

# Az üveg

## Környezeti jellemzés LCA alapon



Mekkora Hamupipőke cipőjének  
környezeti lábnyoma?

*Gröller György, ÓE KVK MTT / LCA Center*

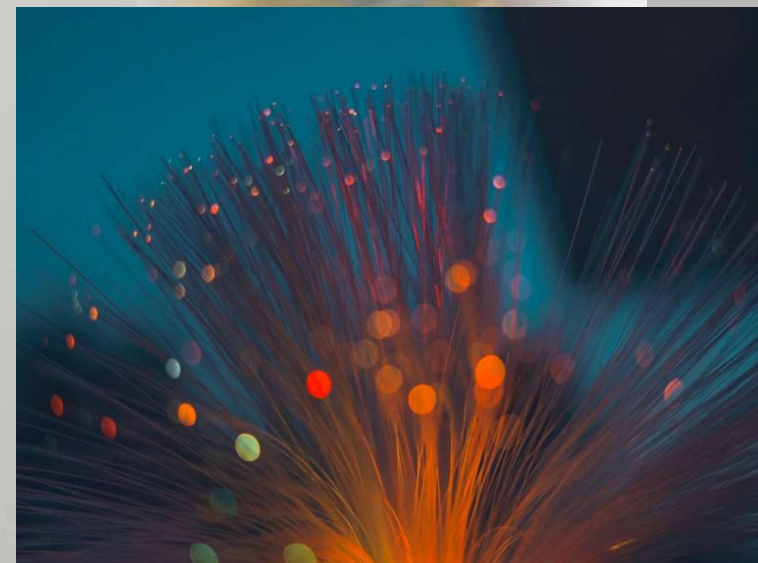


## 2022 az üveg nemzetközi éve

- Fókusz inkább az iparművészeti, építészeti alkalmazáson volt, kevesebb a technológiai fejlesztésen, környezeti hatáson
- Nagyon sokféle felhasználás
- Környezeti szempontból is érdekes, jobbra pozitív jellemzők
- Szép, hasznos, érdekes

# Felhasználási területek

<b>Építőipar:</b>	síküveg, üvegyapot, habüveg, szigetelés,
<b>Élelmiszeripar gyógyszeripar:</b>	csomagoló, öblösüveg (container glass),
<b>Háztartás:</b>	(tűzálló) edények, üvegkerámia,
<b>Villamosipar, elektronika:</b>	lámpabúrák, optikai szálak, napelem borítás, szigetelők, hordozók,
<b>Optika:</b>	optikai elemek,
<b>Iparművészet:</b>	



# A technológia, az életút fő elemei

- Nyersanyagok bányászata, szállítása, keverése,
- Olvasztás: gáztüzelésű vagy elektromos kemencében  
1300 - 1550°C
- Formázás: sík – float  
öblös – (gépi) fúvás
- Temperálás: programozott hűtés
- Síküvegek: vágás, edzés, laminálás,  
bevonat készítés
- Öblösüvegek: csomagolása



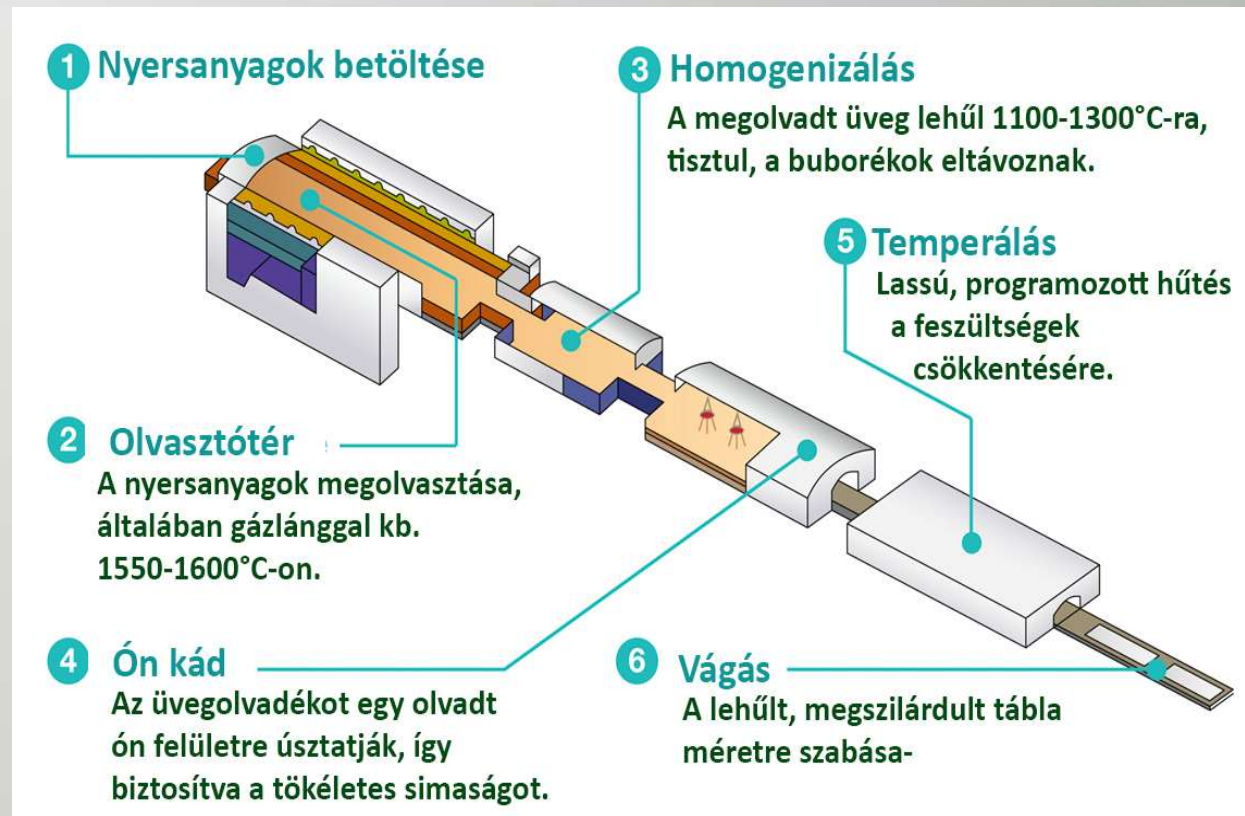
# Környezeti jellemzés 1. nyersanyagok

- A fő nyersanyagok nem kritikusak; kvarchomok, mészkő, szóda, stb. Ezekből a Solvay-szódagyártás okoz nagyobb terhelést.
- Néhány adalékanyag lehet egészségre ártalmas, pl. As, Sb, Pb
- A szállítási terhelés a nagy tömeg és közepes távolságok miatt észrevehető
- Keverékkészítés: relatív kicsi villamos-energia fogyasztás



# Környezeti jellemzés, 2. olvasztás

- A legnagyobb energia-igényű szakasz  
EU 2020: 15 millió TJ földgáz
- 2 – 300 tonna olvadék  
1 – 3 napig a kemencében
- Elméleti energiaigény: 2,7 GJ/t  
legjobb létező: ~ 5 GJ/t
- Tüzelés: földgázzal (hővisszanyerés  
regeneratív, rekuperatív),  $\eta = 40-45\%$   
elektromos olvasztás:  $\eta = 60-65\%$
- Károsanyag emisszió:  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  
por, nehézfém, hulladékhő, zaj
- A szilárd hulladékot visszaolvasztják



Forrás: [glassforeurope.com](http://glassforeurope.com)

# Lehetőségek a terhelések csökkentésére

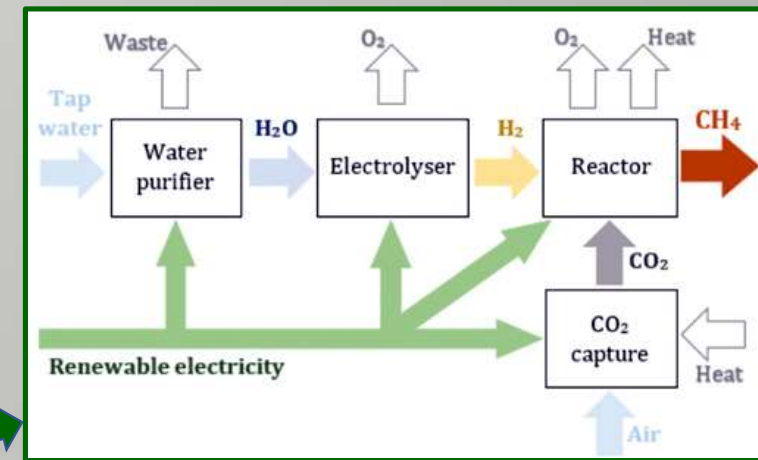
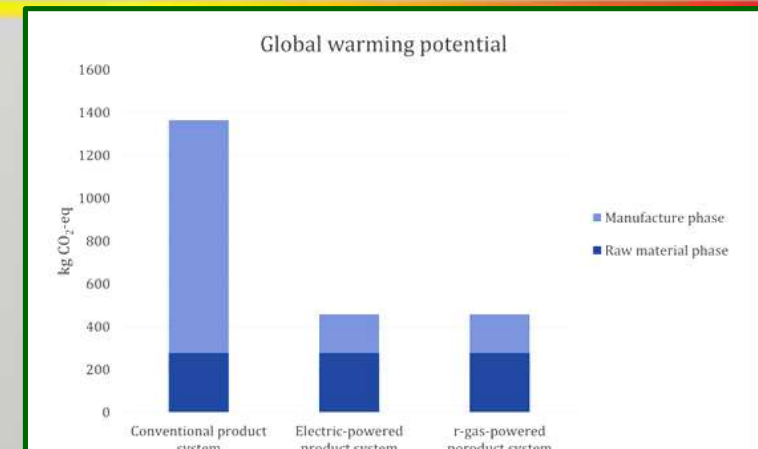
## Tüzelés:

- Oxigén táplálás → jobb hatásfok, NO<sub>x</sub> csökkentés
- Földgáz helyett H<sub>2</sub> → CO<sub>2</sub> csökkenés
- Elektromos olvasztás → jobb hatásfok, nincs helyi emisszió
- Füstgázból metán vízbontásból H<sub>2</sub> és O<sub>2</sub>, füstgázból CO<sub>2</sub> és hulladékhő



Az elmúlt 70 év alatt az olvasztás energiaigénye kb. 40%-ára csökkent.

Forrás: Anna Grané Anglarill: LIFE CYCLE ASSESSMENT OF A CONVENTIONAL FLOAT GLASS PRODUCTION AND COMPARISON WITH REGENERATIVE ALTERNATIVES Thesis 2018

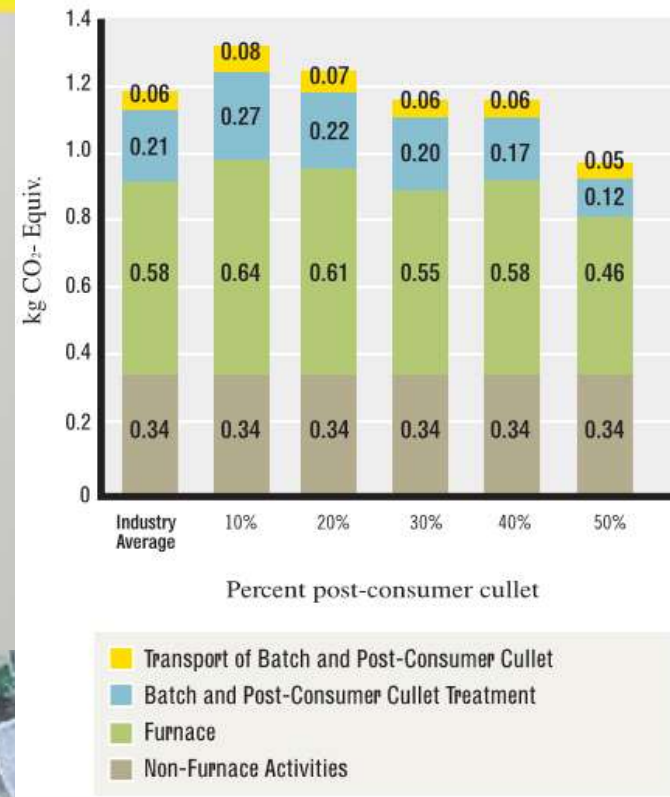


# Lehetőségek a terhelések csökkentésére

## Cserép visszaolvasztás

- Jelentősen csökken az olvasztás energiaigénye
- Saját, gyári cserép problémamentes, idegen cserép csak szigorú válogatás és analitika után
- Síküvegnél max. 10%, öblösüvegeknél akár 50% fölött
- További lehetőségek: Hulladék hő hasznosítás, Füstgáz kezelés, leválasztás

Cradle-to-Cradle LCA Results per 1kg Formed and Finished Glass



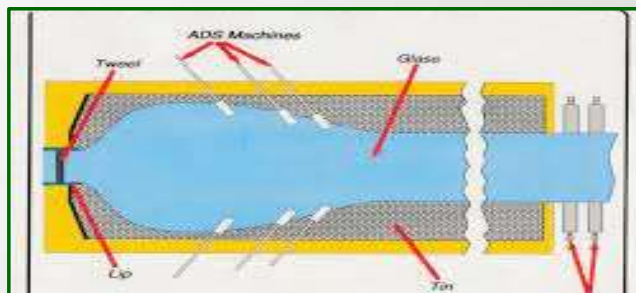
Environmental Overview Complete Life Cycle Assessment of North American Container Glass



# Környezeti jellemzés, 3. formázás

## Síküveg:

- Olvadt ónfürdőn úszik az üveg.
- Hőszabályozás,  $1100^{\circ}\text{C} \rightarrow 600^{\circ}\text{C}$ , kis energiaigény
- Redukáló atmoszféra:  $\text{N}_2 + 5\% \text{H}_2$



## Öblösüveg

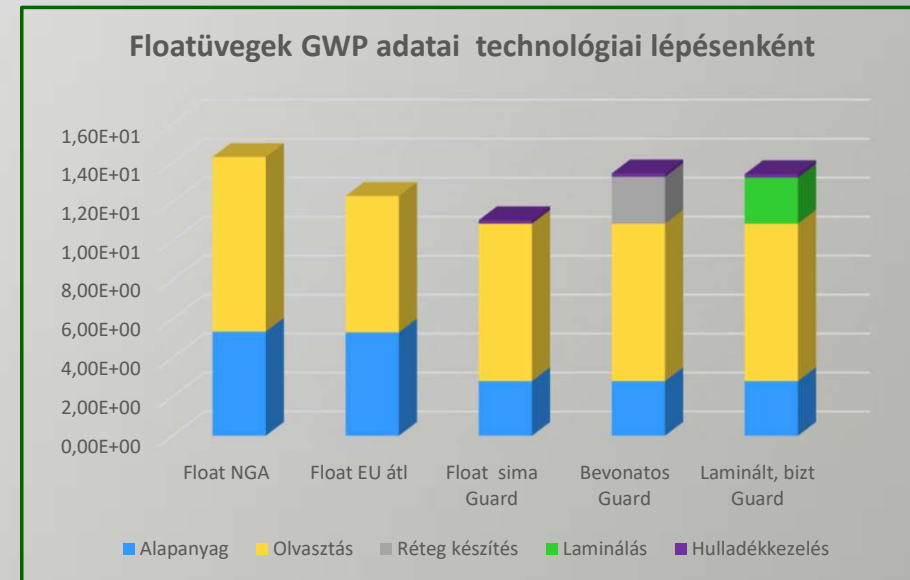
- Fúvás, sajtolás
- Nagy teljesítményű automaták
- Emisszió kevés
- Energiaigény a gépek működtetésére



<https://www.youtube.com/watch?v=fpendktZPbE>

# Környezeti jellemzés, 4. További megmunkálások

- Program szerinti hűtés (annealing), hogy csak a megengedett feszültségek maradjanak az üvegben. Ideje és energiaigénye a falvastagságtól függ.
- Hőkezelések: edzés, temperálás
- Laminálás
- Vékonyrétegek leválasztása a felületre oxidok, nemesfémek, optikai jellemzők (reflexió, fényáteresztés módosítása, szennyezésgátló, öntisztító nanorétegek



Vákuumtechnológiák, kevés környezeti információ

# Környezeti jellemzés, 5. használat

- Passzív anyag, használat közben alig van terhelés
- Tisztítás: síküvegek ritkábban, csomagolóüvegek típustól függően gyakrabban
- Kémiaailag inert, nincs káros kibocsátás, de pl. gyógyszerampullákból nátrium kioldódás előfordulhat
- Törött üveg balesetveszélyes, vákuum, nyomás alatti edények robbanhatnak, hő sok hatására repedhet -- nem LCA



<https://www.youtube.com/watch?v=Ruu-PQH-wPs>

# Környezeti jellemzés, 6. életút vége

- Reusing: újratöltés (később)
- Recycling:

Alapelv: korlátlanul újrahasznosítható, visszaolvasztható. De ....

- A hulladéküveg nagy része a lakosságnál keletkezik, nincs mindig elég motiváció a visszagyűjtésre
- Idegen cserép bekeverése csak korlátozottan, főképp a síküvegeknél, mert ronthatja a kemence stabilitását, megváltoztathatja az olvadék viszkozitását, színét, fényáteresztését
- Egyéb hasznosítási módok
  - Üveggyapot
  - Habüveg (tábla, granulátum)
  - A maradék az útburkolatba bekeverhető



# Fejlesztések a környezeti terhelés csökkentésére

- Olvasztási technológiák javítása
- Hulladék hő hasznosítás
- Súlycsökkentés és szilárdság növelés: csomagolóüveg, kijelzők;  $d < 1 \text{ mm} \rightarrow 0,2 \text{ mm}$
- Egységes palackformák
- Az újrahasználat, cserép visszagyűjtés erősítése, érdekeltség növelése
- A technológia fejlesztése a cseréphányad növelésére



*Willow üvegszalag, 100 $\mu$ m vastag. PI hajlékony OLED kijelzők hordozója*

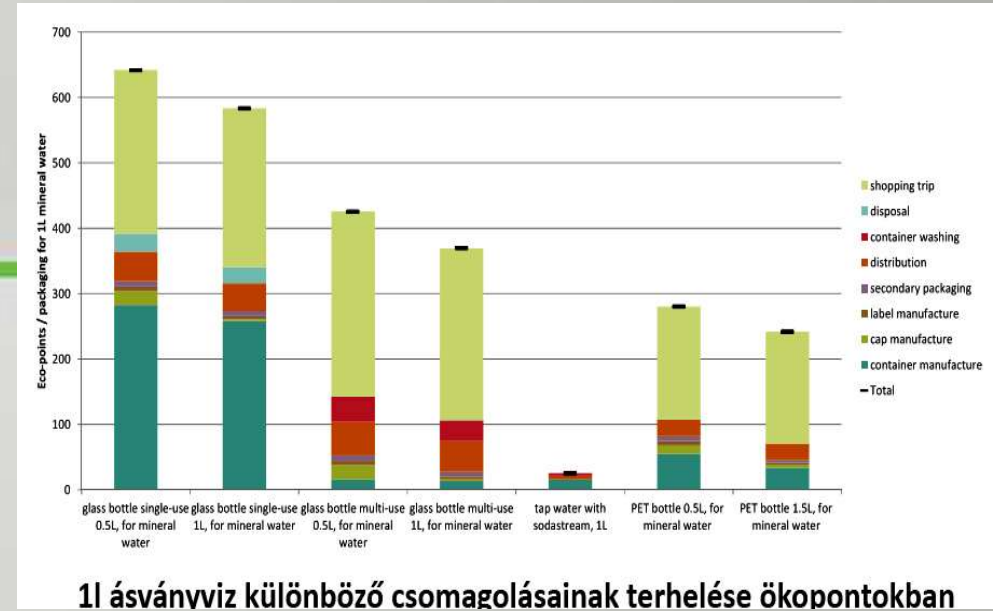
# Elemzések, csomagoló üvegek

- Az 1969-es Coca-cola elemzés óta nagyon sok készült. A legtöbb az italcsomagolások összehasonlítására.

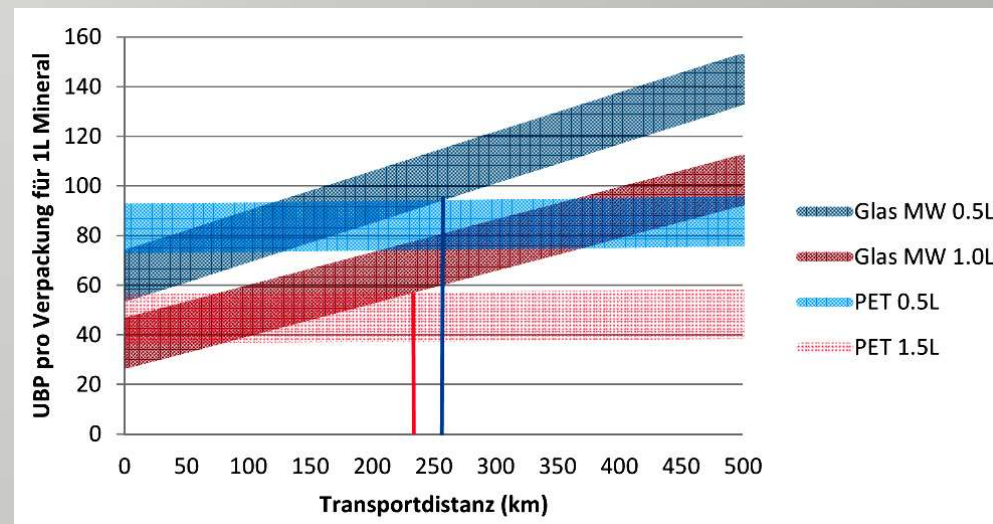
- Kritikus elemek: funkcióegység, szállítás, energiamix

- *Dinkel – Kägi: Ökobilanz Getränkenverpackung (2014)*

1 liter ásványvíz, ciklusszám (10 -12?),  
Újrahasználható palackoknál az elosztási távolság dönti el, hogy melyik csomagolás az előnyösebb.



1l ásványvíz különböző csomagolásainak terhelése ökopontokban



# Elemzések, csomagoló üvegek

• *Stefanini et al, Plastic or glass....milk bottles (2020):*

PET, R-PET, üveg 1x, üveg 7x.

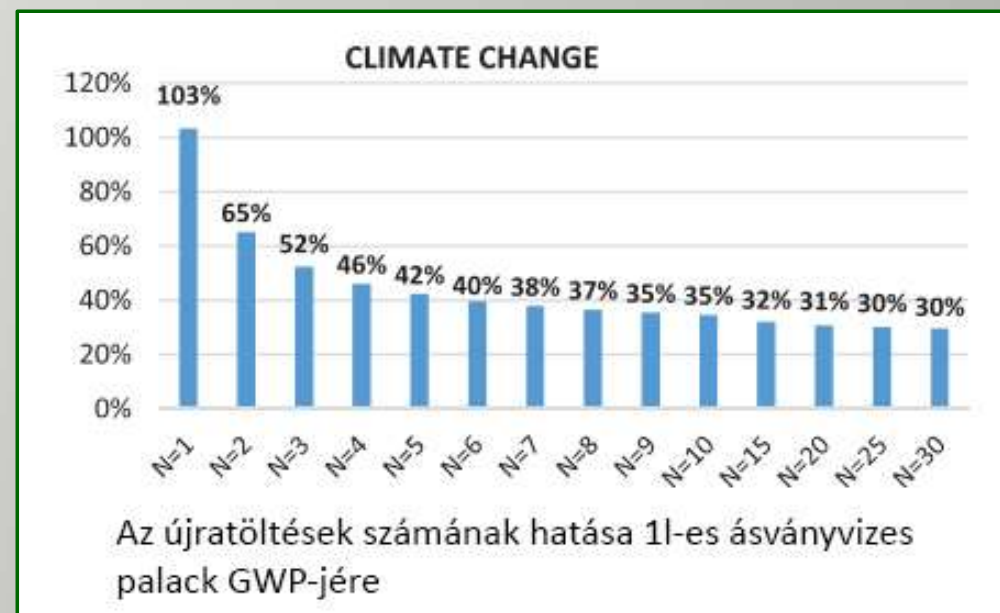
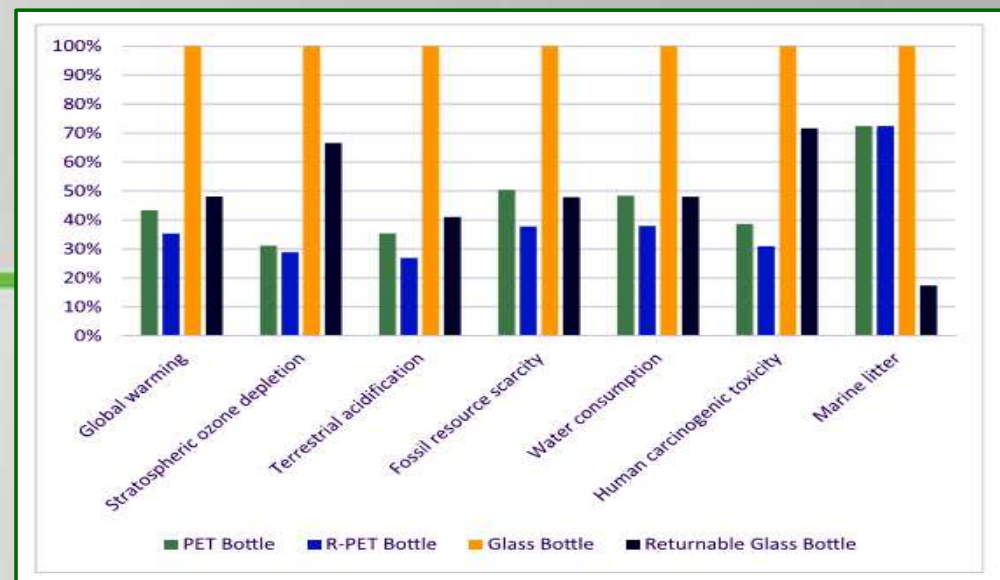
Gyártás, szállítások, mosás, EoL figyelembe véve,

Új kategória javaslat: Marine littering

A legtöbb elemzés szerint az újratölthető üveg összerhelése hasonló, vagy nagyobb, mint a PET-é vagy az Al-é.

Néhány hatáskategóriában az üvegé kisebb, pl. *Eutrofizáció, Ökotoxicitás, Humán toxicitás*

A ciklusszám 5 – 6 után egyre kevésbé javít a terhelésen.



# Elemzések síküvegek

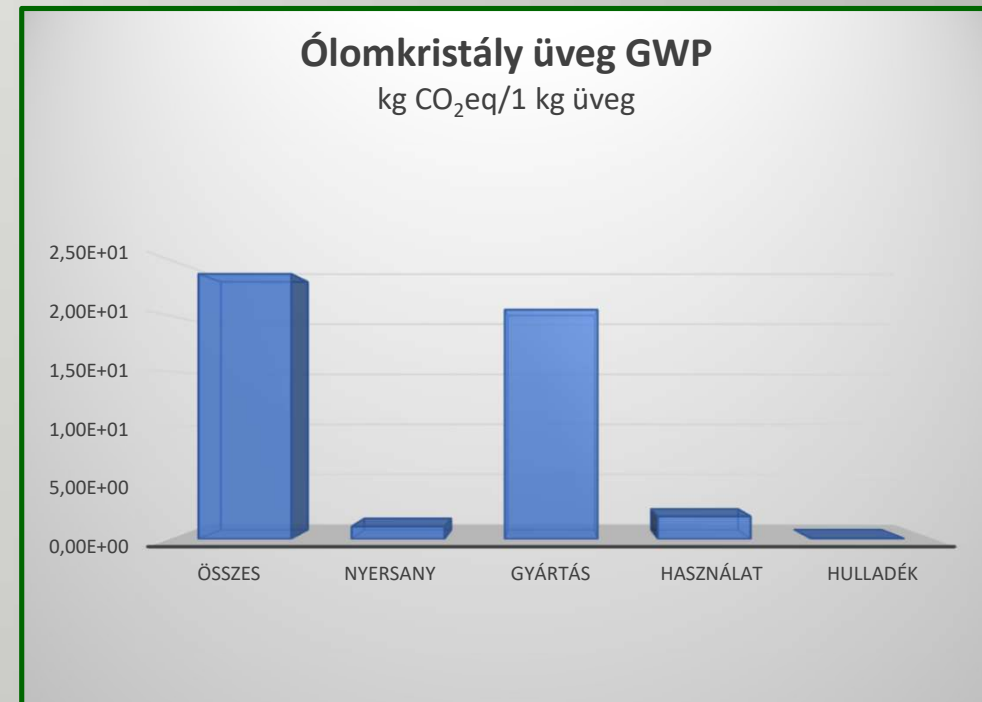
- Nincs alternatív anyag, így összehasonlító elemzések sem.
- Különböző gyártók, különböző célú üvegei hasonlíthatók össze.
- Dominál az olvasztási fázis, a hulladékkezelés 1 – 2 nagyságrenddel kisebb
- A különbségek okai lehetnek:
  - Különböző hatásfokú kemencék,
  - Változó minőségű adatok
  - AP esetében az eltérő füstgáz tisztítás





# Díszüvegek

- Kis olvasztókemencékben, sokkal rosszabb hatásfok, itt kb. 10x-es CO<sub>2</sub> emisszió.
- Klasszikus ólomkristály ~ 24% PbO tartalmú. Nagy törésmutató, nagy diszperzió, könnyű formázás, csiszolás  
*Foglalkozási megbetegedés, kilúgozódás, élővízbe kerül*
- „Ólommentes ólomüveg” - először a vákuumtechnikai üvegeknél, ma már a díszüvegeknél is. Helyettesítés: BaO, TiO<sub>2</sub> A villamos és az optikai tulajdonságok megmaradtak.



# Az üveg, mint kulcs a környezetterhelés csökkentésében

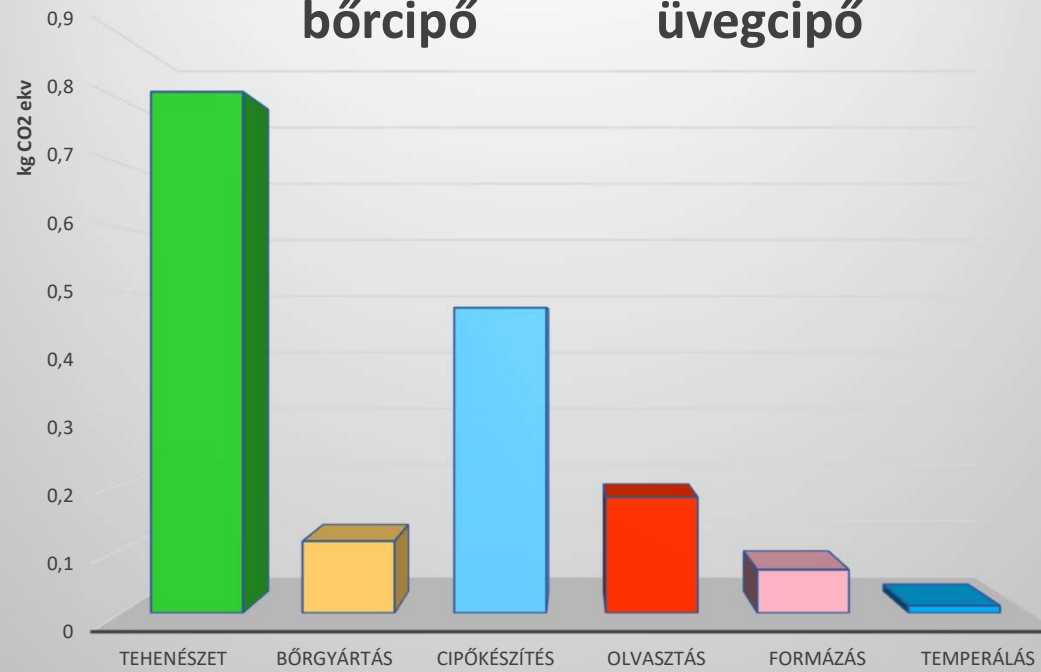
- Hőszigetelés
  - Üvegyapot, habüveg, 2 – 3 rétegű ablaküveg
  - Szabályozott fényáteresztésű bevonatok
- Napelem, kollektor
  - Az üveg fényáteresztése, tartóssága is kell ahhoz, hogy ezek az eszközök jól működjenek.
- Szálerősítésű kompozit
  - Az üvegszálak kompozitok szilárdsága, szívóssága eléri a fémekét, de tömegük harmada, ötöde a fémekének. Előállításuk is kisebb terheléssel jár. *Újrahasznosításuk nehezebb.*



## GWP

bőrcipő

üvegcipő





Nicholson van Altena Glass

**Köszönöm a figyelmet!**