

Energia és civilizáció

EROI – civilizációnk jövőjének meghatározó paramétere

Czakó Ferenc

fizikus, MBA

stratégiai tanácsadó

Szalóczy Zsolt

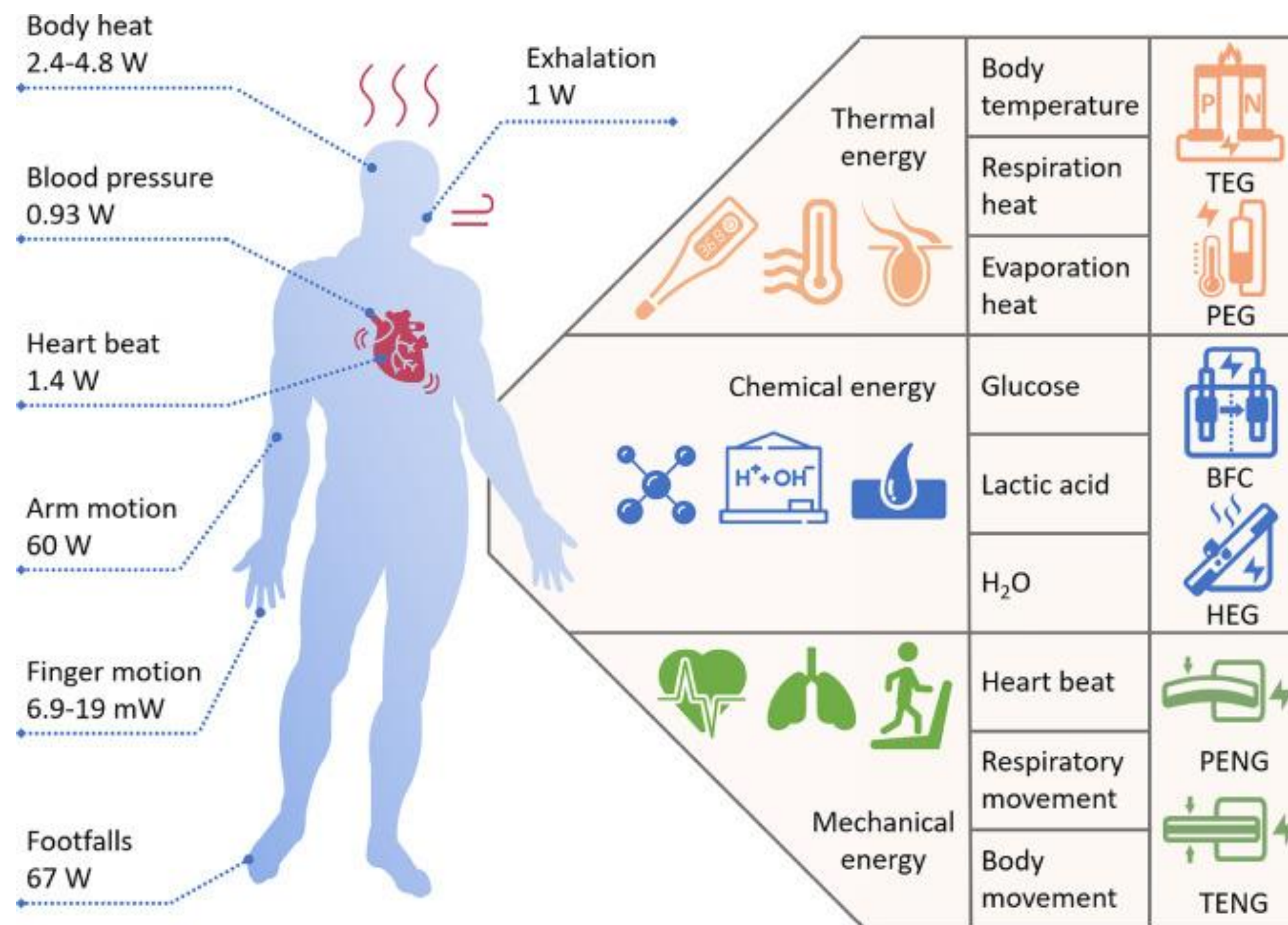
fizikus, MBA

Cassandra Program
Pannon Egyetem

ATOMCSILL, 2025. november 6.



Ember és energia



Ember és energia

Teljes energia fogyasztás =

Alapanyagcsere



+

Emésztés



+

Fizikai aktivitás !!!





Az energiához jutás érdekében energiát kell befektetni!

$$\text{EROI} = \frac{\text{Megtermelt energia}}{\text{Befektetett energia}}$$

$$\text{EROI} = \text{EROEI}$$

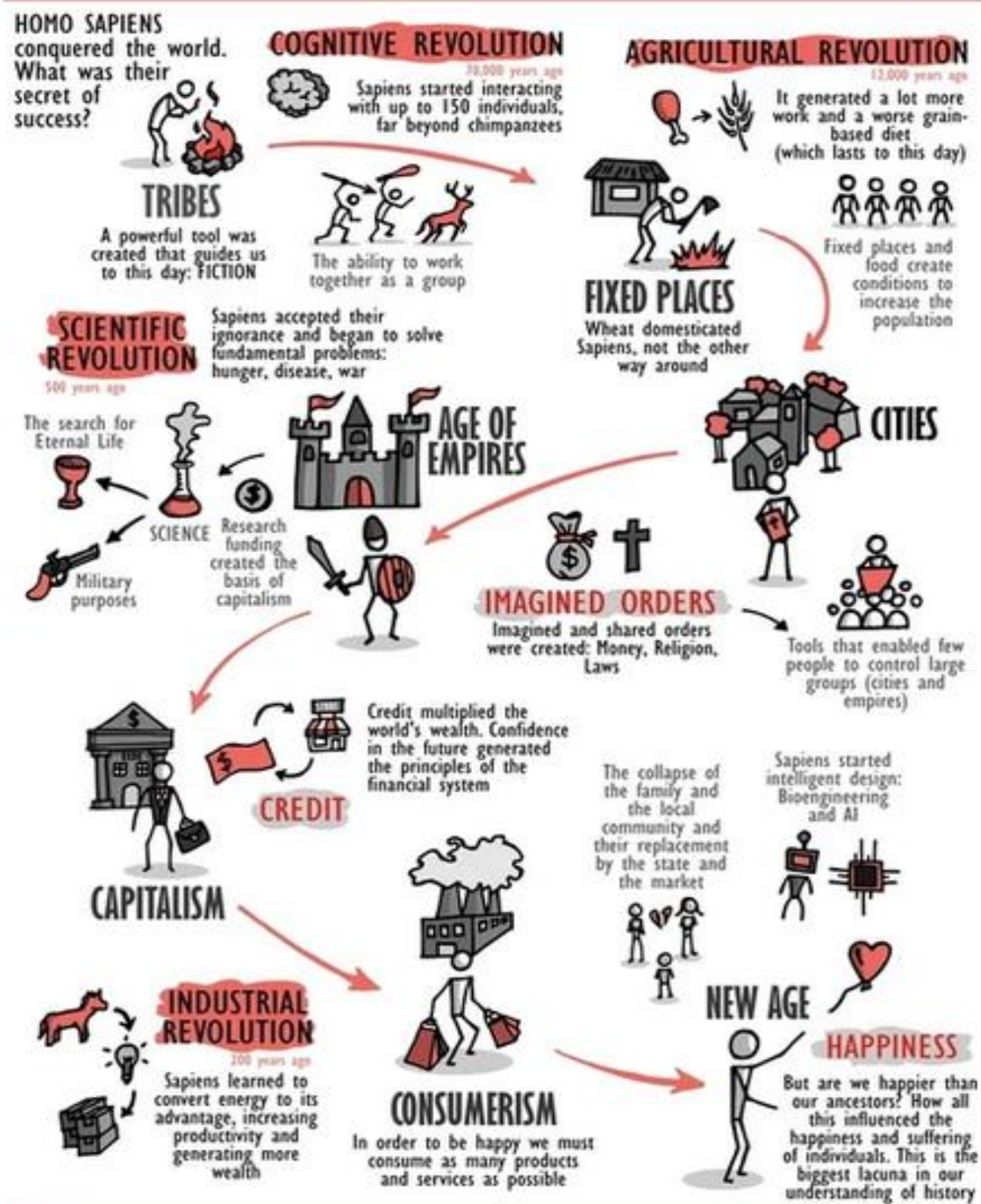
Ősember EROI : 1 - 1,2



Ókor - Középkor EROI : 2 - 5



TK SAPIENS A BRIEF HISTORY OF HUMANKIND Yuval Noah Harari



Napjainkban több mint
1 000 000 társadalmi szerep

EROI : 10 - 100



Magas EROI => Jóléti szolgáltatások



Forrás: Dupont et al.



Olympic Cyclist vs. Toaster: Can He Power It ?



#toasterchallenge



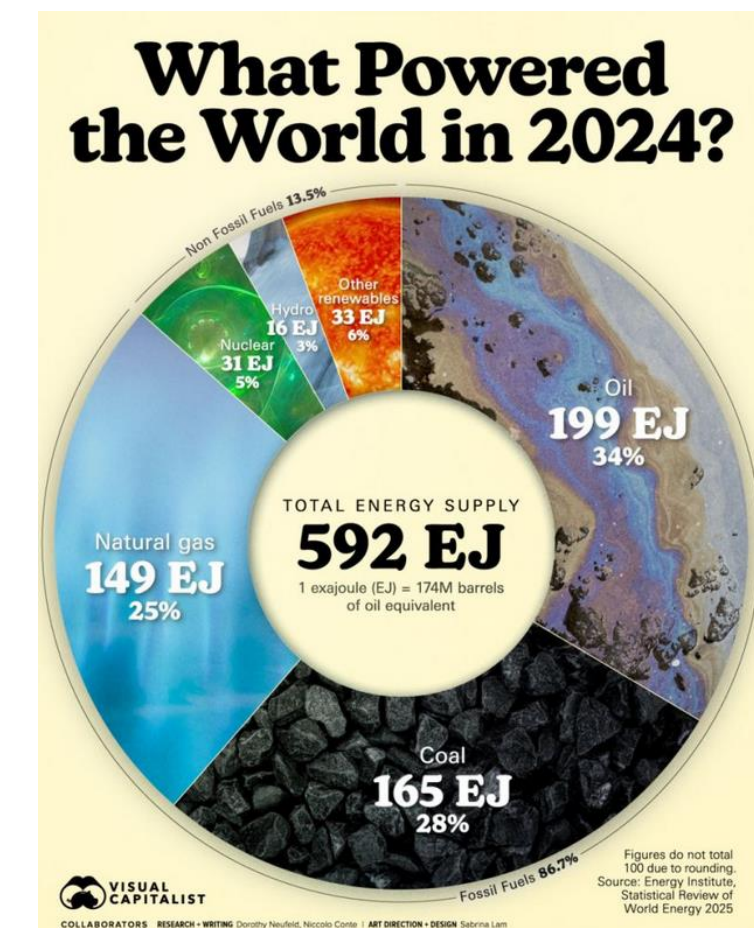
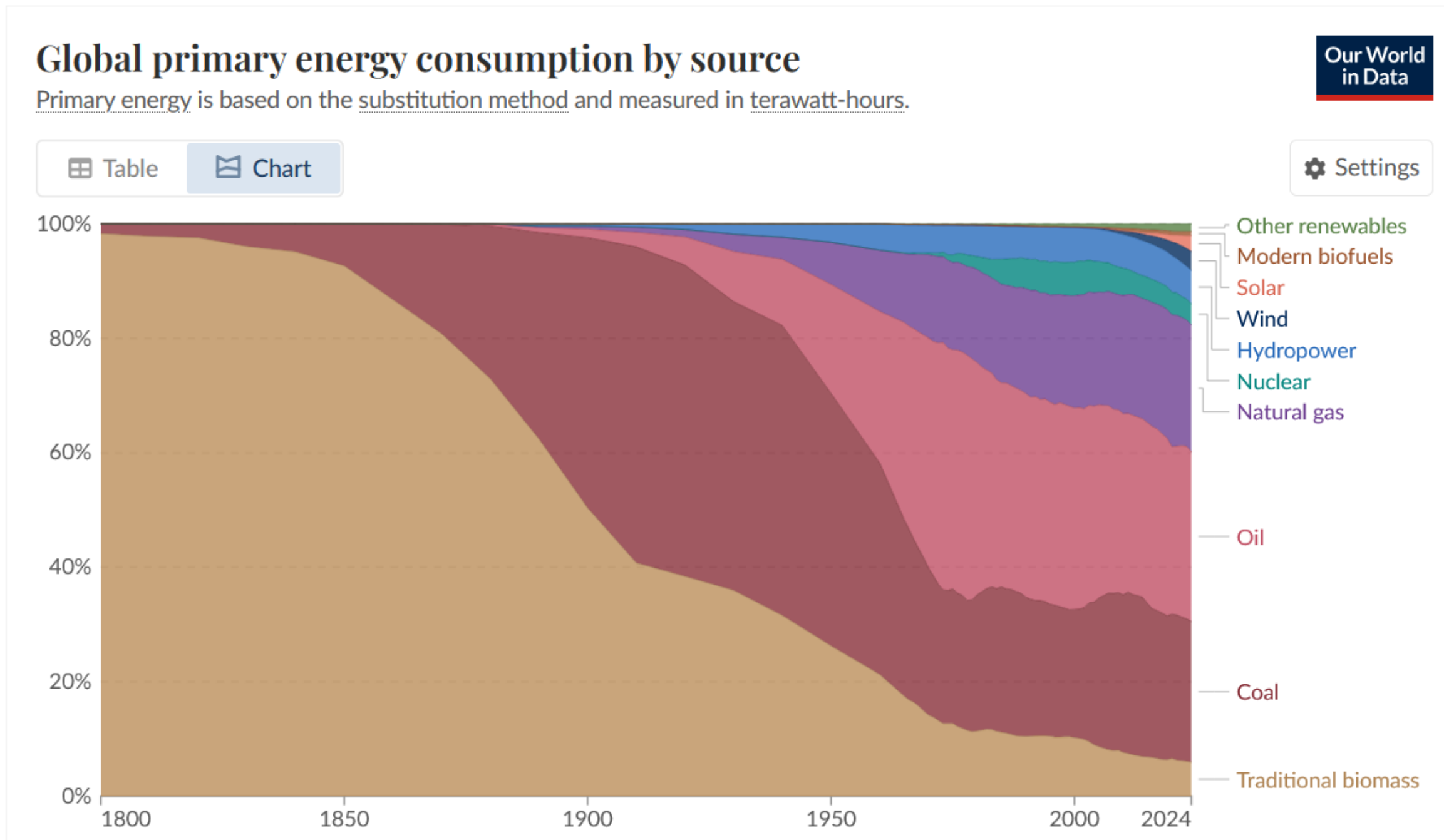


Energia rabszolgáink !!!

- **1 Robert meg tud pirítani egy szelet pirítóst
0,021kWh – 120 s – max 700 W**
- **180 (!) Robert meg tud hajtani egy autót**
- **43 000 (!) Robert meg tud hajtani egy repülőt...**
 - **fűnyírógép, traktor, daru....?!!!!**

1 liter üzemanyag 12 kWh = 30 óra Robert átlagos teljesítményével

A rabszolgák 85%-ban még mindig fosszilis üzemanyagot fogyasztanak

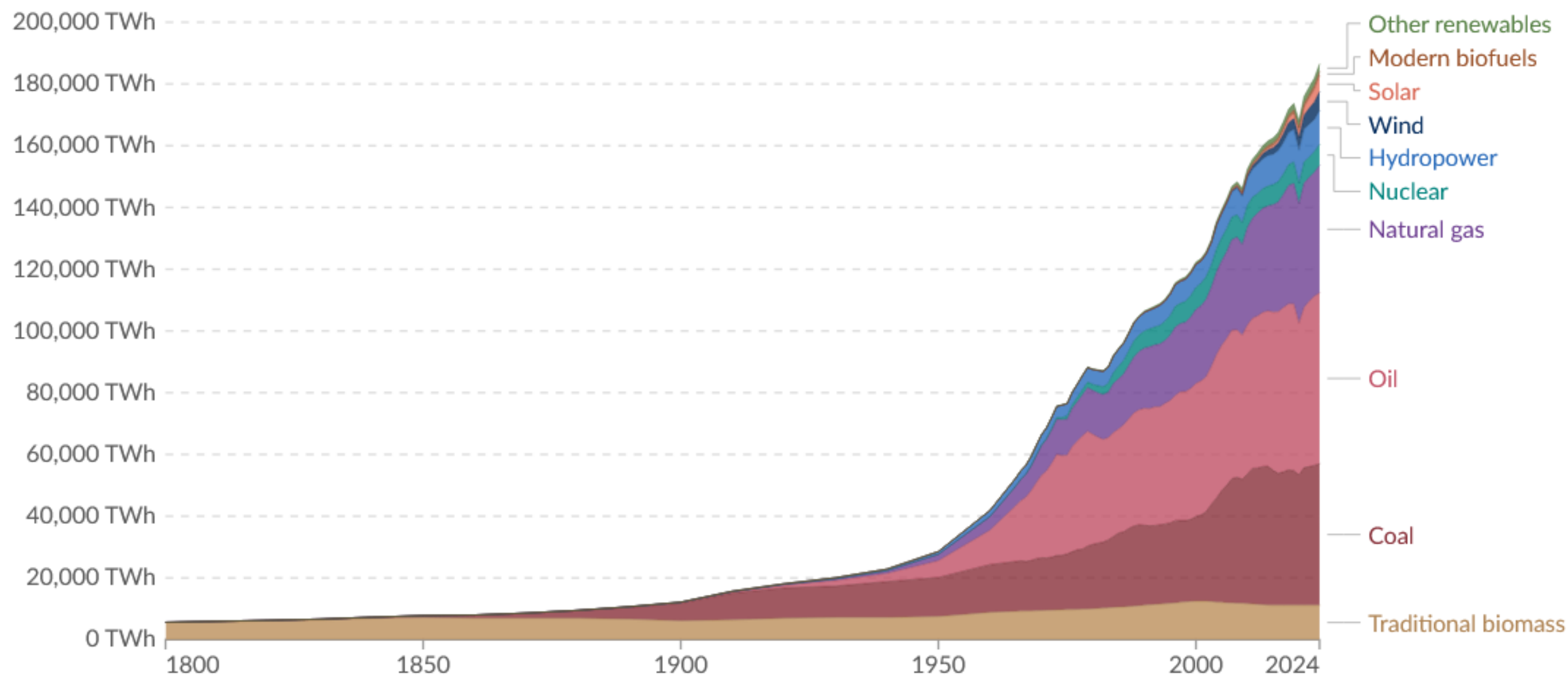


Global primary energy consumption by source

Primary energy is based on the substitution method and measured in terawatt-hours.

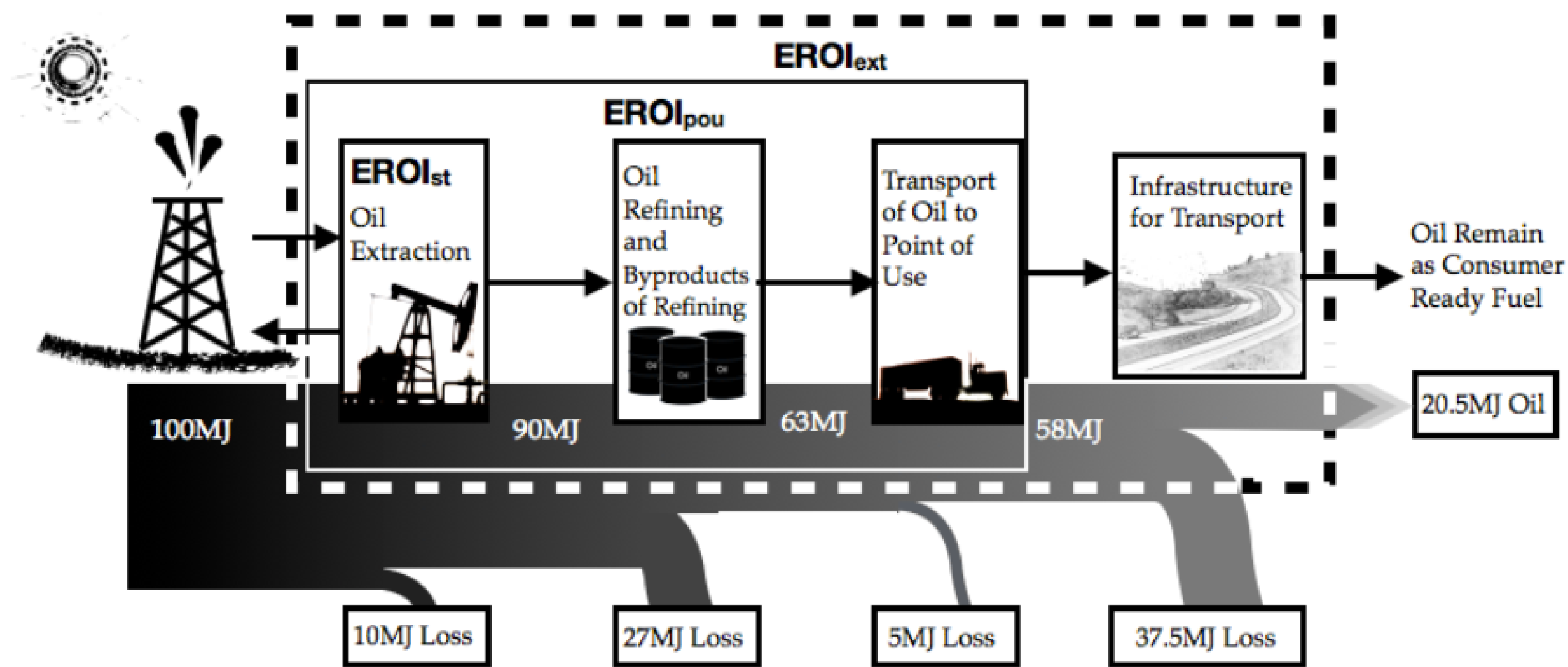
Table Chart

Settings



**És egyre
többet, többet...!**

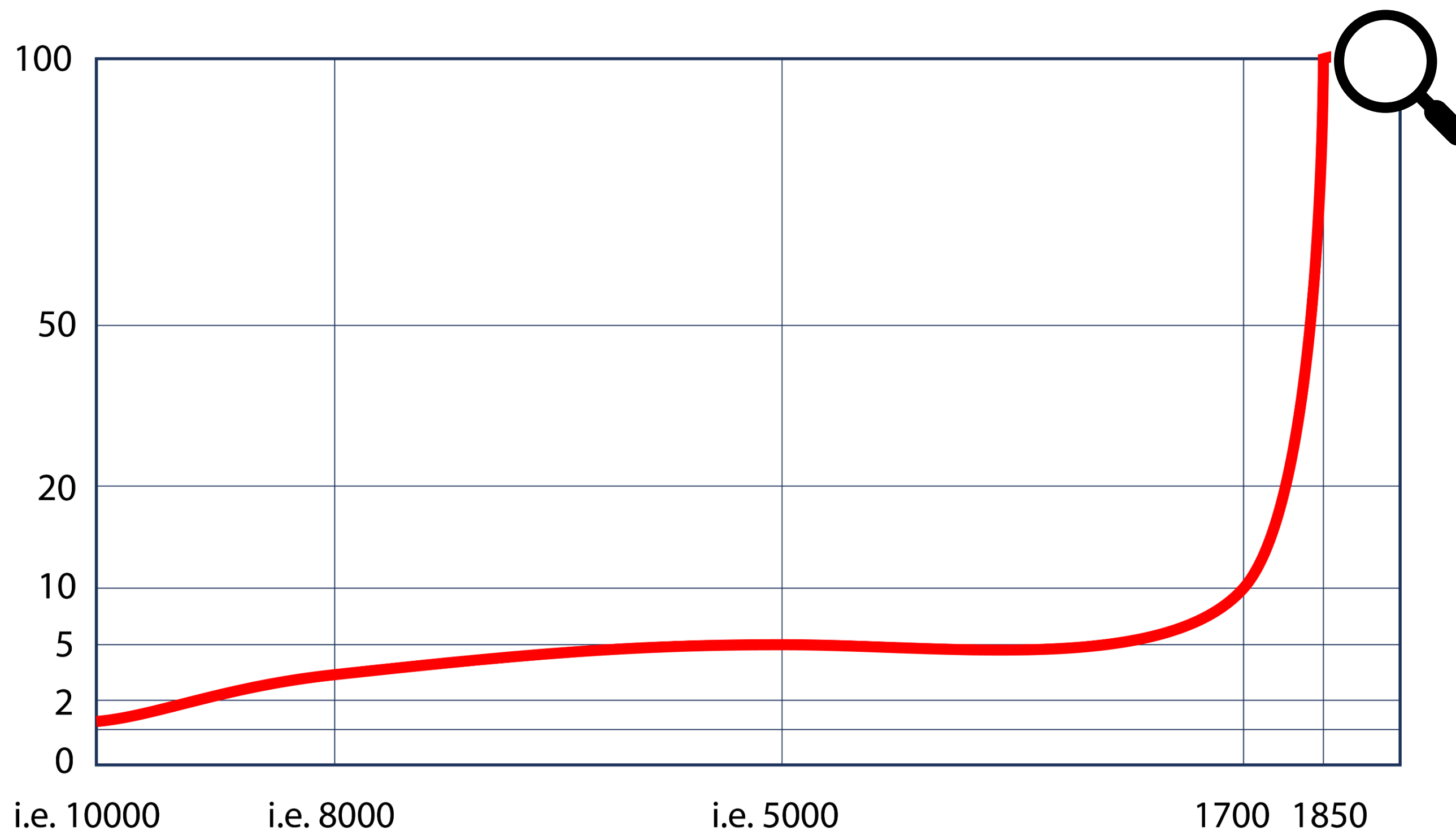
Meddig tart az energiatermelési folyamat?



Forrás: S. Michaux



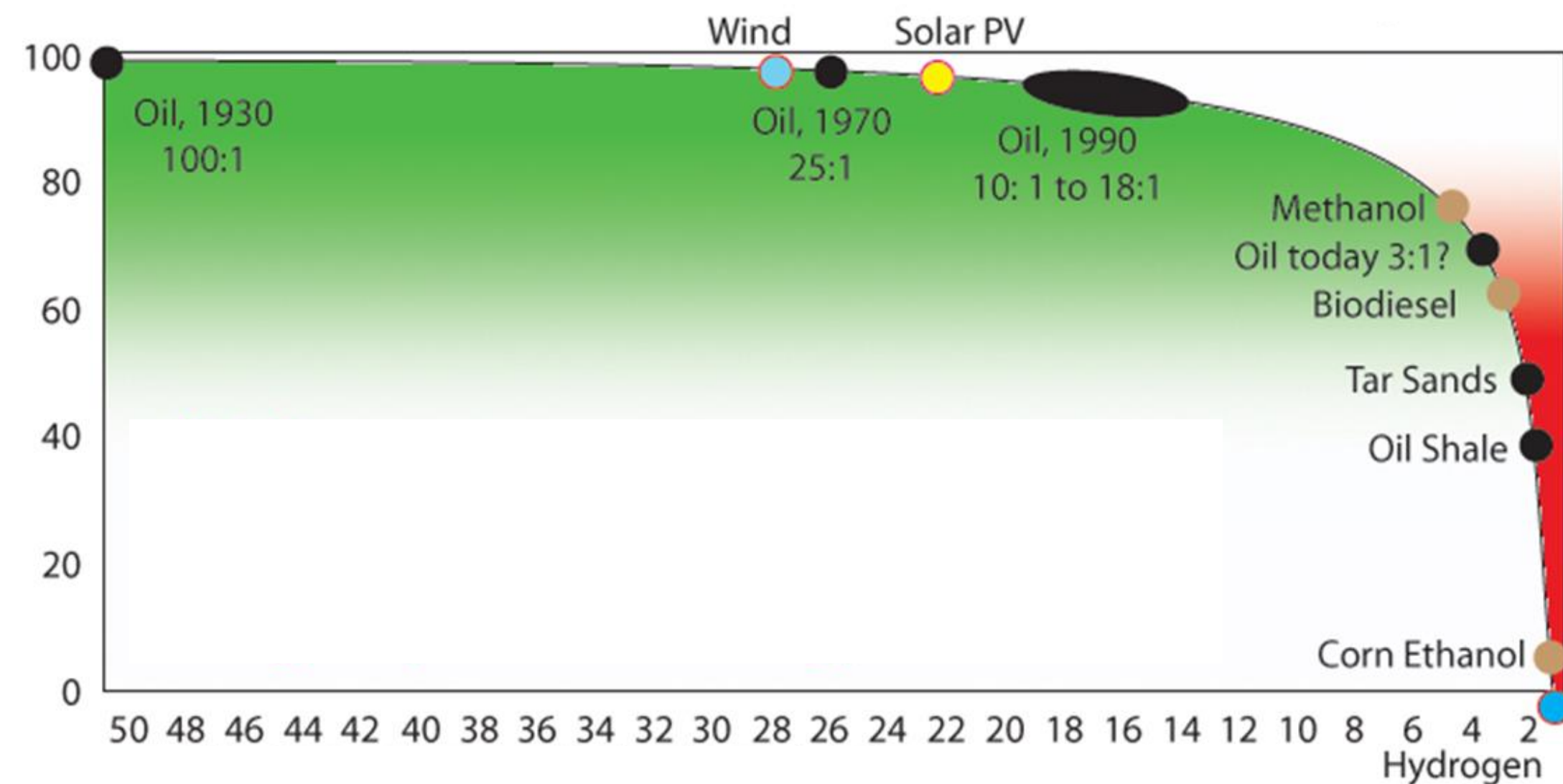
EROI : Merre tartunk?



Energia többlet és energia szakadék

Szabadon felhasználható energia

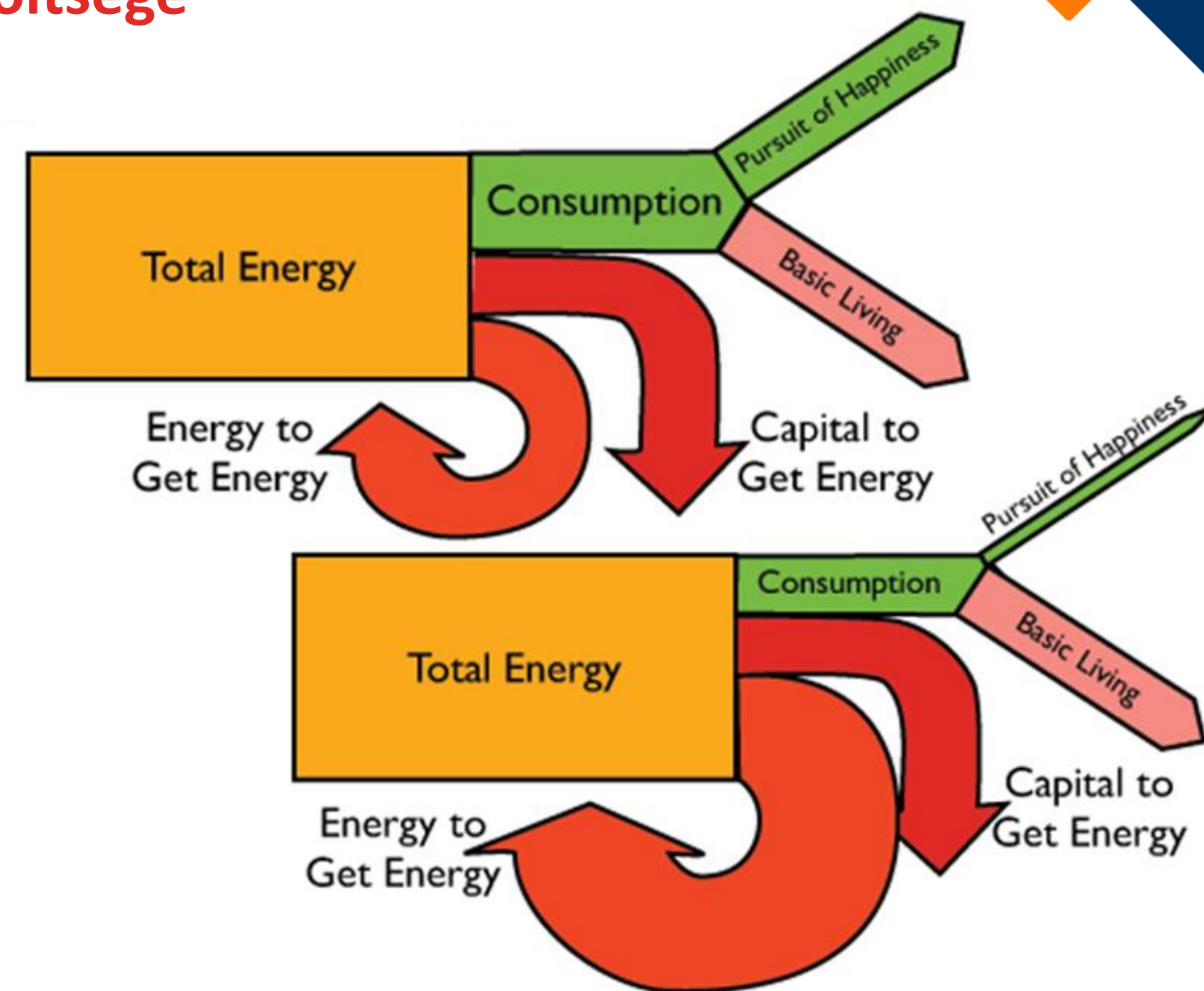
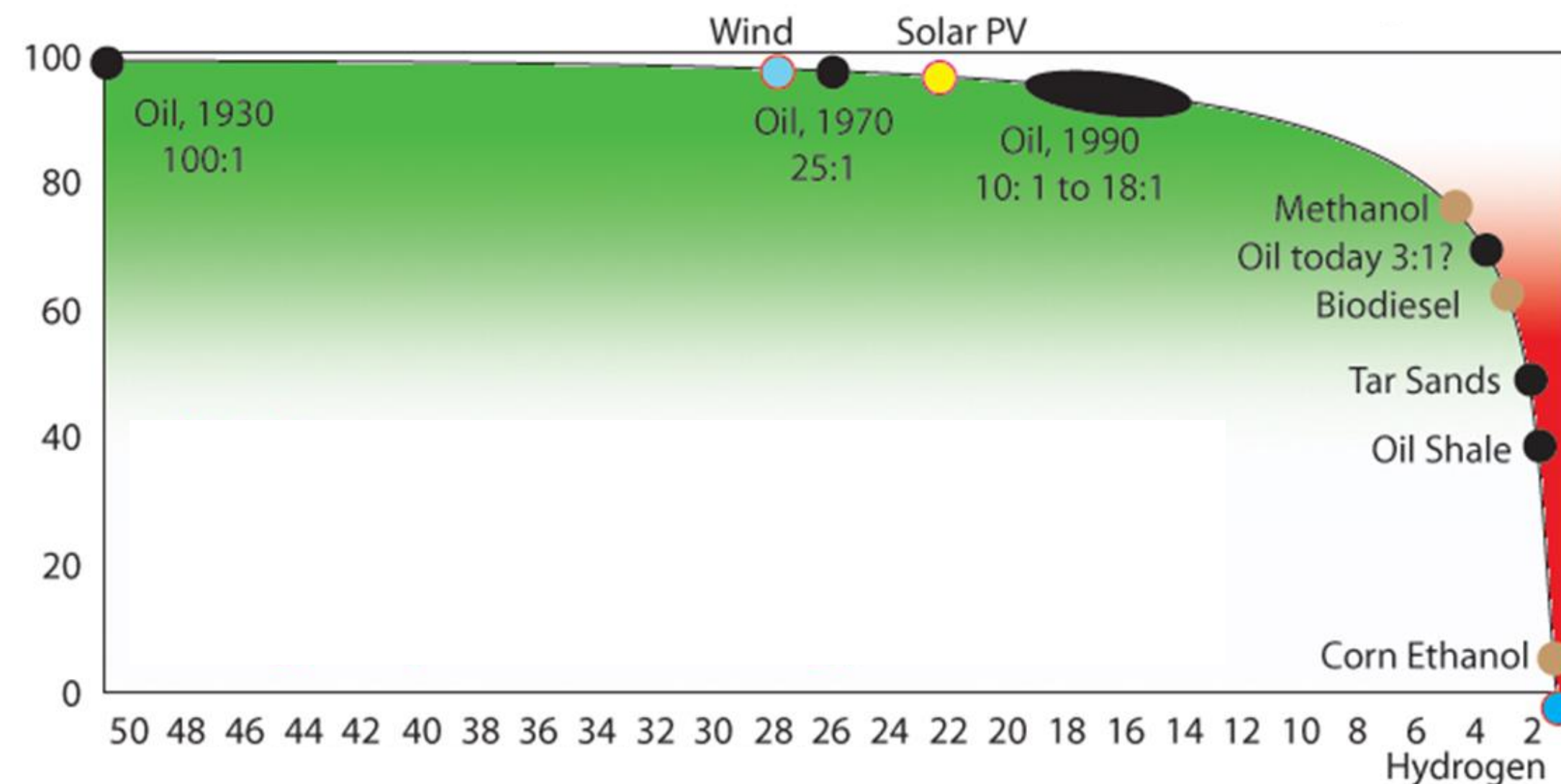
Energiaelőállítás energiaköltsége



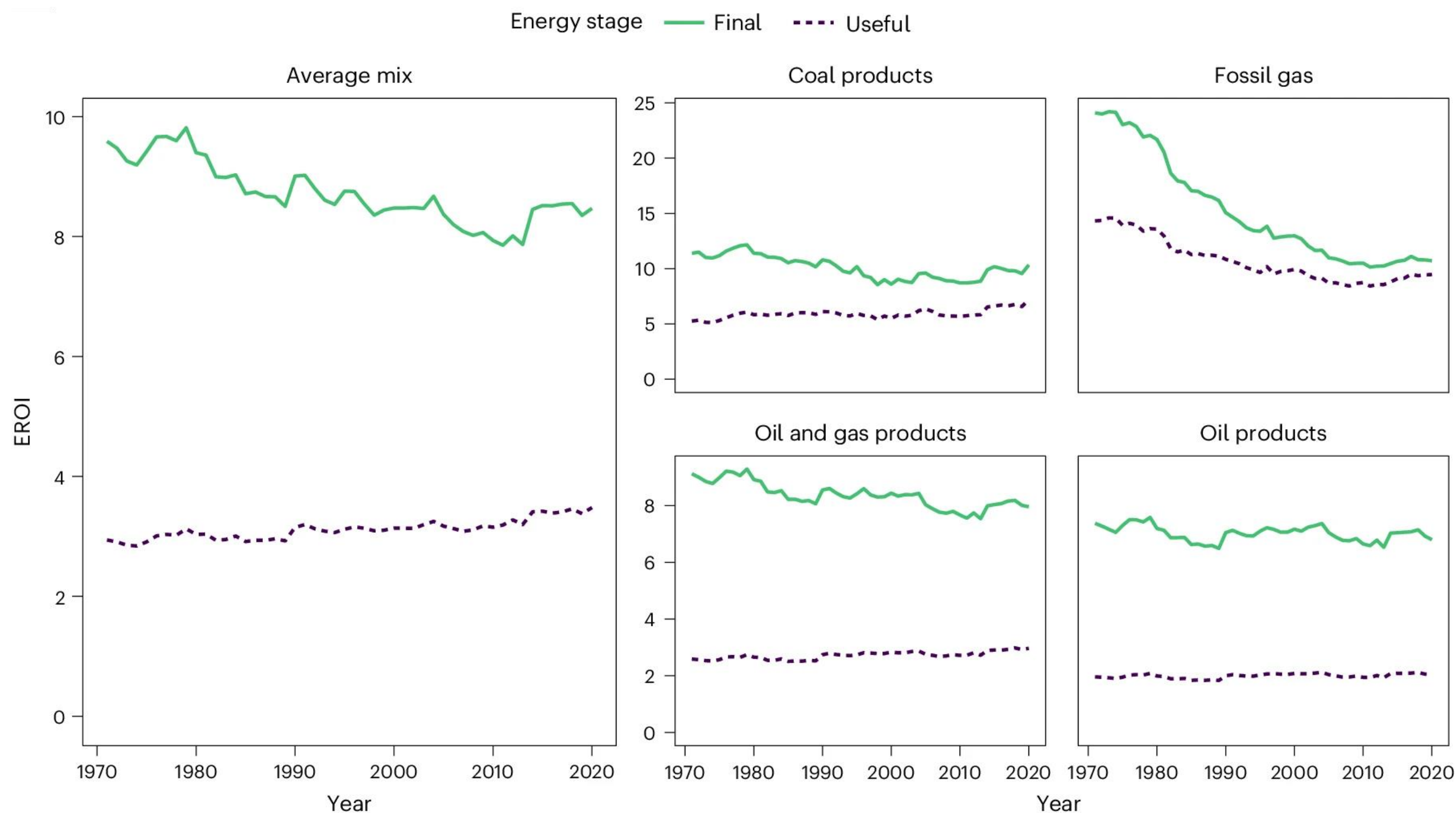
Energia többlet és energia szakadék

Szabadon felhasználható energia

Energiaelőállítás energiaköltsége

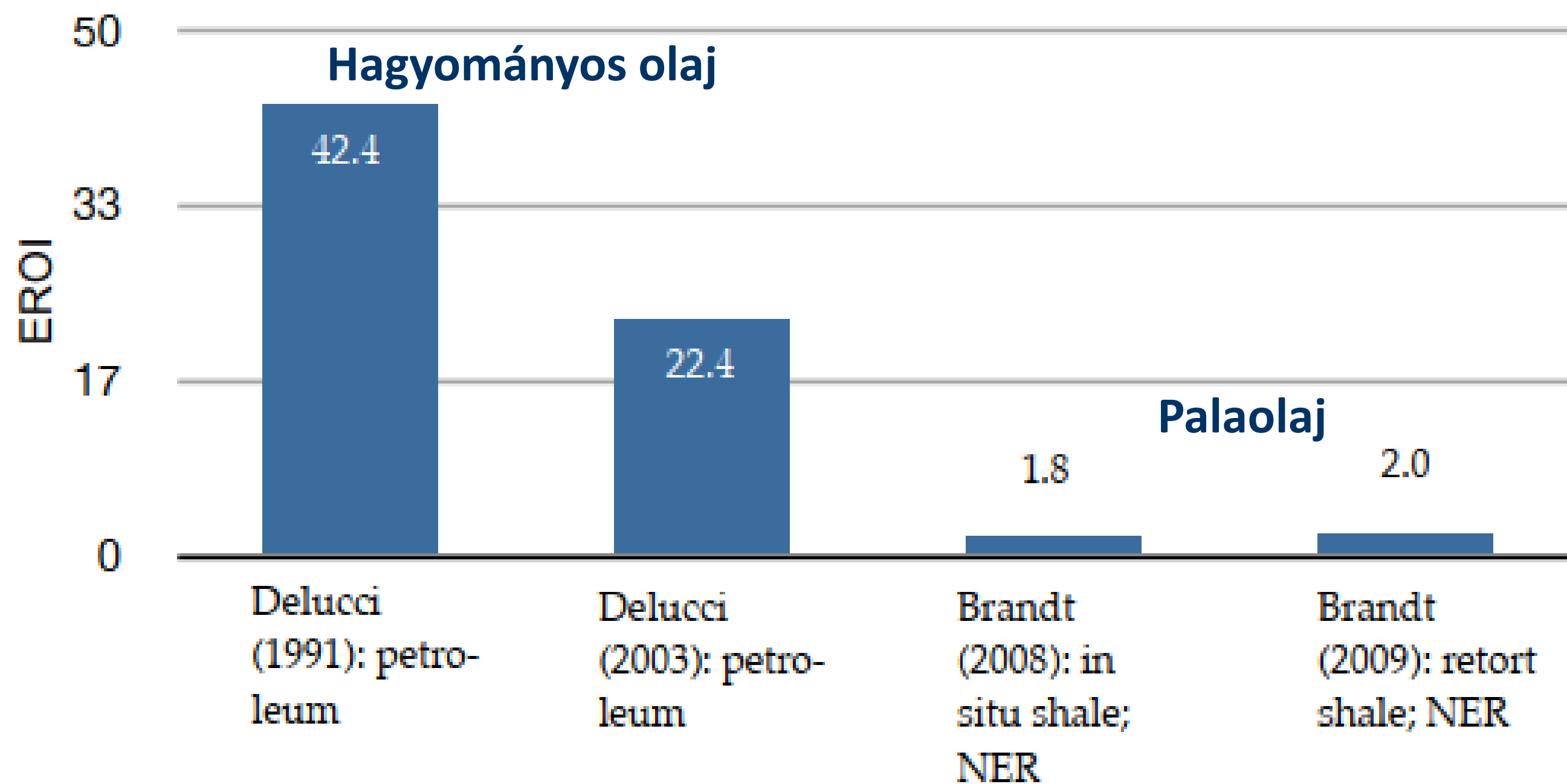


Csökkenő fosszilis EROI

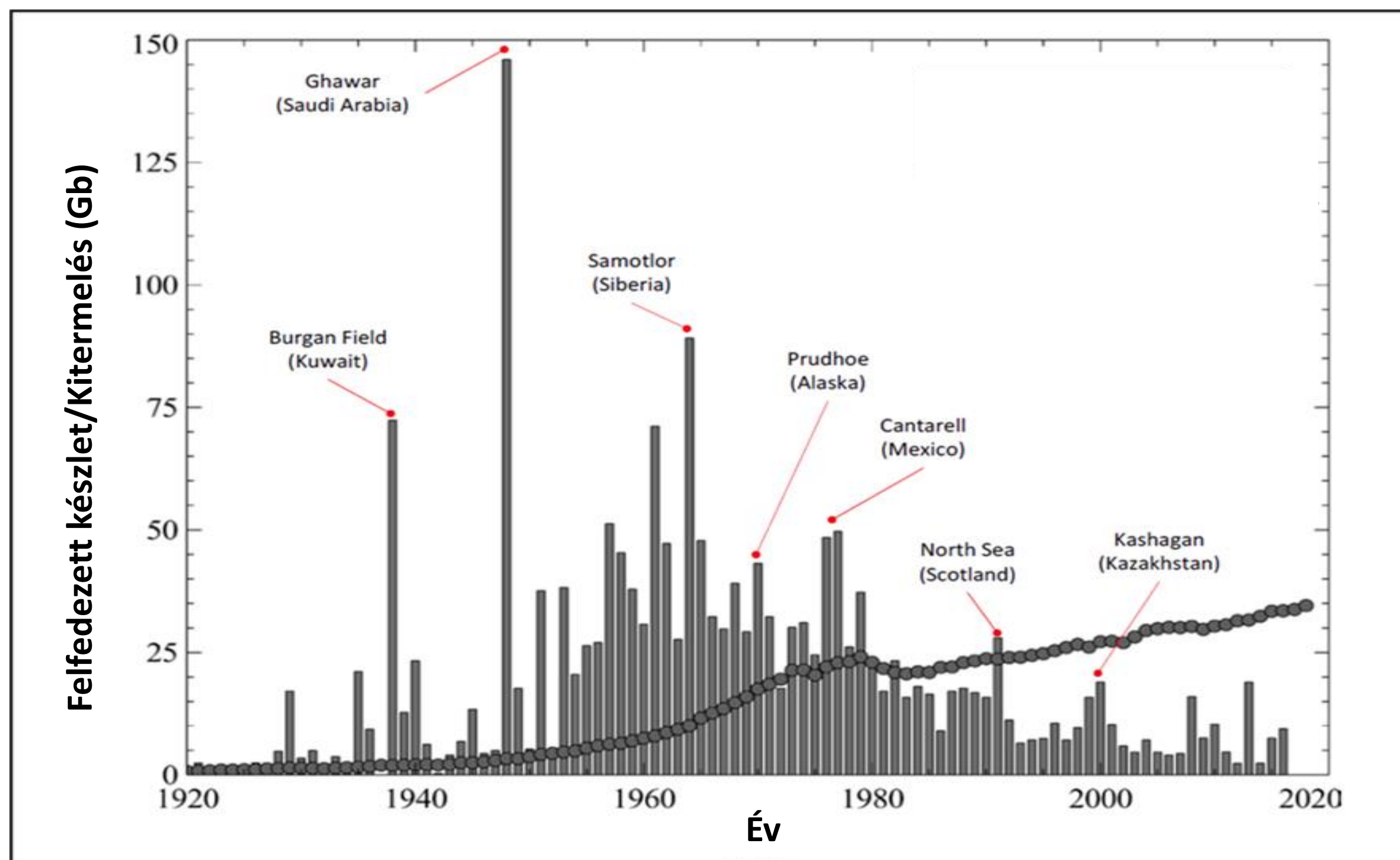


Forrás: Aramendia et al., 2024

Palaolaj EROI?



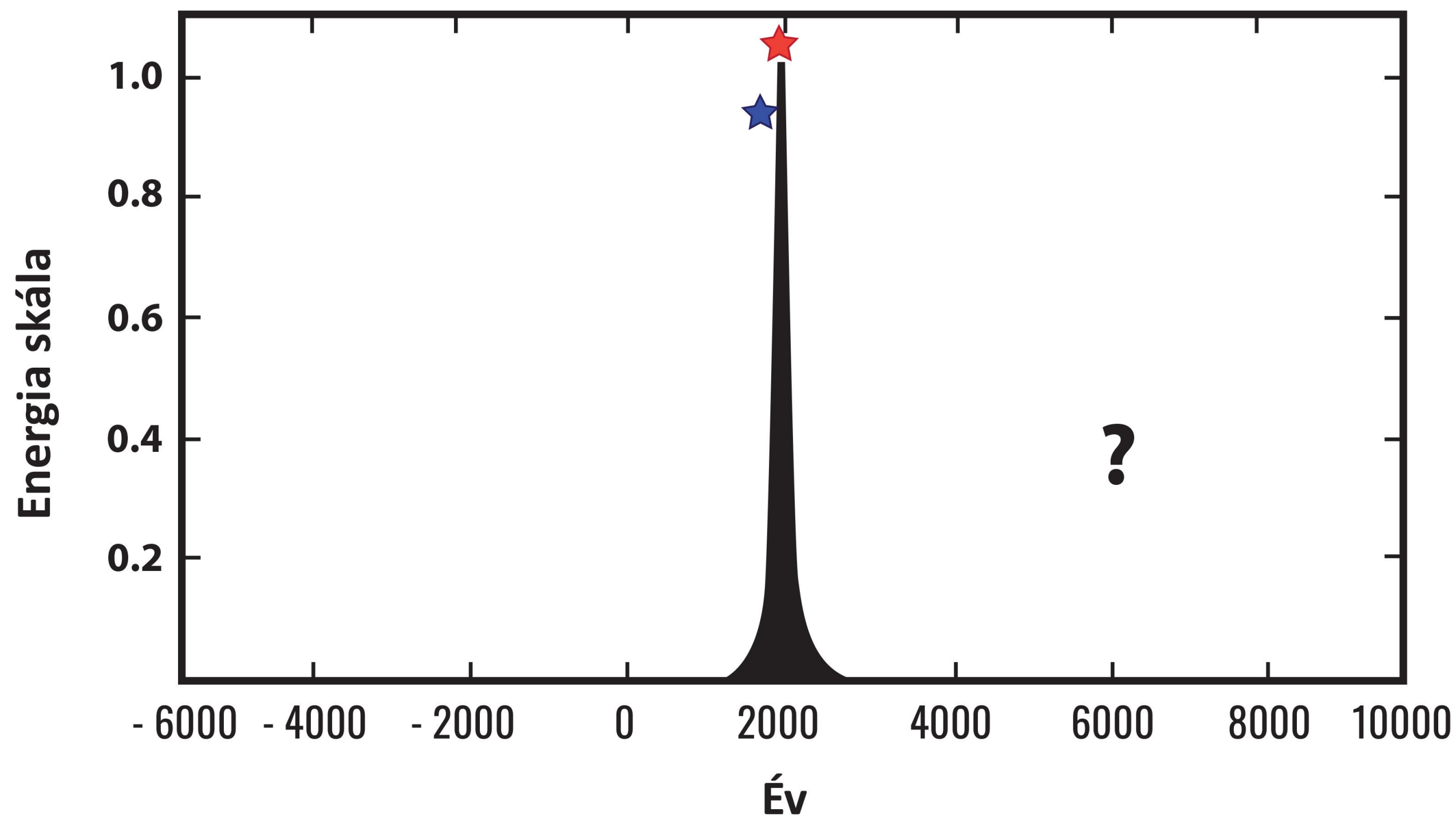
Olajkészletek vs. felhasználás



Forrás: S. Michaux

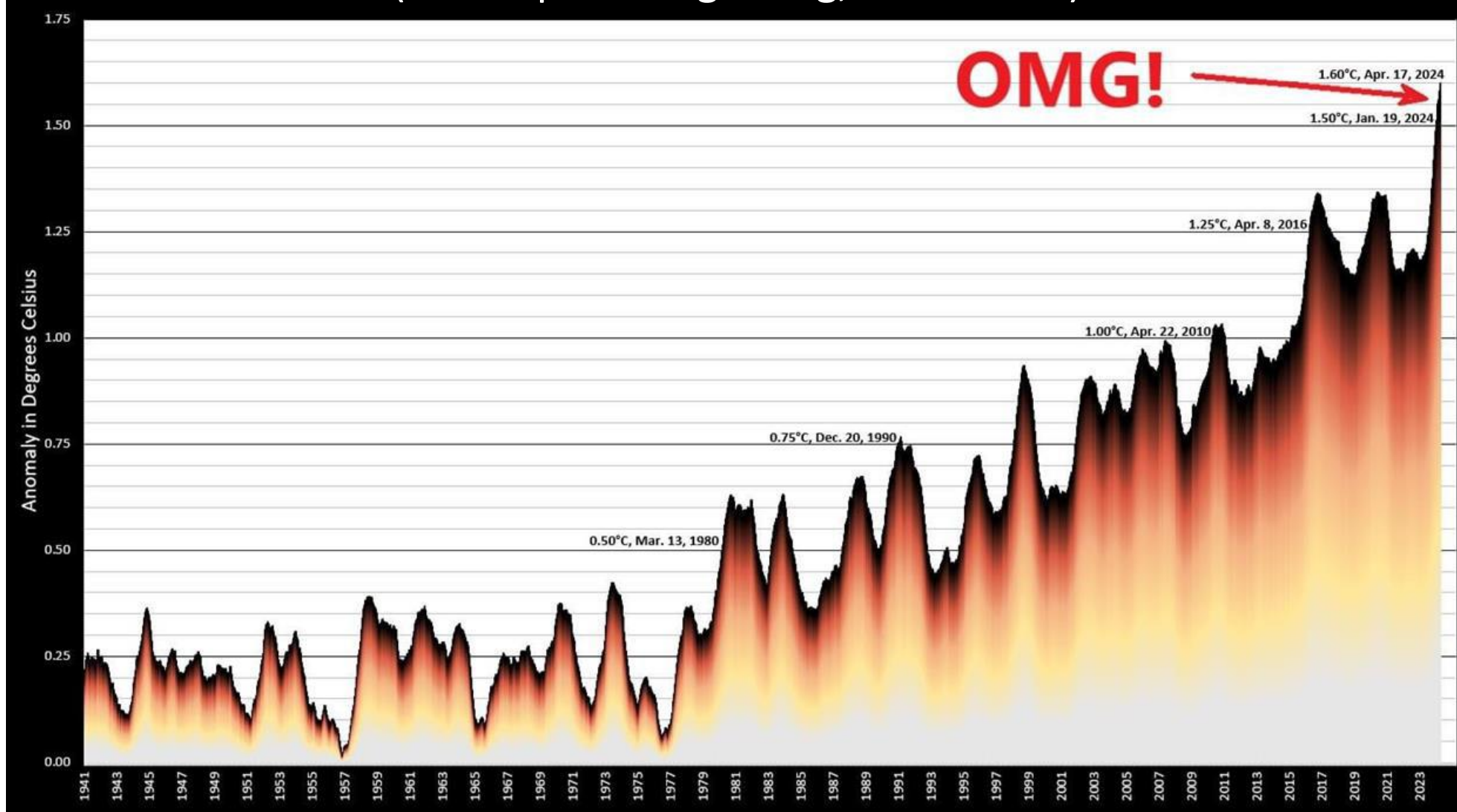


Fosszilis csúcs



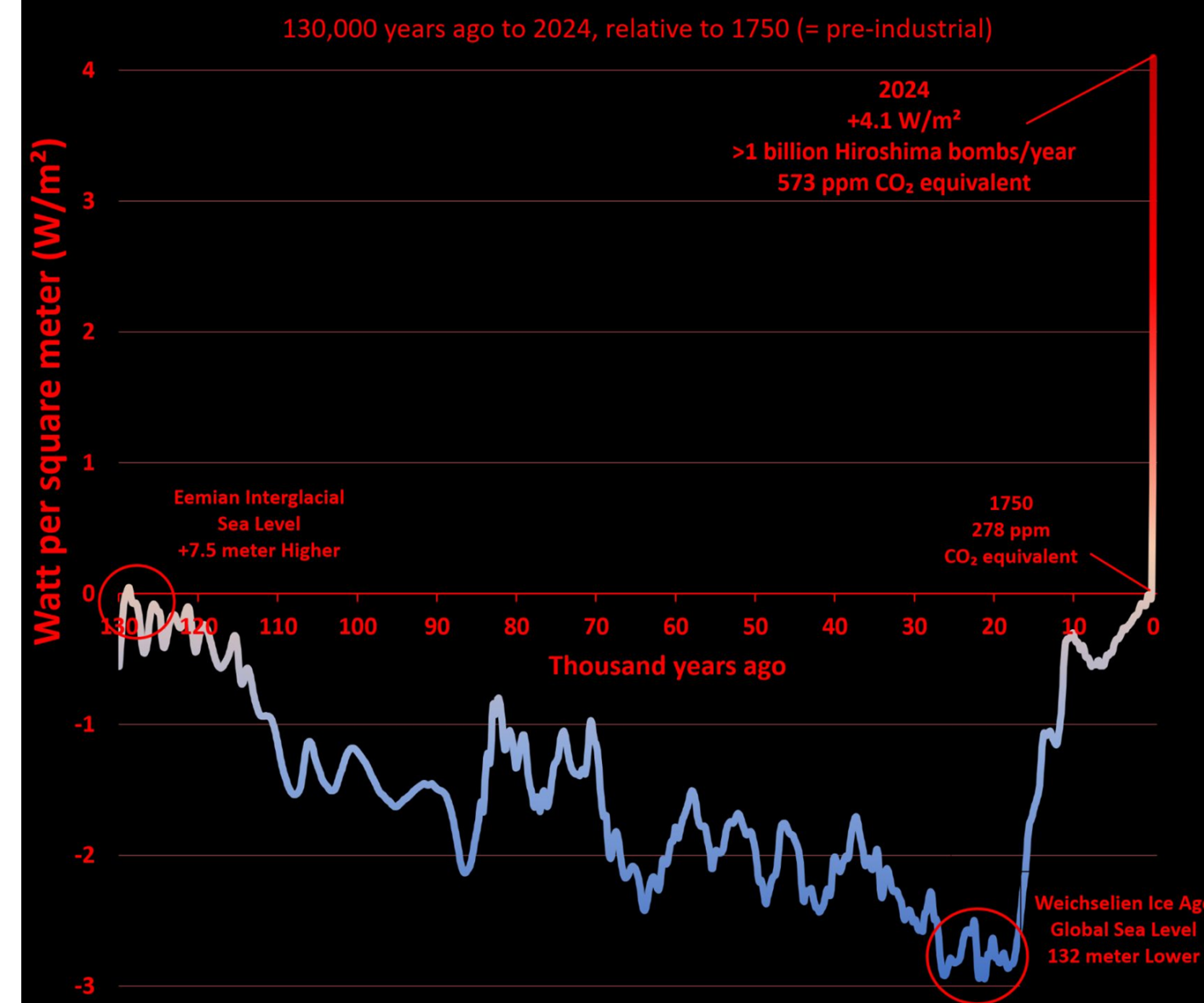
Nem bölcs felhasználni az elérhető fosszilis készleteket!

Globális földfelszíni átlaghőmérséklet alakulása
(365 napos mozgóátlag, 1941-2024)



Forrás: E. Jacobson

Üvegházhatású gázok sugárzási kényszere



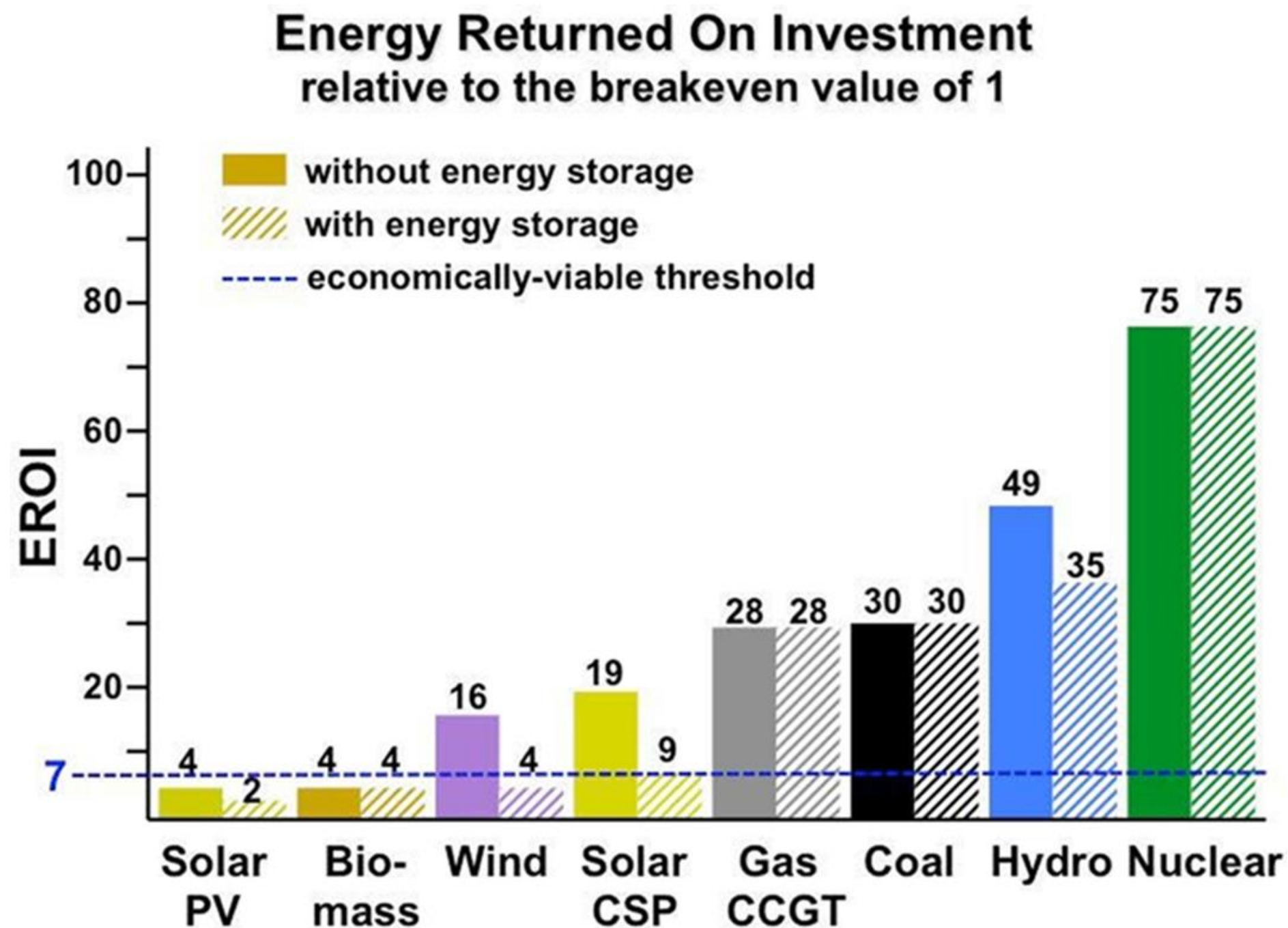
Forrás: Leon Simons



Energiaátállítás „megújuló energiákra”?

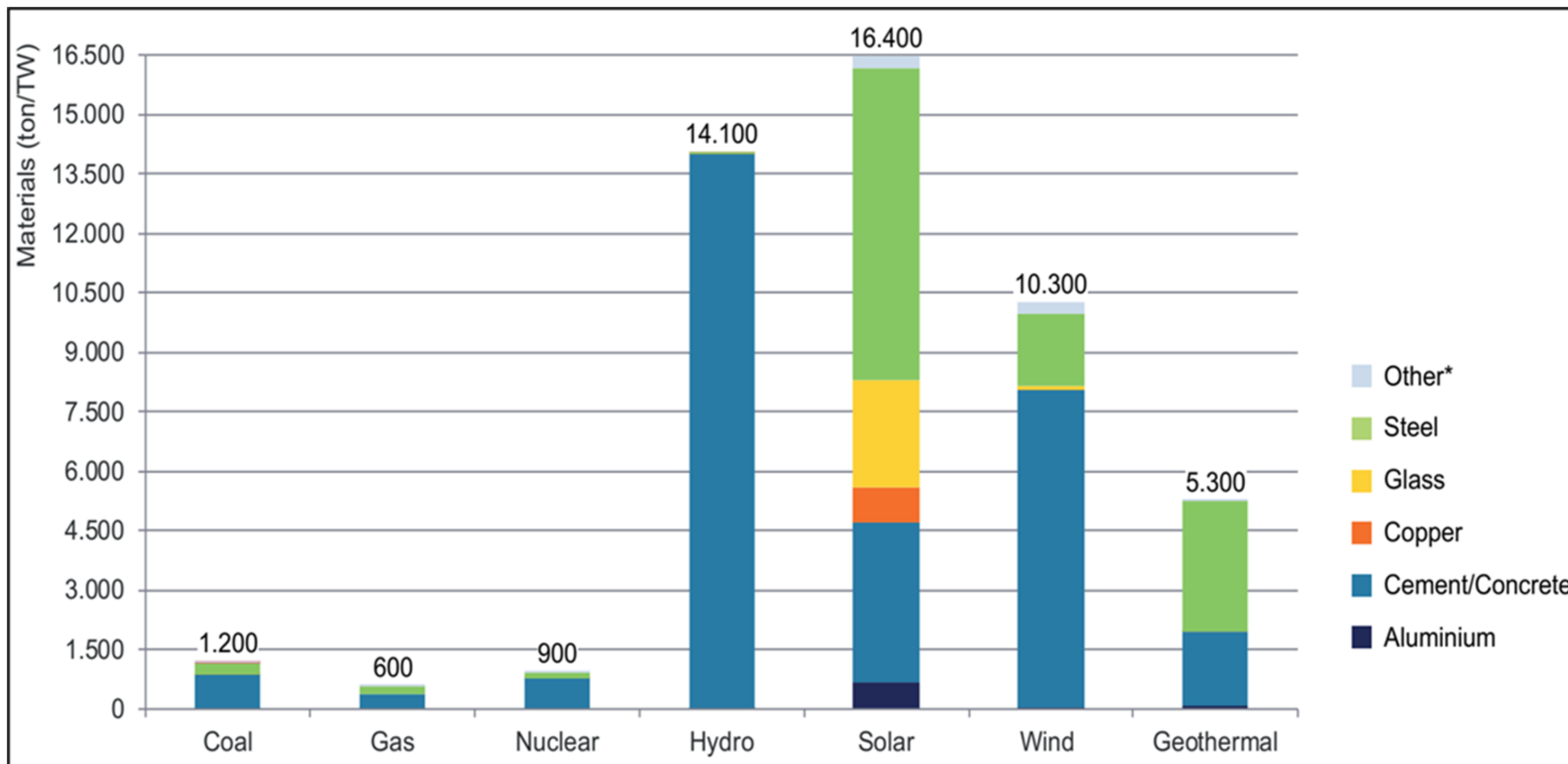


A megújulók EROI értéke sem elég jó



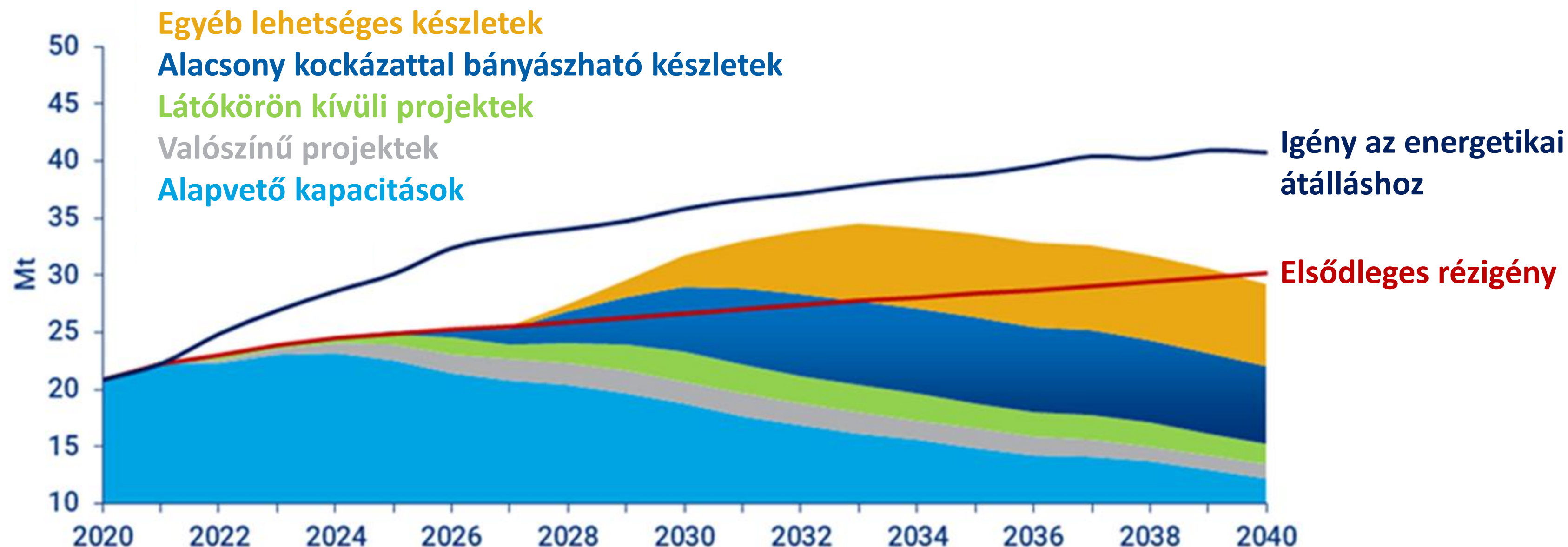
Forrás: Conca, 2015

Anyagigényük viszont rendkívül magas



Forrás: US Department of Energy, 2015

Az ismert (réz)készletek pl. nem is elegendőek



Source: Wood Mackenzie

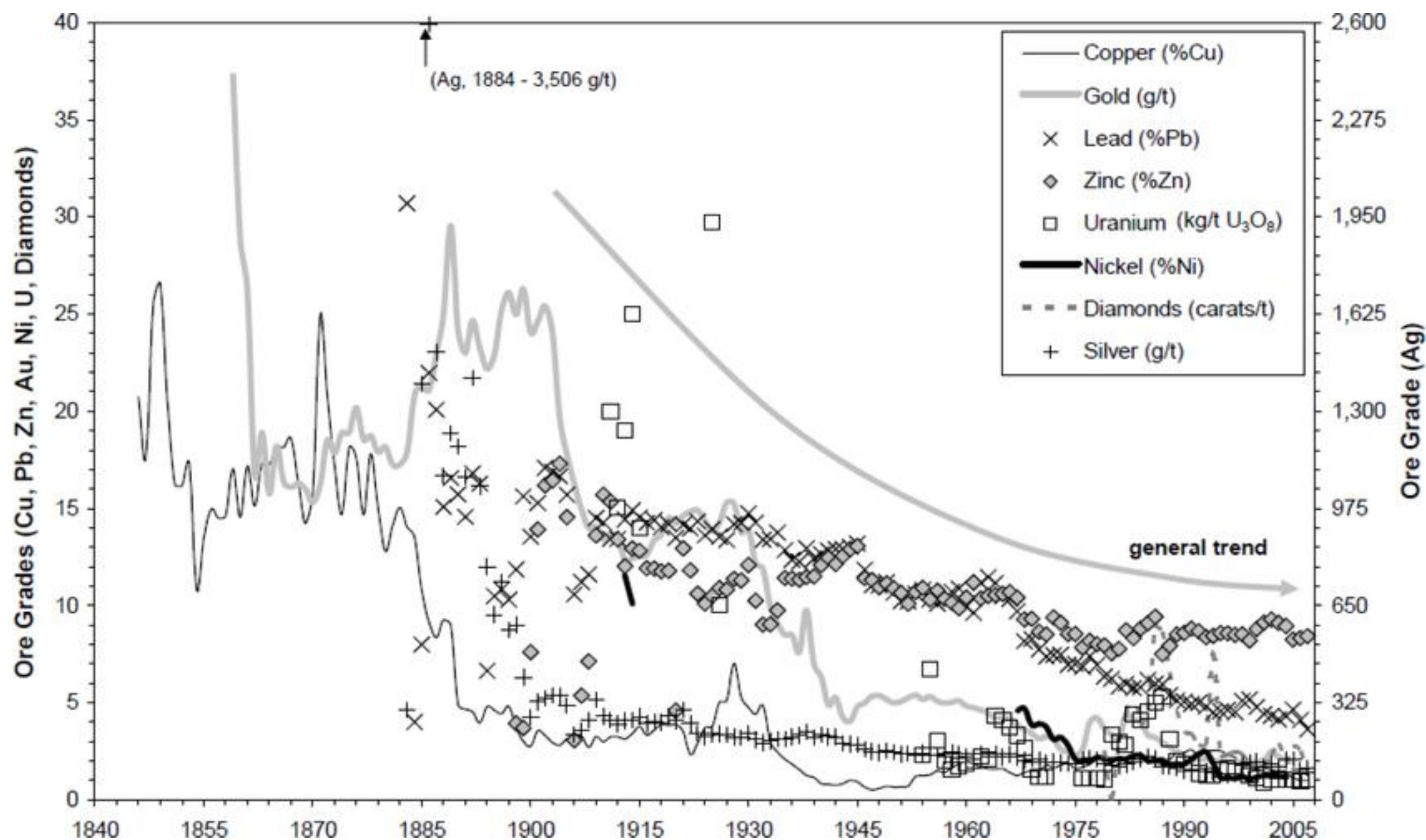
Nincs még elegendő homok sem...



„Az illegális homokkereskedelem a világ harmadik legnagyobb bűncselekménye a kábítószer-bűnözés és a hamisítás után. Ráadásul további növekedése várható, hiszen szakértők előrejelzése alapján a világ 2050-re kifogyhat az építőiparban felhasználható homokból.”

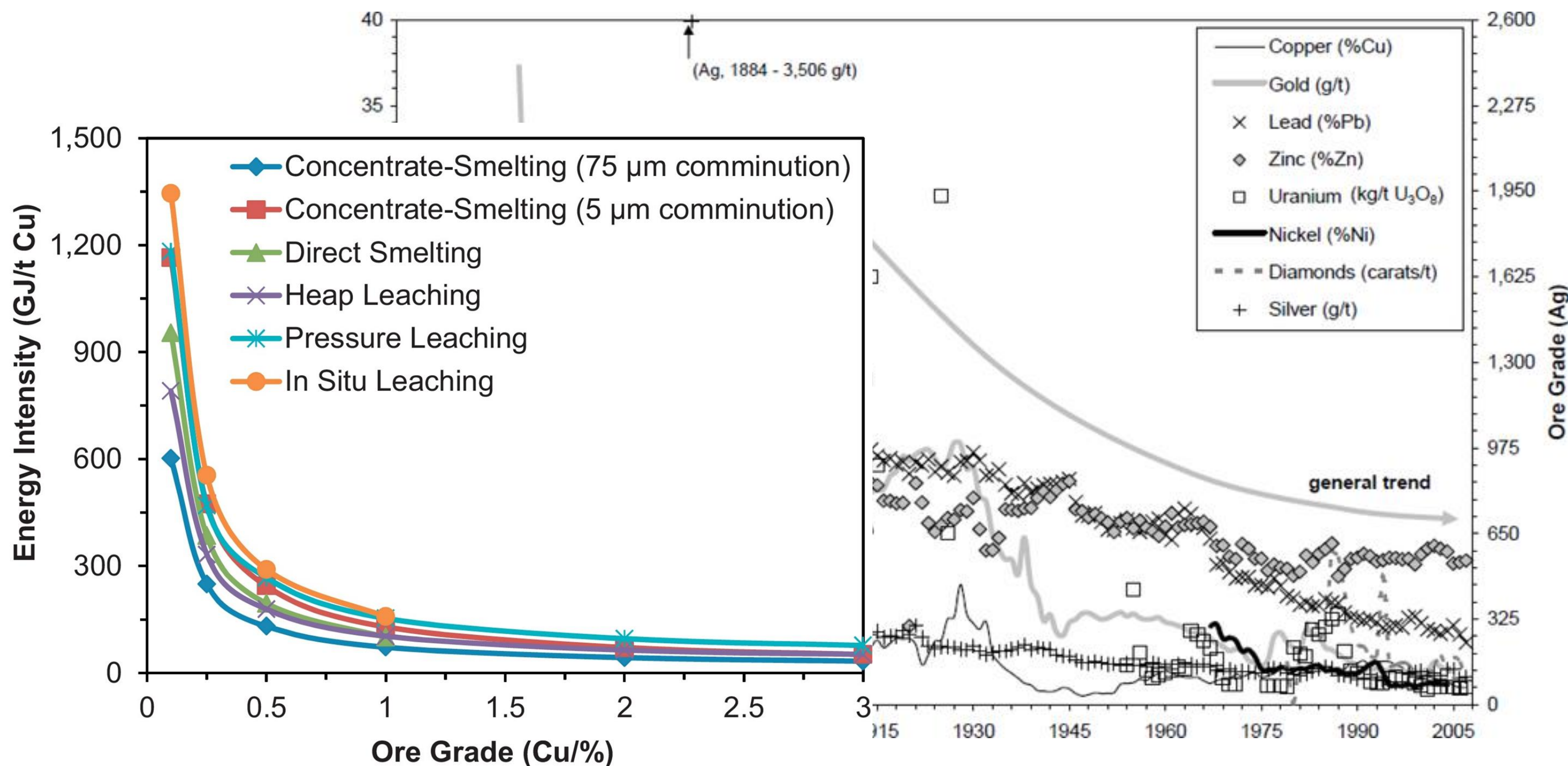
Global Financial Integrity

Alacsonyabb ércsűrűség -> nagyobb energiaigény



Forrás: Gavin Mudd

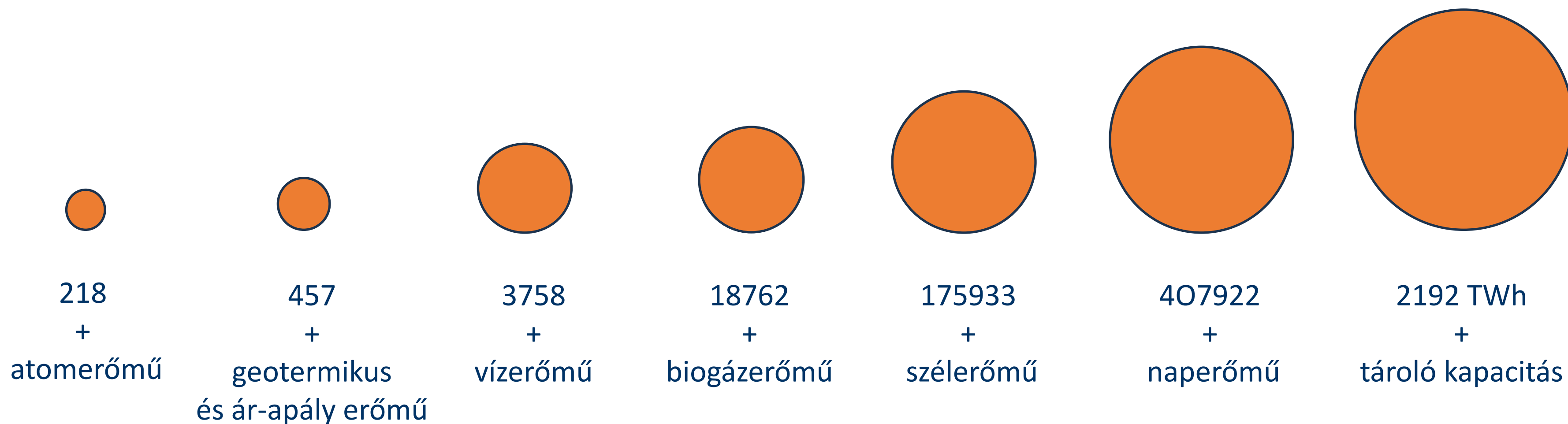
Alacsonyabb ércsűrűség -> nagyobb energiaigény



Forrás: Gavin Mudd

Az átállás léptéke felfoghatatlan!

A szén, gáz, olaj használat kiváltása 607 052 új erőmű megépítését igényelné!

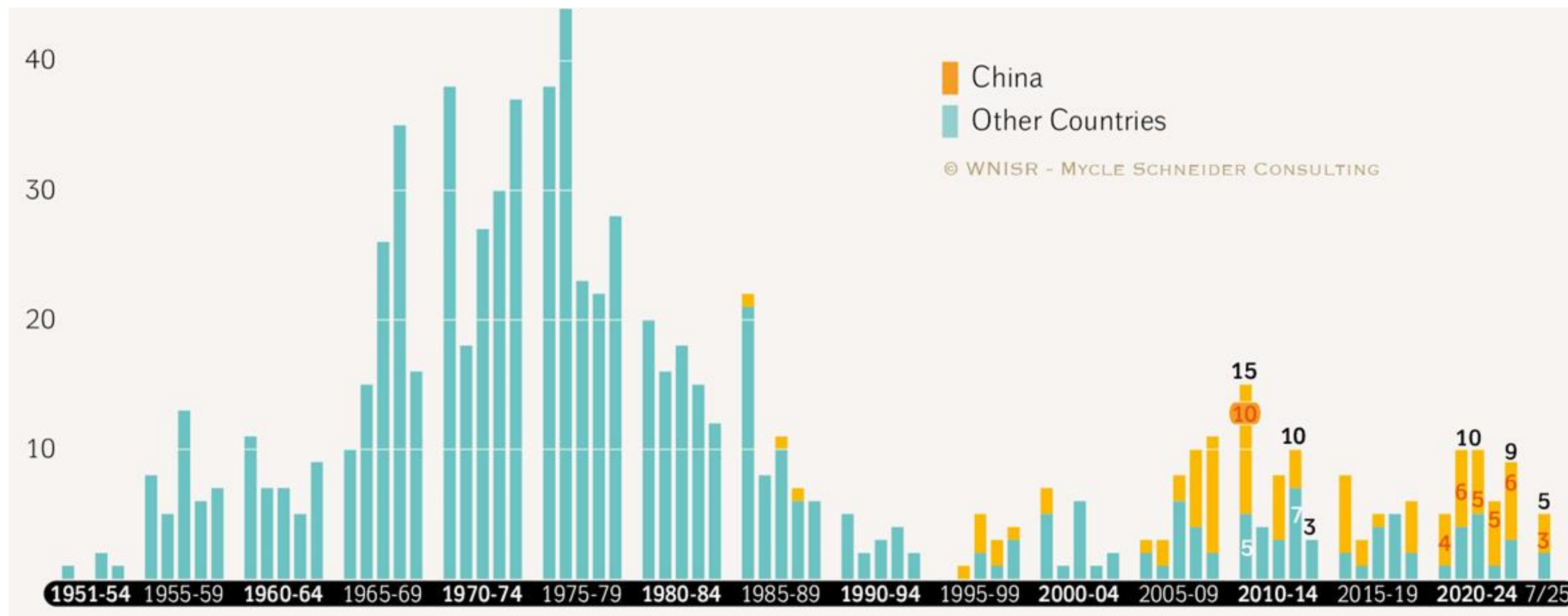


2018-as volumen és arányok mellett

A jelenlegi 46 424 erőművön felül!

Nincs elég építési kapacitás sem

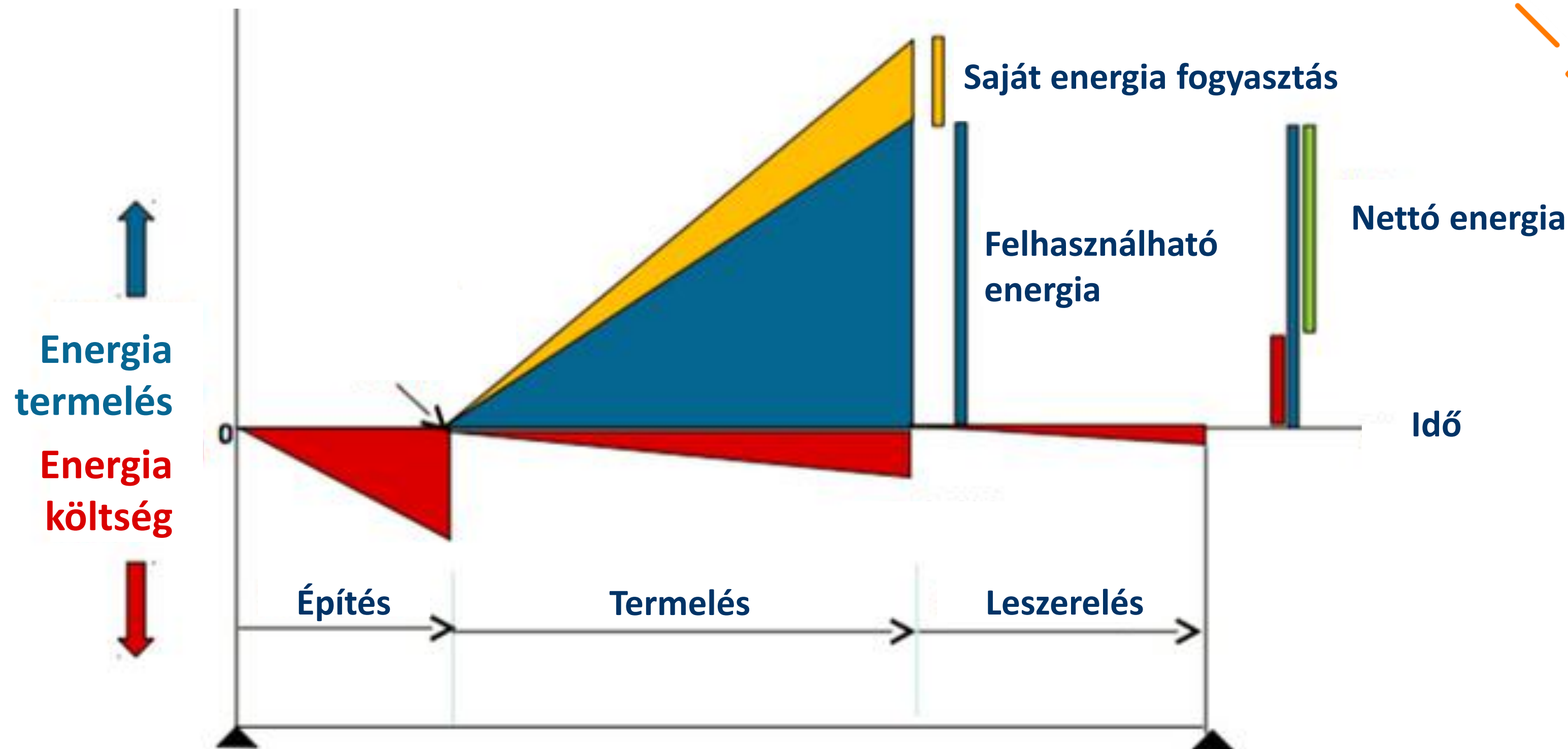
Nukleáris reaktor építés megkezdésének száma a világon 1951-2025



Forrás: World Nuclear Industry Status Report



Az építéshez is energia kell! (fosszilis)



Az energia előállítás módjának változtatása nem elég!

- Át kell állítani a felhasználási oldalt is!
- Ipari folyamataink több, mint a felére nem ismerünk hatékony elektromos megoldást!



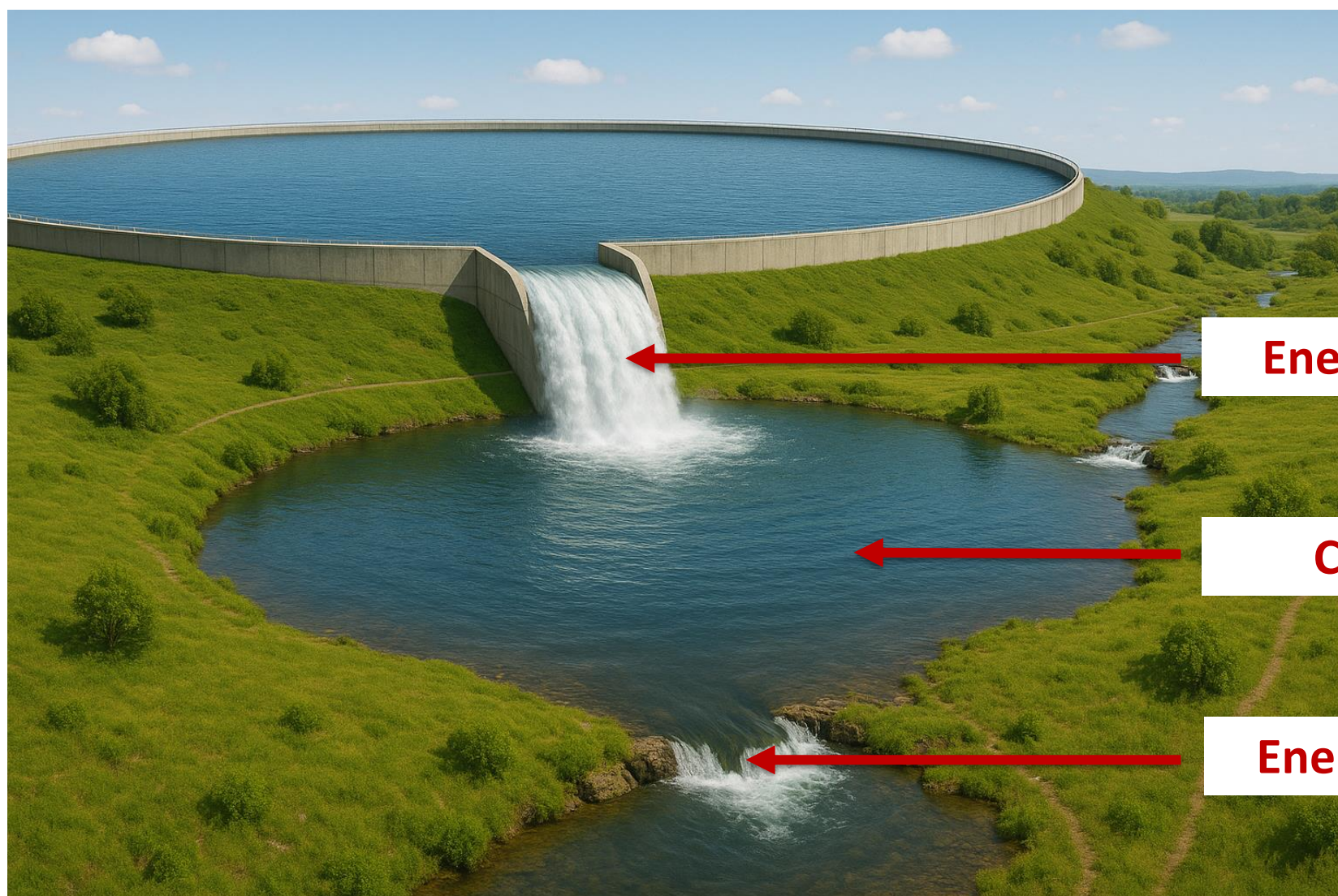


Energia - Entrópia

- Egy épület felépítéséhez energia kell, összedőlése magától is végbe megy;
- Egy út megépítéséhez energia kell, de magától „kátyúsodik”;
- Egy üzem működtetéséhez energia kell, enélkül a termelés megáll;
- A kisebb ércsűrűségű ásványok feldolgozása több energiába kerül;
- Minden spontán folyamat megbontja a rendezett állapotot;
- **Ha csupán megőrizni szeretnénk azt, amit létrehoztunk, ahhoz is energia és anyag kell!**



Ipari forradalom elején

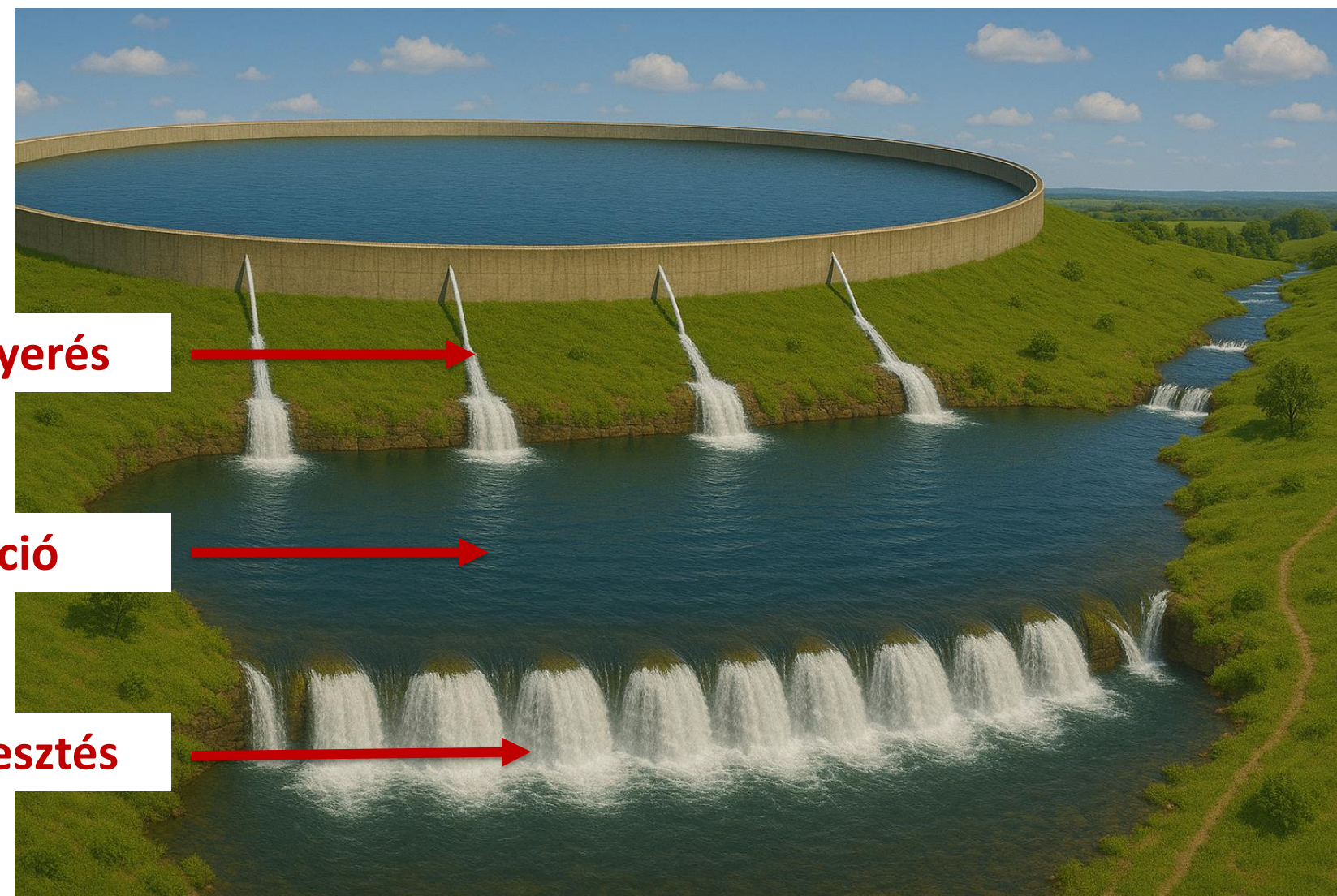


Energia nyerés

Civilizáció

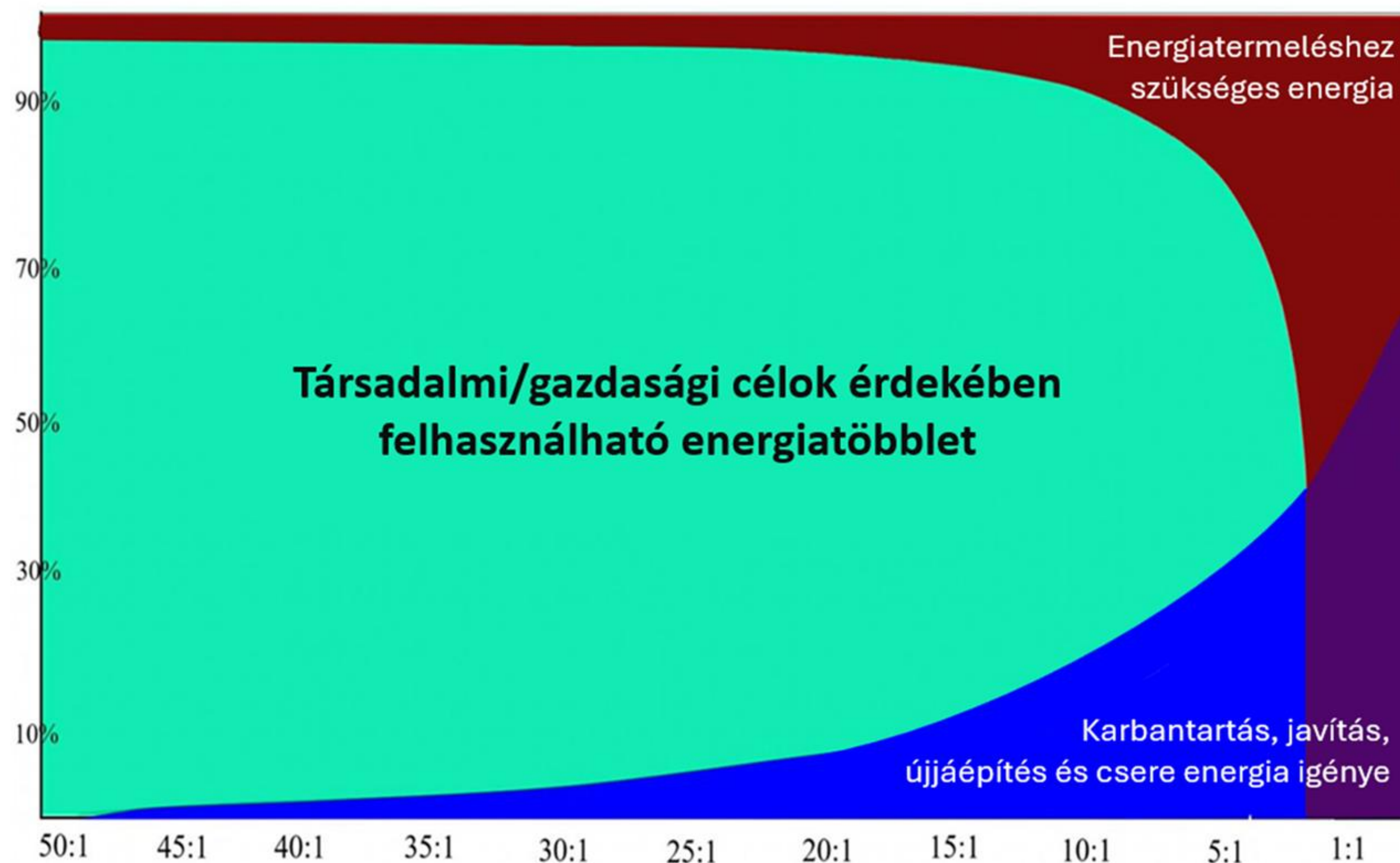
Energia vesztes

A jövőben





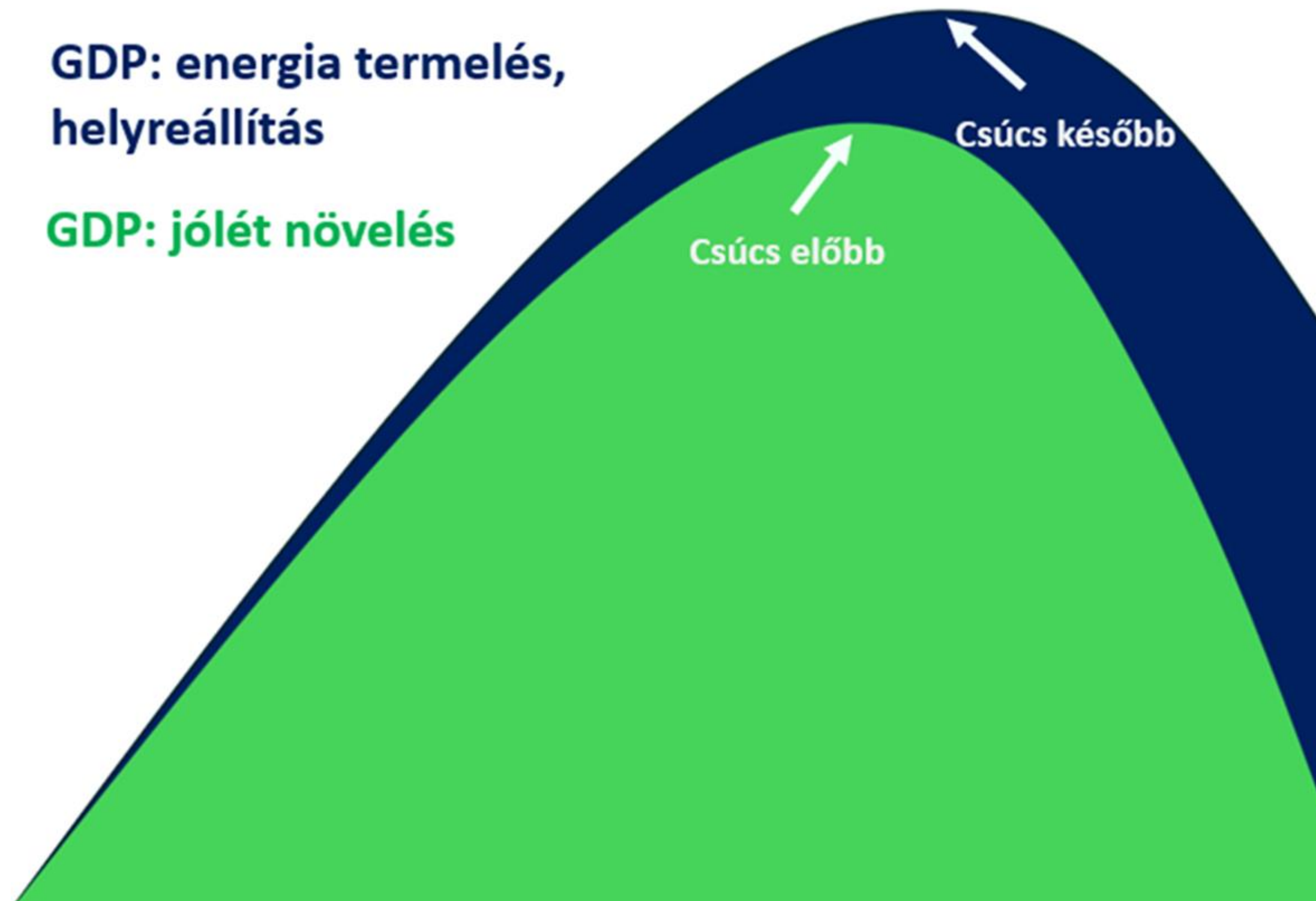
Energia - EROI



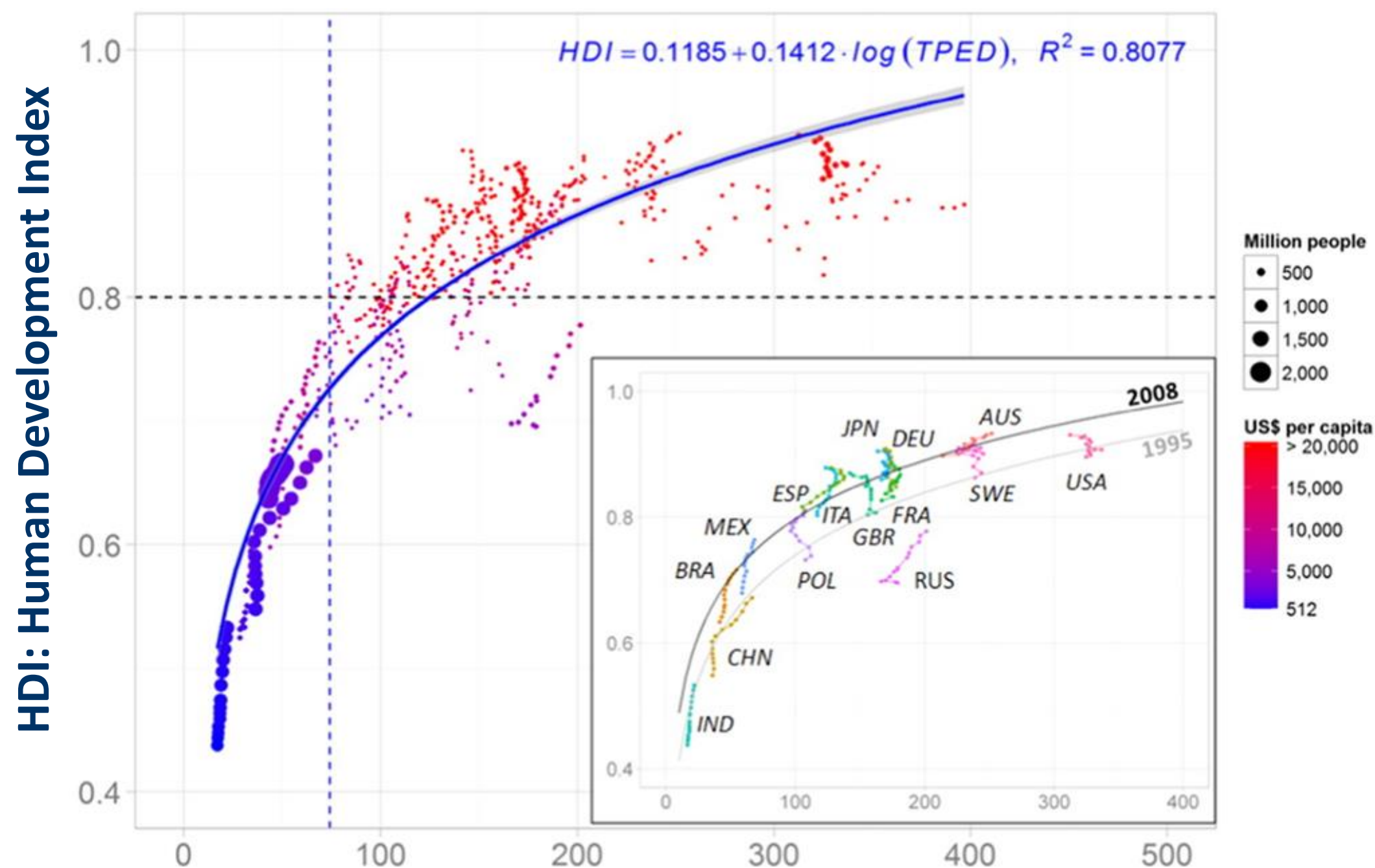
Energia - EROI - Gazdaság

GDP: energia termelés,
helyreállítás

GDP: jólét növelés



Energia – Jólét - Jólét



Elsődleges energia felhasználás (GJ/fő/év)

Forrás: Arto et al., 2016



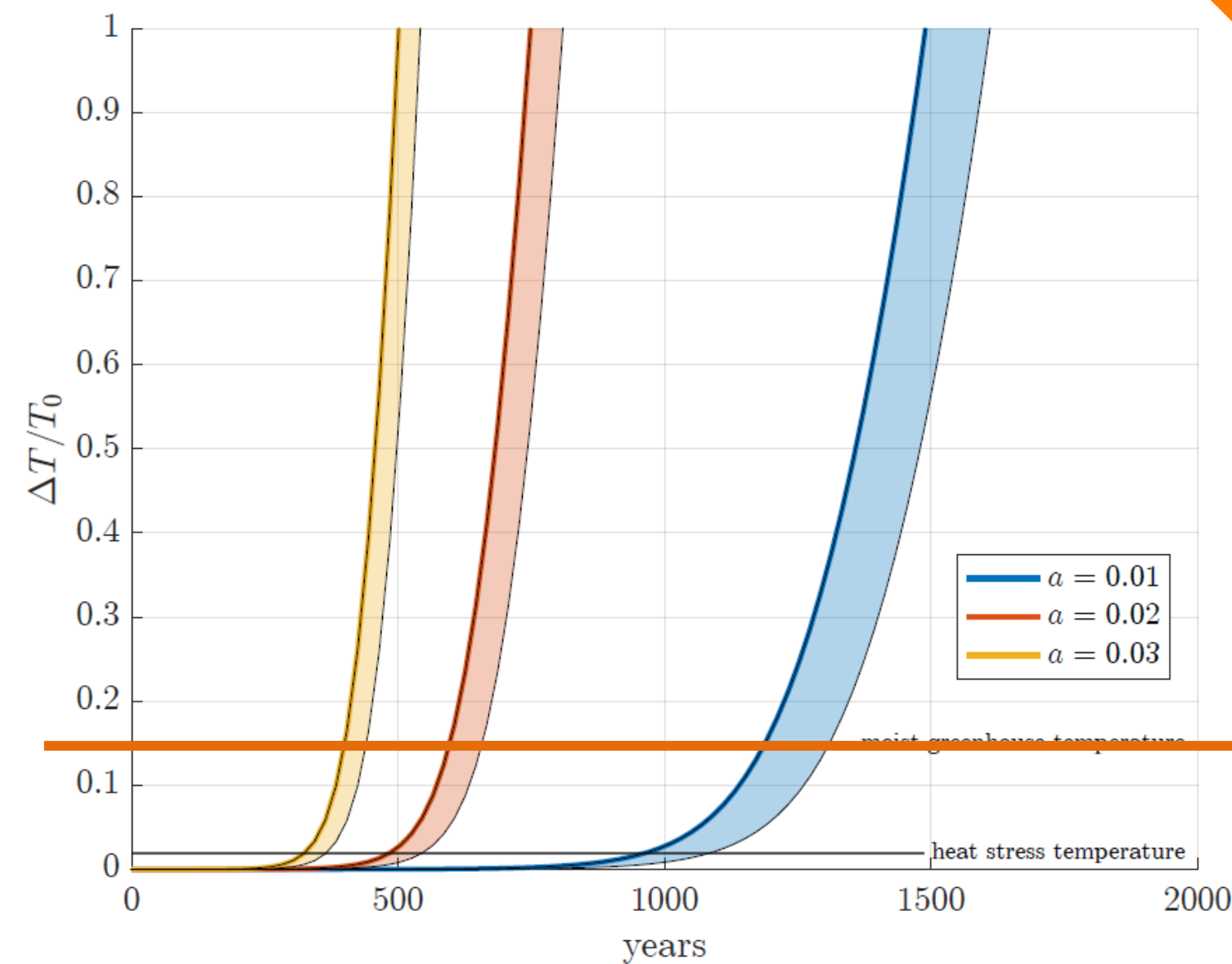
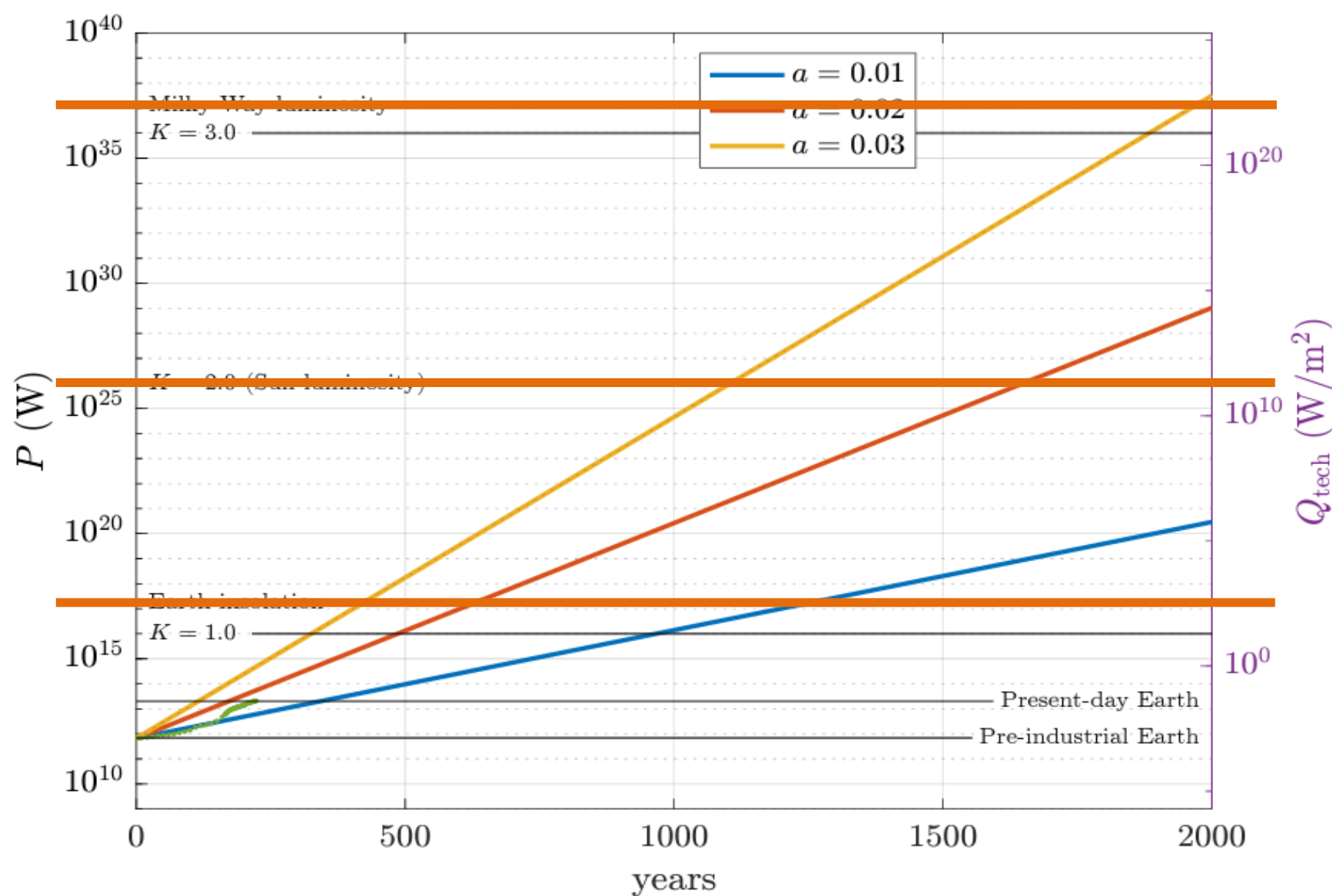
Étel az asztalra ...

A globális élelmiszerlánc emészti fel
a teljes energiafelhasználás 1/3-át! (200EJ)

- Mezőgazdasági termelés
 - Ipari feldolgozás
 - Logisztika
 - Csomagolás
 - Felhasználás
 - Hulladékkezelés
- 8 milliárd ember kalória igénye kb. 30 EJ
 - 30 EJ hasznosul a 200 EJ-ből!
 - A 200 EJ 80%-a fosszilis energia
 - EROI < 1 csak nagyüzemi módon fedezhető

EROI 1 : 7 !

És ha lenne korlátlan energia?



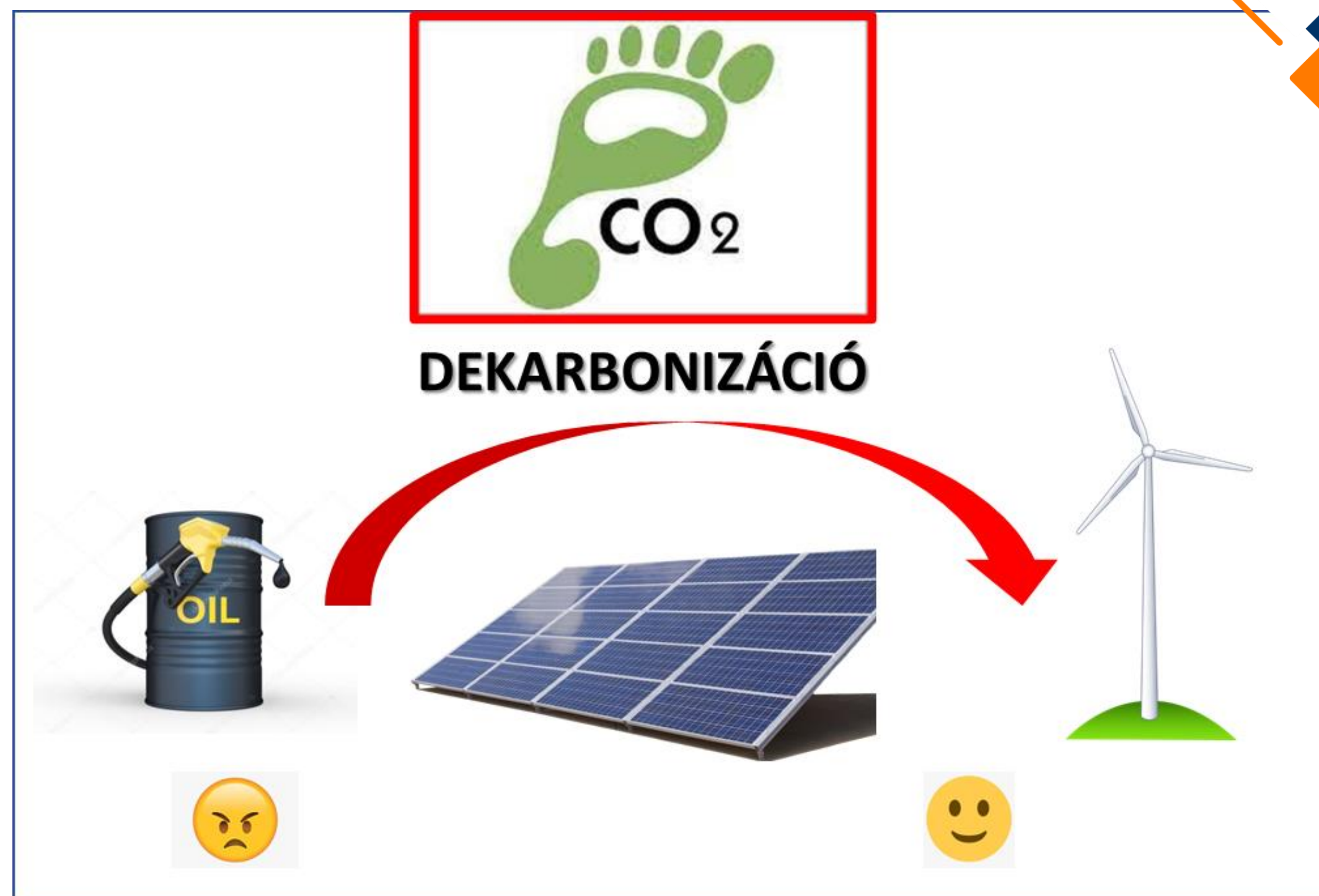
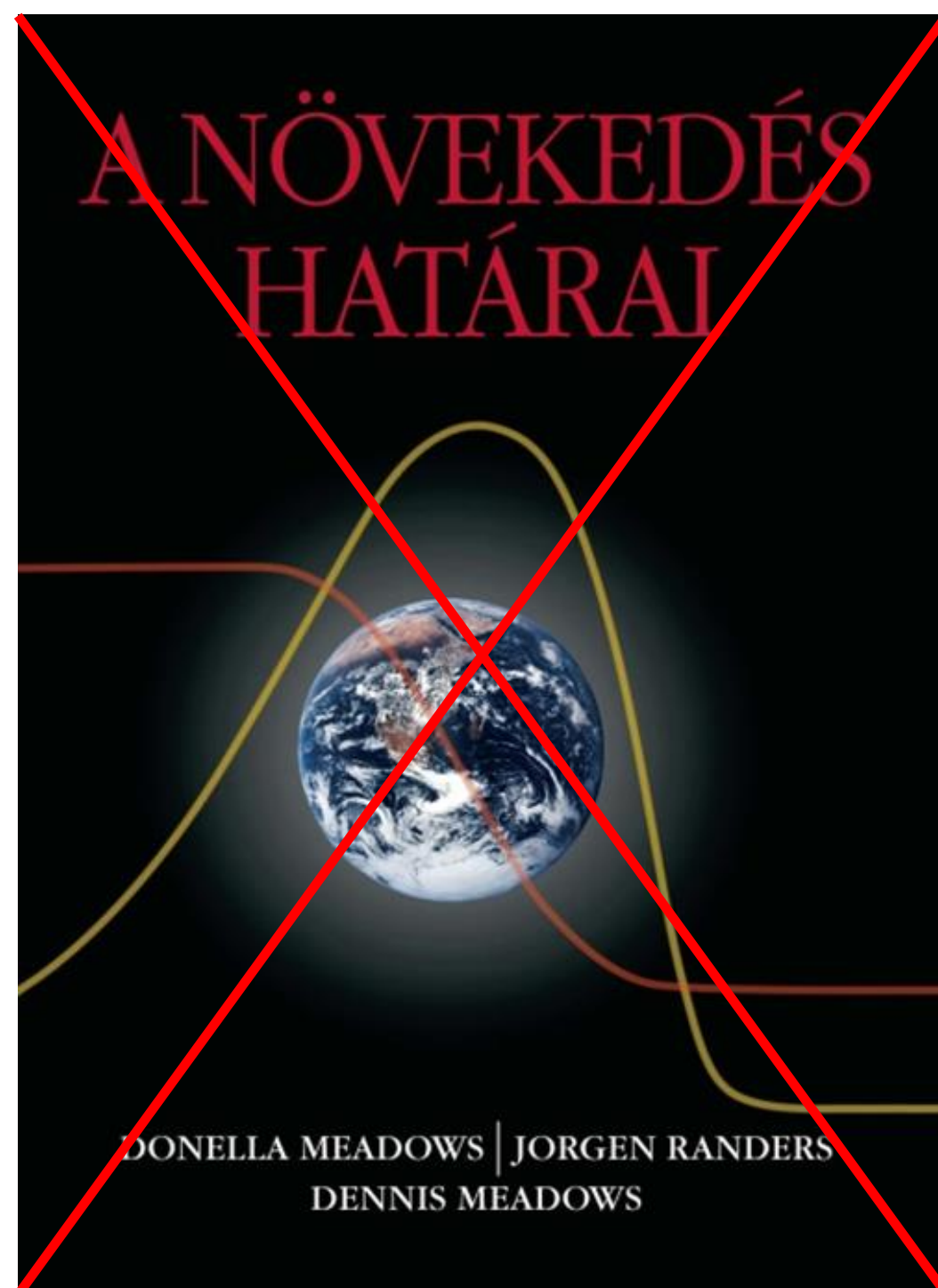
$T_0 = 288 \text{ K} !$

Forrás: Balbi, Lingam, 2024



Képes-e ezt kezelni a Homo Sapiens?

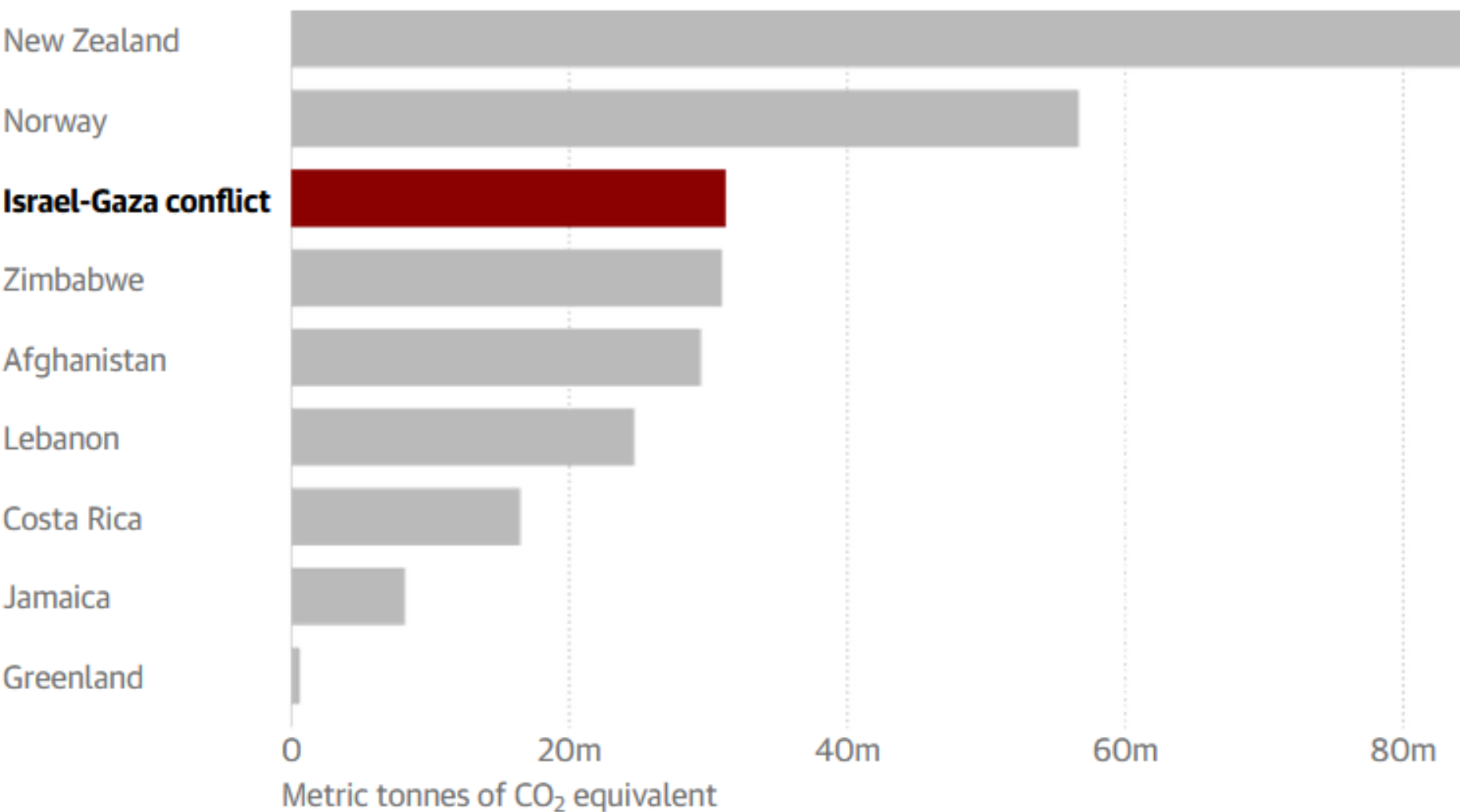
A „fenntartható fejlődés” egybites dogmája





Emissions from the first 15 months of conflict surpass annual total for Zimbabwe

Estimated Israel-Gaza conflict emissions v select countries' total 2023 emissions



Guardian graphic. Sources: Frederick Otu-Larbi, Benjamin Neimar et al, A Multitemporal Snapshot of Greenhouse Gas Emissions from the Israel-Gaza Conflict; European Commission: Edgar.

Greenhouse gas emissions from the first 15 months of conflict

Estimated in metric tonnes of CO₂ equivalent



Breakdown of direct conflict emissions

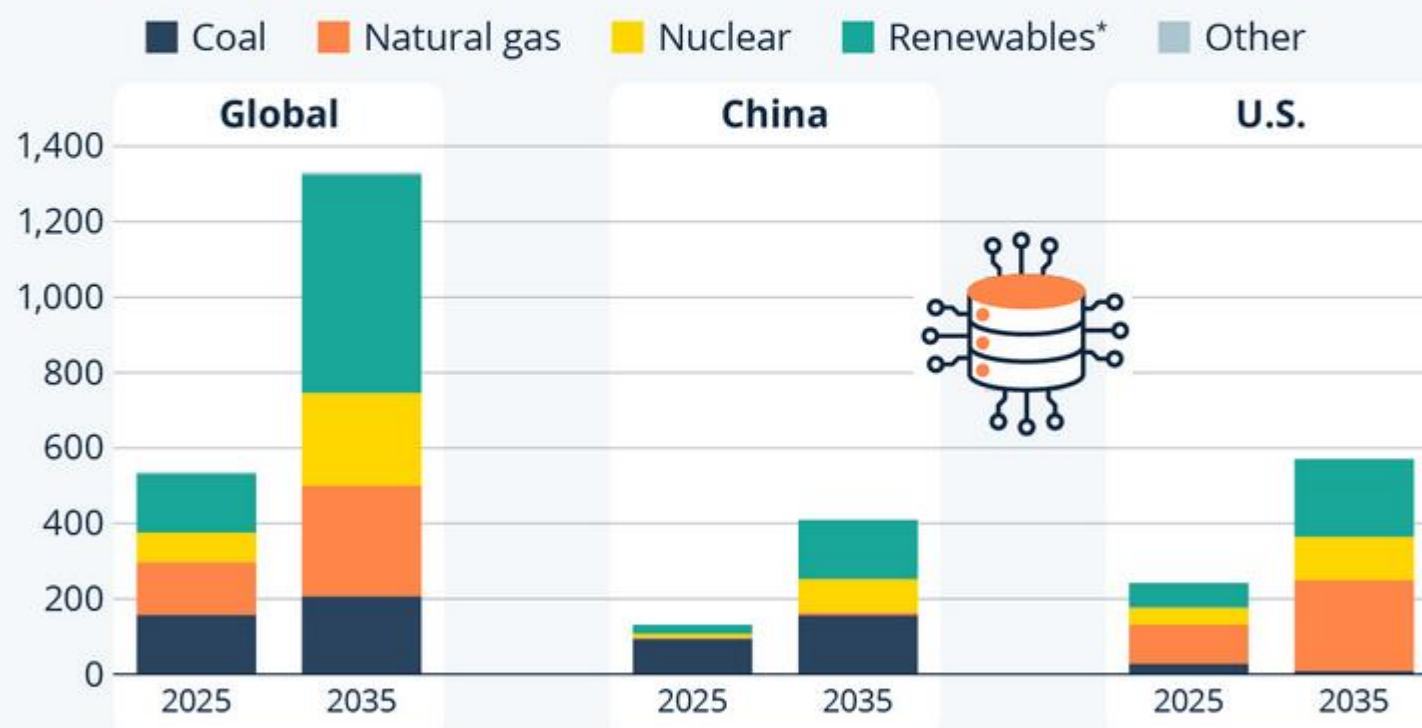
Israel and Gaza	Metric tonnes of CO ₂ equivalent
Gaza aid delivery (trucks)	817k
Cargo flights	556k
Bombing and reconnaissance flights	252k
Gaza electricity production	132k
Israeli bombs and artillery	78k
Tanks and vehicles	48k
Hamas bunker fuels	2k
Hamas rockets	1k
Other regional conflicts	
Israel and Iran	5k
Isreal and Lebanon	4k
Israel and Yemen	3k

Guardian graphic. Source: Frederick Otu-Larbi, Benjamin Neimar et al, A Multitemporal Snapshot of Greenhouse Gas Emissions from the Israel-Gaza Conflict. Note: Emissions calculated by usage, not manufacture. Post-conflict

Adatközpontok és MI

Data Center Energy Consumption Surges Amid AI Boom

Electricity generation to supply data centers, by energy source (in TWh)



* Solar PV, wind and other renewables

Based on the fuel mix of the electricity physically consumed by data centers rather than contractual mix of different data center operators.

Source: IEA

ENERGY TRANSITION

[See all articles](#)

[Alert me about Energy Transition](#)



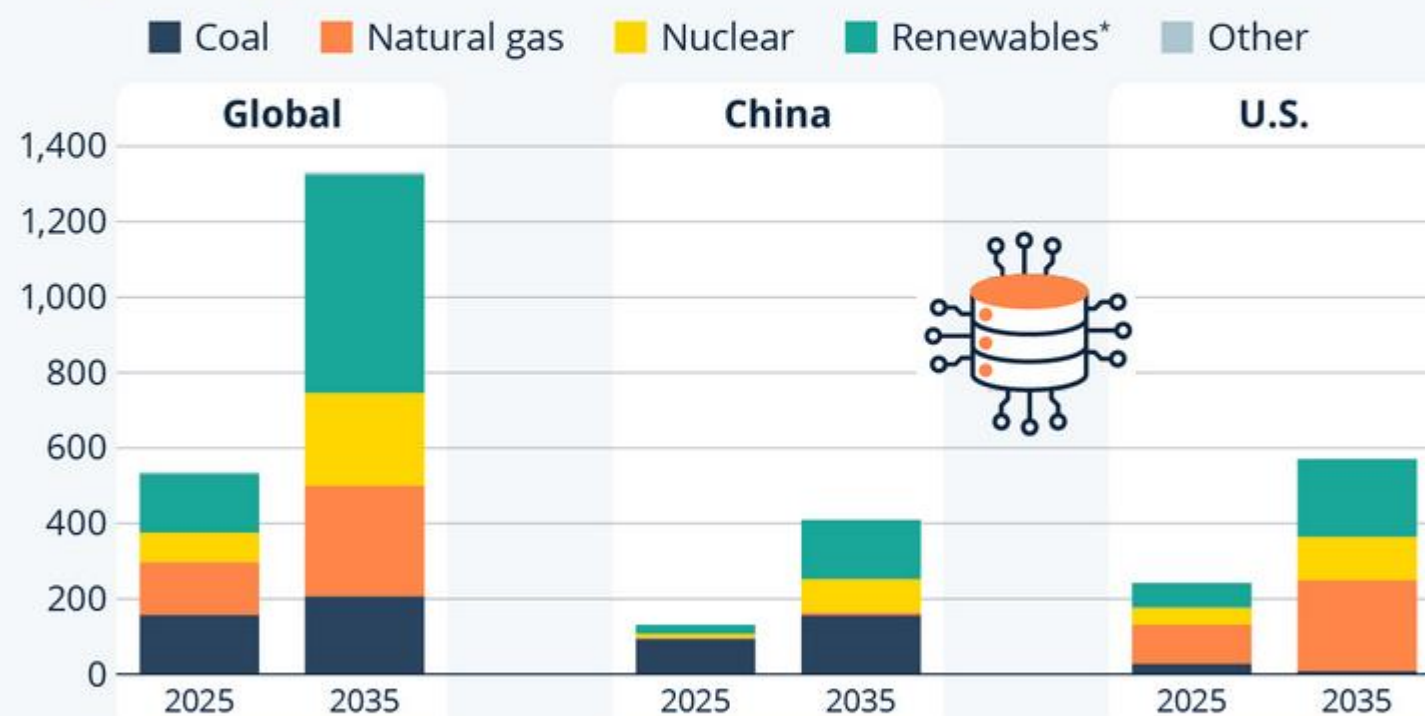
Amazon goes nuclear with atom-powered hyperscale facility

Huge 1,200-acre data centre campus will receive power directly from nearby nuclear plant

Adatközpontok és MI

Data Center Energy Consumption Surges Amid AI Boom

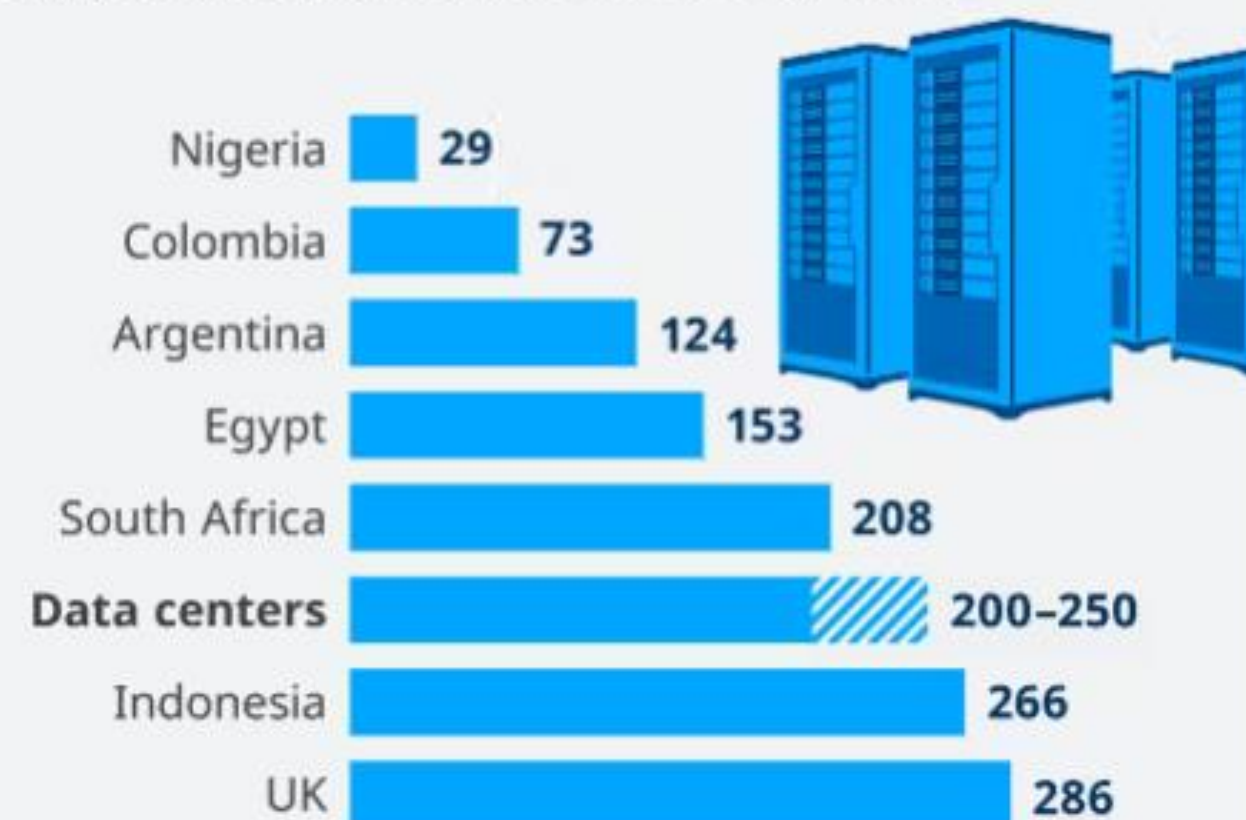
Electricity generation to supply data centers, by energy source (in TWh)



* Solar PV, wind and other renewables
Based on the fuel mix of the electricity physically consumed by data centers rather than contractual mix of different data center operators.
Source: IEA

Data centers use more electricity than entire countries

Domestic electricity consumption of selected countries vs. data centers in 2020 in TWh



Érzelem ↔ Értelem

Kognitív torzításaink

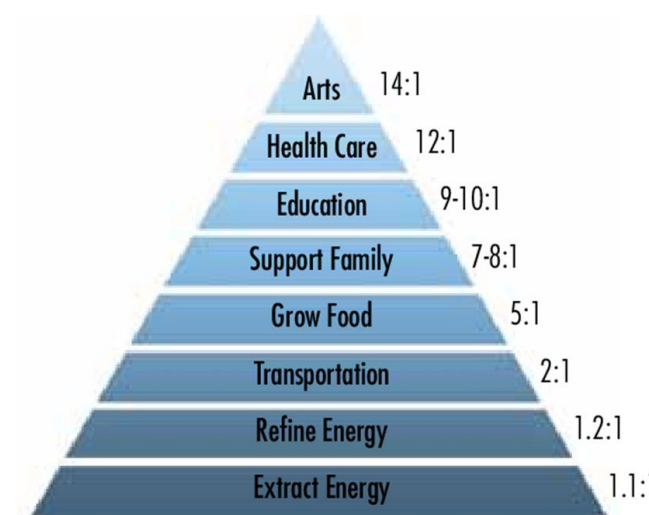
- Több, mint 200!

Ösztönök, reflexek,
érdekeltségek



Cselekedni sohasem késő!

- Lassítsuk a negatív folyamatokat!
- Készüljünk fel: „Great Simplification”!
- Csak megvalósítható célokat érdemes kitűzni!
- Irreális célok megvalósítására történő erőfeszítések értékes erőforrásokat pazarolnak el!
- A természeti és társadalmi korlátok jelentősen szűkítik a lehetőségeinket!

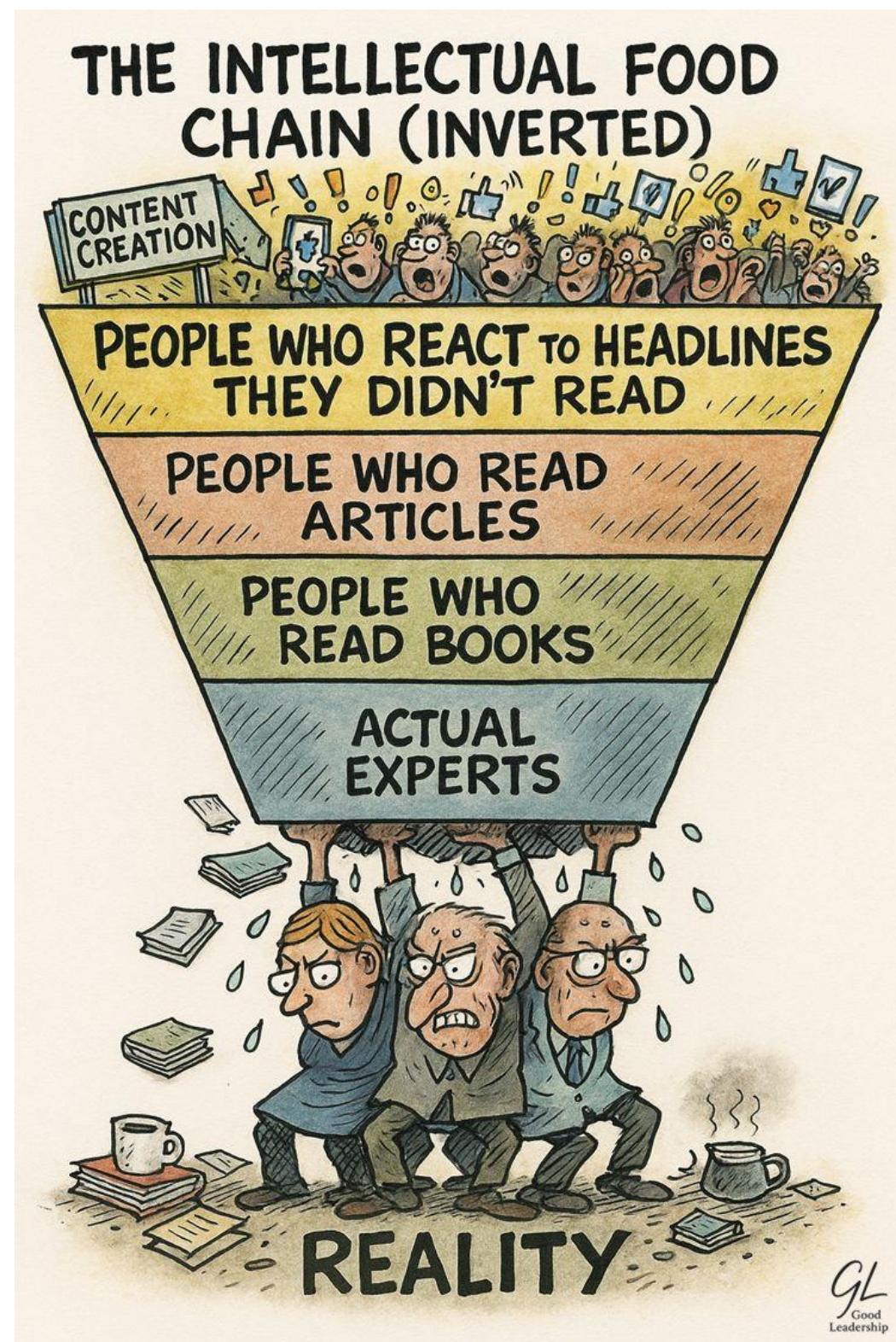




Kapcsolódj be te is !



<https://misszio2050.hu/>



Köszönjük figyelmeteket !