

# A környezetvédelem alapjai

Tárgykód: BMEVEMBA215

**Tantárgy tematikai felelős: Dr. Jobbágy Andrea**

címzetes egyetemi tanár

Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudományi Tsz.

**Tantárgyfelelős: Dr. Tardy Gábor Márk**

egyetemi adjunktus

Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudományi Tsz.

## **A tantárgy célja:**

A tantárgy célja a **környezetvédelemmel kapcsolatos mérnöki szemlélet kialakítása**, megismertetni a hallgatókkal a környezet elemeit, a szennyezés fogalmát, a környezetvédelem alapvető módszereit, a globális környezeti problémákat, kihívásokat. A tantárgy megismerteti a hallgatókkal a környezetvédelem biomérnöki szempontból legfontosabb területeit: a szennyvíztisztítás alapjait, innovatív eljárásait, valamint a környezettoxikológia és talajremediáció alapjait és módszereit.

---

# A tantárgy tematikája és követelményei

- **A környezetvédelem alapfogalmai** és története, az ökológia és a demográfia alapjai. Megújuló és nem megújuló energiaforrások, éghajlatváltozás, környezetvédelem és környezetpolitika (Tardó Gábor Márk)
  - **A szennyezőanyagok biodegradációjának** alapvető tényezői és a lebontás kinetikája  
A **vízvédelem**, szennyvíztisztítás célja és alapvető biotechnológiái  
Szervesanyag és N-eltávolítás (Jobbágy Andrea)
  - **A talajvédelem és környezettoxikológia** alapjai, fontosabb talajkezelési biotechnológiák, vegyianyagok környezeti kockázatának felmérése (Molnár Mónika)
  - **Követelmény: 2 félévközi ZH. ZH1: november 4. 14-16 CHC14 és december 9. 14-16 CHC14, pótZH december 18. 12-14 (Terem?)  
Mindkét ZH-n érvényes pontszámot kell elérni!**
  - **Szeptember 23. szakmai nap**
  - **Előadások anyagai:**  
<http://oktatas.ch.bme.hu/oktatas/konyvek/abet/kornyvedalap/>
-

---

# A környezetvédelem alapjai

alapfogalmak, történet, globális problémák

<http://oktatas.ch.bme.hu/oktatas/konyvek/abet/kornyvedalap/>

---

**Dr. Tardy Gábor**  
egyetemi adjunktus

Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudományi Tanszék

---

# Az előadások tartalma

- I. Alapfogalmak**
  - II. Az ökológia alapjai**
  - III. A környezetvédelem története**
  - IV. Ózon-probléma**
  - V. Klímaváltozás**
  - VI. Energia-kérdés**
-

---

# *I. Alapfogalmak*

---

---

# Mi a környezet?

- **Általános definíció:** Környezet  $\leftrightarrow$  rendszer – a rendszerre ható tényezők összessége
  - **Bioszféra:** A földfelszínnek és az atmoszférának az a szintje, amelyben élő szervezetek találhatóak, valamint az a térség, amelyben az élőlény és a környezet kölcsönhatásai megnyilvánulnak, és amelyek együttesen alkotják a teljes környezeti rendszert. **Az élővilág szerveződésének az egész földi életet átfogó, legmagasabb szintje a bioszféra.**
  - **Környezetvédelem szempontjából:** A világnak azon része, amellyel az ember kölcsönhatásban van.
-

---

# A környezet elemei

- Föld (Litoszféra)
  - Víz (Hidroszféra)
  - Levegő (Atmoszféra)
  - Élővilág (Ökoszisztémák)
  - Táj (Védett és nem védett kultúrtáj)
  - Épített környezet (Lakó- és iparterület, út)
-

---

# Mi a környezetszennyezés?

- Minden olyan emberi tevékenység, amely a környezet valamely elemének állapotát hátrányosan befolyásolja.

## Formái:

- Anyag
  - Energia
    - Zaj
    - Fény
    - Sugárzás
- } környezetbe bocsátása
-



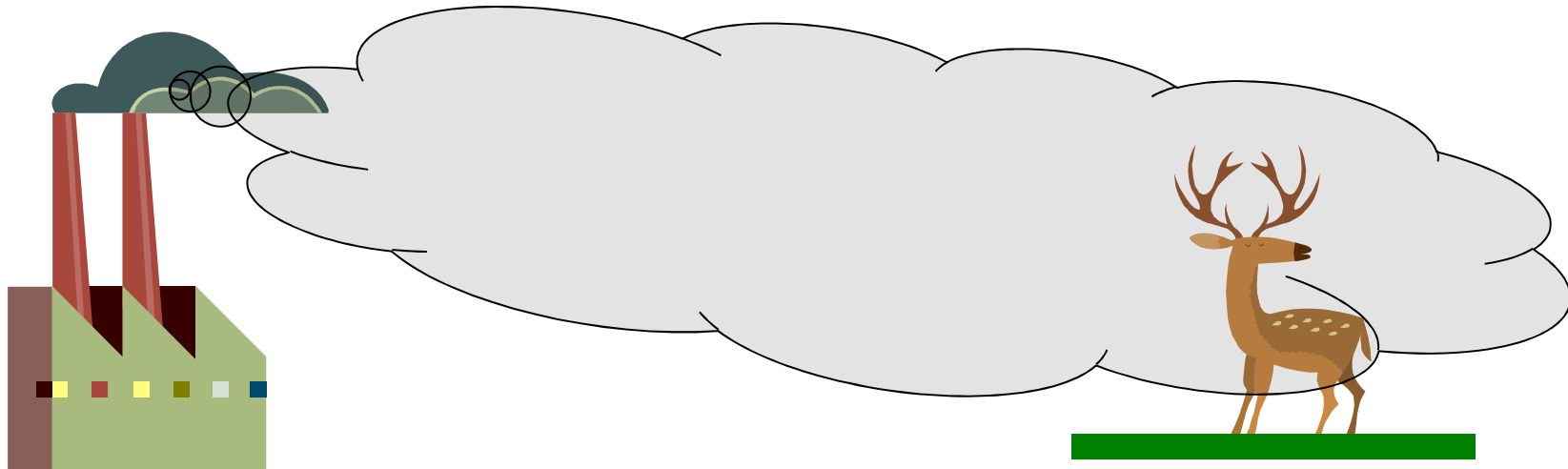
---

# A környezet elemei (bővítve)

- Föld (Litoszféra)
- Víz (Hidroszféra)
- Levegő (Atmoszféra)
- Élővilág (Ökoszisztémák)
- Táj (Védett és nem védett kultúrtáj)
- Épített környezet (Lakó- és iparterület, út)

- 
- **Veszélyes anyagok, technológiák**
  - **Hulladékok, zaj, rezgés, sugárzás**
-

# A szennyezés általános folyamata



Szennyező forrás

Transzport folyamat

Hatásviselő

**Emisszió**

**Transzmisszió**

**Immisszió**

Szennyezőanyag kibocsátás

Szennyezőanyag terjedése

Szennyezőanyag koncentrációja

Anyagáram [M / T]

Sebesség [L / T]

Koncentráció [M / V]

---

# A környezeti hatások csoportosítása

- Térbeli kiterjedés szerint:

lokális → regionális → globális

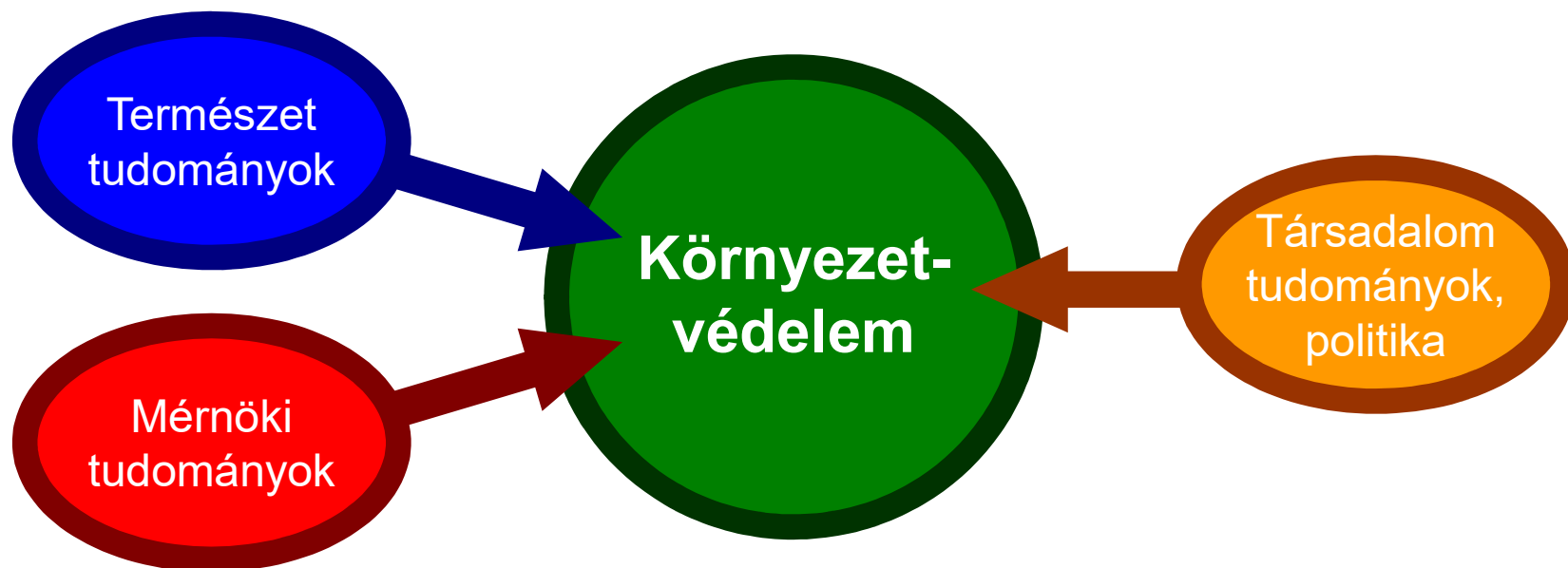
- Időbeliség és előrejelezhetőség szerint:

állandósult, lökészerű; sztochasztikus, determinisztikus

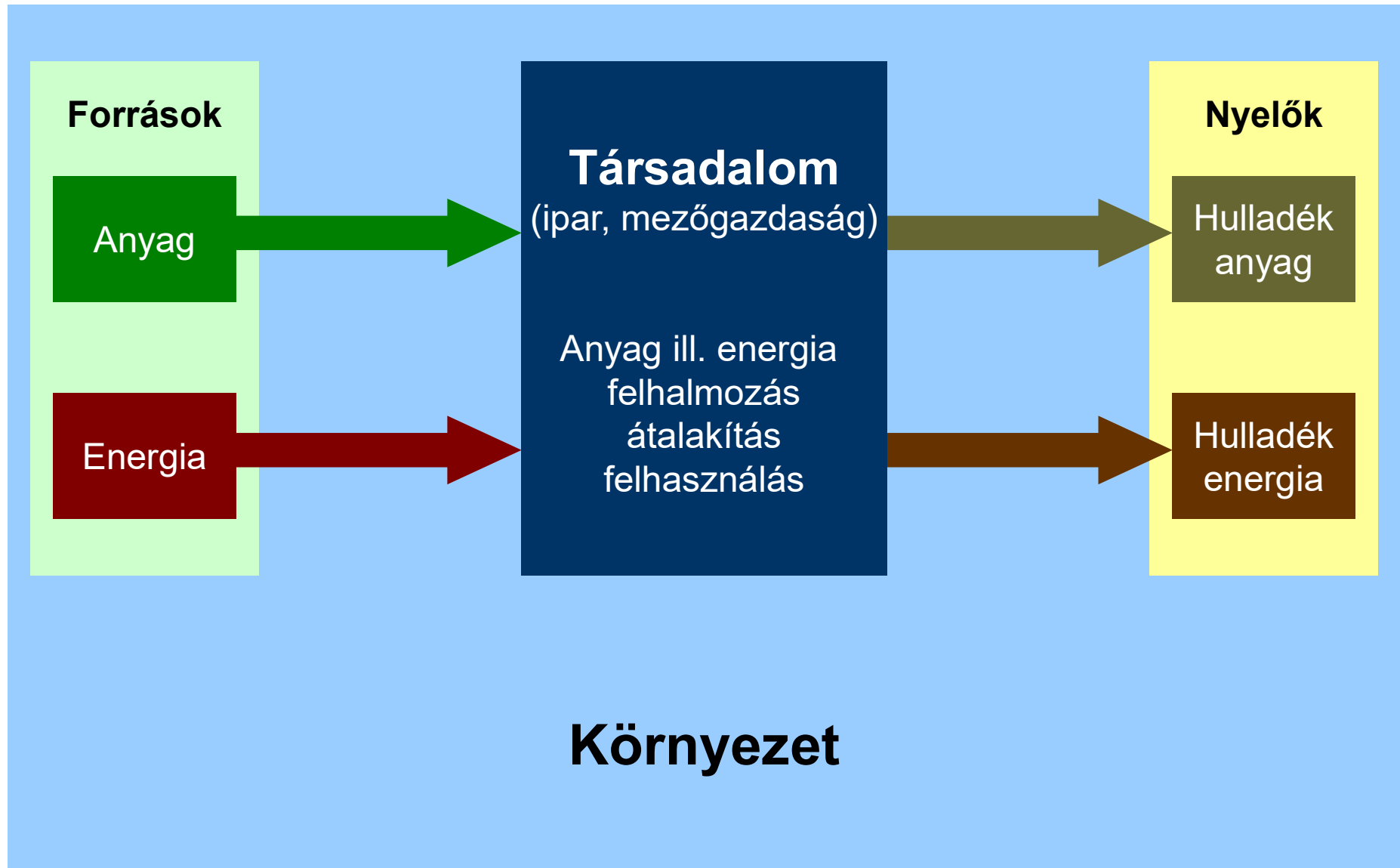
- Szinergikus ill. antagonistista hatások
-

# Mi a környezetvédelem?

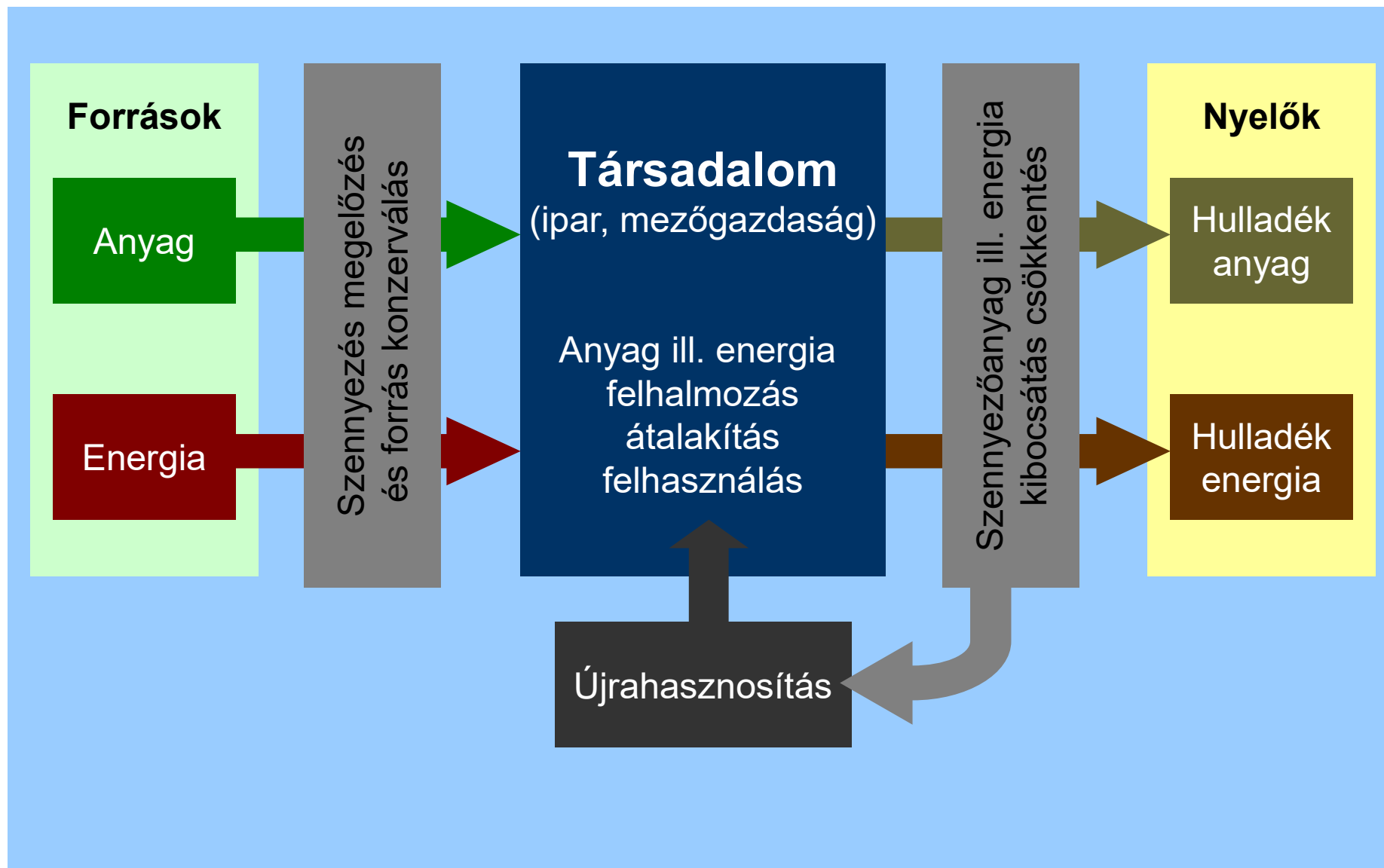
- A **környezetvédelem társadalmi tevékenység**, amely az emberi társadalom által saját ökológiai létfeltételeiben (saját maga által) **okozott károsodások megelőzésére**, a károk **mérséklésére** vagy **elhárítására** irányul.



# Környezet és társadalom kapcsolata



# Környezet és társadalom kapcsolata



---

# A környezetvédelem alap típusai

- **Extenzív környezetvédelem:**

a szennyező technológia káros hatásainak megszüntetésére vagy csökkentésére hozzák létre a folyamathoz közvetlenül vagy áttételesen kapcsolódó környezetvédelmi technológiai rendszert.

„Csővégi technológiák”

- **Példa:** katalizátor

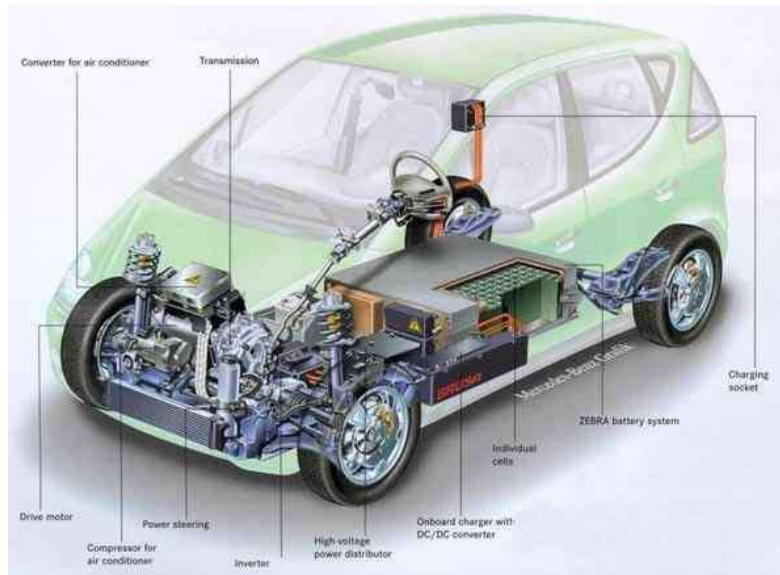


# A környezetvédelem alap típusai

- **Intenzív környezetvédelem:**

ún. tiszta technológiák kialakítása, hosszú távon a környezetvédelem valós megoldása.

- **Példa:** elektromos v. hibrid járművek





---

## *II. Az ökológia alapjai*

---

---

# Ökológia

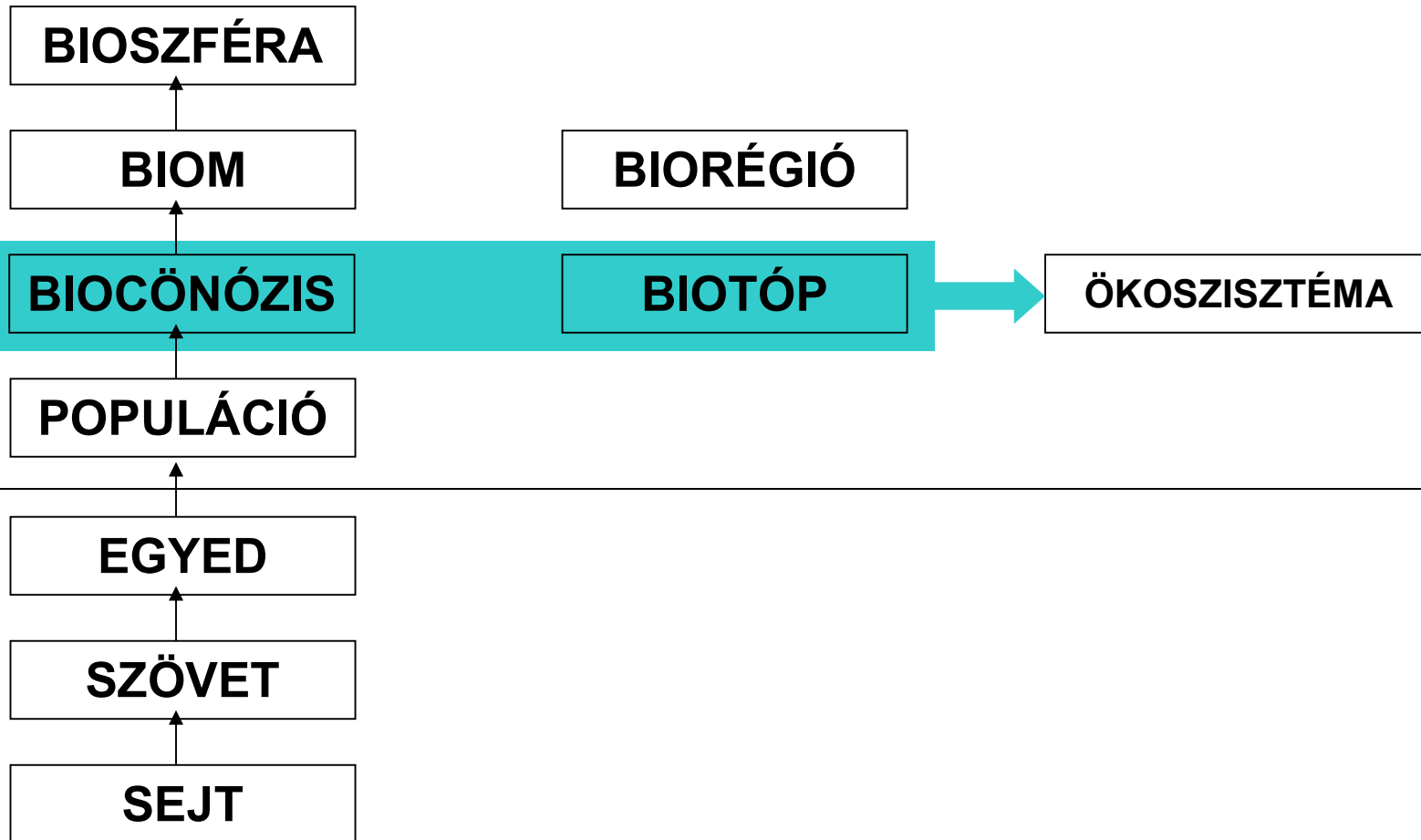
- A környezetvédelem egyik legfontosabb háttértudománya
  - Az élőlények és környezetük kölcsönhatásait vizsgáló tudományág (Ernst Haeckel, 1866)
  - Az egyed feletti szerveződési szinten vizsgálja a biológiai folyamatokat
-

# Az élővilág szerveződési szintjei

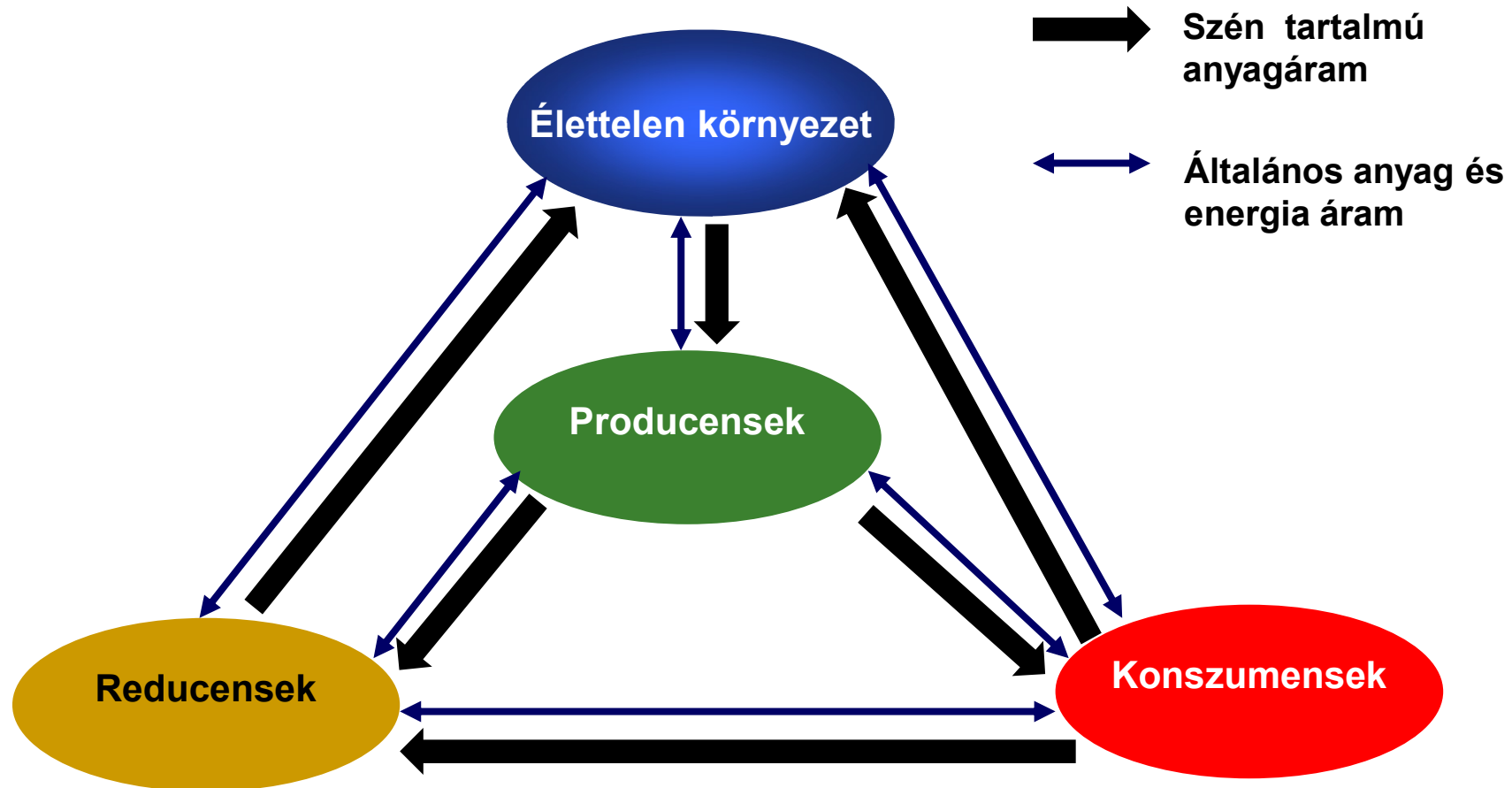
Szerveződési szint

Élőhely

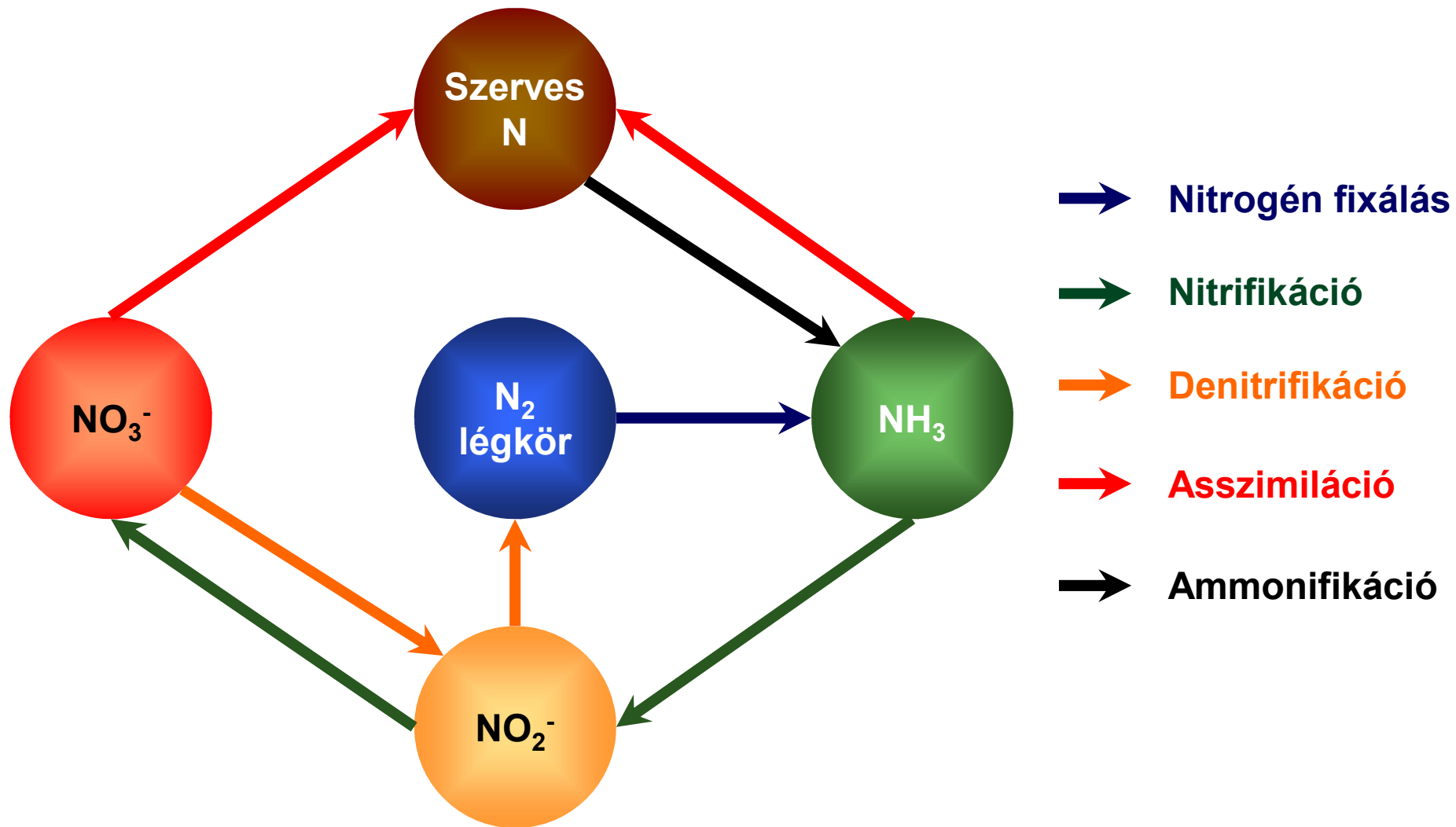
Rendszer



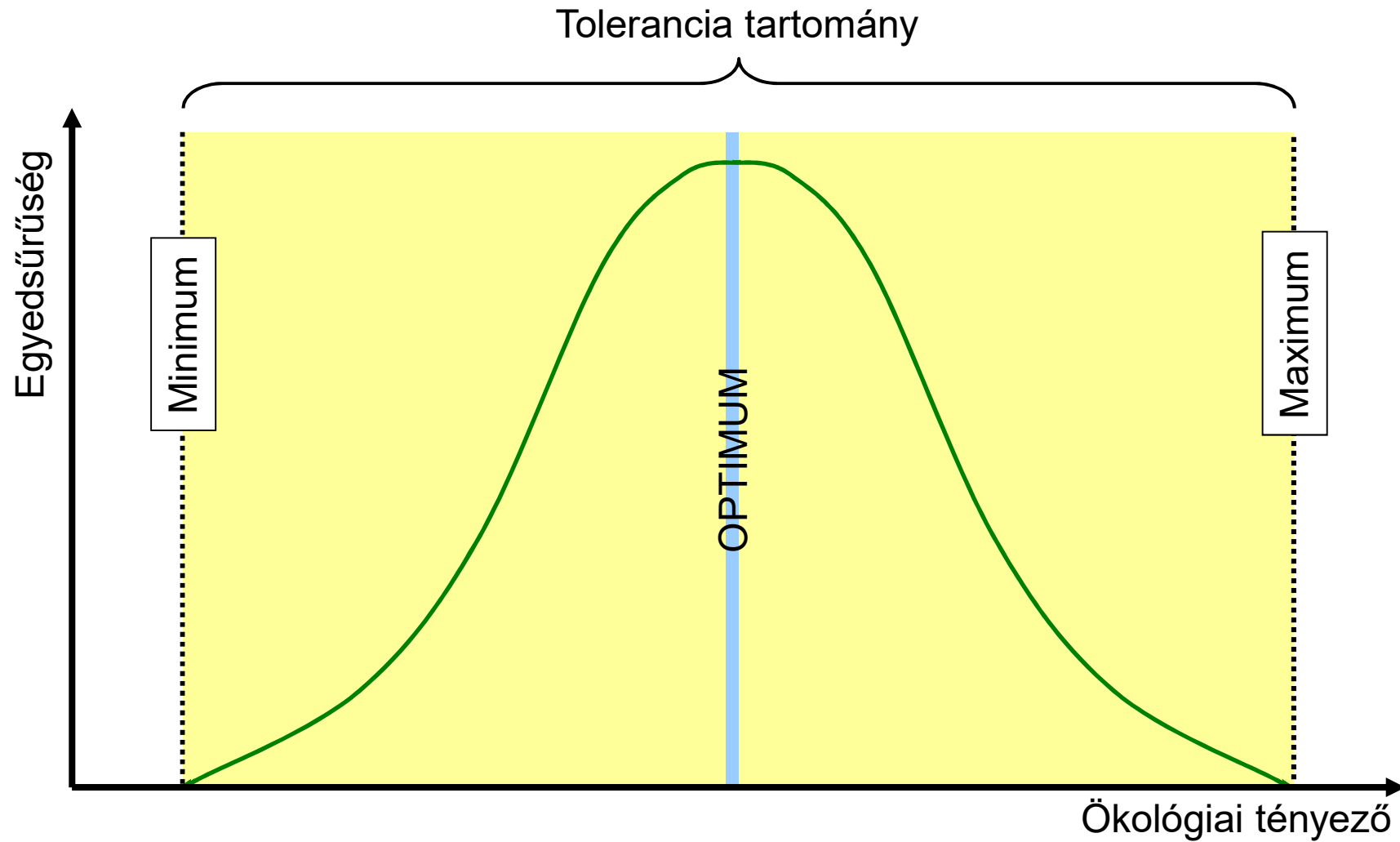
# Az ökoszisztémák felépítése és modellje



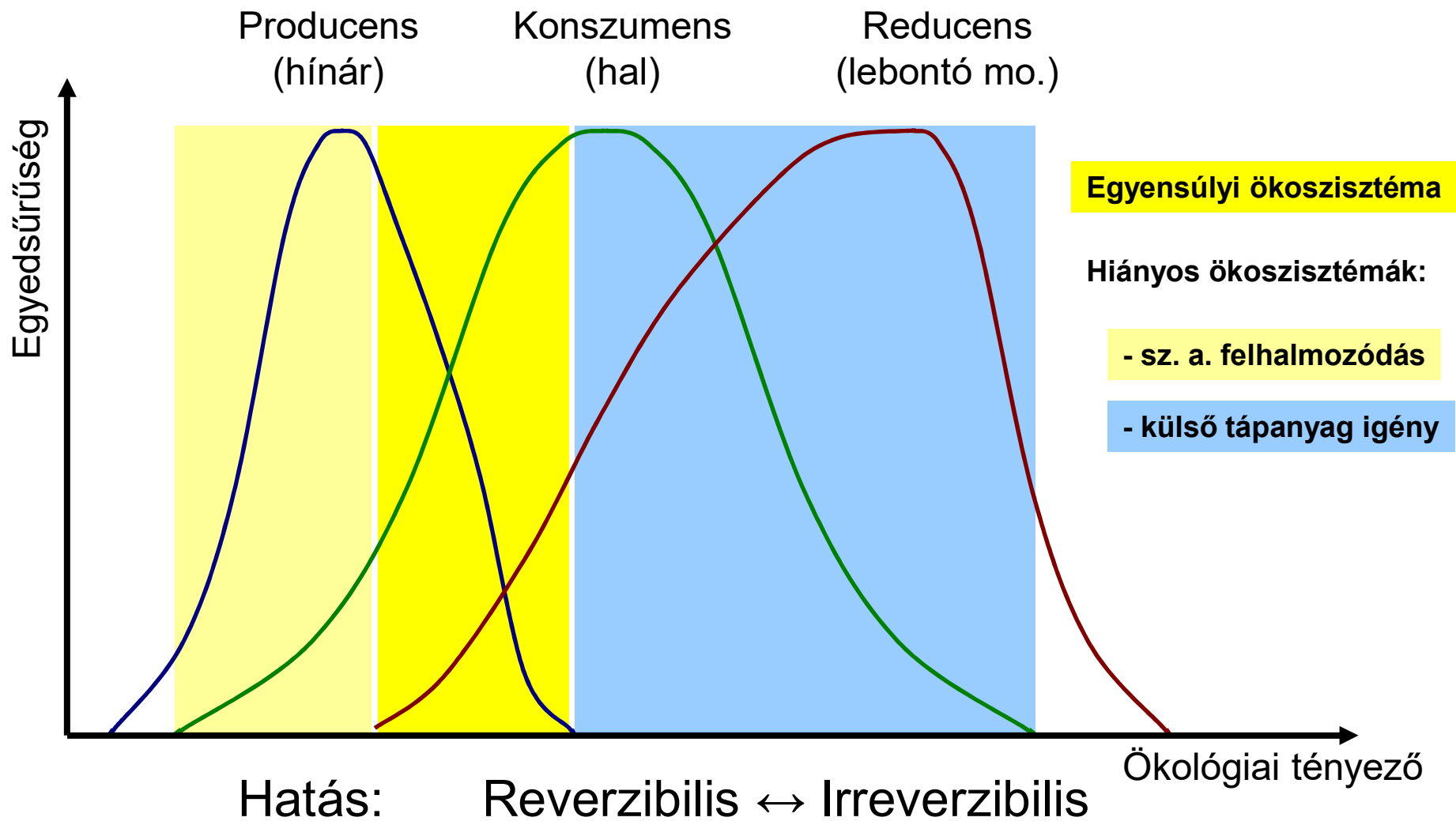
# A nitrogén ciklus



# Az ökológiai tényezők hatástartományai



# Az ökológiai rendszer stabilitása



---

# Gaia elmélet

- Gaia, istennő a görög mitológiában: a földanya
- James Lovelock (1960-as évek)
- Ökológiai elmélet, amely a Földet, annak minden élő és élettelen elemével együtt egy egységes rendszerként kezeli.
- → A föld egy „organizmus”.
- Föld-homeosztázis



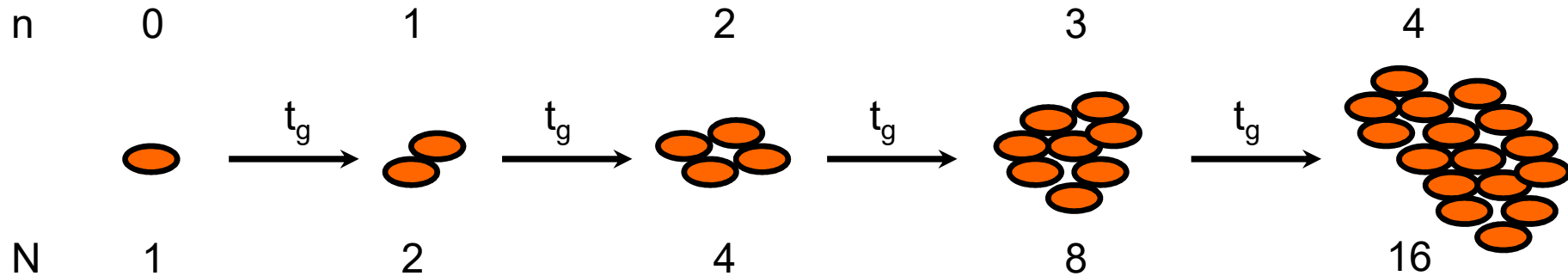


---

# A populációdinamika alapjai

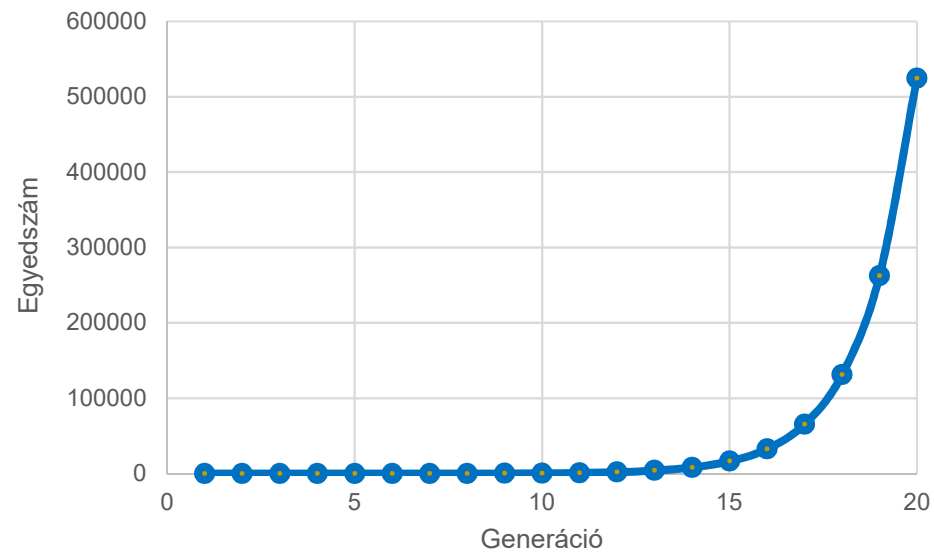
- Az élőlények népességének az időbeli és térbeli változásait vizsgáló tudományág.
  - Demográfia: struktúrált populációkkal foglalkozik
    - Nemzedékváltás
    - Migrációs változások
    - Koreloszlás
-

# Az exponenciális növekedés

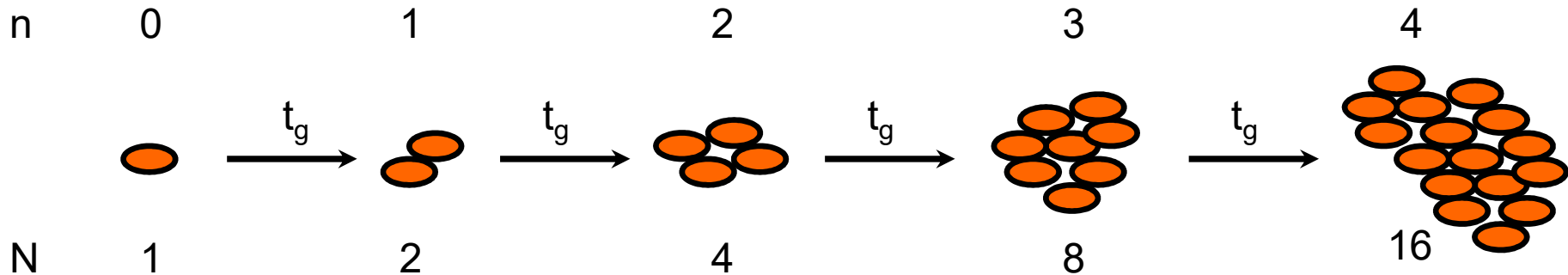


$$N = N_0 \cdot 2^n$$

$$N = N_0 \cdot 2^{\frac{t}{t_g}}$$



# Az exponenciális növekedés



$$N = N_0 \cdot 2^n$$

$$N = N_0 \cdot 2^{\frac{t}{t_g}}$$

$$\frac{dX}{dt} = \mu \cdot X$$

Egyedsűrűség/koncentráció  
[M/V]

Fajlagos növekedési  
Sebesség [1/T]

---

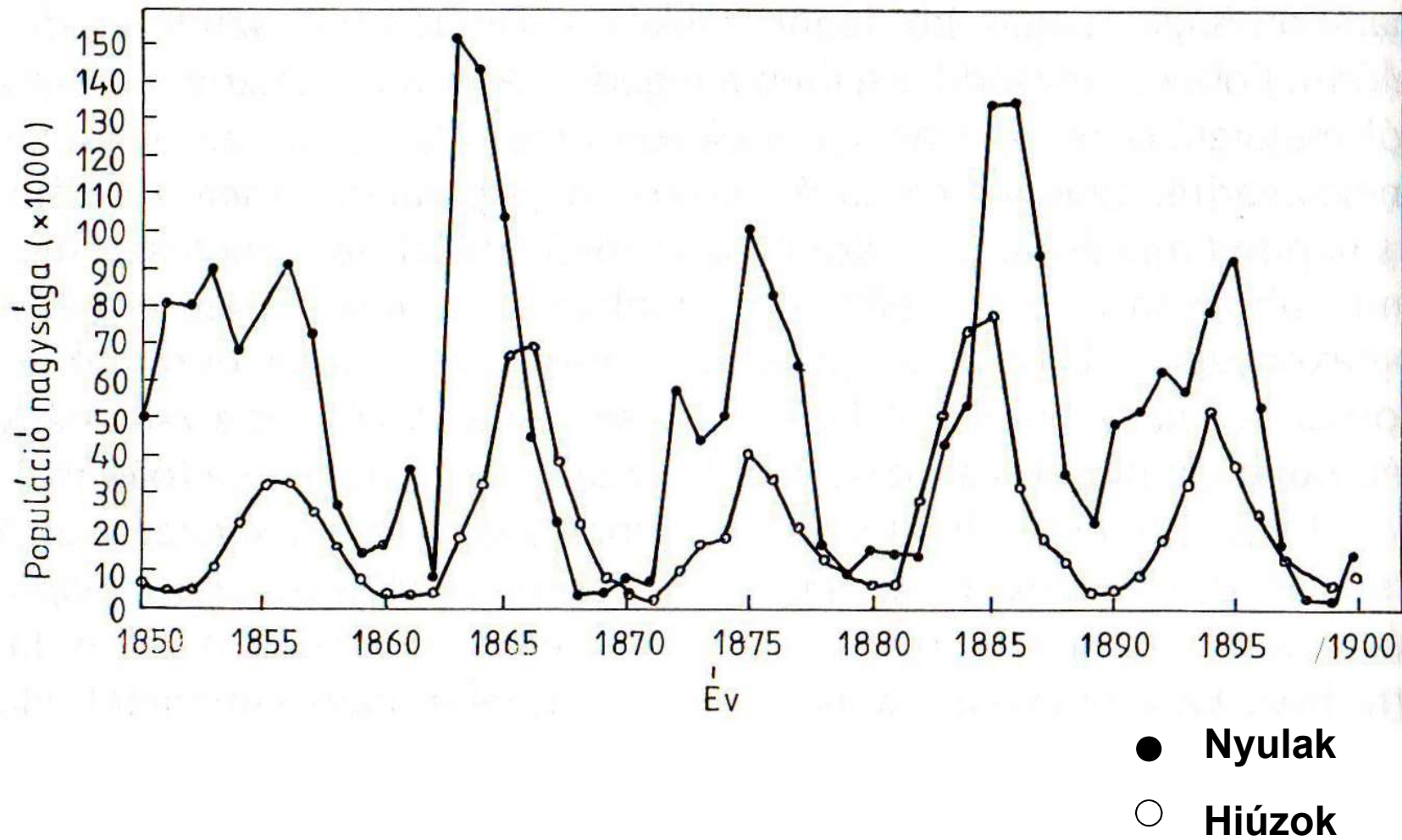
# Predáció – A Volterra-Lotka modell



$$\frac{dX_{ny}}{dt} = \mu_{ny}X_{ny} - \gamma X_{ny}X_h$$
$$\frac{dX_h}{dt} = -b_hX_h + \varepsilon\gamma X_{ny}X_h$$

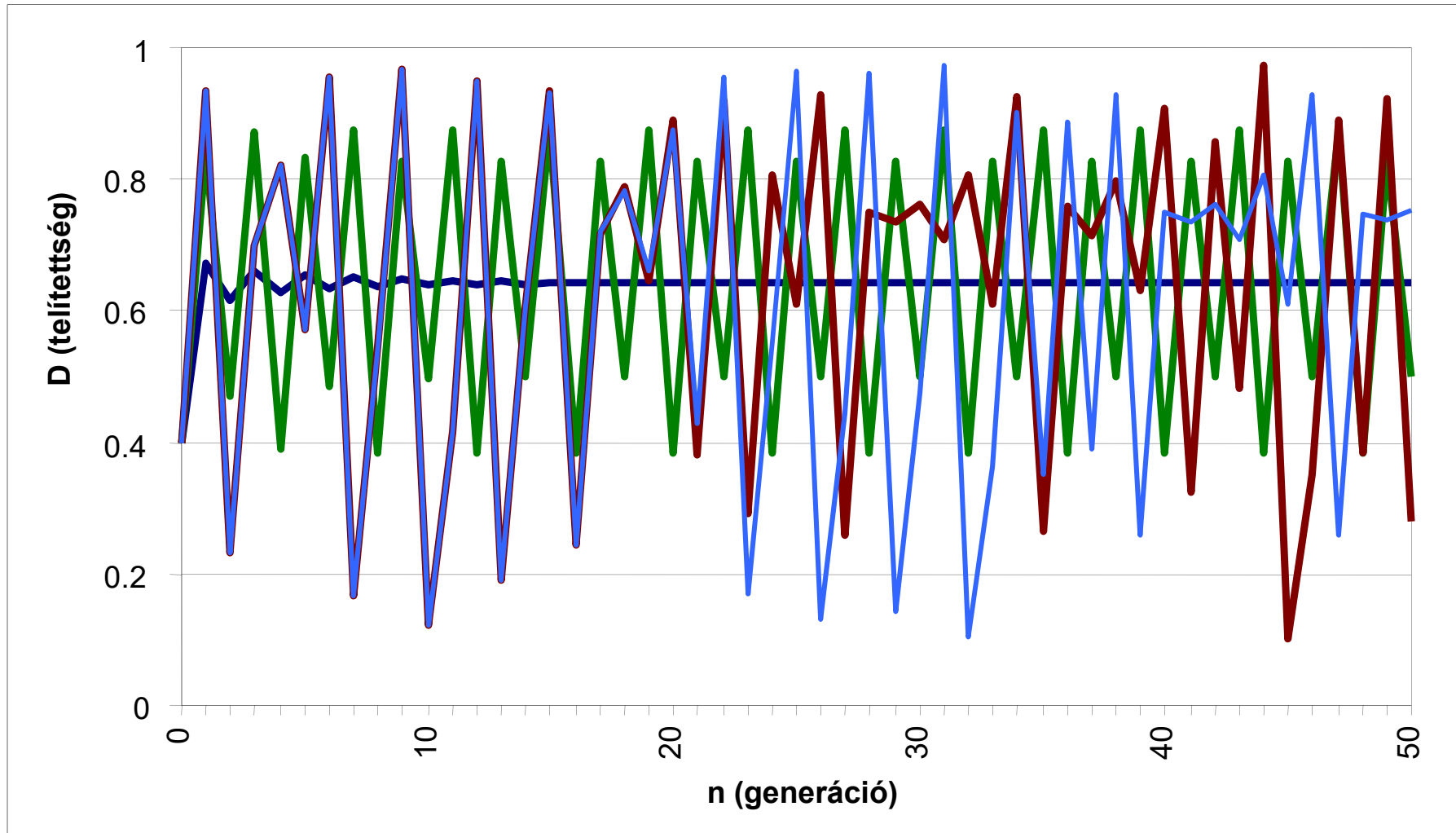
---

# Predáció – A Volterra-Lotka modell



# Kaotikus ökológiai rendszerek

$$D_{n+1} = rD_n(1 - D_n) \quad r=2,8 \quad r=3,5 \quad r=3,9 \quad r=3,900001$$



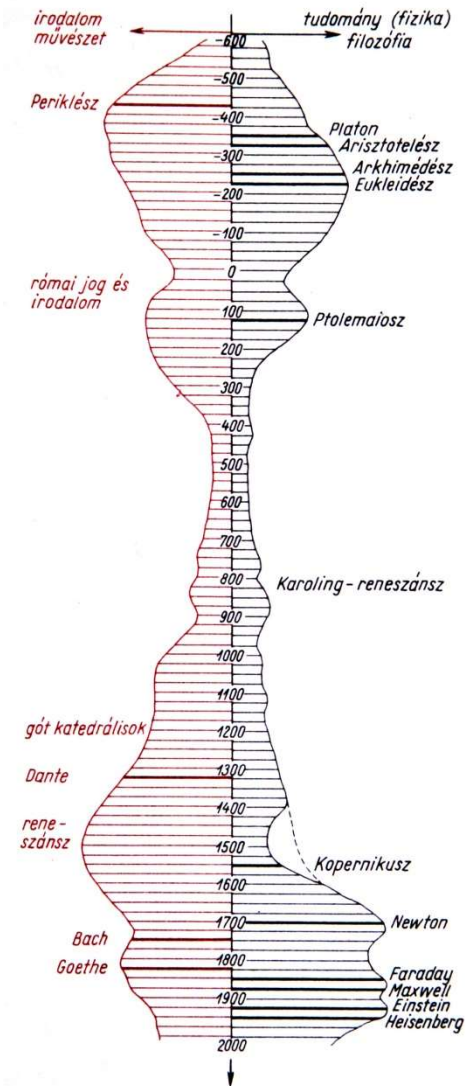
---

# *III. A környezetvédelem története*

---

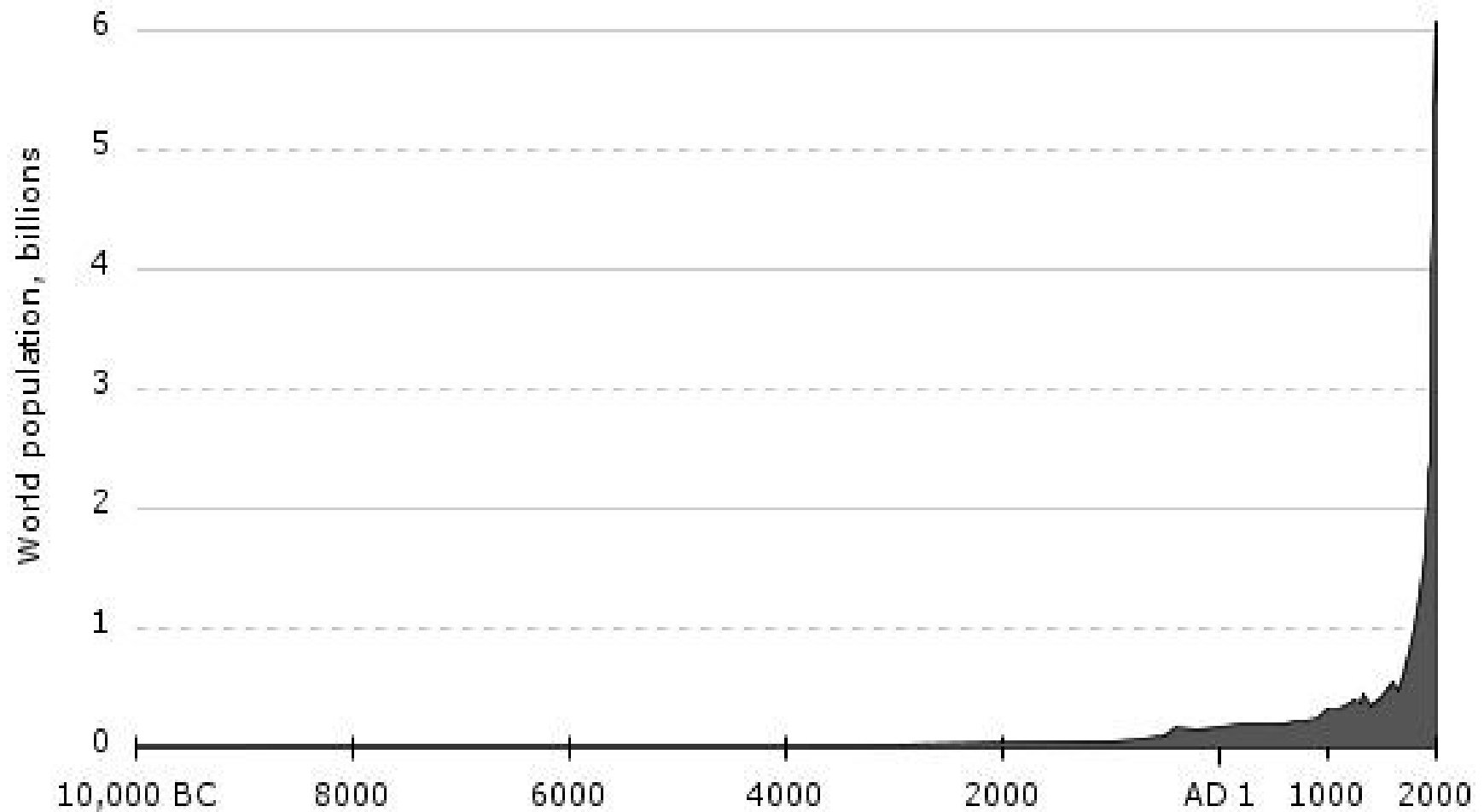
# A környezetvédelem története

- **Őskor:**
  - vadászat, gyűjtögetés
  - legeltetés, földművelés
- **Ókor:**
  - bányászat, ipar, földművelés
  - lokális környezeti hatások
- **Középkor:**
  - városiasodás, csatornázás
  - hulladék, járványok
- **Újkor:**
  - ipari forradalom
  - mezőgazdaság, ipar, népesség ugrásszerű növekedése
  - regionális problémák
  - környezetvédelmi, közegészségügyi intézkedések

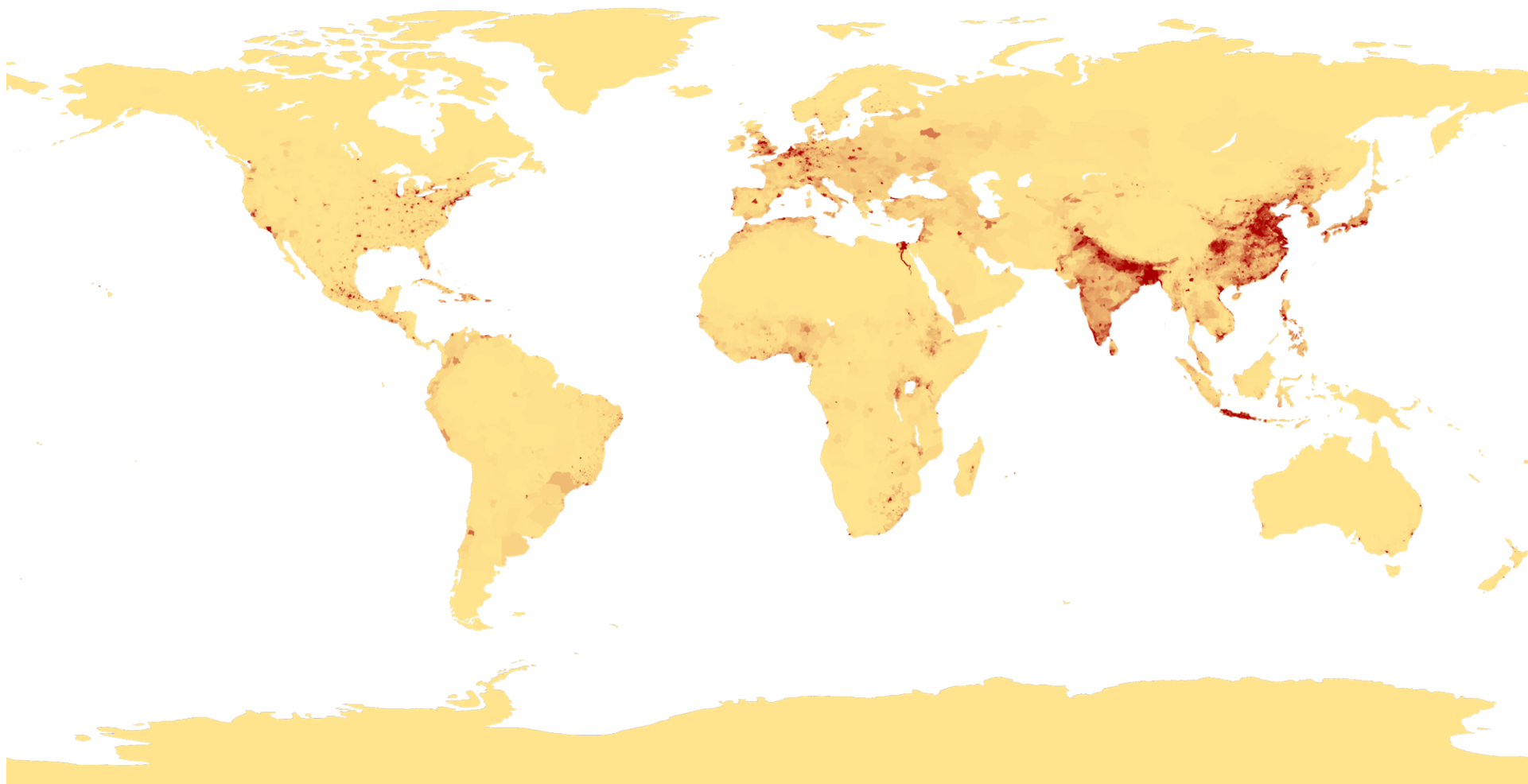




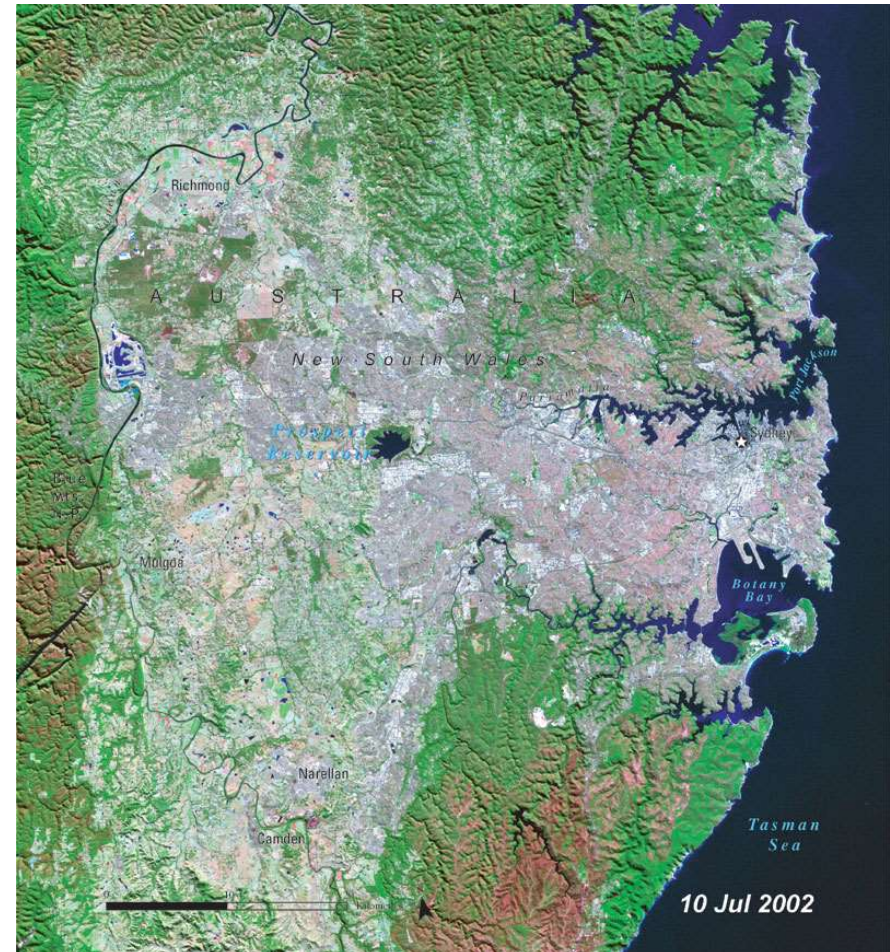
# A világ népessége



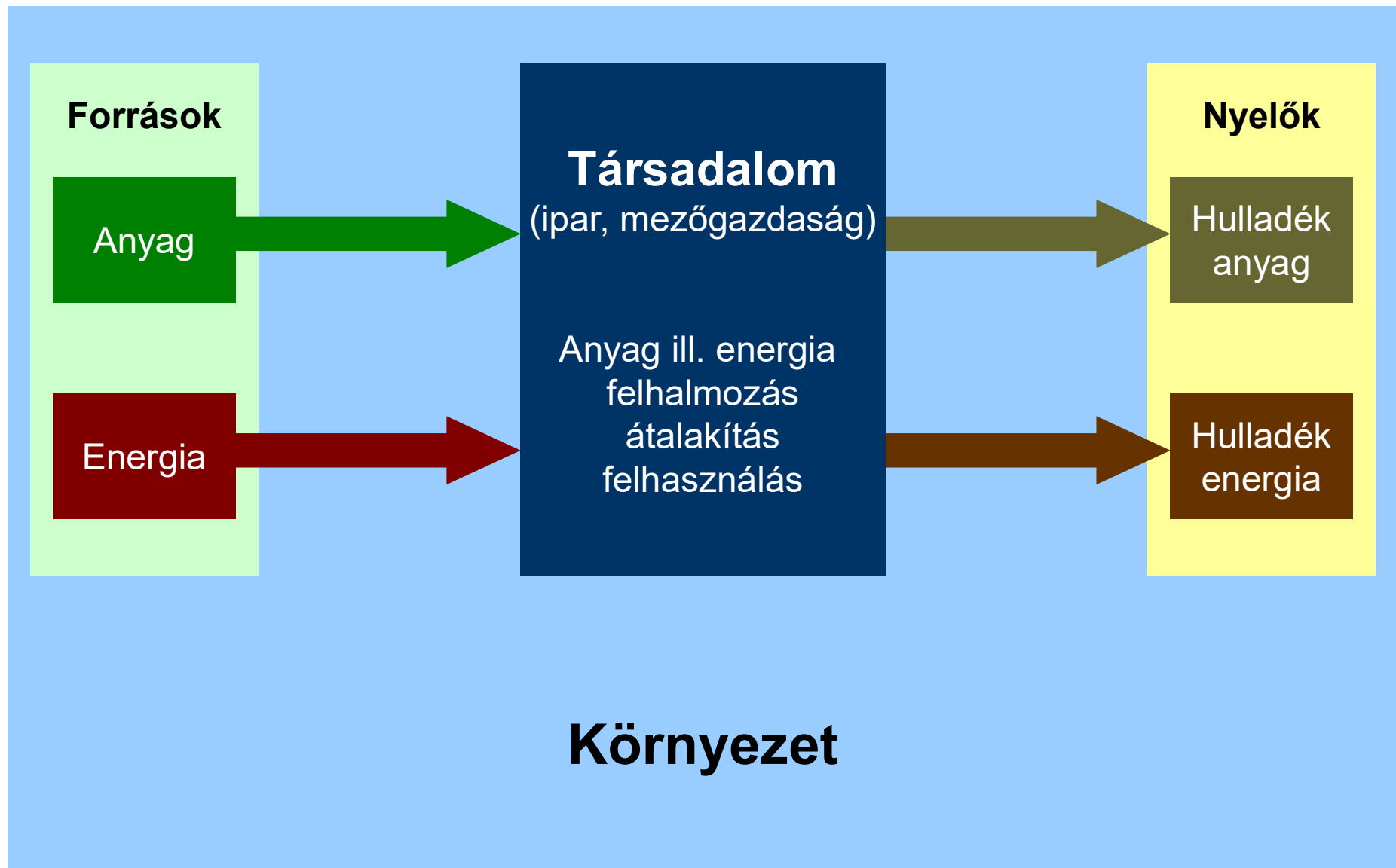
# A világ népessége



# A beépített terület növekedése (Sydney)

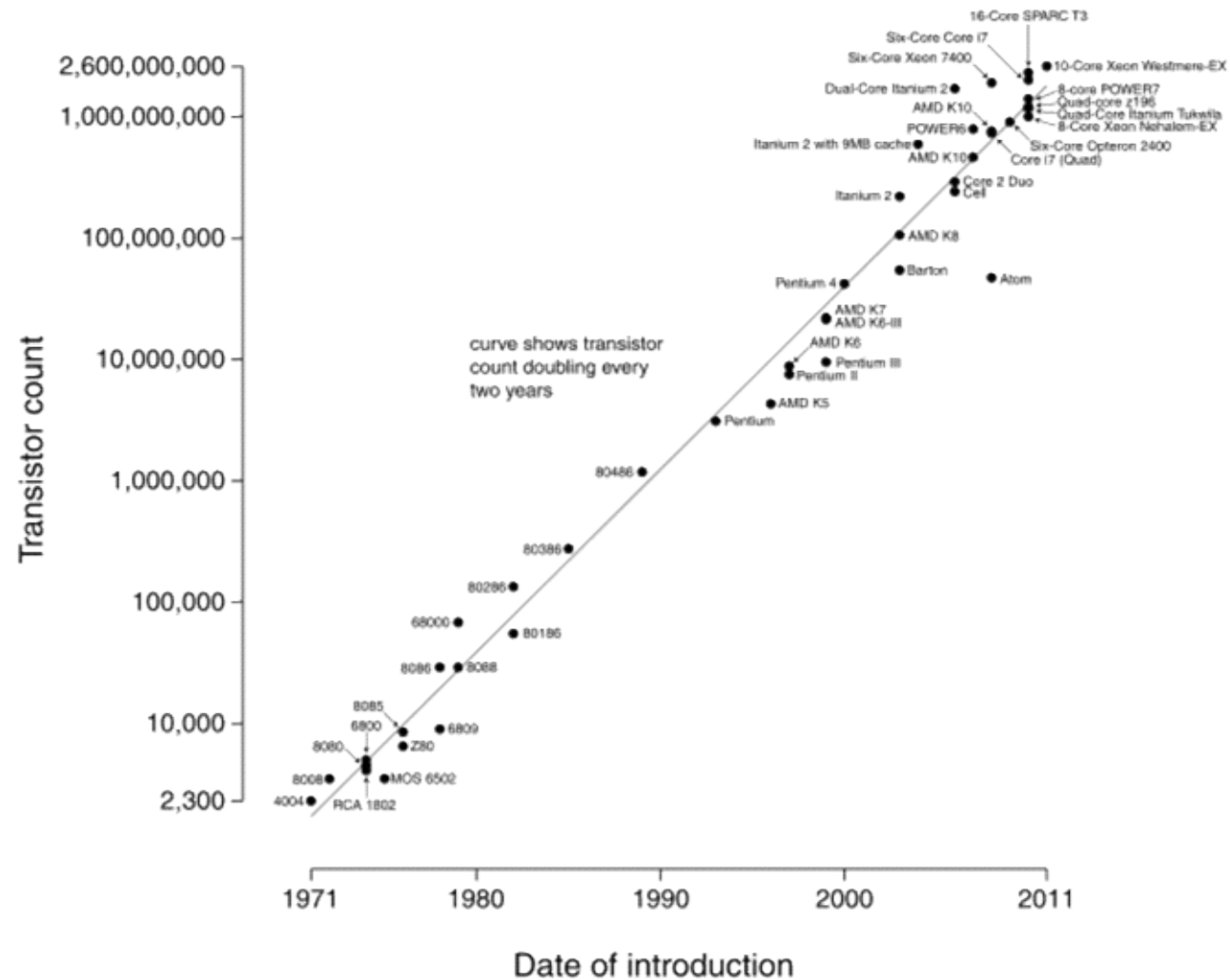


# Környezet és társadalom kapcsolata



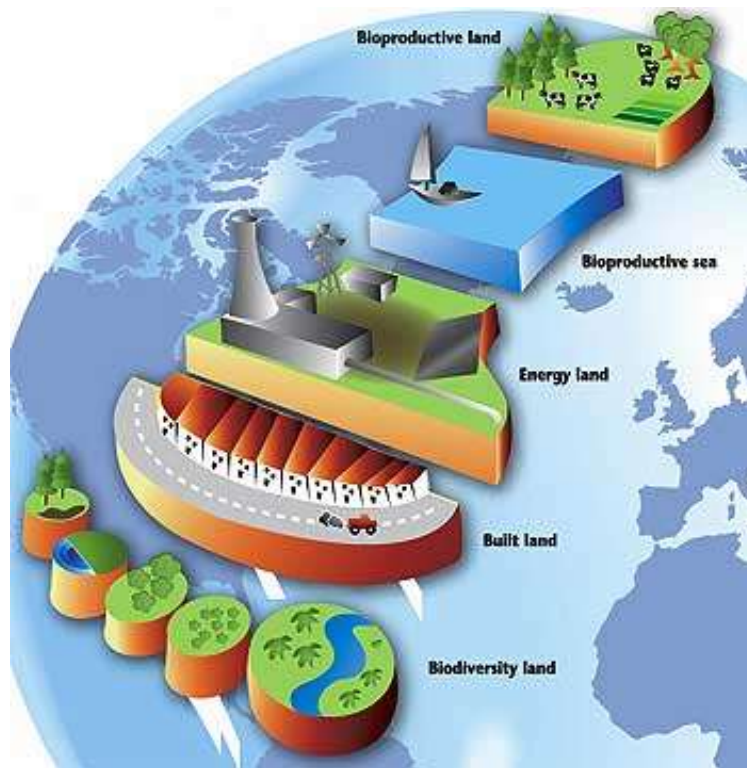
# Moore törvénye

Microprocessor Transistor Counts 1971-2011 & Moore's Law

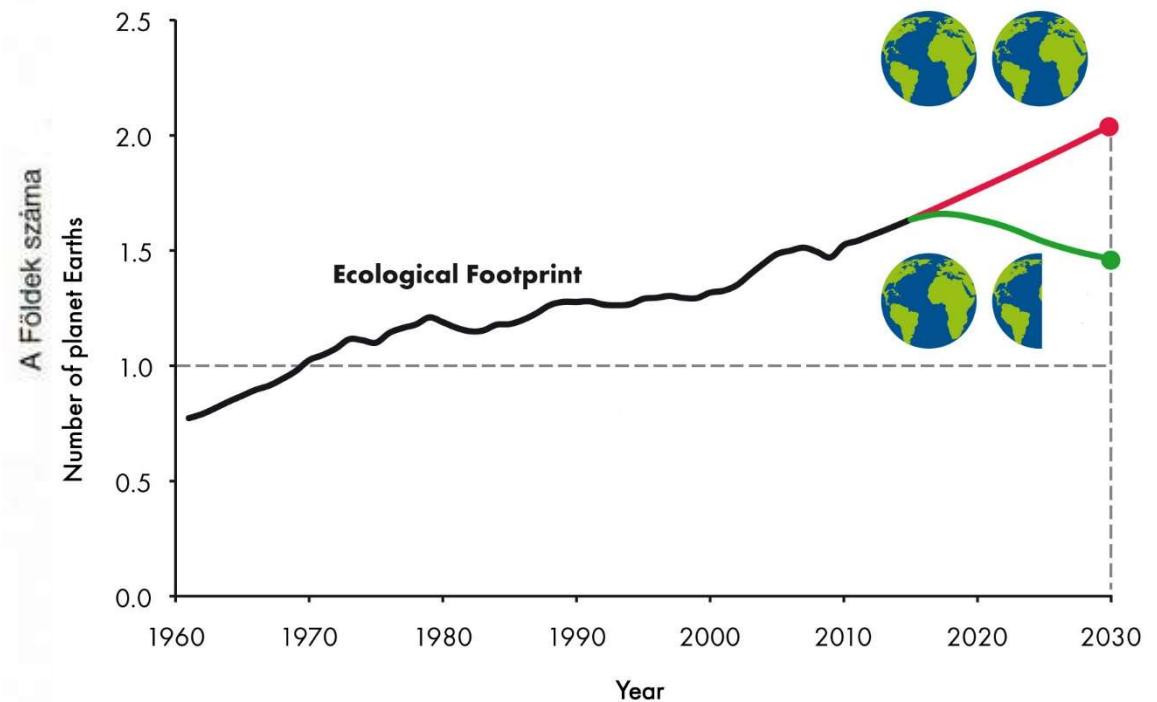


# Az ökológiai lábnyom

- Az a földterület, amely biztosítja az adott embercsoport ellátásához szükséges forrásokat.



How many Earths does it take to support humanity?



---

# Római klub - 1968

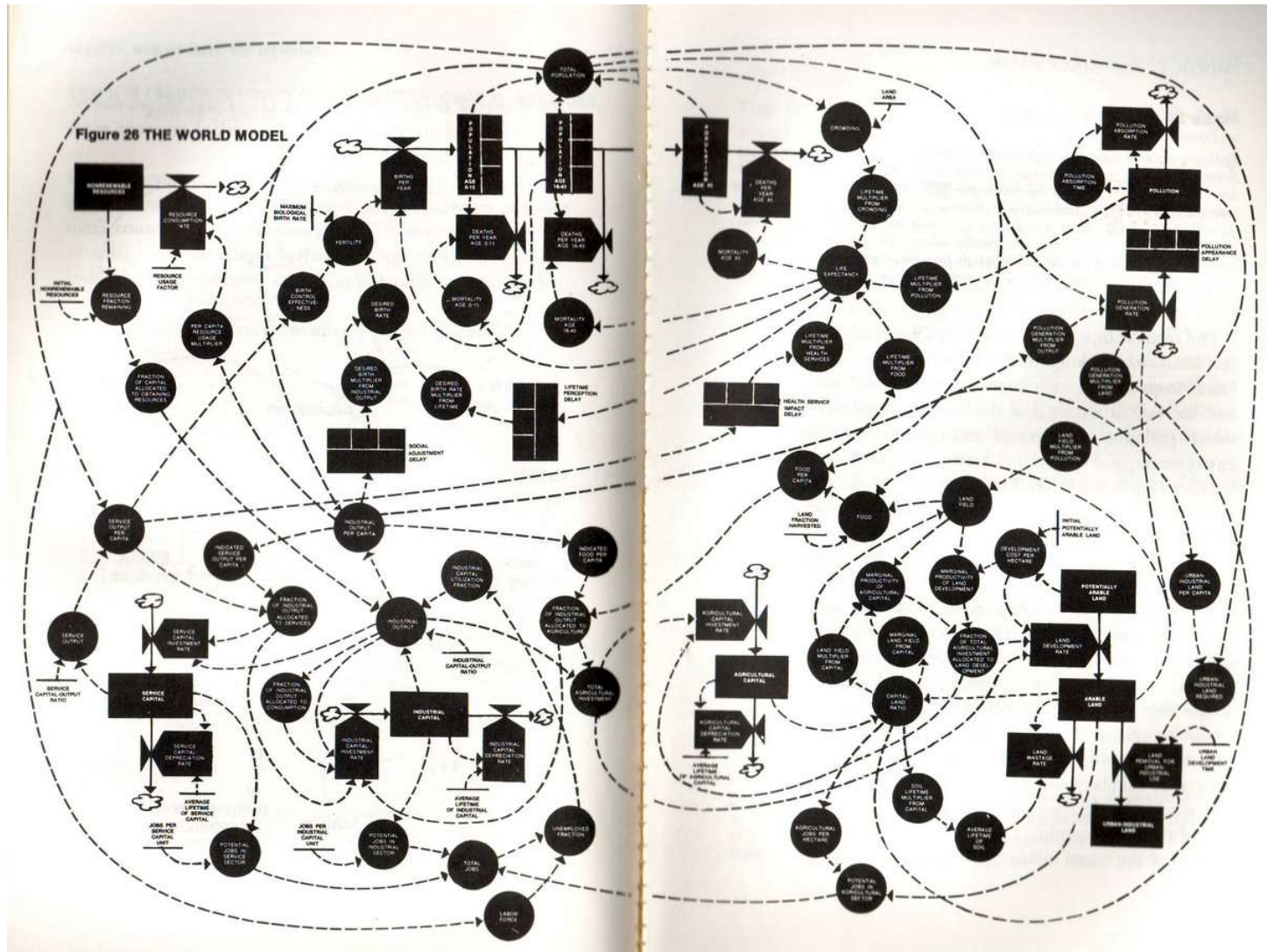
- The Predicament of Mankind (Veszélyhelyzetben az emberiség)



A globális rendszerek matematikai modellezésének szükségessége

- Limits to Growth (A növekedés határai)  
(Do. Meadows, De. Meadows, J. Randers, W. Behrens)
  - World3 modell rendszer  
Fő elemei: népesség, vagyon, élelem, energiaforrások, szennyezés
-

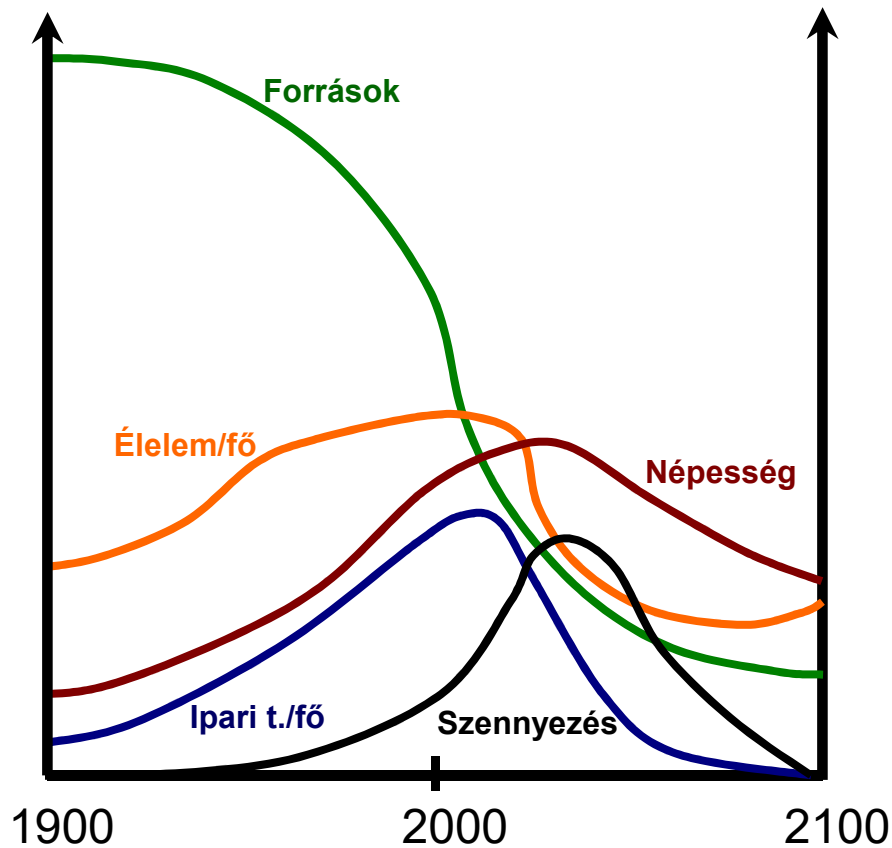
# A World3 világmódel



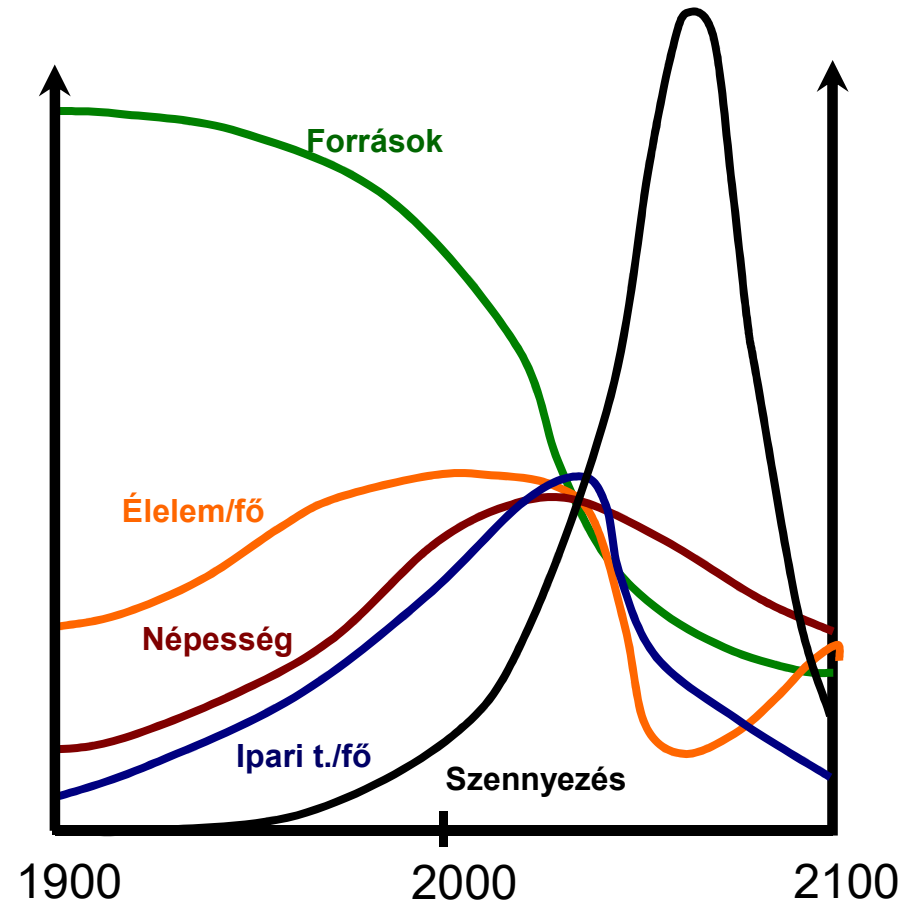


# A modellezés főbb eredményei

Eredeti előrejelzés



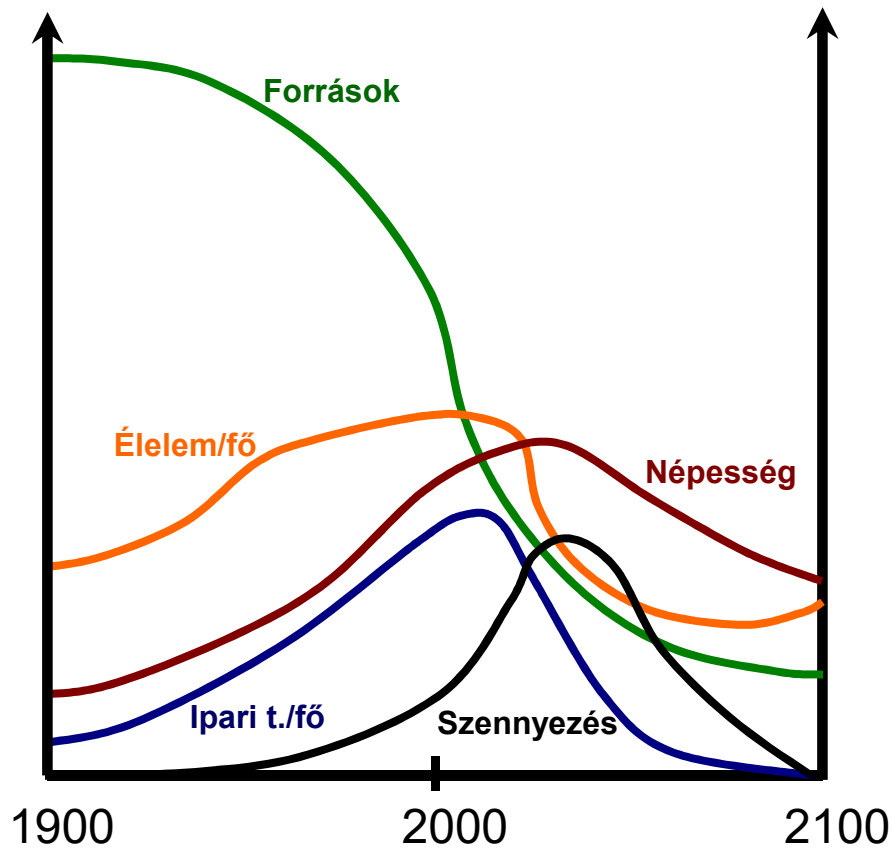
Források megduplázódása



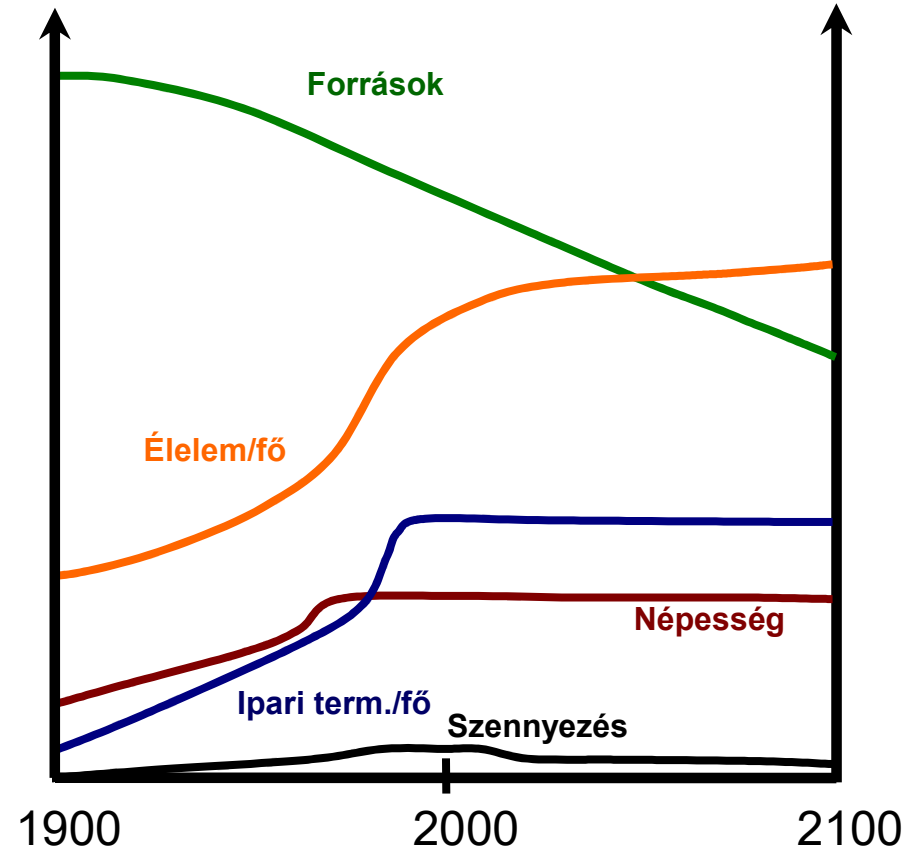
Túllövés → Kollapszus

# A modellezés főbb eredményei

Eredeti előrejelzés



Stabil világmodell



---

# Nemzetközi környezetvédelmi együttműködés

**1972 Stockholm** – ENSZ I. Környezetvédelmi Világértekezlet  
UNEP (United Nations Environment Programme) létrehozása

**Stratégia: 0 növekedés**

**1975 Helsinki** – Európai Biztonsági és Együttműködési Értekezlet  
Környezetbiztonság

**1979 Genf** – Első összeurópai környezetvédelmi egyezmény  
Levegő Keretegyezmény

**1984-1987** – Brundtland Bizottság = ENSZ Környezet és Fejlődés  
Világbizottság  
Közös jövőnk (Our common future) – **Fenntartható fejlődés**  
fogalmának bevezetése

---

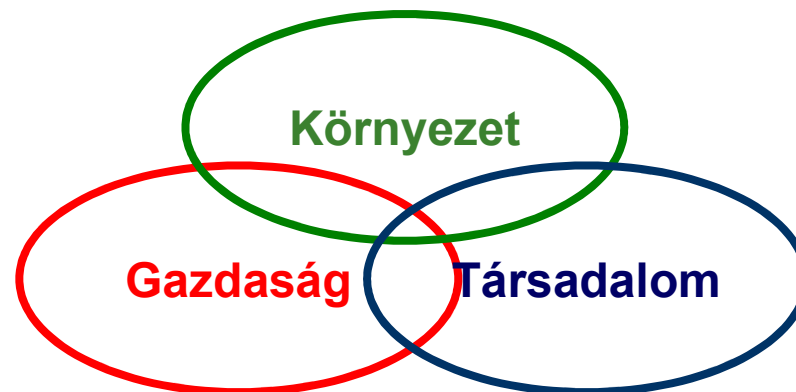
# A fenntartható fejlődés (sustainable development)

- „Olyan fejlődés, amely kielégíti a jelen szükségleteit, anélkül, hogy csökkentené a jövő nemzedékek esélyét arra, hogy azok kielégítsék saját szükségleteiket.”

*(Közös jövőnk: Brundtland bizottság, 1987)*

- „A fenntarthatóság az emberiség jelen szükségleteinek kielégítése, a környezet és a természeti erőforrások jövő generációk számára történő megőrzésével egyidejűleg.”

*(Világ Tudományos Akadémiáinak Nyilatkozata, Tokió, 2000)*



---

# Nemzetközi környezetvédelmi együttműködés

**1992 Rio de Janeiro** – ENSZ II. Környezetvédelmi Világértekezlet

Riói Nyilatkozat a Fenntarthatóságról

AGENDA21 – Feladatok a XXI. Századra

Erdőkre vonatkozó elvek

Biológiai Sokféleségről szóló Egyezmény

Éghajlatváltozási Keretegyezmény

**2002 Johannesburg** – ENSZ Fenntartható Fejlődés Világkonferencia

Politikai nyilatkozat és végrehajtási terv

Szociális viszonylatban: egészségügy, energia, szegénység, stb.

Környezetvédelmi viszonylatban: vegyi anyagok, halászat, biodiverzitás, stb.

**2012 RIO +20** – „The future we want” (AGENDA21-re vonatkoztat vissza)

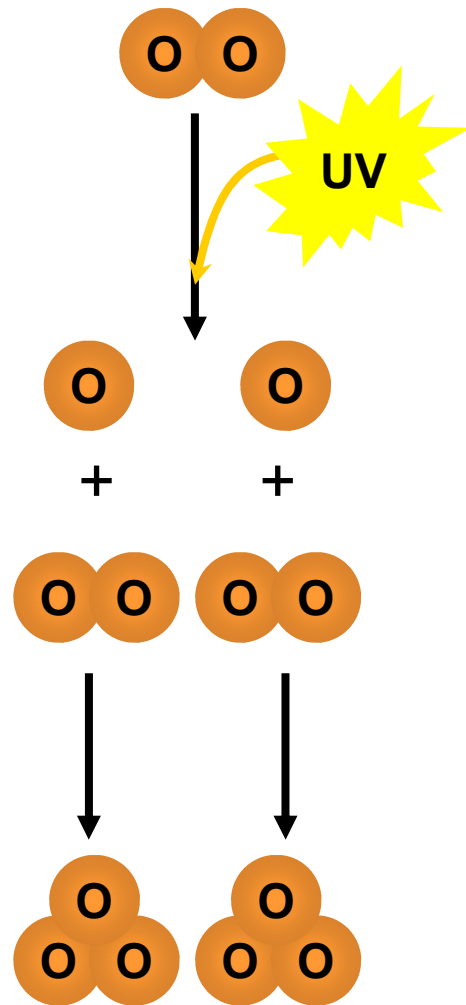
---

---

*IV. Ózon-probléma*  
*Egy sikertörténet???*

---

# Az ózon keletkezése és az ózonréteg



- Ózonréteg: 15-35 km-re a Föld felszínétől
- A légköri ózon 90%-át tartalmazza.
- Az ózon réteg abszorbeálja a földi atmoszférát érő UV sugárzás 97-99%-át.
- Az UV-B sugárzásnak DNS-károsító hatása van → bőrrák.
- Mivel a különböző élőlények különbözőképpen érzékenyek, felborítja az ökoszisztémák belső egyensúlyát.

---

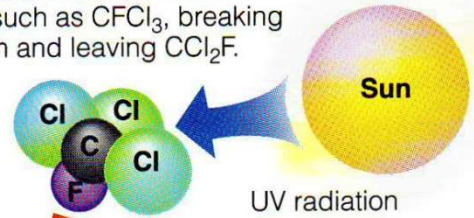
# A CFC-k jelentősége a XX. században

- **1928** – Freonok (klór-fluoro-karbon, CFC) feltalálása  
hőszigetelő, hűtőfolyadék, hajtógáz  
nem toxikus → légkörbe bocsátható
  - **1950 - 1975** – A világ CFC termelése exponenciálisan növekszik (\*7,6)  
Európa: 0,9 kg CFC/fő/év
  - **1974** – Tudományos publikációk az ózonréteg mérhető károsodásáról → összefüggésbe hozva a CFC-kkel  
(Mario Molinari, Sherwood Rowland, Paul Crutzen – Nobel d. 1995)
  - **1985** – Cikk a „Nature”-ben az ózonlyukról
-



# A CFC-k ózon károsító hatása

Ultraviolet light hits a chlorofluorocarbon (CFC) molecule, such as  $\text{CFCl}_3$ , breaking off a chlorine atom and leaving  $\text{CCl}_2\text{F}$ .

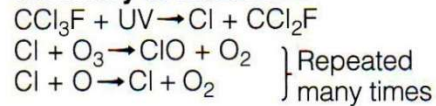


Once free, the chlorine atom is off to attack another ozone molecule and begin the cycle again.

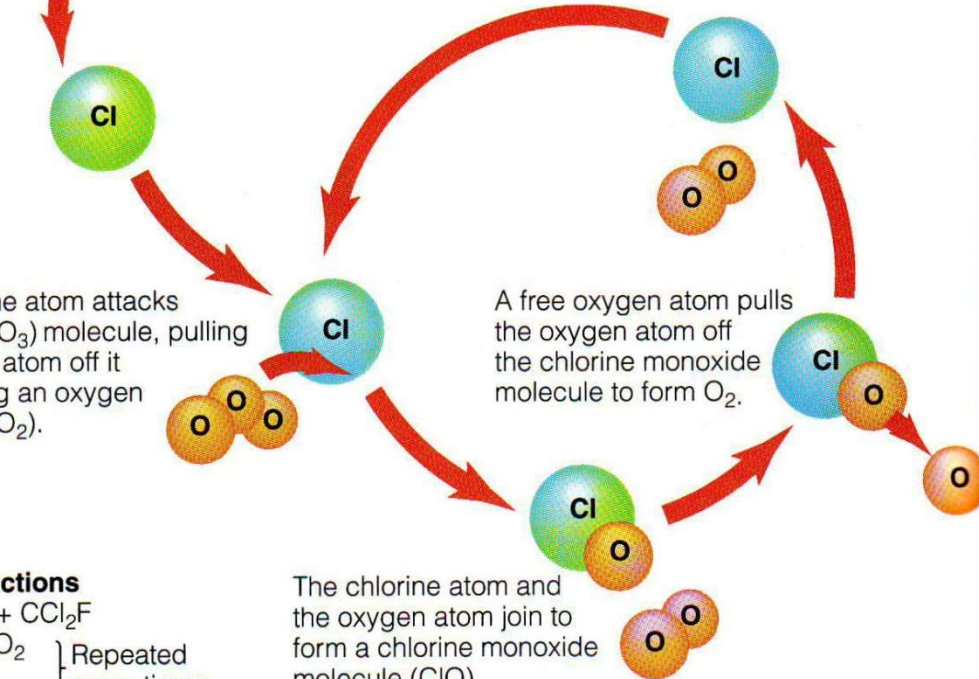
The chlorine atom attacks an ozone ( $\text{O}_3$ ) molecule, pulling an oxygen atom off it and leaving an oxygen molecule ( $\text{O}_2$ ).

A free oxygen atom pulls the oxygen atom off the chlorine monoxide molecule to form  $\text{O}_2$ .

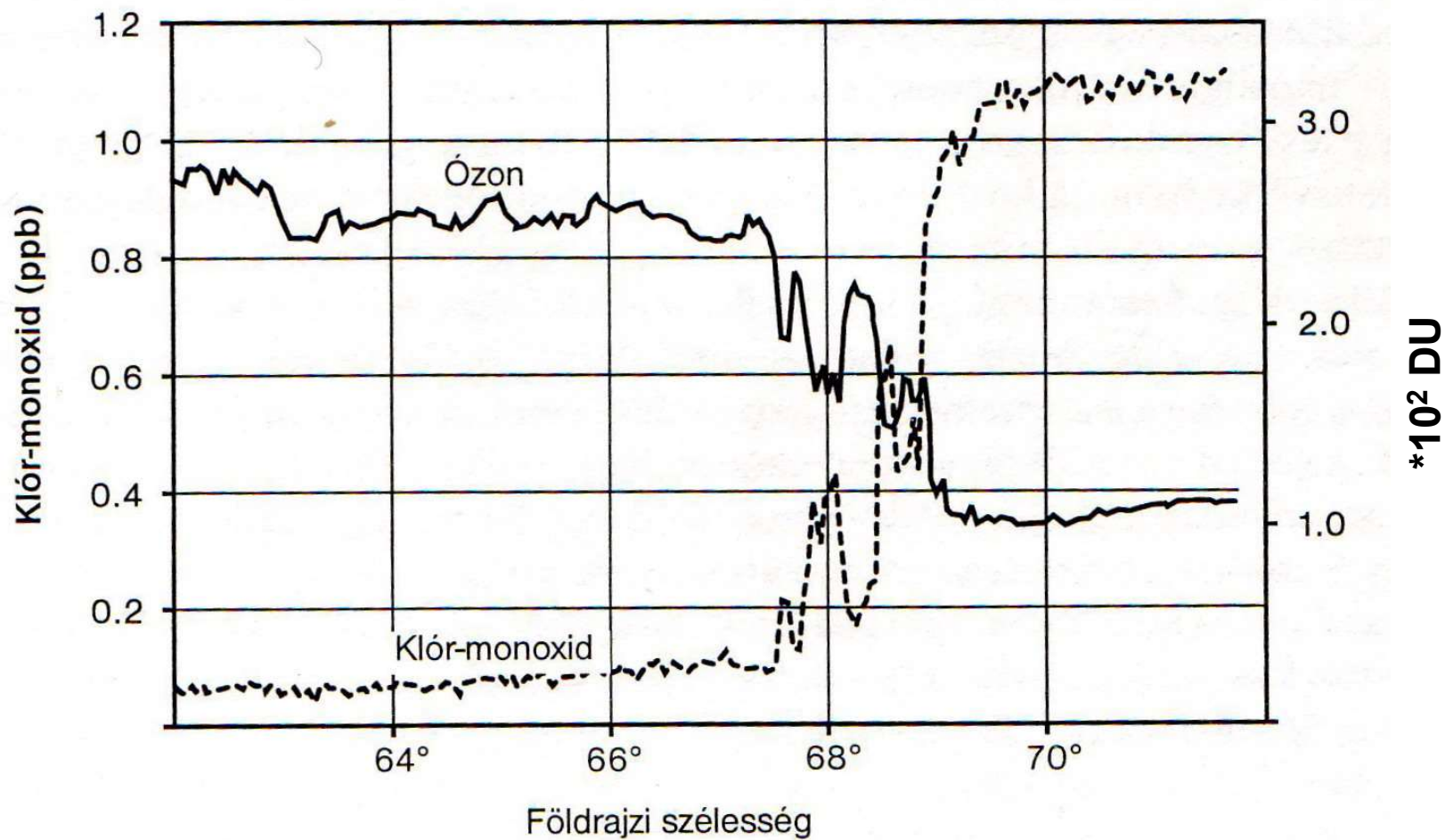
## Summary of Reactions



The chlorine atom and the oxygen atom join to form a chlorine monoxide molecule ( $\text{ClO}$ ).



# Bizonyíték az ózonlyuk létezésére (1987)



# Miért egy lyuk???

- Antarktisz sarkkörü szélörvények
- „Reakcióedény”
- Alacsony hőmérséklet, „jégfelhők” kialakulása → katalizátor
- Antarktisz (sötét) télben ClOOCl dimerek keletkezése és felhalmozódása
- Szeptember-október – antarktisz hajnal → „klórkitörés”

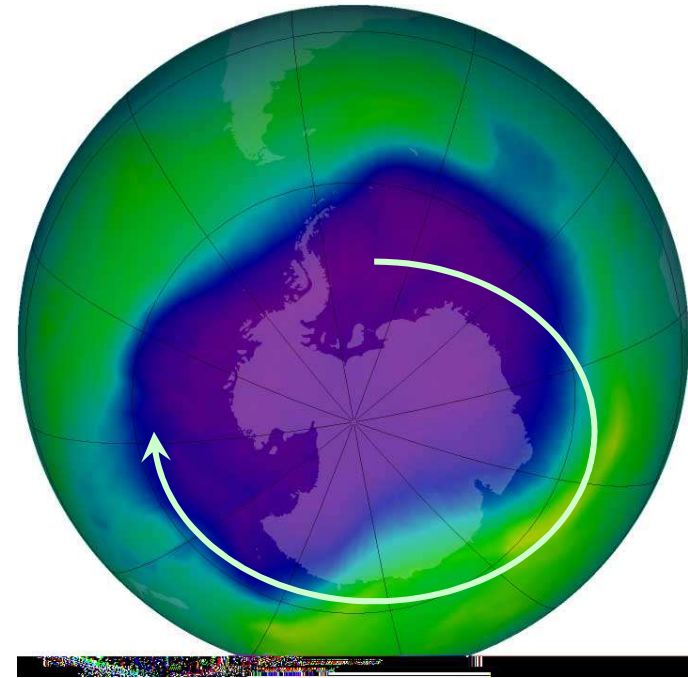
Ózon-koncentráció zuhanás



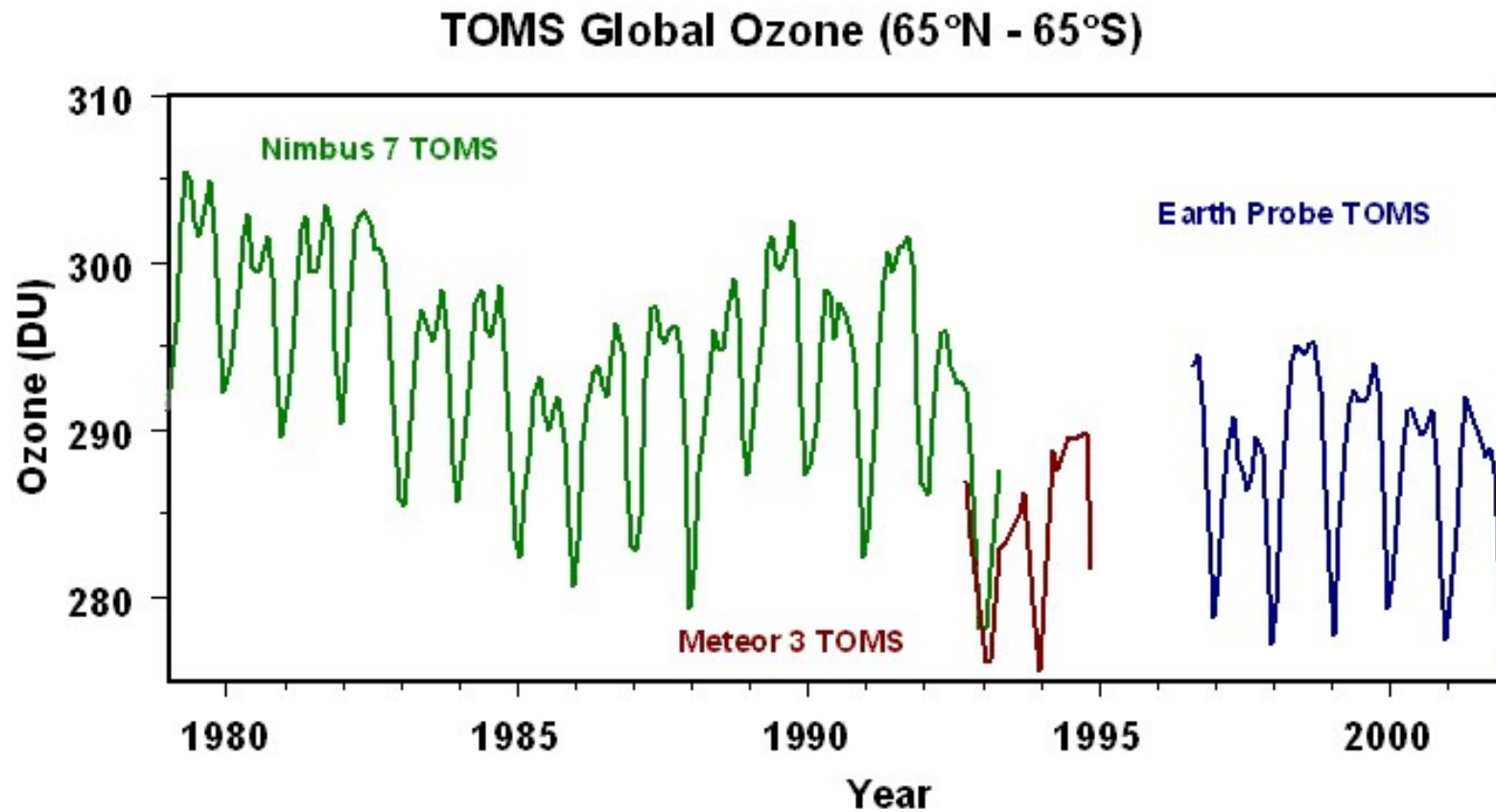
sarkkörü örvény feloszlása,  
elkeveredés



globális ózon koncentráció esés

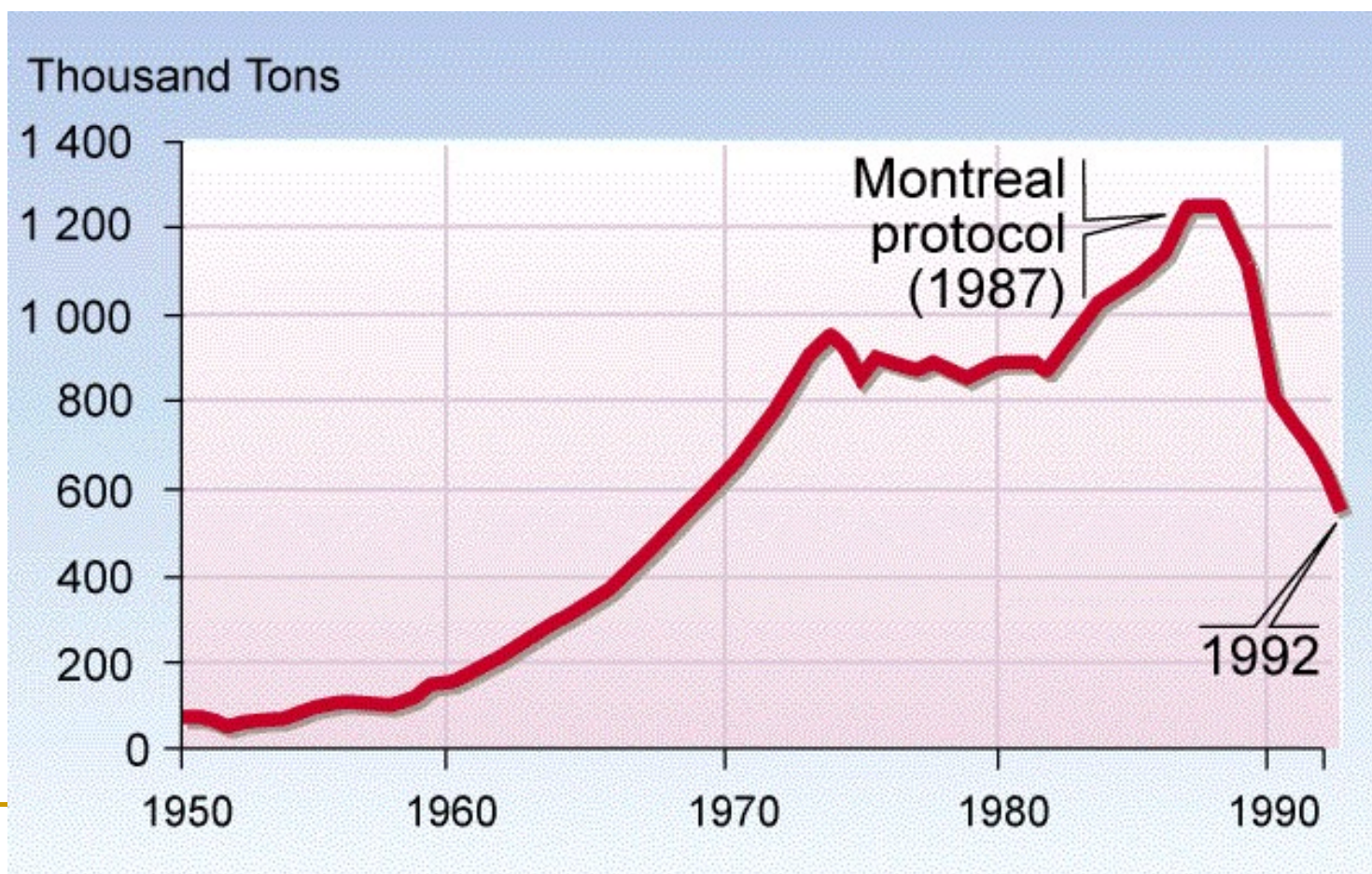


# Az ózon koncentrációja az elmúlt évtizedekben



# A CFC-k gyártásának megszüntetése

- **1987** – Montreal: Ózon jegyzőkönyv (47 ország)
- **2010** – Minden CFC gyártás megszűnik



---

# Az ózon-történet tanulságai

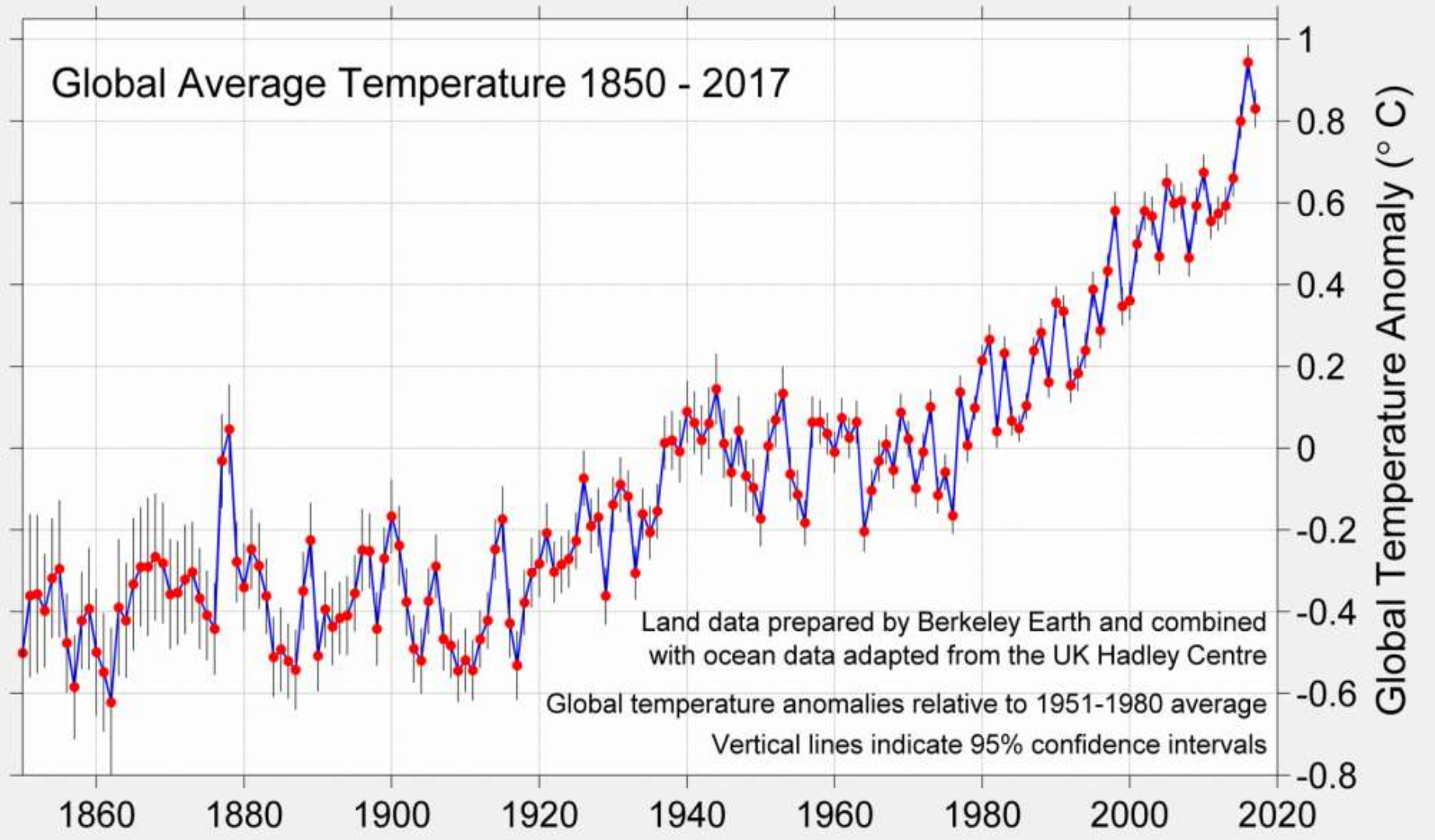
- Elengedhetetlen a környezeti paraméterek folytonos monitorozása
  - A természettudományok feladata a probléma feltárása
  - A műszaki, ill. a gazdaságtudományok és a politika feladata a probléma gyors és hatékony megoldása
  - Az alternatív vegyszerek mellett az újrahasznosítás és gyűjtés is jelentős javuláshoz vezet
  - Az ózonpajzs pusztulása a XXI. század közepéig tovább folyik, a sztratoszféra megtisztulásához további 100 év kell (?) → TEHETETLENSÉG
-

---

*V. Klímaváltozás*  
*A jelen legnagyobb problémája*

---

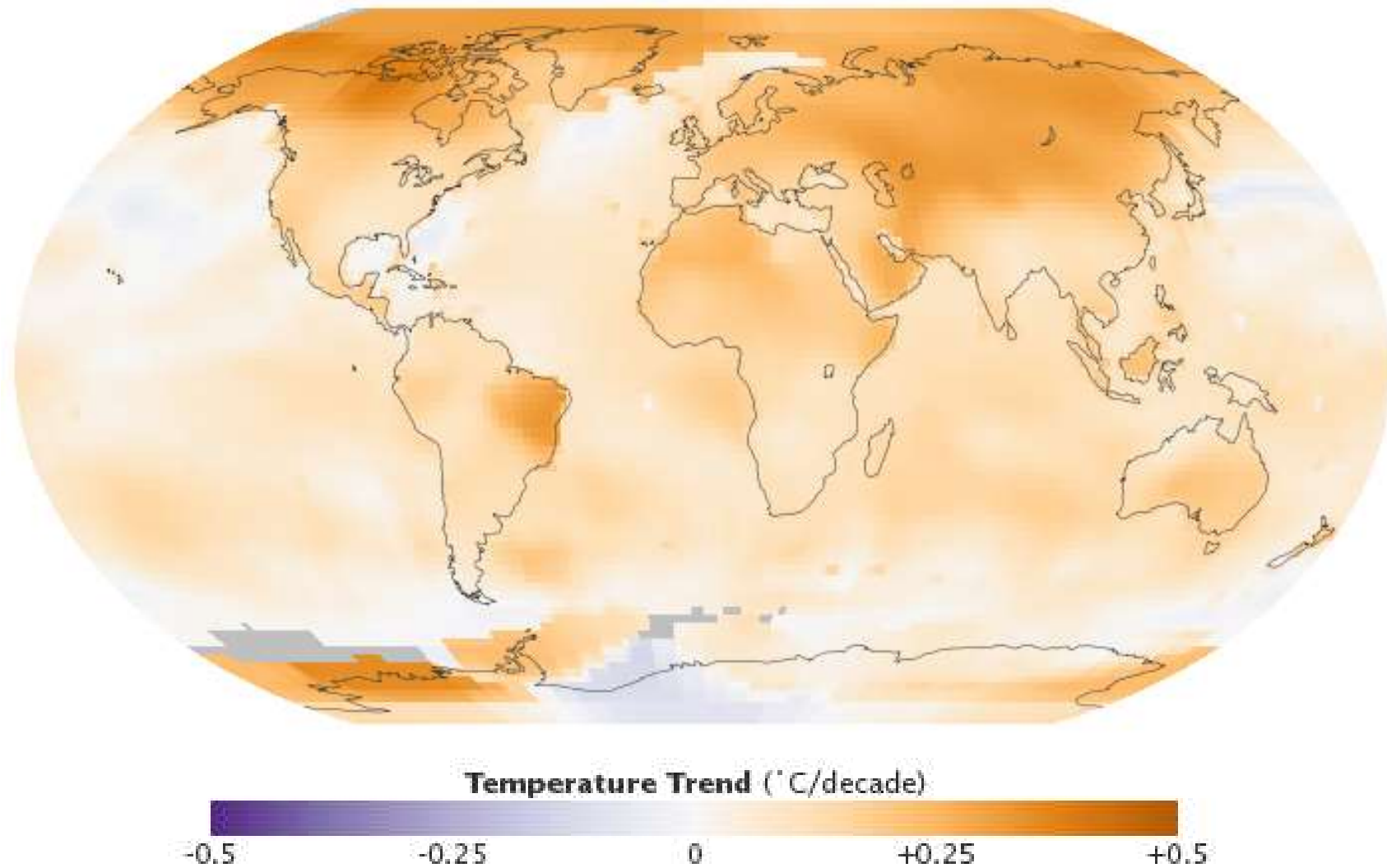
# A földfelszín átlaghőmérséklete



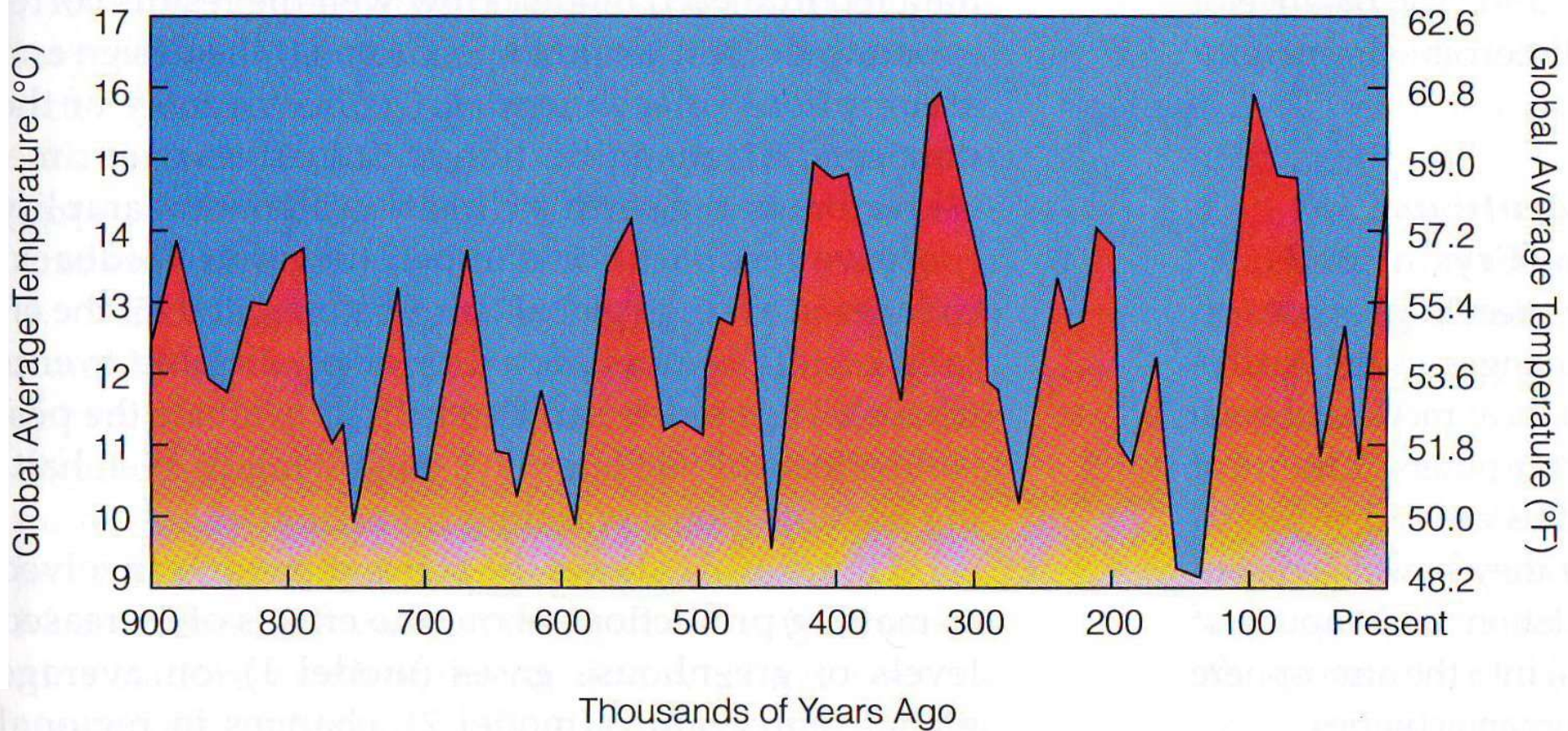


---

## Hőmérséklet-változás 1950-től 2014-ig



# Klímváltozások a földtörténet során

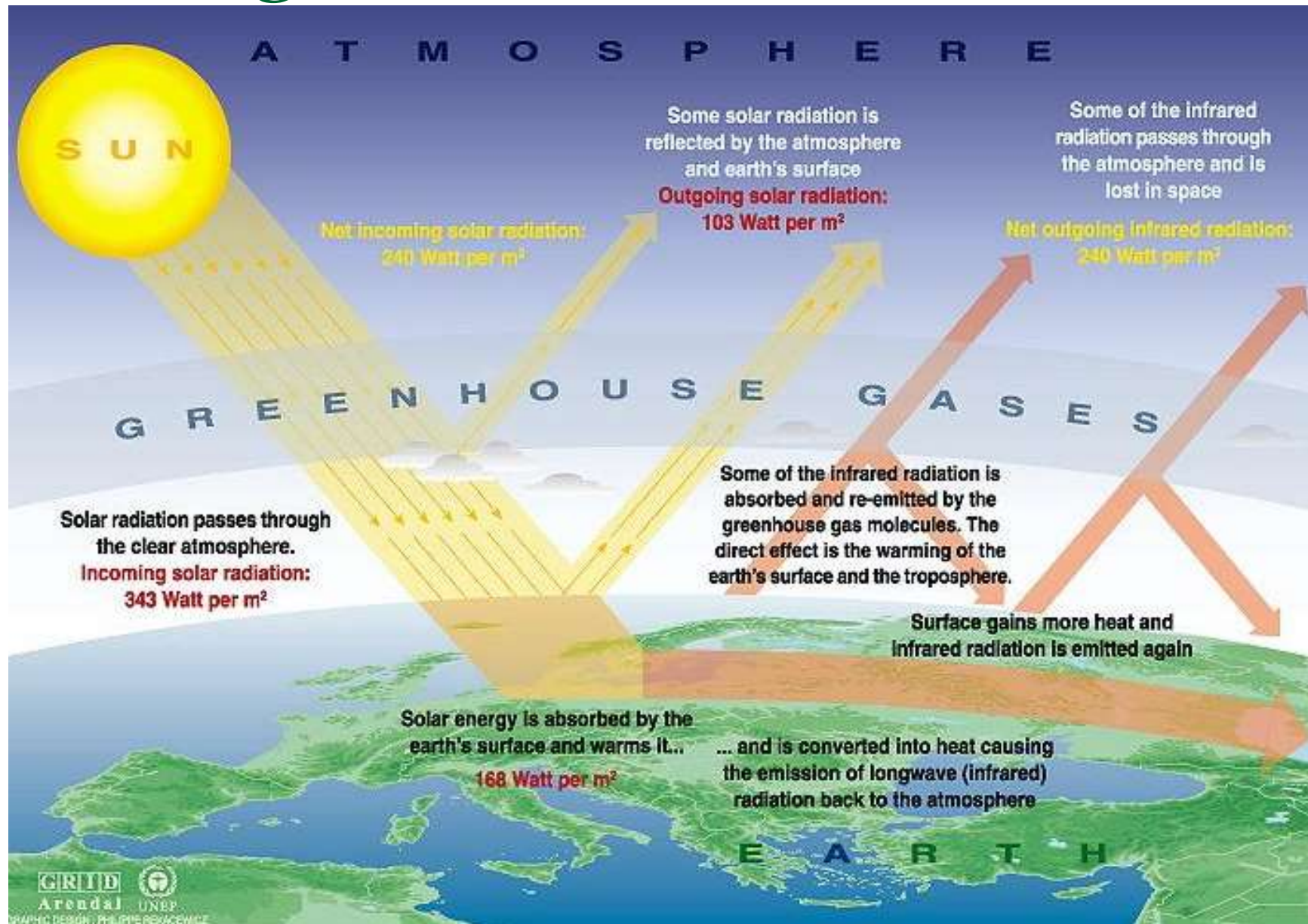


---

# A klímaváltozások fő okai

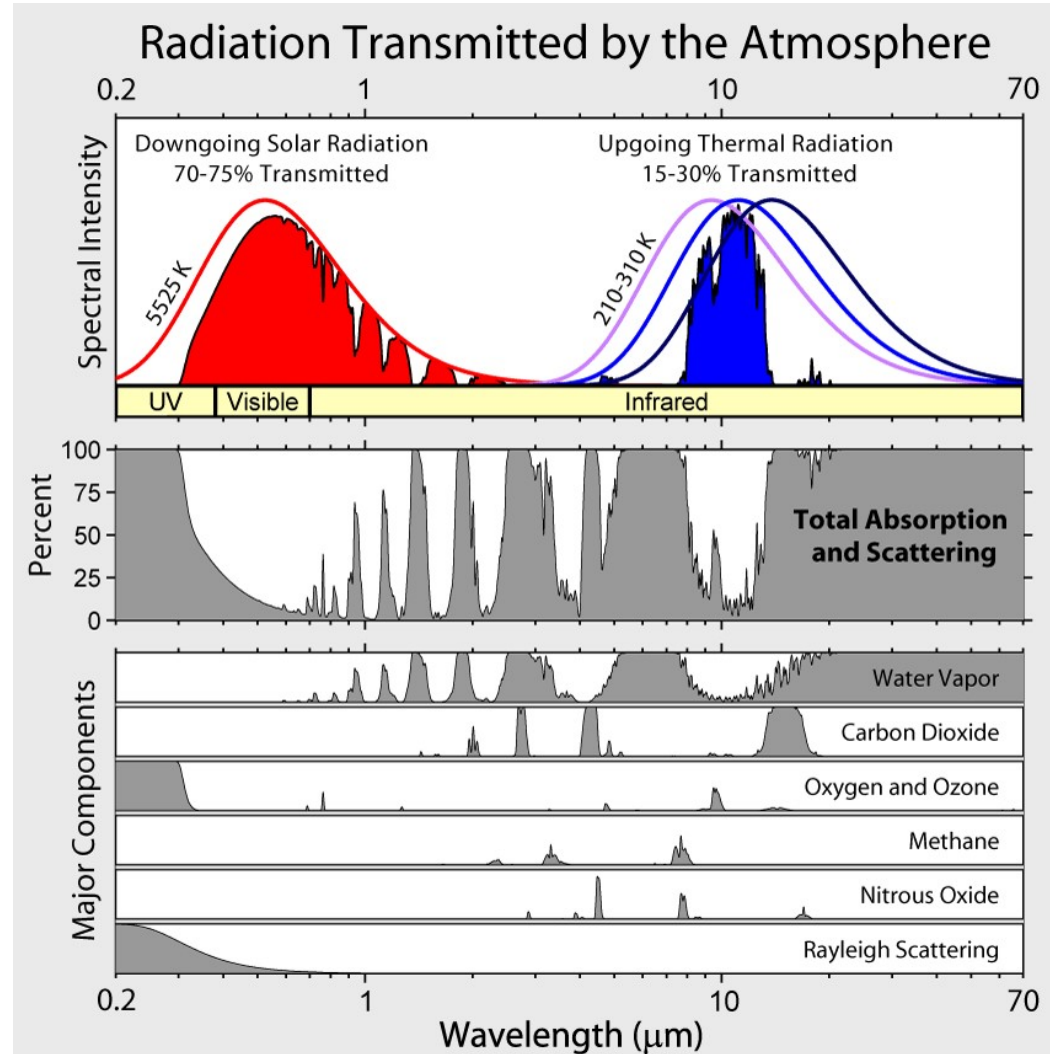
- Csillagászati tényezők
  - Vulkanikus tevékenység
  - Üvegházhatású gázok jelenléte az atmoszférában
-

# Az üvegházhatás

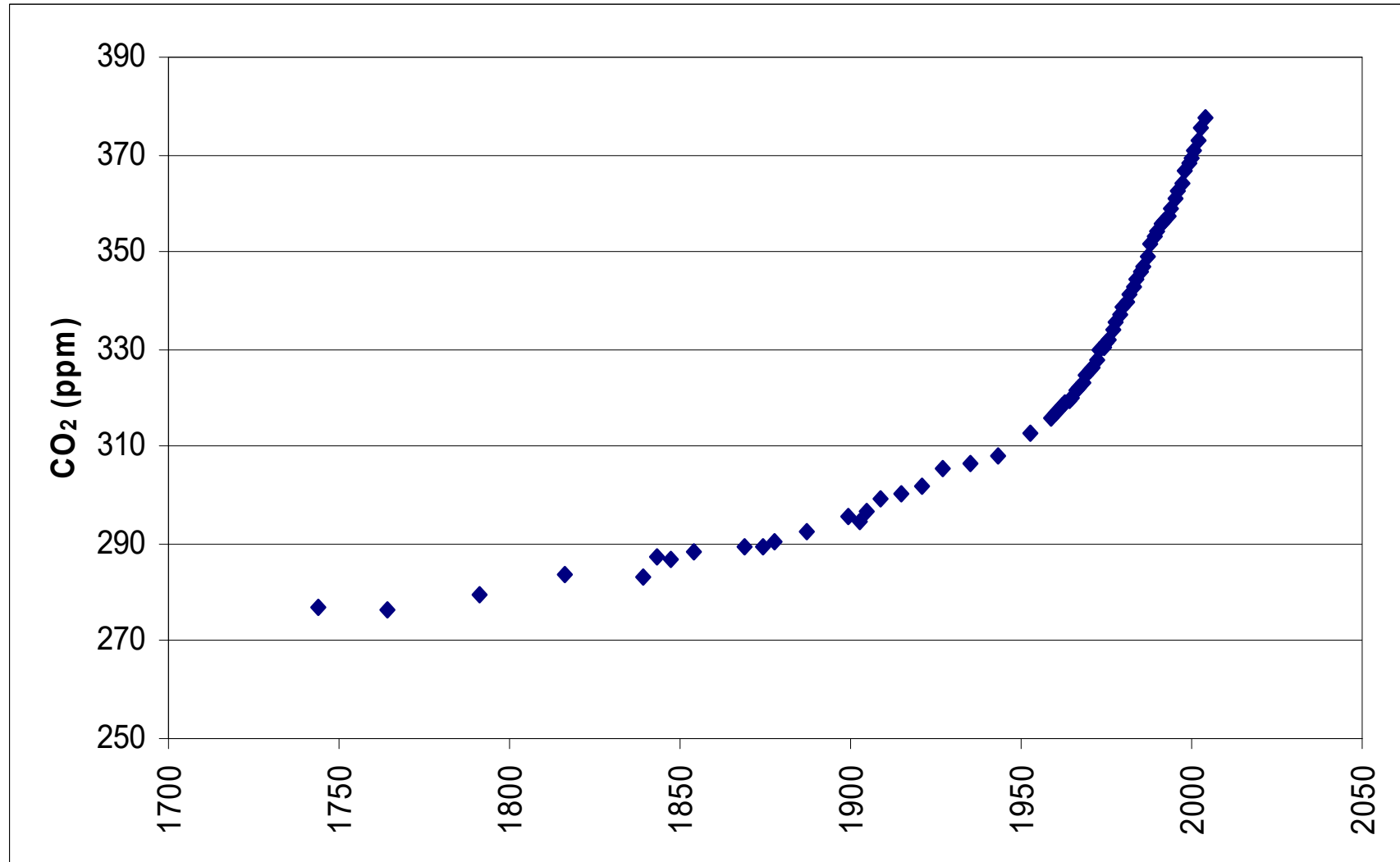


# A legfontosabb üvegházhatású gázok

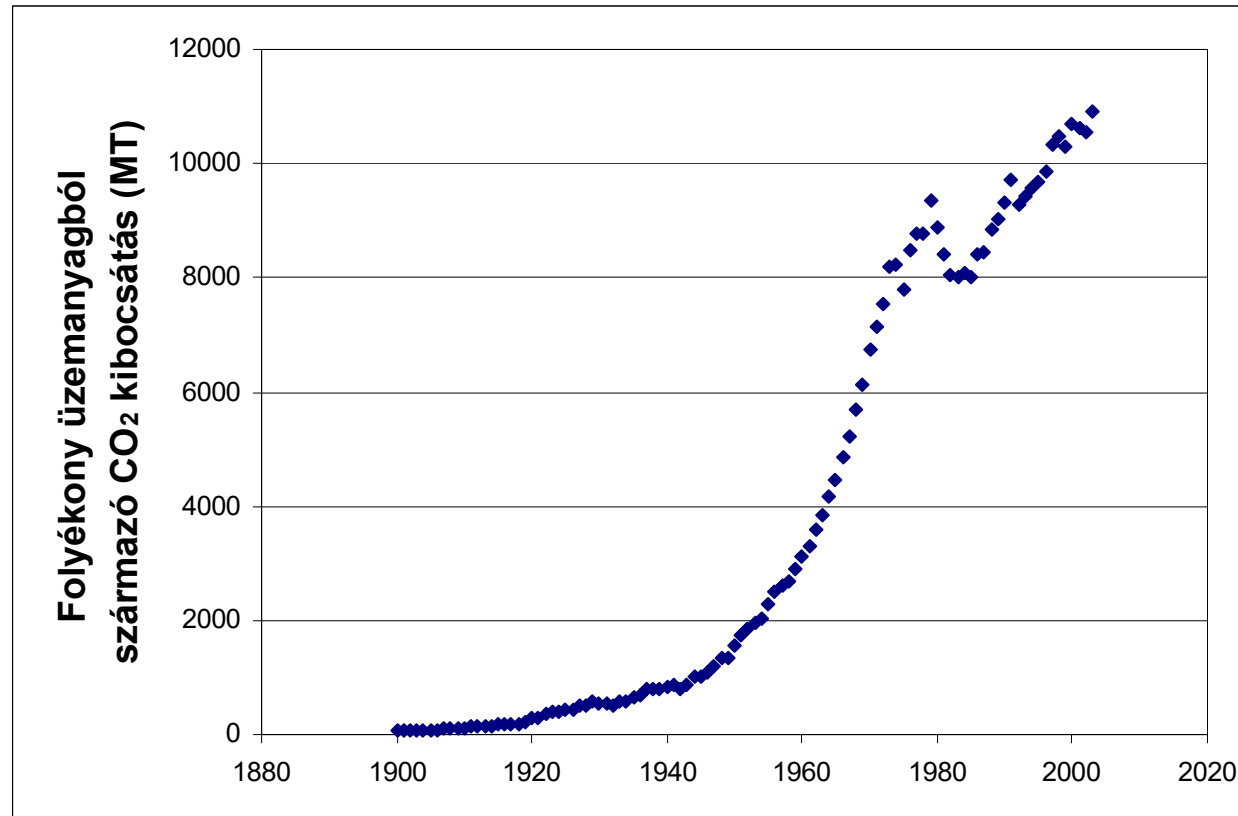
- Vízgőz 36-70%
- $\text{CO}_2$  9-26%
- $\text{CH}_4$  4-9%
- $\text{O}_3$  3-7%



# A szén-dioxid koncentrációja az atmoszférában



# A jelenkori klímaváltozás valóban antropogén okokra vezethető vissza?



- **ENSZ Éghajlatváltozási Kormányközi Testület (IPCC):**  
*„A XX. század közepe óta tapasztalható globális hőmérséklet növekedés nagy valószínűséggel elsősorban az emberi társadalom által az atmoszférába kibocsátott üvegházhatású gázok koncentráció növekedésének tulajdonítható.”*

# Globális felmelegedés hatásai

- Sarki jégsapkák, gleccserek visszahúzódása
- Tengerszint megemelkedése (1-8 m)
- Óceáni áramlatok változása
- Árvizek
- Szárazság
- Extrém időjárási körülmények
- Fajok pusztulása





---

# Az Éghajlatváltóási Keretegyezmény

- **1992 Rio de Janeiro** – Az Éghajlatváltóási Keretegyezmény (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC) megalkotása
    - nemzeti „üvegház leltár” felállítása
    - stratégia kidolgozása az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentésére
    - Egyetemes cél: az üvegházhatású gázok egy olyan szinten való stabilizálása, amelynek segítségével megelőzhető az emberiség veszélyes beavatkozása az éghajlati rendszerbe
    - A kibocsátást az 1990-es szint alatt kell stabilizálni
  - Az UNFCCC-hez mára csatlakozott gyakorlatilag a világ összes országa
-

---

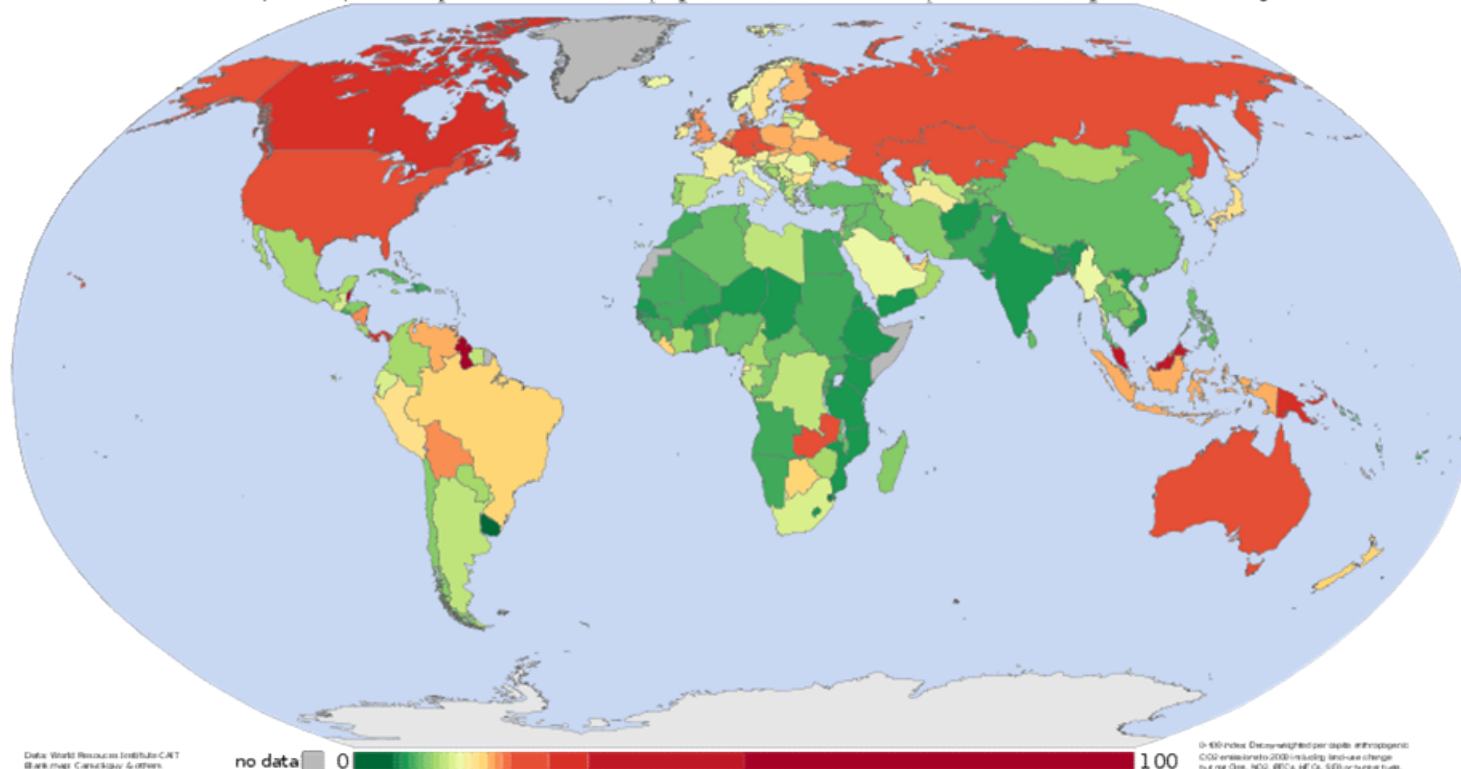
# A Kiotói Jegyzőkönyv - 1997

- Az üvegházhatású gázok emissziójának ~5%-kal való csökkentése az 1990-es értékhez viszonyítva a 2008-tól 2012-ig terjedő időszakban.
  - Ez a jegyzőkönyv mellőzésével számolt prediktív értékhez képest 29%-os különbség!!!
  - 2005-ben lépett hatályba, 2007-ig 172 állam, és az EU ratifikálta
  - Az Egyesült Államok aláírta, de nem ratifikálta
  - CO<sub>2</sub>-kereskedelem, CO<sub>2</sub> tőzsde
  - EU15 – Összességében 8%-os csökkentés az 1990-hez viszonyítva
  - Magyarország – 6%-os csökkentés a '80-as évek végéhez viszonyítva
-

# Üvegházhatású gázok emissziója világszerte

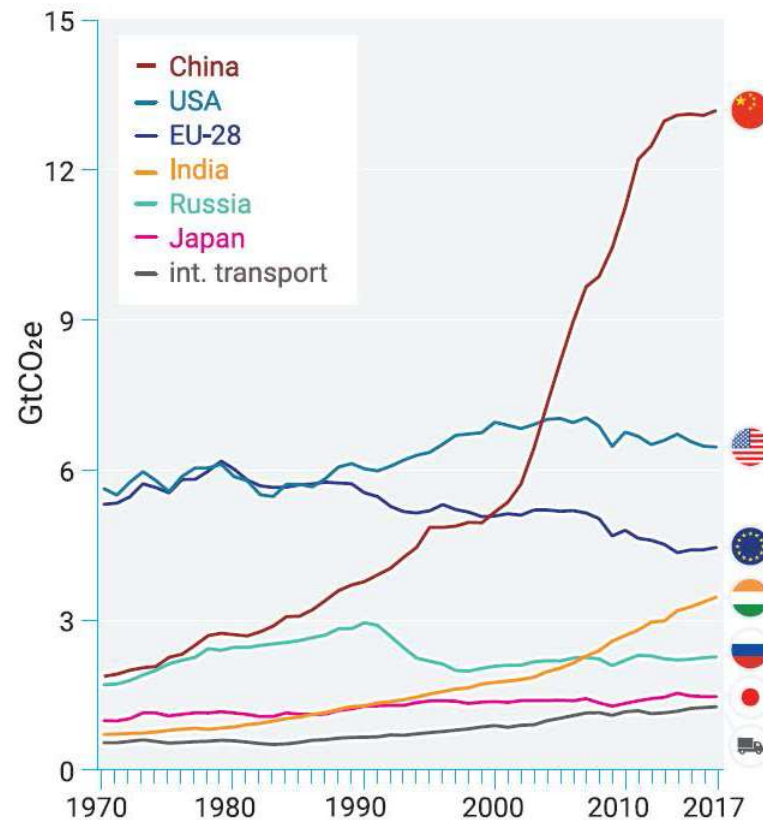
<b>Fő kibocsátók: (2003)</b>	USA	5850 MT/év	Japán	1240 MT/év
	Kína	4069 MT/év	India	1032 MT/év
	Oroszország	1600 MT/év	<b>Magyarország</b>	<b>70 MT/év</b>
<b>Fő kibocsátók: (2014)</b>	USA	5334 MT/év	Japán	1278 MT/év
	Kína	10540 MT/év	India	2341 MT/év
	Oroszország	1766 MT/év	<b>Magyarország</b>	<b>57 MT/év</b>

Per capita responsibility for current anthropogenic CO2 in the atmosphere (including land-use change)



# Üvegházhatású gázok emissziója világszerte

<b>Fő kibocsátók: (2003)</b>	USA	5850 MT/év	Japán	1240 MT/év
	Kína	4069 MT/év	India	1032 MT/év
	Oroszország	1600 MT/év	<b>Magyarország</b>	<b>70 MT/év</b>
<b>Fő kibocsátók: (2014)</b>	USA	5334 MT/év	Japán	1278 MT/év
	Kína	10540 MT/év	India	2341 MT/év
	Oroszország	1766 MT/év	<b>Magyarország</b>	<b>57 MT/év</b>



---

# A Kiotói jegyzőkönyv időszaka után

- **2009 – UNFCCC Konferencia, Koppenhága**

„2°C alatt kell tartani a föld átlaghőmérsékletének növekedését”

- **2015 – Párizsi éghajlatvédelmi egyezmény**

„Lehetőleg 1,5°C alatt kell tartani a föld átlaghőmérsékletének növekedését”

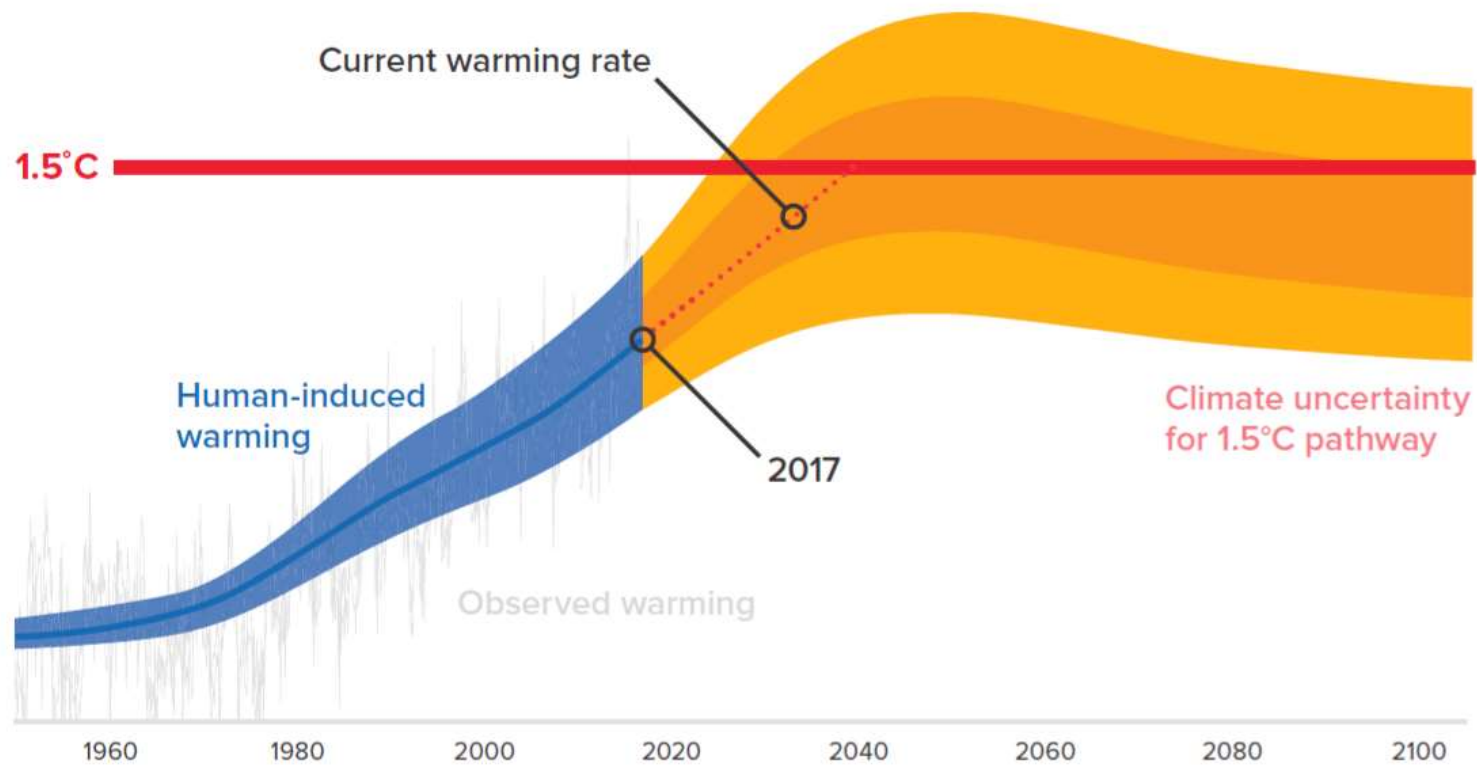
NDC (National Determined Contribution)

- **2019 – Climate Action Summit, New York**

???

---

# Jövőkép



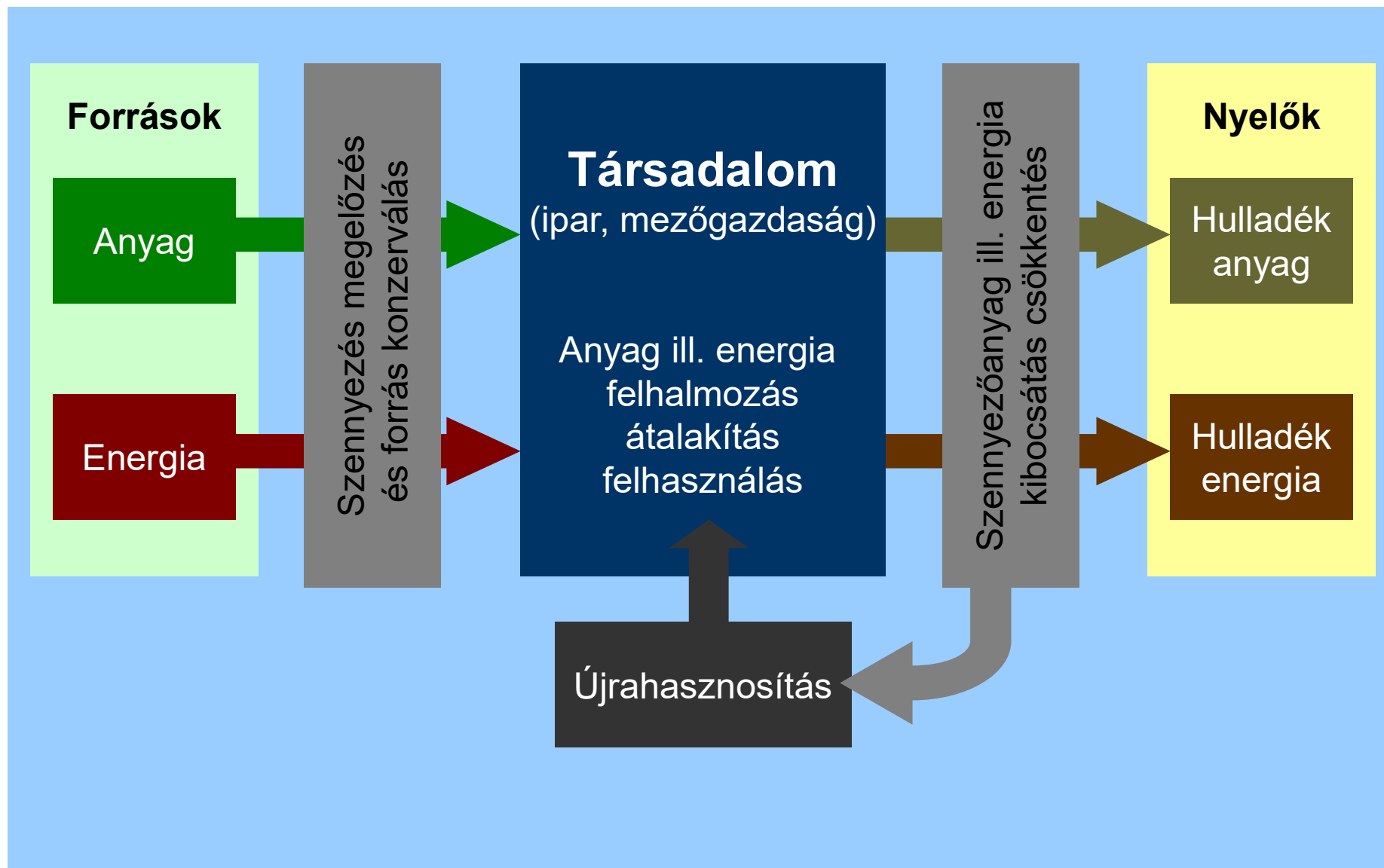
Source: IPCC Special Report on Global Warming of 1.5°C: On current trends, warming will reach 1.5°C above pre-industrial times between 2030 and 2052 (red dotted line). Staying below 1.5°C in 2100 (red/pink projection) will require cuts in GHG emissions of 45 percent below 2010 levels by 2030 and to net zero by 2050.

---

*VI. Energia-kérdés*  
*„A kihívás”*

---

# Környezet és társadalom kapcsolata

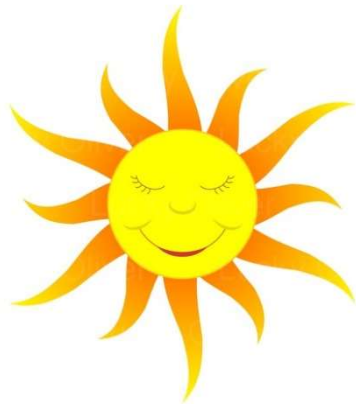




# Az természeti erőforrások csoportosítása

## Megújuló

napenergia  
szél, víz áramlása



## Potenciálisan megújuló

tiszta levegő  
tiszta víz  
termékeny talaj  
növények, állatok



## Nem megújuló

fosszilis üzemanyagok  
fémes ásványok  
nem fémes ásványok



---

## Az energia ill. anyag felhasználás fenntarthatósága

- Megújuló erőforrás esetében az a felhasználási sebesség, ami nem haladja meg a vonatkozó erőforrás regenerációs sebességét
- Nem megújuló erőforrás esetében az a felhasználási sebesség, ami nem haladja meg azt a sebességet, amellyel egy megújuló erőforrás helyettesítheti, kiválthatja.
- Egy szennyező esetében az a kibocsátási ráta, amellyel a szennyezőanyag újrahasznosítható, abszorbeálható ill. tárolható.

(Herman Daly)

---

---

# Fosszilis energiaforrások

- Szén, kőolaj, földgáz és származékaik
  - Jelenleg a világ energiafogyasztásának több mint 80%-át fosszilis energiaforrásokból fedezik
  - Kettős probléma:
    - Üvegházhatás
    - Források kimerülése  
(kőolaj 50-80 év, földgáz 160-310 év)
-

---

# Nukleáris energia

- Nem megújuló energiaforrás, viszont az üvegházhatás szempontjából inert
  - Üzemanyag kimerülés predikció: 35-40 év, azonban a hatékonyság jelenleg 0,1-0,2% →→→ 20%
  - Fáradt fűtőelemek elhelyezése/reprocesszálása → jelenleg nem létezik végleges tárolóhely
  - Probléma: „Ha baj van, akkor az nagy” – Csernobil, 1986; Fukushima, 2011 → Zöld szervezetek tiltakozása
  - Fúzió: a jövő zenéje...
-

---

# Megújuló energiaforrások I. - Szélenergia

- Szélturbina → Generátor
- Probléma I: Szélcsend
- Probléma II: Infrahang?
- Probléma III: A tájkép elcsúfítása



---

# Megújuló energiaforrások II. - Vízenergia

- Víz helyzeti energia → Generátor → Elektromos energia
- Probléma: A tájkép elcsúfítása
- Szükséges a megfelelő domborzat
- Bős-Nagymaros
- Árapály erőművek
- Hullám-energiát hasznosító erőművek



# Megújuló energiaforrások III. - Napenergia

- Nap által a földre sugárzott energia évente  $3,85 \cdot 10^{24}$  J (3,85 YJ)
- Napkollektor: víz melegítése
- Napelem v. napcella: elektromos áram termelése
- Napsütéses órák száma



## Megújuló energiaforrások IV. - Bioüzemanyagok

- Biomassza: fa, energiatü, mezőgazdasági hulladékok
- Növényi olajok (napraforgó, repce) észerezése → biodízelt
- Bioetanol ill. egyéb bioalkoholok
- Biogáz





---

## Megújuló energiaforrások V. – Geotermikus energia

- A földkéreg hőmérséklete a Föld középpontja felé haladva növekszik ( $\sim 30^\circ\text{C}/\text{km}$ )



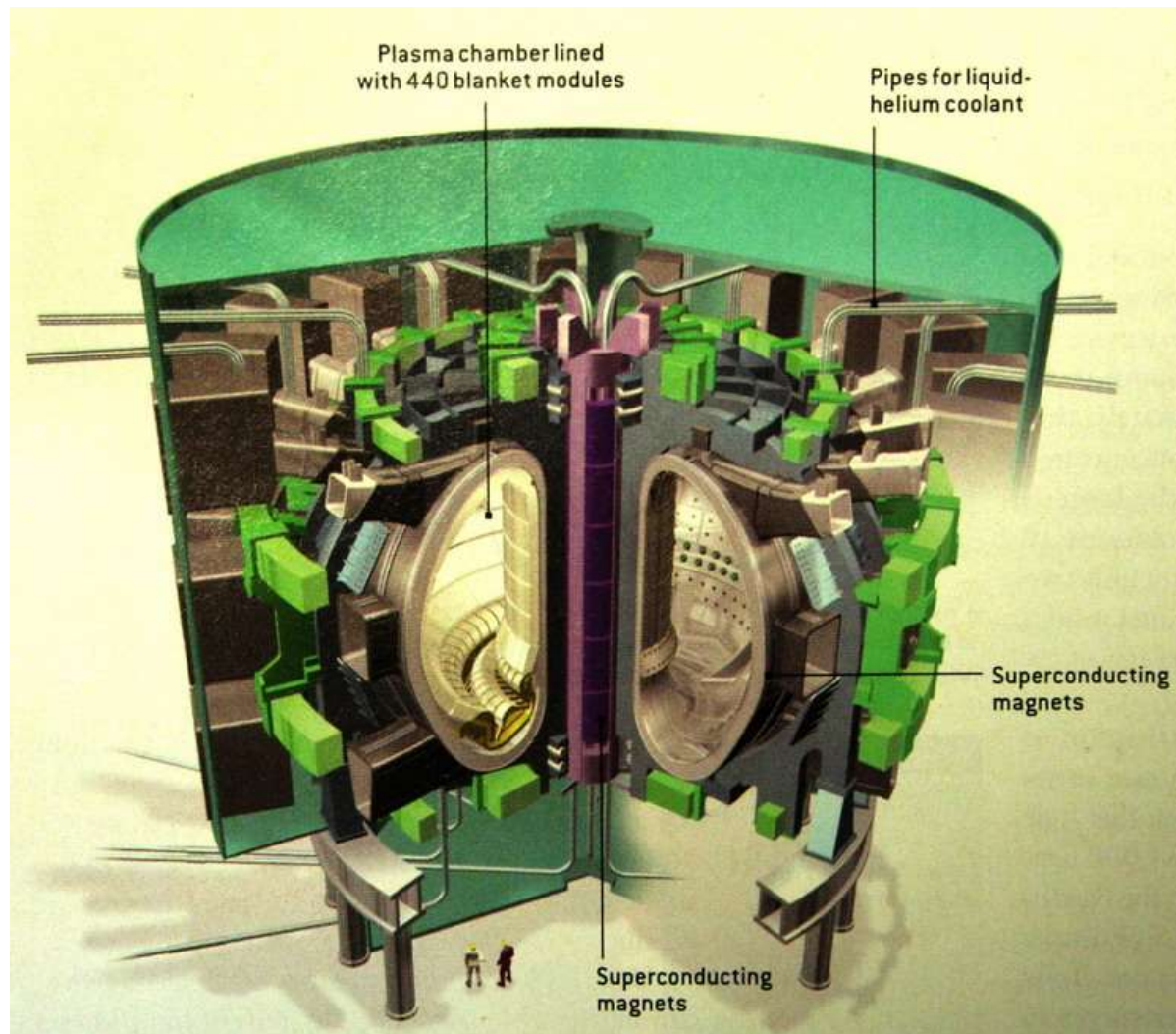
- Energia traszporter:
  - gőz („száraz gőz”  $>200^\circ\text{C}$  felett) (dry steam)
  - túlfűtött víz (nagy nyomás,  $>180^\circ\text{C}$ ) (flash steam)



# A világ energiafogyasztása (2003 → 2015)

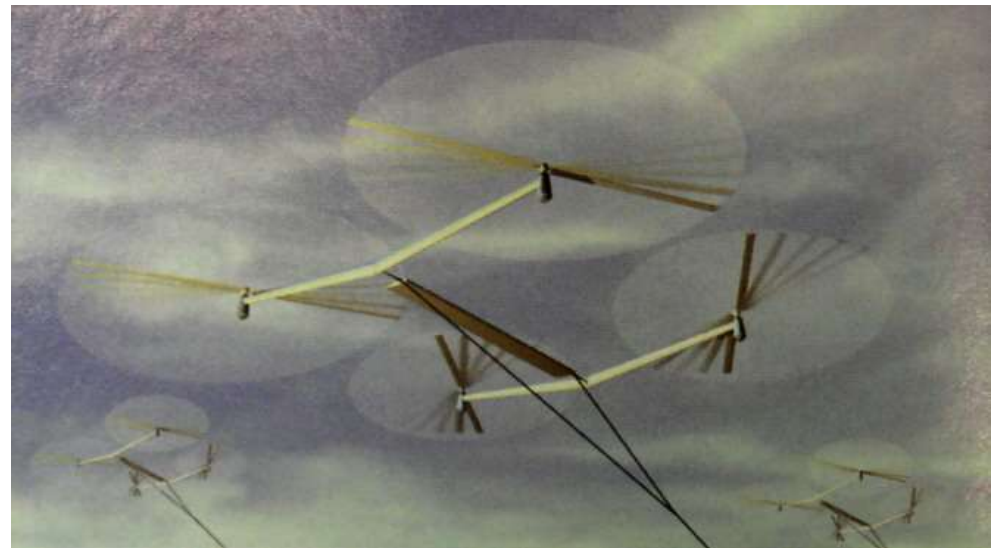
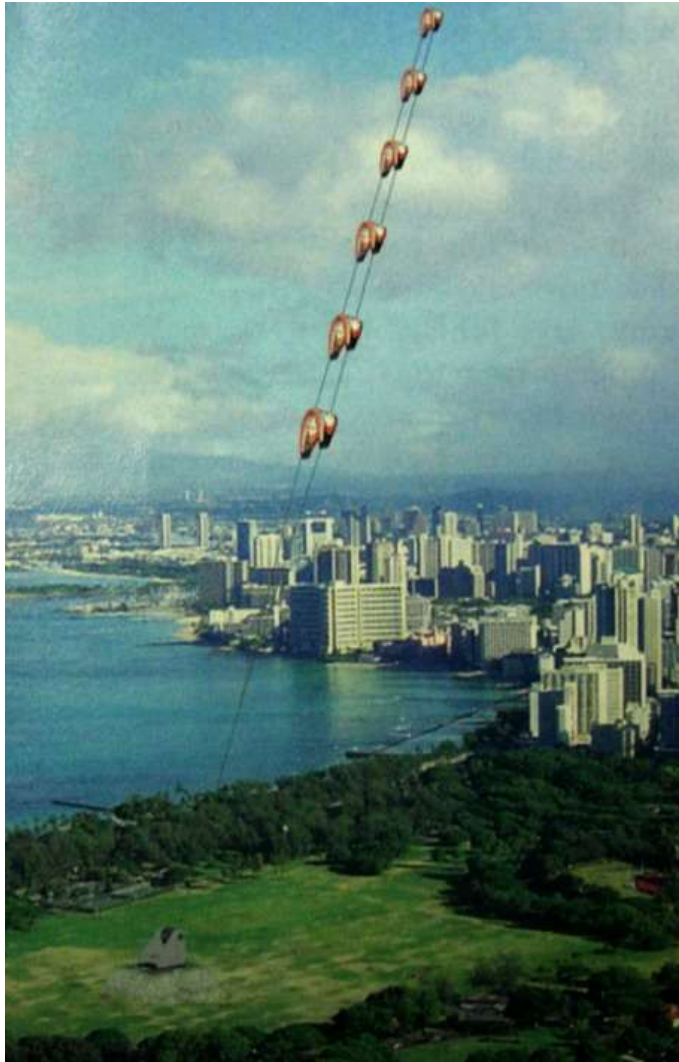
Energiaforrás	%-os hányad a teljes energiafogyasztáshoz viszonyítva	%-os hányad a teljes energiafogyasztáshoz viszonyítva
<b>Kőolaj, olajszármazékok</b>	<b>34,7 → 32,9</b>	<b>80,3 → 85,9</b>
<b>Szén</b>	<b>24,2 → 29,2</b>	
<b>Földgáz</b>	<b>21,4 → 23,8</b>	
<b>Nukleáris</b>	<b>6,5 → 4,4</b>	<b>6,5 → 4,4</b>
<b>Biomassza</b>	<b>10,3</b>	<b>13,2 → 9,7</b>
<b>Víz</b>	<b>2,2</b>	
<b>Geotermikus</b>	<b>0,4</b>	
<b>Biogáz</b>	<b>0,2</b>	
<b>Szél, hullám, ár-apály</b>	<b>0,1</b>	
<b>Teljes energiafogyasztás (ktoe)</b>	<b>10 540 000 → 13 147 000</b>	

# A jövő lehetőségei – Fúziós energia



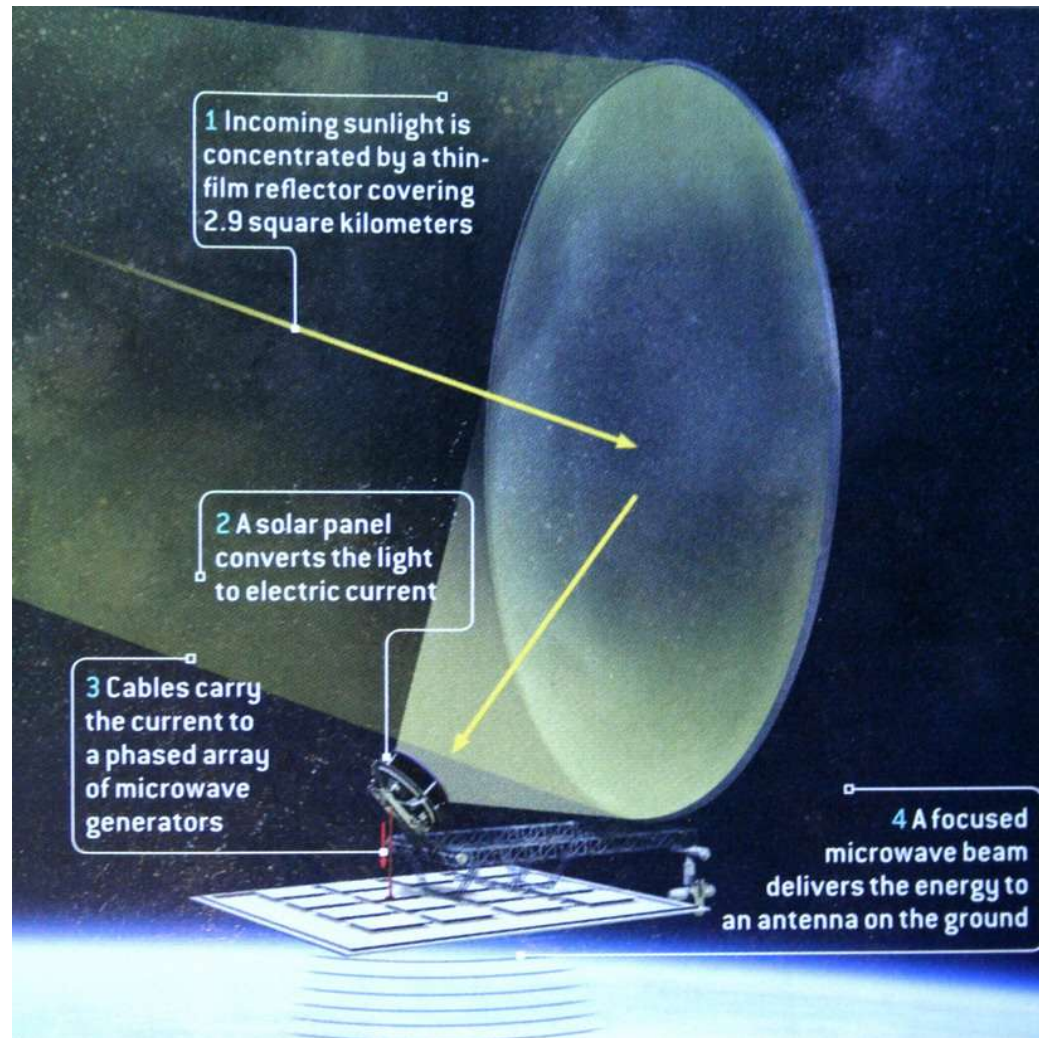
**Realitás-faktor: 3**

## A jövő lehetőségei – Magas-légköri szélenergia



**Realitás-faktor: 4**

# A jövő lehetőségei – Napenergia az űrből



**Realitás-faktor: 3**

---

## A jövő lehetőségei – Hidegfúzió



---

**Realitás-faktor: 1**

---

# A jövő lehetőségei – Anyag-antianyag reakció



---

**Realitás-faktor: 1**

---

# Felhasznált irodalom

- J. Gleick, Káosz, egy új tudomány születése, Göncöl Kiadó, 1999
  - D.H. Meadows, D.L. Meadows, J. Randers, W.W. Behrens, The Limits to Growth, Pan Books Ltd., 1972
  - D.H. Meadows, D.L. Meadows, J. Randers, A növekedés határai harminc év múltán, Kossuth Kiadó, 2005
  - Scientific American Special Issue 2006 September, Energy Future Beyond Carbon, Scientific American Inc., 2006
  - K. Sigmund, Az élet játéka, Akadémiai Kiadó, 1995
  - K. Simonyi, A fizika kultúrtörténete, Gondolat Kiadó, 1986
  - G. Tyler Miller, Environmental Science, Working with the Earth, Wadsworth Publishing Co., 1999
  - G. Vogel, H. Angerman, Biológia SH Atlasz, Springer Hungarica, 1992
  - <http://earthtrends.wri.org>
  - <http://mdgs.un.org>
-