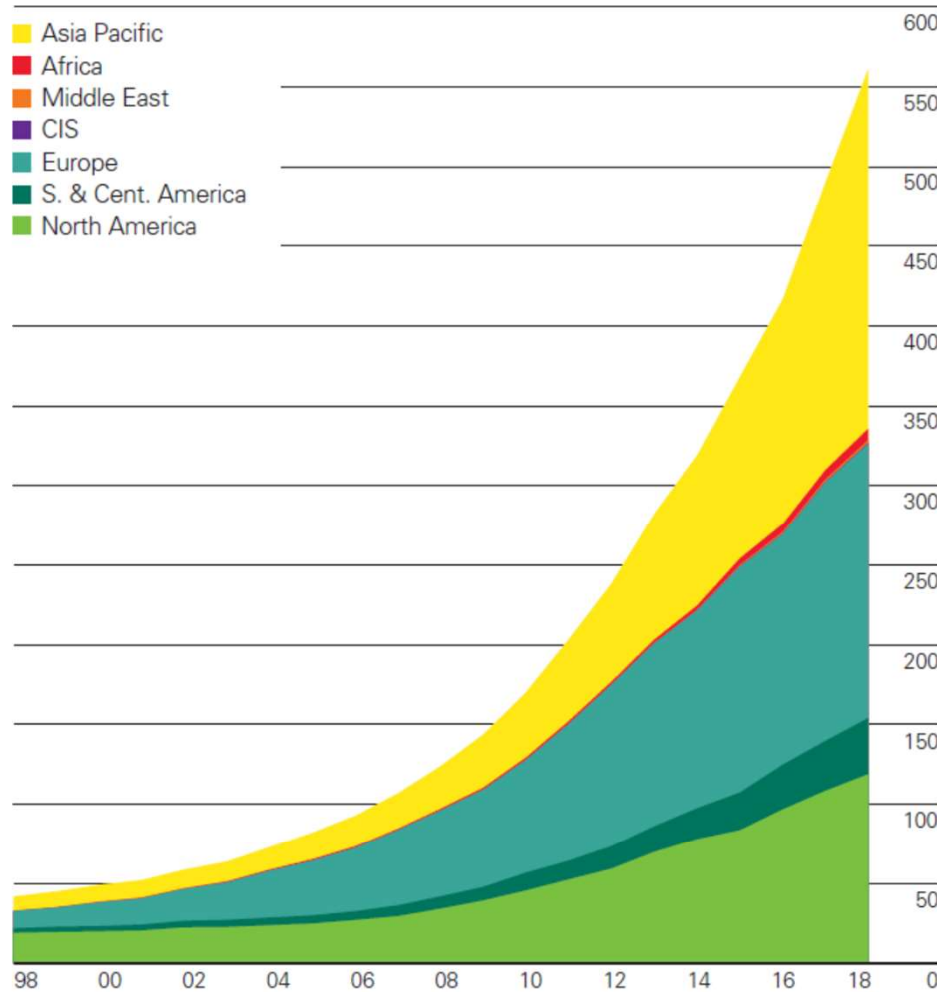
Szélenergia,

Biológiai energia (bioenergia),

Gravitációs energia,

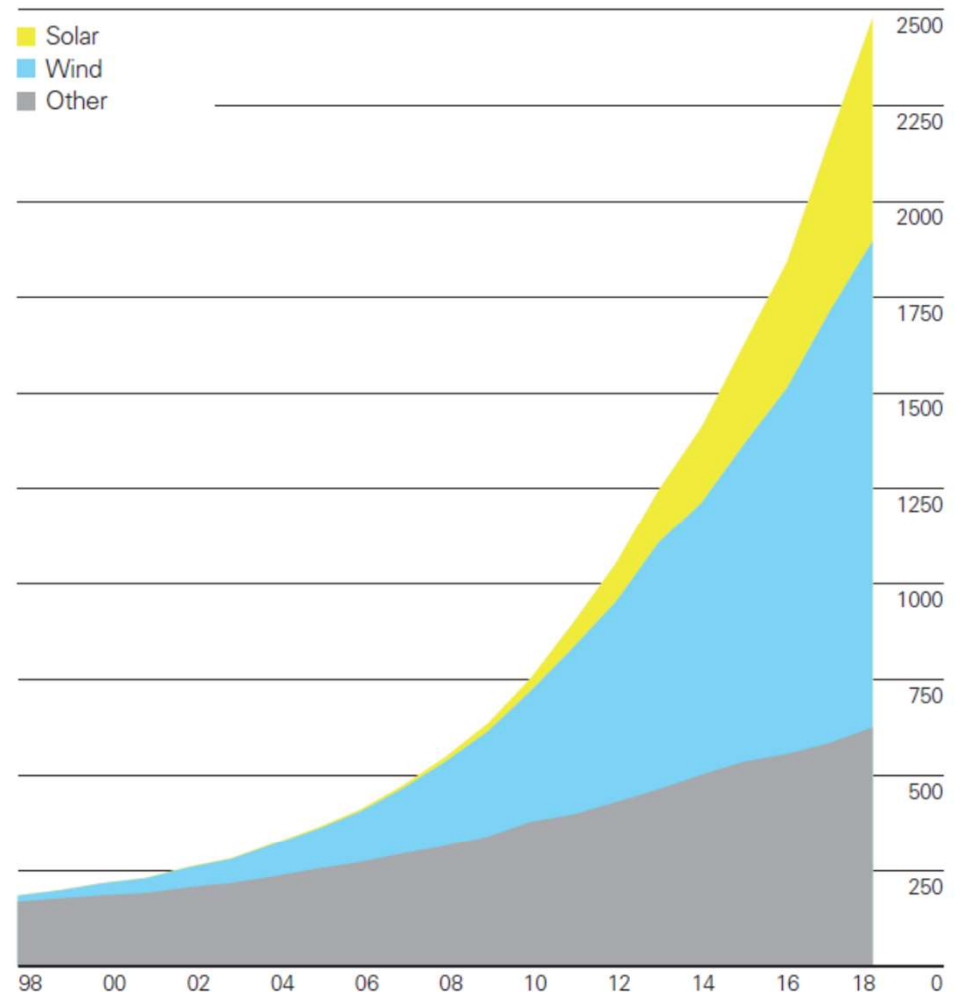
## Renewables consumption by region

Million tonnes oil equivalent



## Renewables generation by source

Terawatt-hours

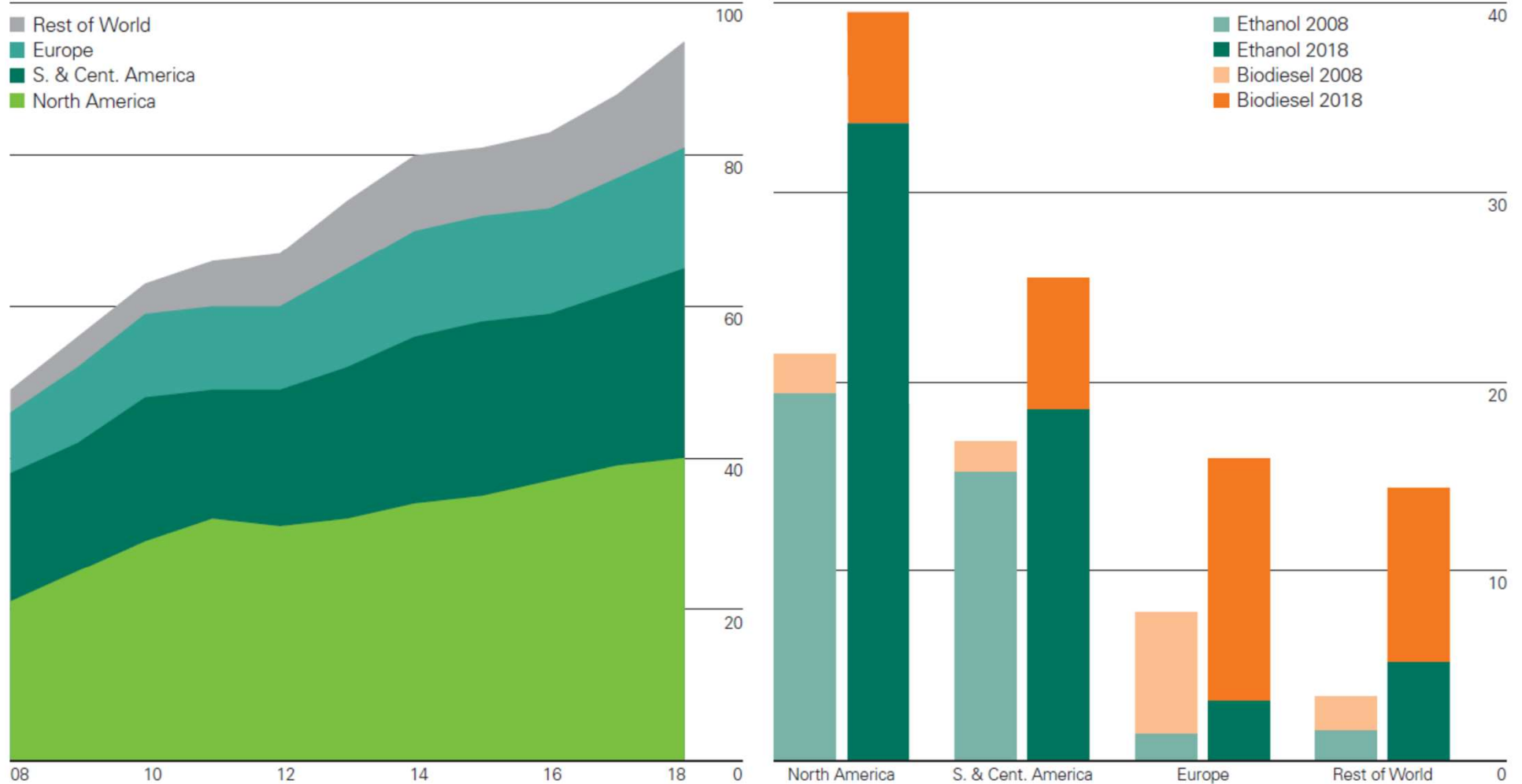


Renewable energy in power generation (excluding hydro) increased by 14% in 2018, slightly below 10-year average growth (16%). However, its increase in energy terms (71 mtoe) was slightly below the record-breaking increase of 2017. China accounted for 45% of global growth and its consumption has increased 20-fold in the last 10 years.

Wind (142 TWh) contributed more to renewable generation growth than solar (131 TWh). Wind has accounted for around 50% of renewables generation in the last few years. Solar has constantly increased its share and now represents 24%, 13 percentage points higher than in 2013.

## World biofuels production

Million tonnes oil equivalent



Biofuels production growth averaged 9.7% in 2018, the highest growth since 2010 and slightly above the 10-year average. Brazil (3.1 mtoe) and Indonesia (2.2 mtoe) together accounted for almost two thirds of global growth (8.5 mtoe). By fuel, ethanol production in 2018 totalled 60.4 mtoe with North America accounting for 56%. Biodiesel production in 2018 amounted to 34.9 mtoe with Europe representing 37%.

# Biomassza - tárolt napenergia

## **Elsődleges biomassza:**

- lignocellulózok (dendromassza, herbomassza)
  - fásszárúak (pl. tűzifa)
  - lágyszárúak (pl. szalma, kukorica, egyéb)
  - energianövények (faültetvények, energiafű, energianád, egyéb)

## **Másodlagos biomassza:**

- állati eredetű

## **Harmadlagos biomassza:**

- emberi eredetű

# Szekunder energiahordozók

A szekunder energiahordozók szállításra (tárolásra) és felhasználásra alkalmas, kényelmes energiahordozók, melyeket a primer energiahordozókból állítanak elő.

- **Szén:** villamos energiát (hőt) állítanak elő. A nagy fűtőértékű (25-28 MJ/kg) szeneknek (antracit, feketeszén) viszonylag nagy világkereskedelme van, nagy távolságra szállítják, és hőerőművekben villamosenergia- és hőfejlesztésre használják.
- **Kőolaj:** A nyersolajat finomítókban feldolgozzák és vegyipari alapanyagokat, valamint energiahordozó termékeket állítanak elő.
- **Földgáz:** A földgázból feldolgozással vegyipari alapanyagokat valamint energiahordozó termékeket (földgáz, PB, inert gáz) állítanak elő.
- **Nukleáris fűtőanyagok:** A bányászott uránércet dúsítják fűtőelem pasztillákat állítanak elő, melyeket fűtőelemekbe helyeznek, és fűtőelem-kötegekként értékesítenek.
- **Megújuló energiák:** hő- és villamosenergia-fejlesztésre használható.



# Anyagjellemzők mérése

Kémiai összetétel,

Vegyi összetétel,

Ásványanyag tartalom,

Hamutartalom,  $h$  (%)

$h = H/T * 100$  (%), ahol  $H$  – hamu tömege,  $T$  – az  
eltüzelés előtt a minta tömege

Nedvességtartalom,  $n$  (%)

$n = (m_n - m_{sz}) / m^n * 100$  (% v.g/g).

# Energetikai jellemzők mérése

Égéshő, HHV (KJ/kg)

$$\text{Égéshő} = (33855 * C(\%) + 144307 * (H(\%) - 1/8O(\%))) / 100$$

Fűtőérték, LHV (KJ/kg)

$$\text{Fűtőérték} = (\text{Égéshő} - 2514 * (9 * H(\%) + \text{nedvességtartalom}(\%))) / 100$$

Fajlagos energiatartalom,

Egyéb tüzeléstechnikai paraméterek.