

# 2% HIDROGÉN-FÖLDGÁZ KEVERÉK BETÁPLÁLÁSA



vizsgálati eredmények



A MOL-CSOPORT TAGJA

2023. Június 12



**Mosonmagyaróvár**  
Bejövő: 6,256,388 kWh/h

**Balassagyarmat**  
Bejövő: 5,386,000 kWh/h

**VIP Bereg**  
N/A

25 db  
betáp.

76 db  
szak.

120 ezer  
eszköz

5889 km  
vez.

400  
gá.

○ kWh/h (25/0°C)

○ m³/h (0°C)

○ m³/h (15°C)

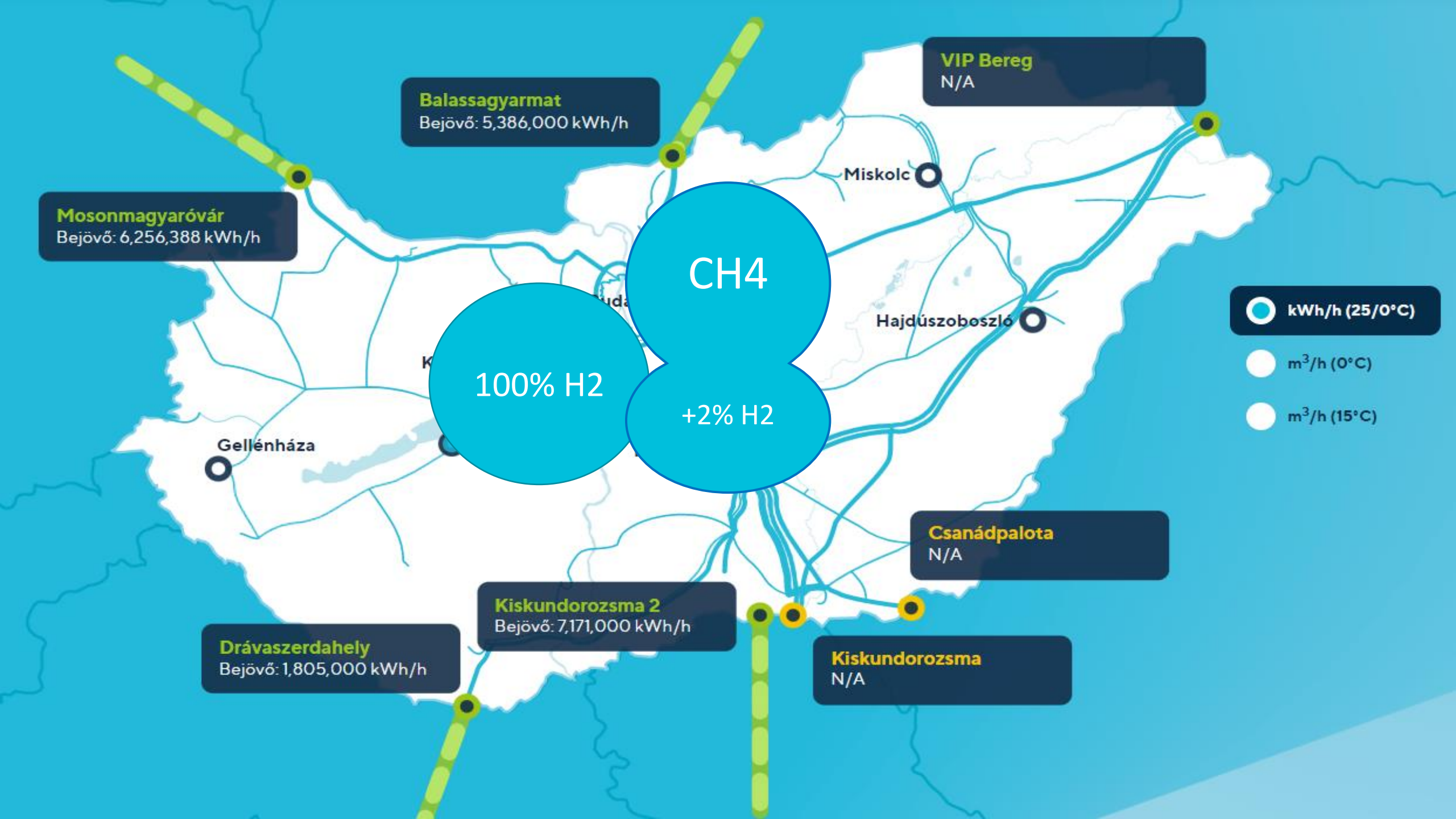
Gellénháza

**Csanádpalota**  
N/A

**Kiskundorozsma 2**  
Bejövő: 7,171,000 kWh/h

**Drávaszerdahely**  
Bejövő: 1,805,000 kWh/h

**Kiskundorozsma**  
N/A

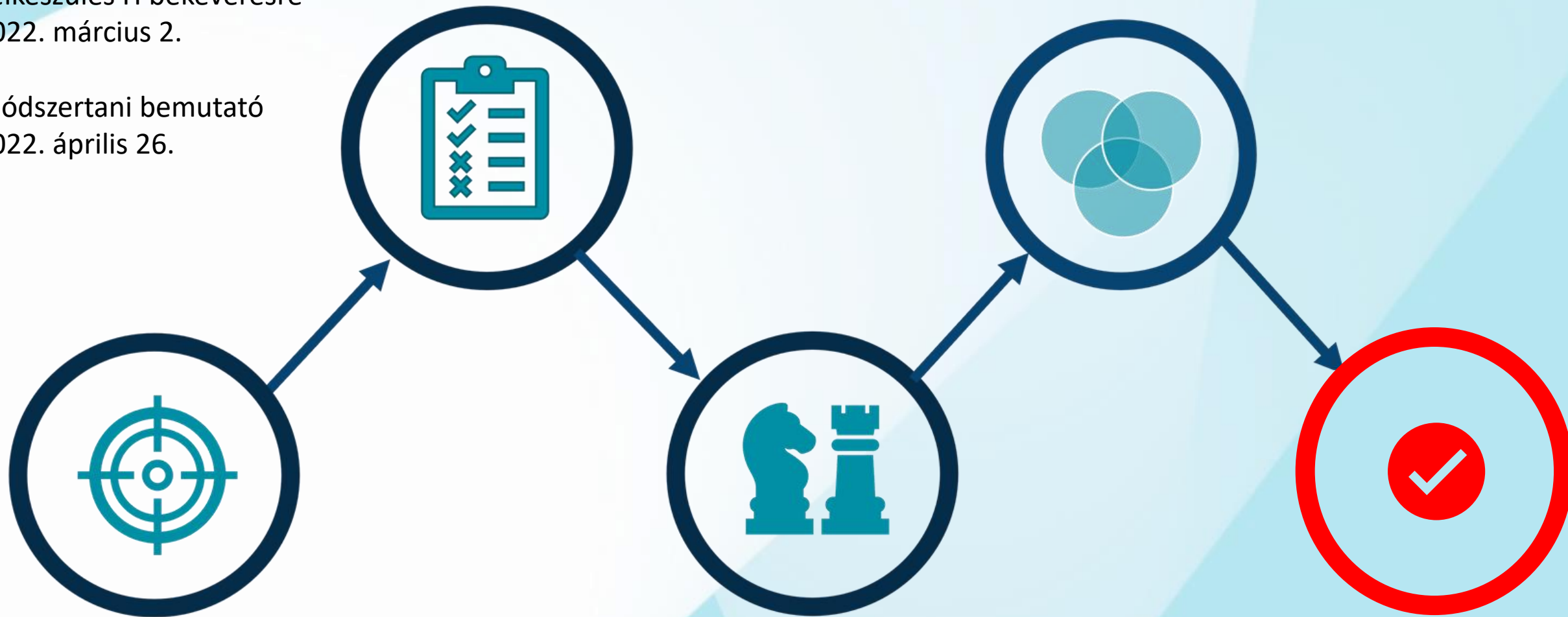


## TERJEDELEM

## VIZSGÁLATI SZEGMENSEK

Felkészülés H bekeverésre  
2022. március 2.

Módszertani bemutató  
2022. április 26.



ALAPVETÉSEK,  
CÉLOK

MÓDSZERTAN

2022. December 20.



# MÓDSZERTAN

Minden szakterület és üzemelési funkció tekintetében



Konkrét problémák azonosítása



A döntéshez [a problémák kezeléséhez] szükséges releváns műszaki és üzemeltetési kérdések megfogalmazása



Információforrások azonosítása/hitelesítése



Kockázatkezelés, üzemeltetési problémák azonosítása



# VIZSGÁLATI SZEGMENSEK



## TECHNOLÓGIA FELETTI

Fizikai-kémiai tulajdonságok  
Áramlástan  
Anyagszerkezet  
Hőhatás övezet, égetéses lefúvatás  
Tömörség, tömítések  
Robbanás elleni védelem  
Emisszió



## FUNKCIONÁLIS

Nyomásfokozás  
Távvezetéki szállítás  
Szerelvények  
Szűrés  
Gázmelegítés  
Nyomásszabályozás/biztosítás  
Mennyiség- és minőségmérés  
Szagosítás  
Ipari kommunikáció  
Villamosenergia-ellátás



# VIZSGÁLATI SZEGMENSEK



## TECHNOLÓGIA FELETTI



**Fizikai-kémiai tulajdonságok**  
**Áramlástan**  
**Anyagszerkezet**

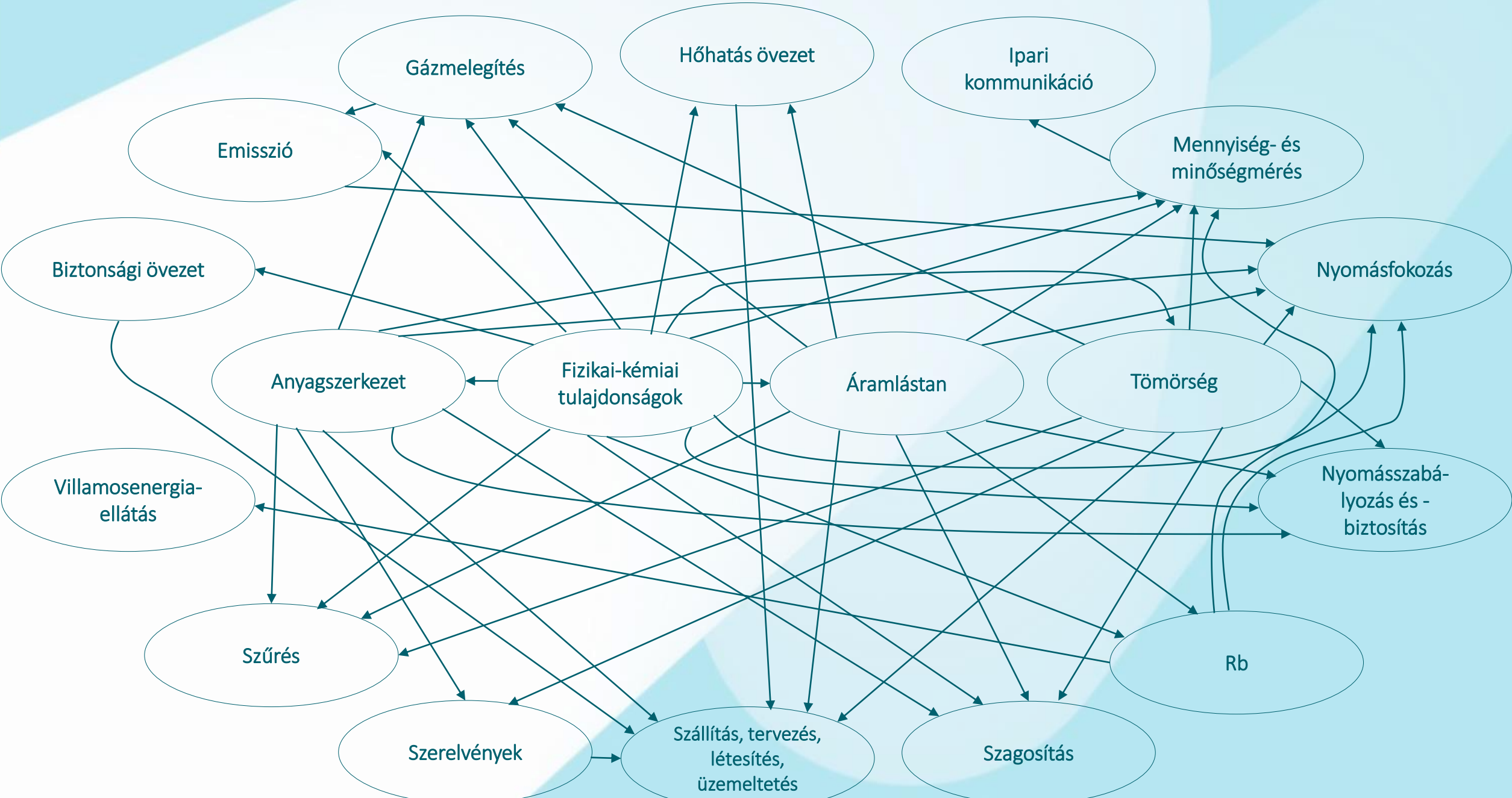
Hőhatás övezet, égetéses lefúvatás  
Tömörség, tömítések  
Robbanás elleni védelem  
Emisszió



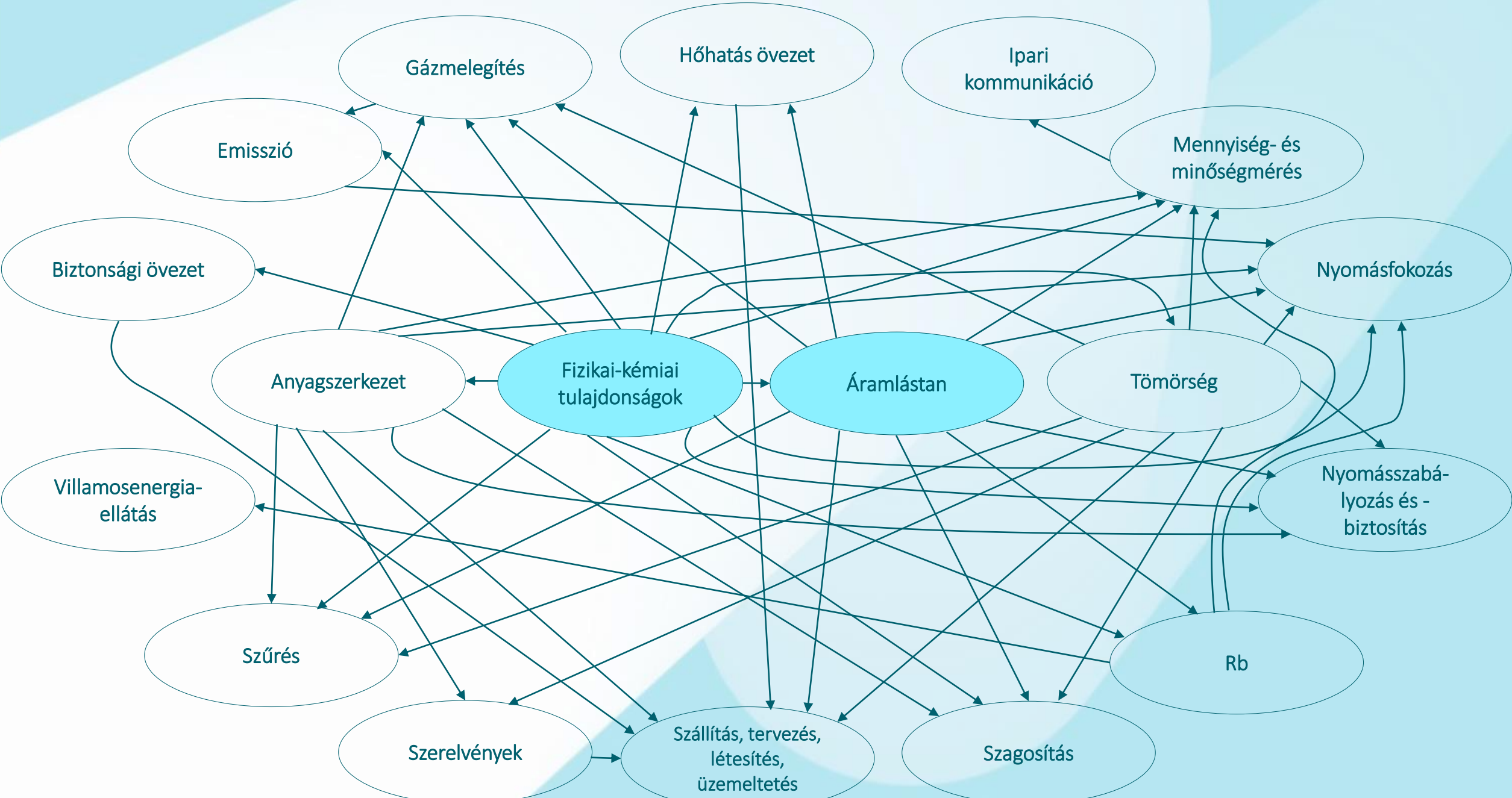
## FUNKCIONÁLIS

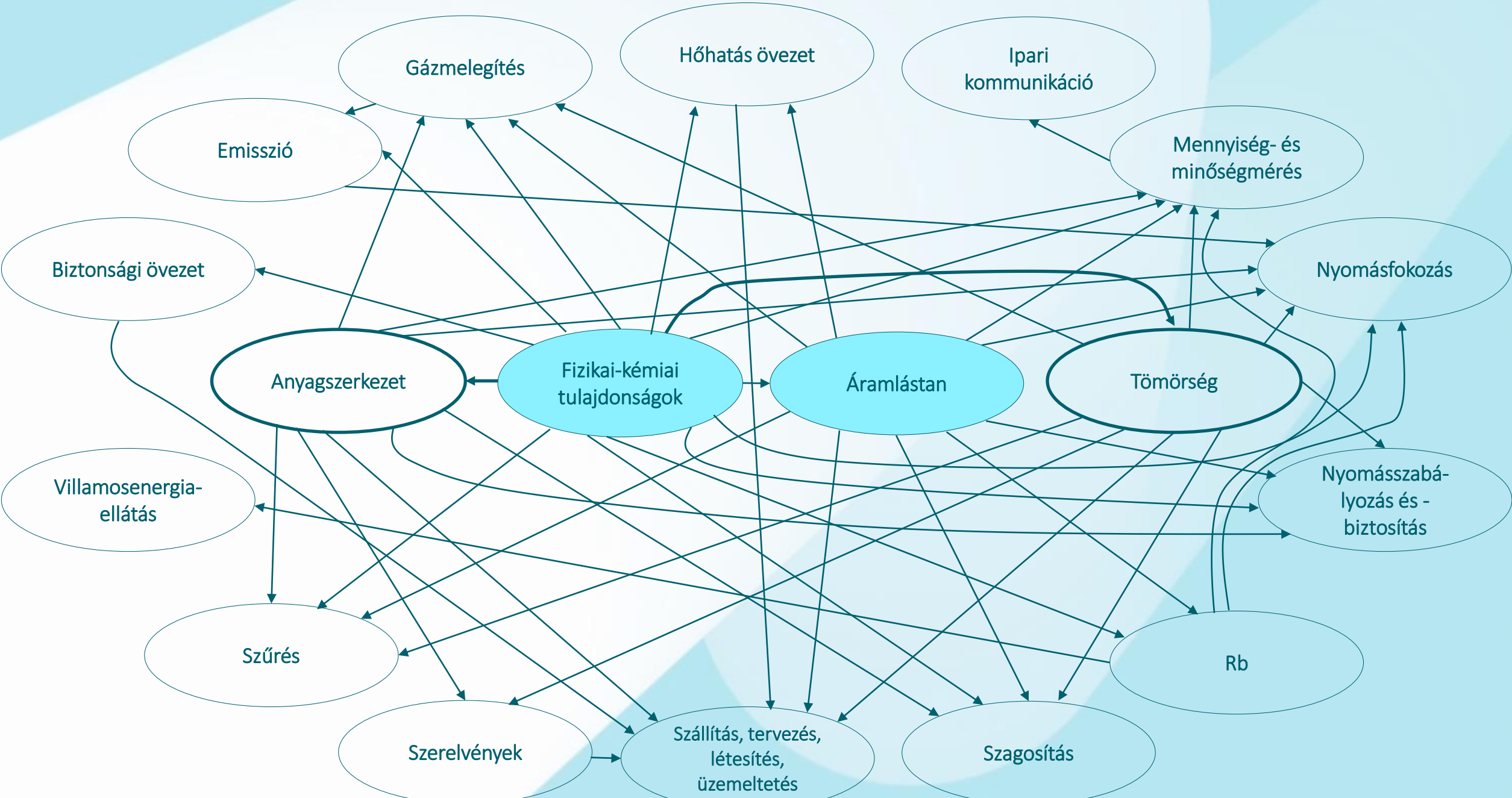
Nyomásfokozás  
Távvezetéki szállítás  
Szerelvények  
Szűrés  
Gázmelegítés  
Nyomásszabályozás/biztosítás  
Mennyiség- és minőségmérés  
Szagosítás  
Ipari kommunikáció  
Villamosenergia-ellátás

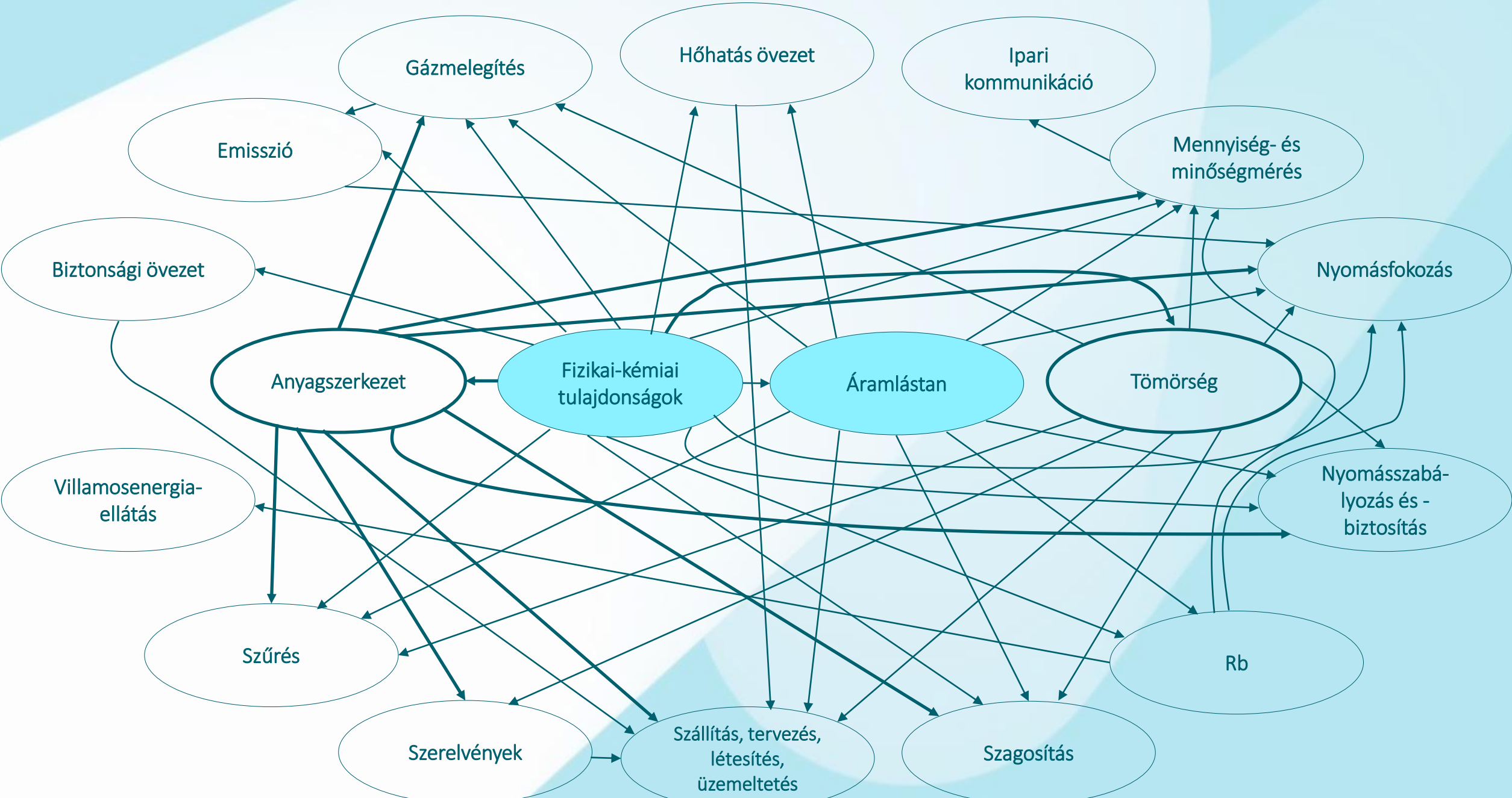


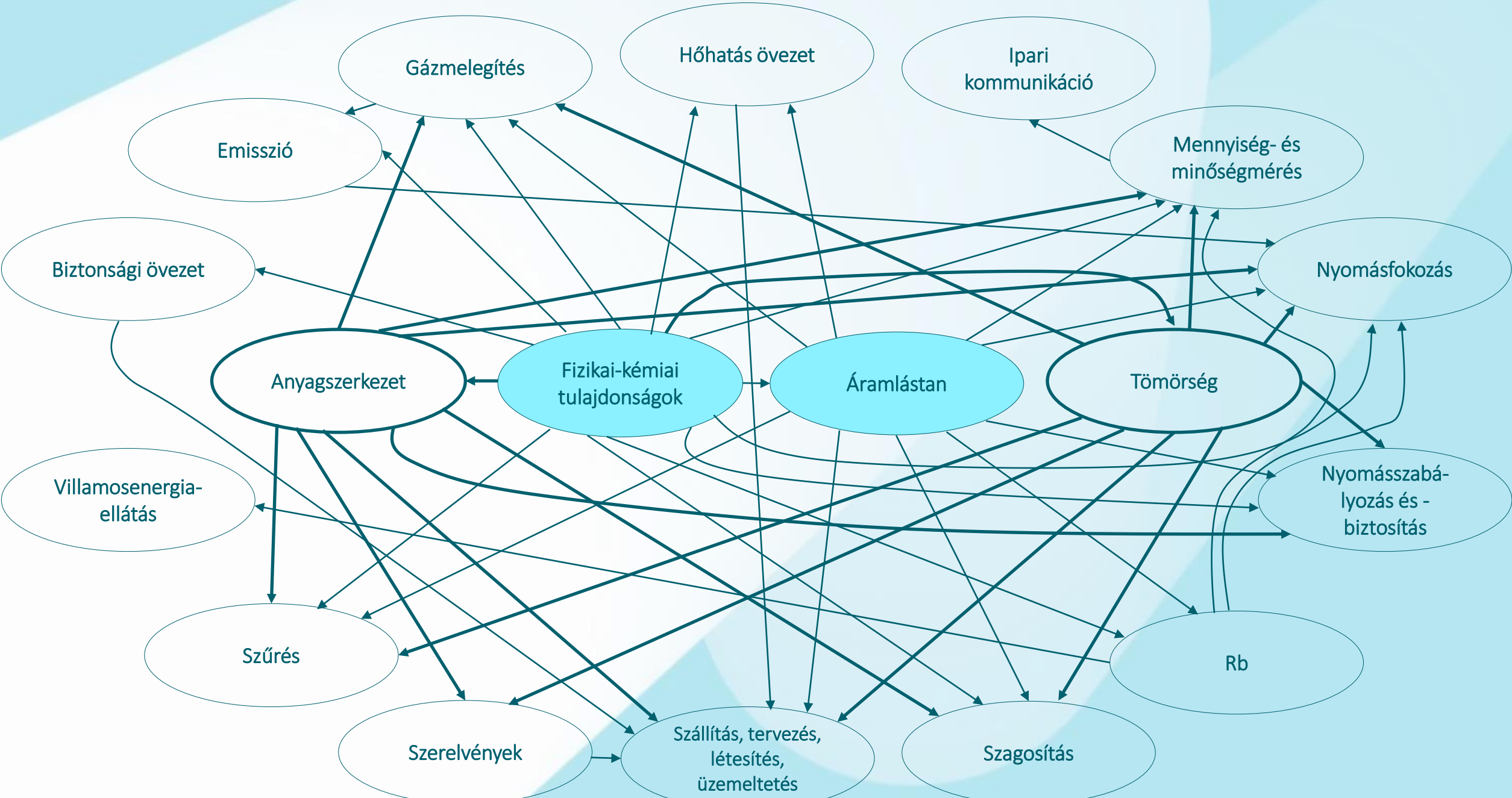


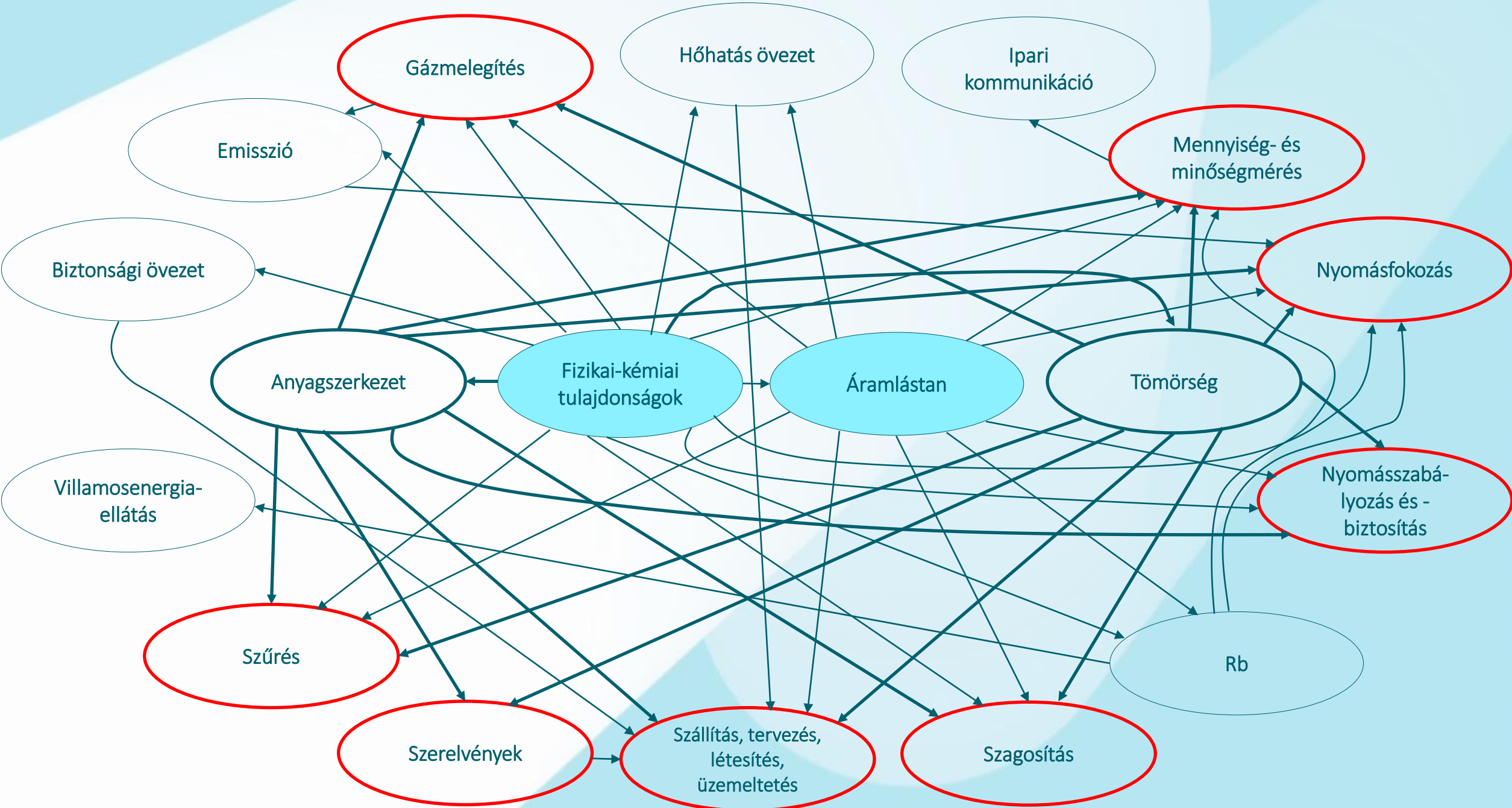


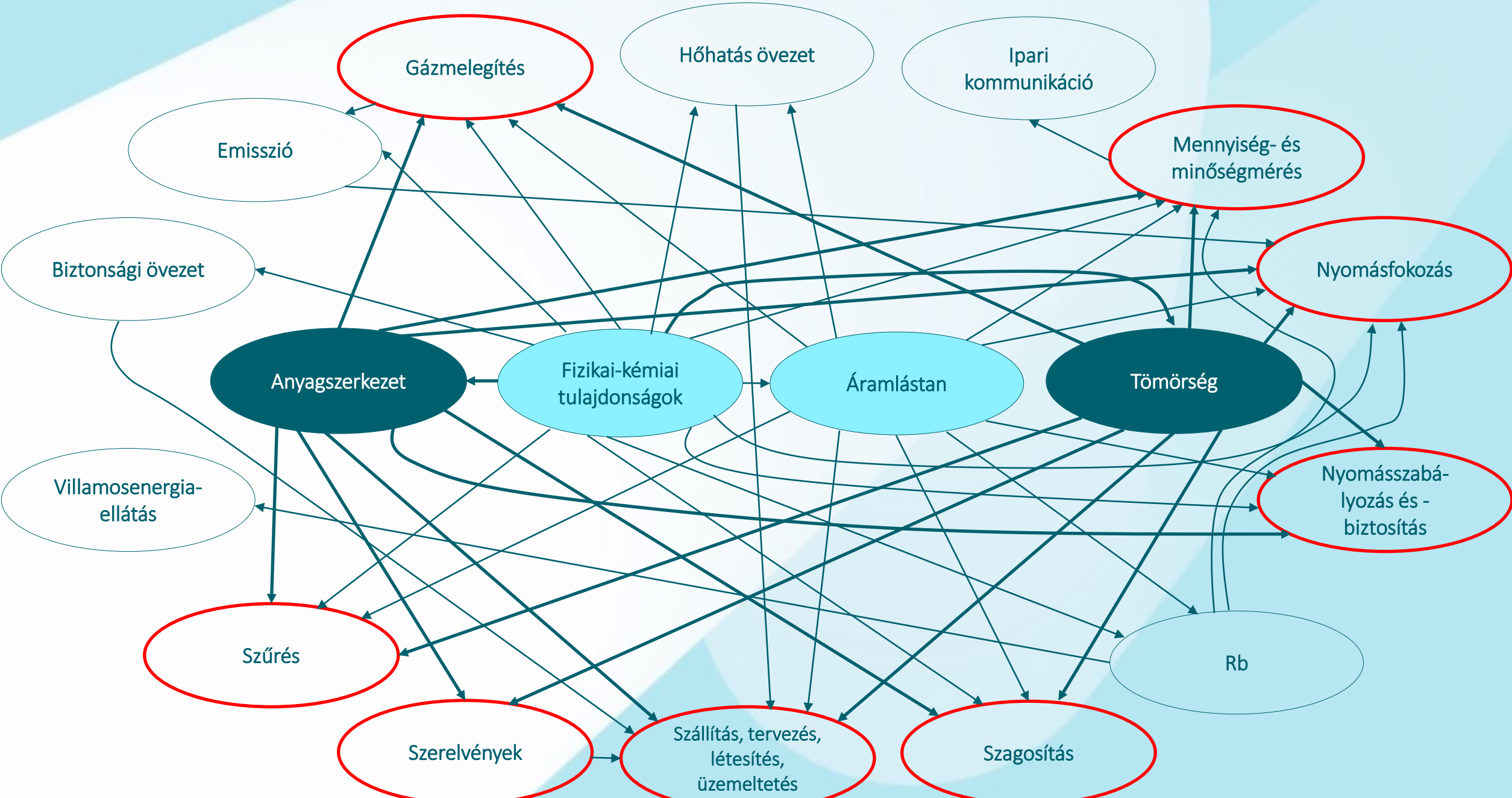




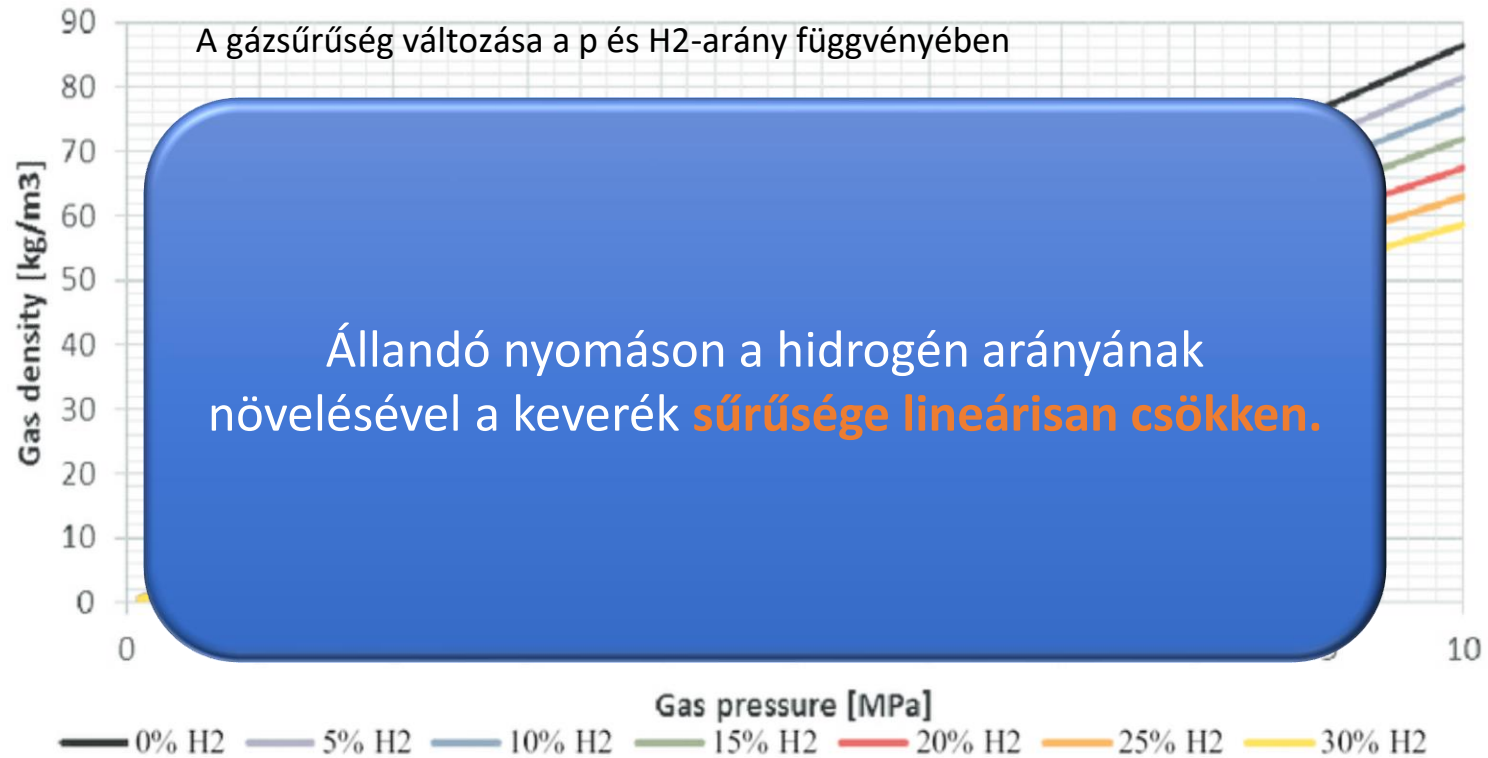




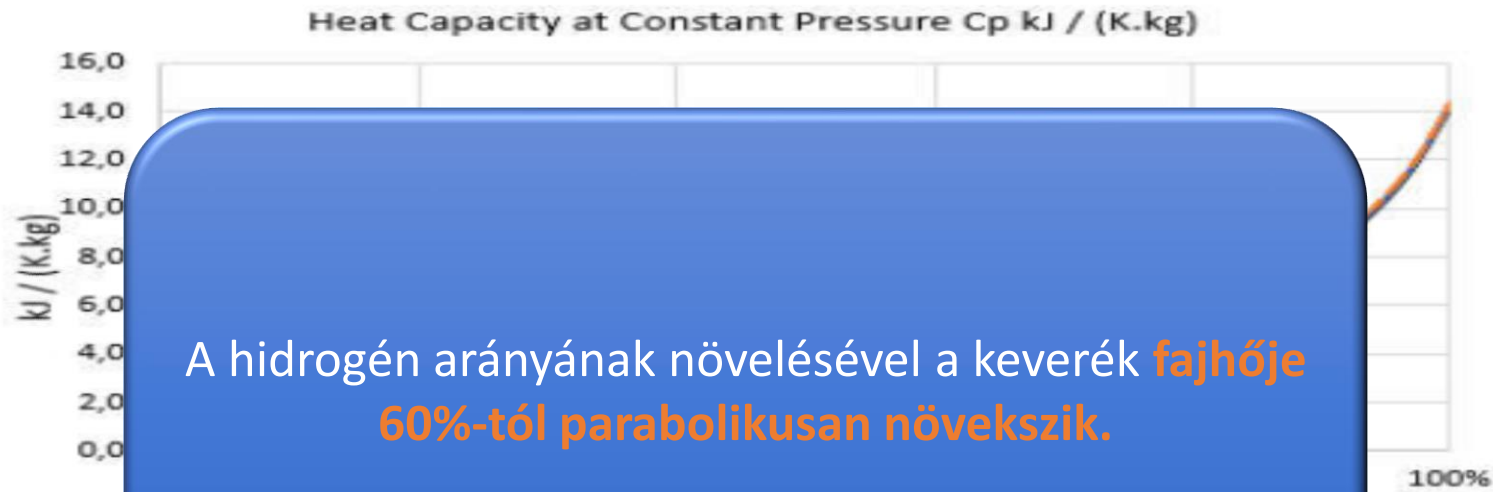
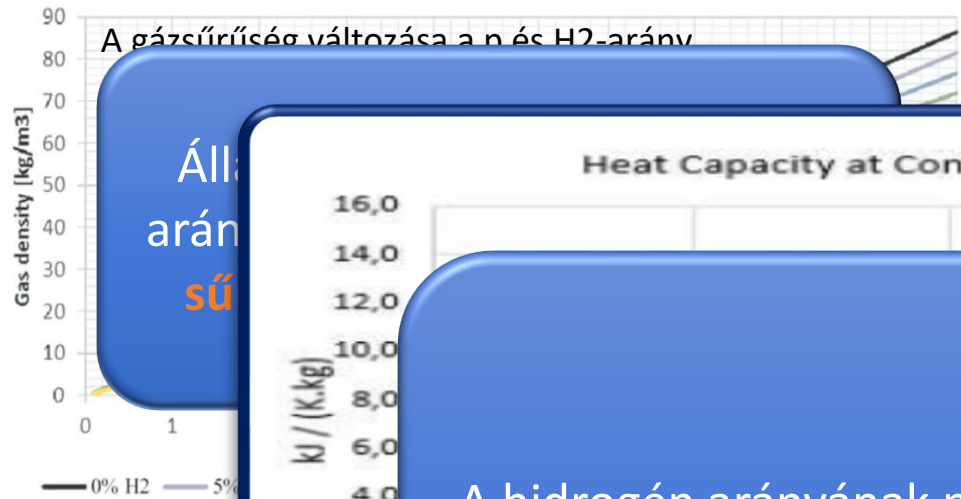




# Fizikai, kémiai tulajdonságok



# Fizikai, kémiai tulajdonságok



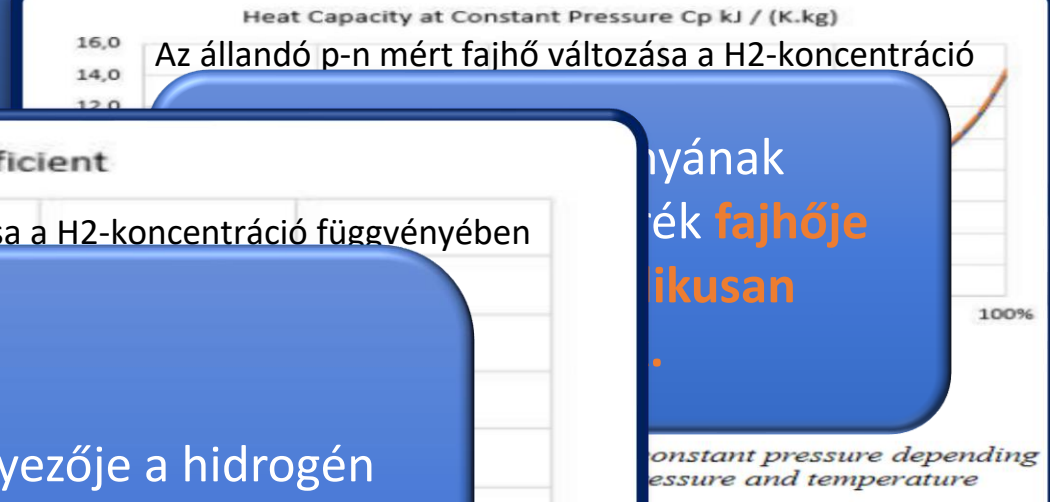
*The figure shows the heat capacity at constant pressure depending on the H<sub>2</sub> concentration at different pressure and temperature conditions.*



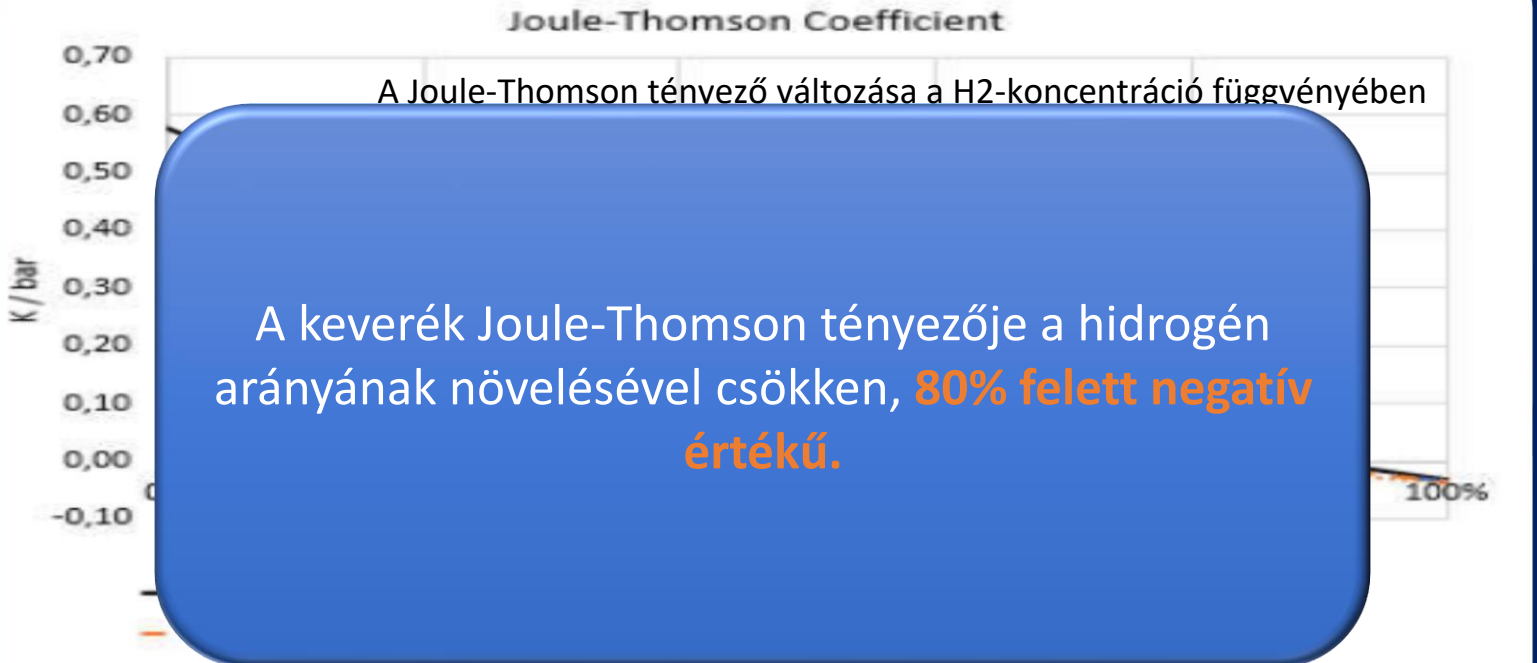
# Fizikai, kémiai tulajdonságok



Áll  
arán  
sű



nyának  
ék **fajhője**  
**ikusan**

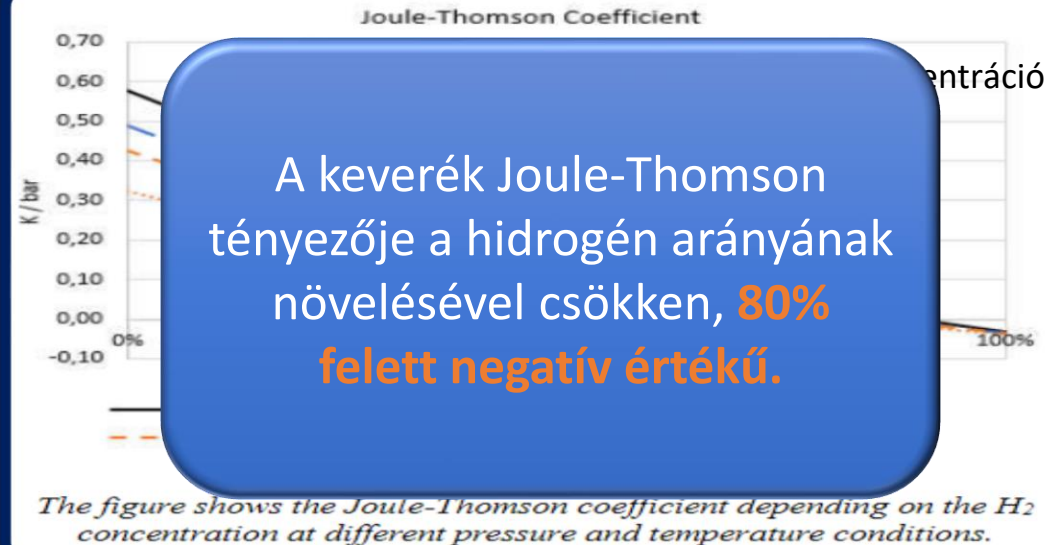
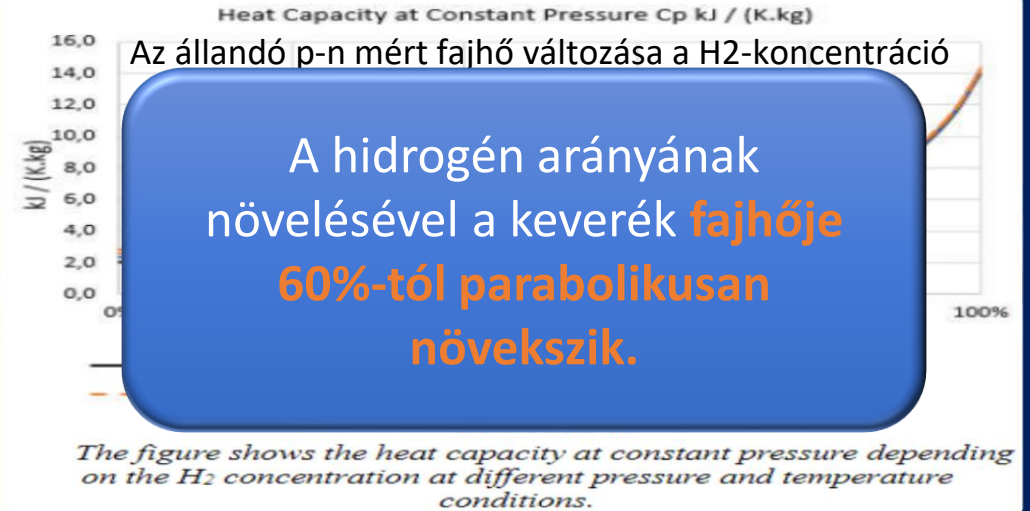
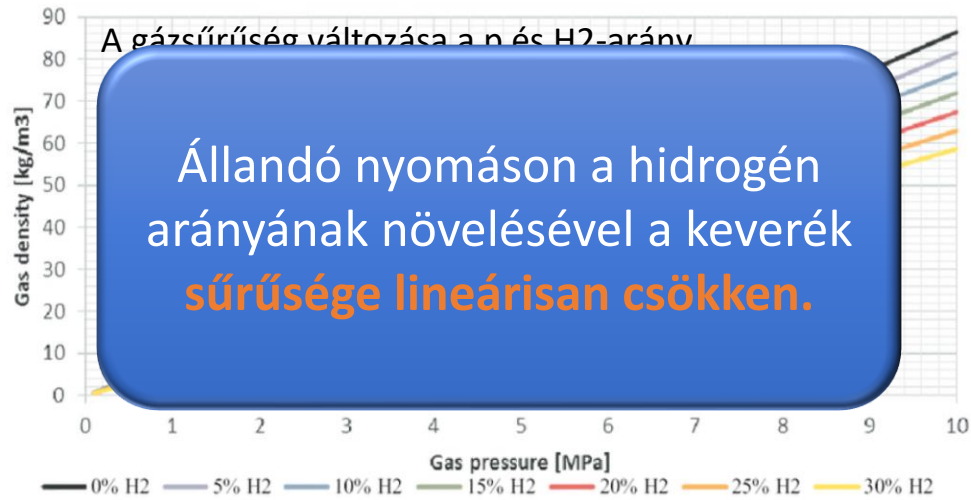


A keverék Joule-Thomson tényezője a hidrogén arányának növelésével csökken, **80% felett negatív értékű.**

**FIGURE 5:**

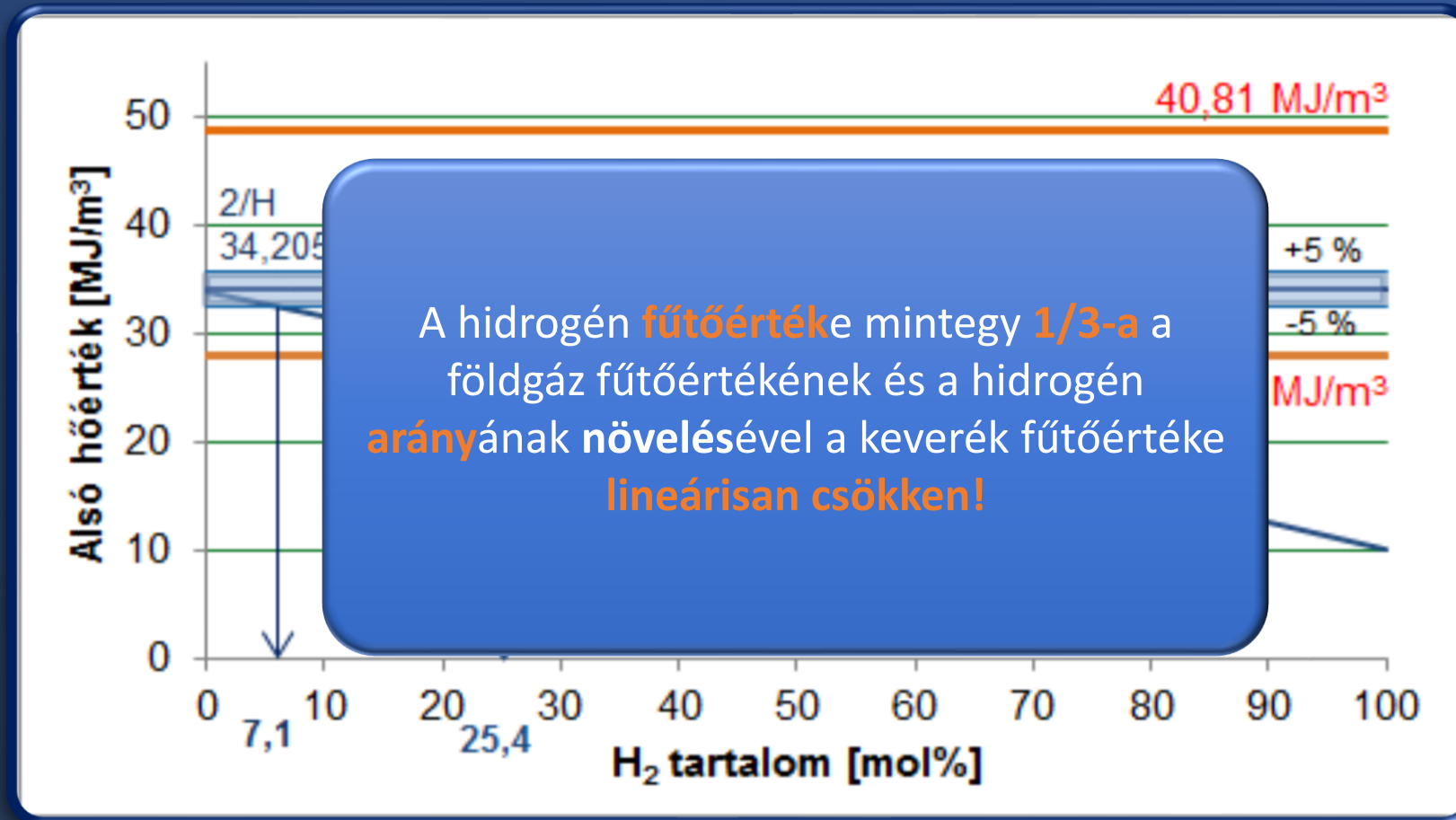
*The figure shows the Joule-Thomson coefficient depending on the H<sub>2</sub> concentration at different pressure and temperature conditions.*

# Fizikai, kémiai tulajdonságok



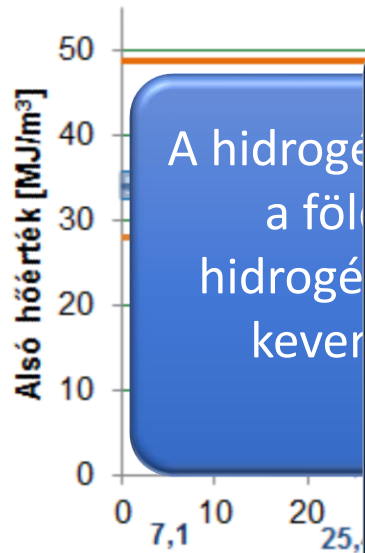
# Fizikai, kémiai tulajdonságok

A fűtőérték változása növekvő mennyiségű hidrogéntartalom esetén



# Fizikai, kémiai tulajdonságok

A fűtőérték változása növekvő mennyiségű hidrogéntartalom esetén



Fizikai tulajdonság	Jelölés	2% H2 bekeverés		5% H2 bekeverés		10% H2 bekeverés		Mértékegység		
		2H	2S	2H	2S	2H	2S			
Moláris tömeg	$M_{kev}$	17,1521	20,6542	16,8494	20,2814	16,3953	19,7223	15,6385	18,7904	kg/kmol
Moltérfogat	$V_{kev}$	22,3460	22,3383	22,3478	22,3403	22,3505	22,3432	22,3550	22,3481	m <sup>3</sup> /kmol
Normál gázsűrűség	$\rho_{gn}$	0,7676	0,9246	0,7540	0,9078	0,7336	0,8827	0,6996	0,8408	kg/m <sup>3</sup>
Relatív gázsűrűség	$\rho_{gr}$	0,6264	0,7545	0,6153	0,7409	0,5986	0,7203	0,5709	0,6861	-
Égéshő	$H_r$	39,2545	32,6878	38,7115	32,2761	37,8969	31,6585	36,5393	30,6292	MJ/m <sup>3</sup>
Fűtőérték	$H_a$	35,4051	29,4659	34,9015	29,0811	34,1460	28,5038	32,8869	27,5416	MJ/m <sup>3</sup>
Alsó Wobbe-szám	$W_{Oa}$	44,7348	33,9219	44,4947	33,7866	44,1329	33,5843	43,5263	33,2492	MJ/m <sup>3</sup>
Felső Wobbe-szám	$W_{Or}$	49,5986	37,6310	49,3519	37,4986	48,9808	37,3013	48,3603	36,9766	MJ/m <sup>3</sup>
Elméleti O <sub>2</sub> szükséglet	$V_{O2elm}$	2,0884	1,7391	2,0567	1,7143	2,0090	1,6771	1,9295	1,6151	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>
Elméleti levegő-szükséglet	$V_{levelm}$	9,9450	8,2814	9,7936	8,1633	9,5665	7,9861	9,1881	7,6909	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>
Állandó nyomáson vett fajhő	$c_p$	2,1217	1,9338	2,3632	2,1791	2,7256	2,5471	3,3295	3,1604	kJ/kgK
Állandó térfogaton vett fajhő	$c_v$	1,6193	1,4727	1,7884	1,6447	2,0421	1,9028	2,4649	2,3330	kJ/kgK

## Szegregáció/elegyedés

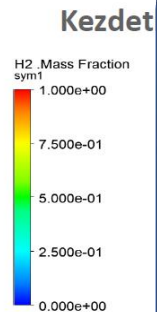
Hidrogén-földgáz keverék áramlástanai folyamatainak modellezése dedikált földgáztárolói infrastruktúrán



### Szegregációs és elegyedési vizsgálatok



Statikus gázkeverék



**Rétegződés, szeparáció nem várható**, egyrészt az állandó, jellemzően turbulens áramlás miatt, másrészt, pangó rendszerekben is a nyomás- és hőmérséklet állandó (jellemzően kismértékű) változása miatt nem alakulhat ki rétegződés (a diffúzió és hőmozgás miatt), **hidrogén-feldúsulás nem várható.**

A hidrogén koncentrációja a  $t=0$  s időpillanatban, 10 tf% hidrogén esetén.

$t=180$  s

$t=900$  s

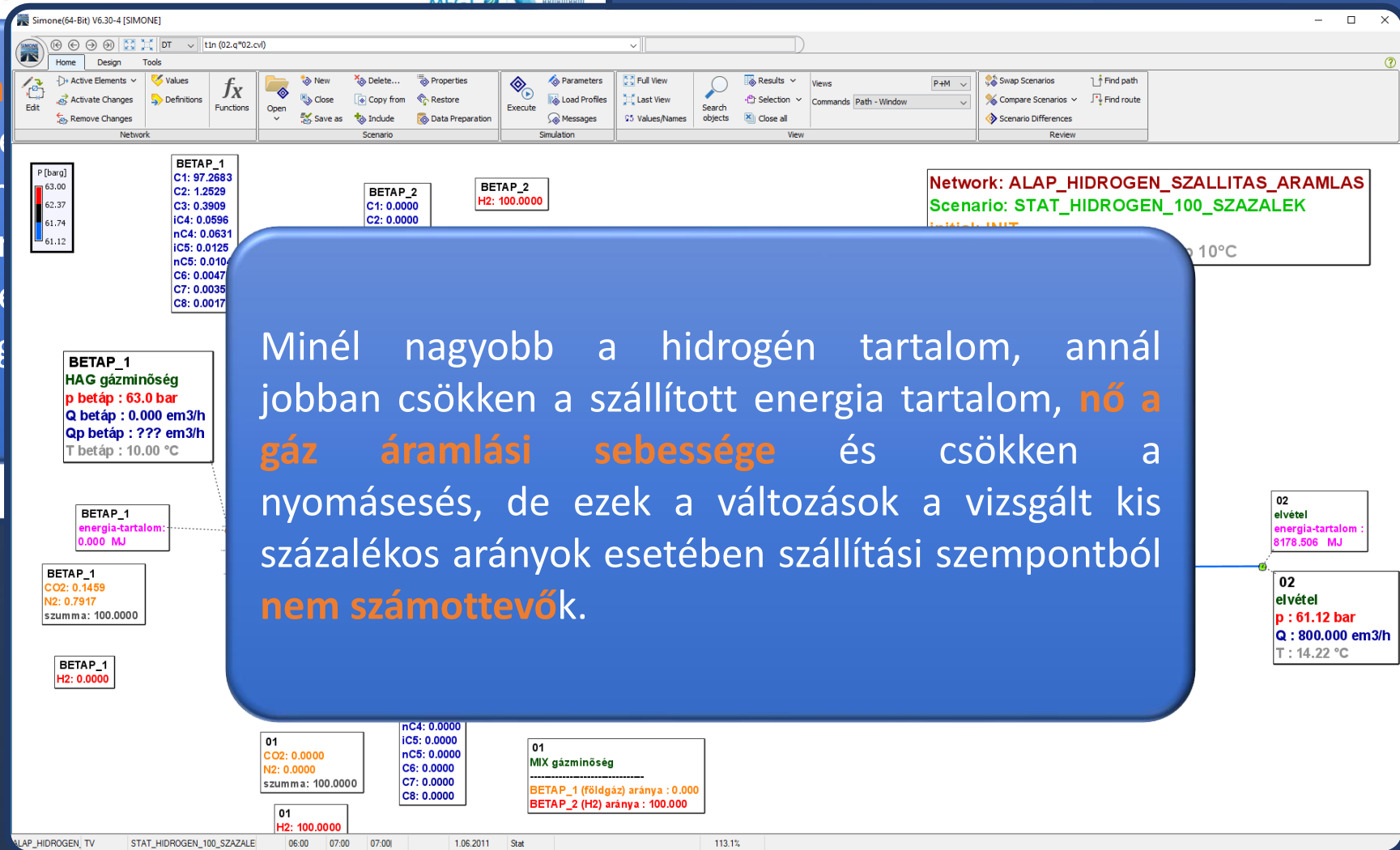
A hidrogén tömeg törtjének változása az idővel

# Áramlástan

## Szegregáció/elegyedés

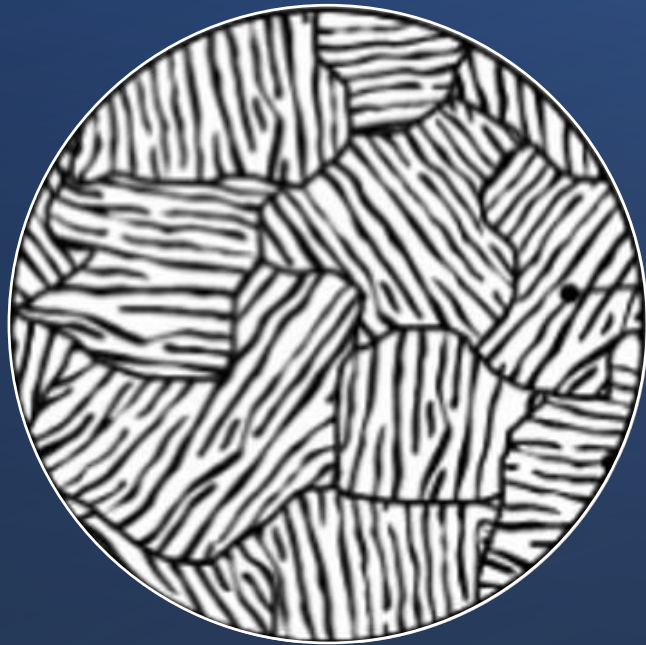
## Áramlástan szimuláció (SIMONE szoftverrel)

Rétegződés, szeparáció  
állandó, jellemző  
másként, pangó  
hőmérséklet áll  
változása miatt n  
diffúzió és hőmozg  
nem várható.

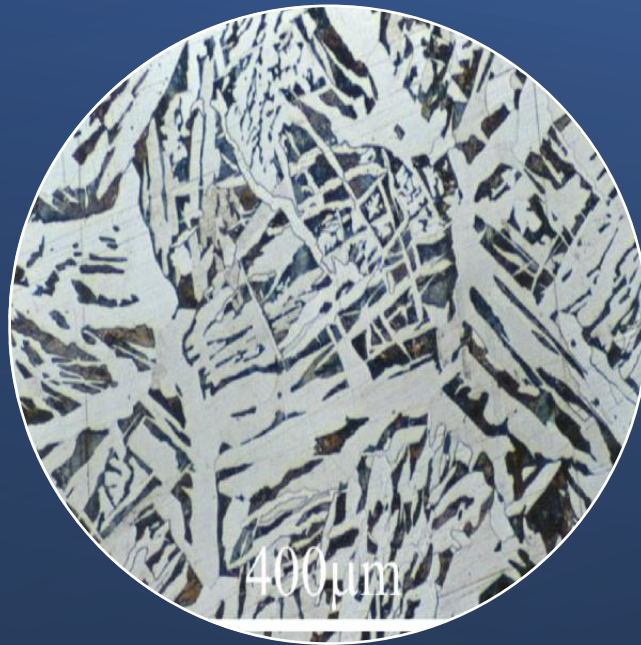


# Anyagszerkezet

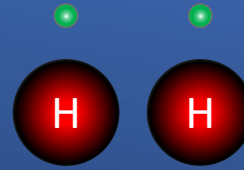
## Alapprobléma



Elméleti  
szövetszerkezet



Valós  
szövetszerkezet



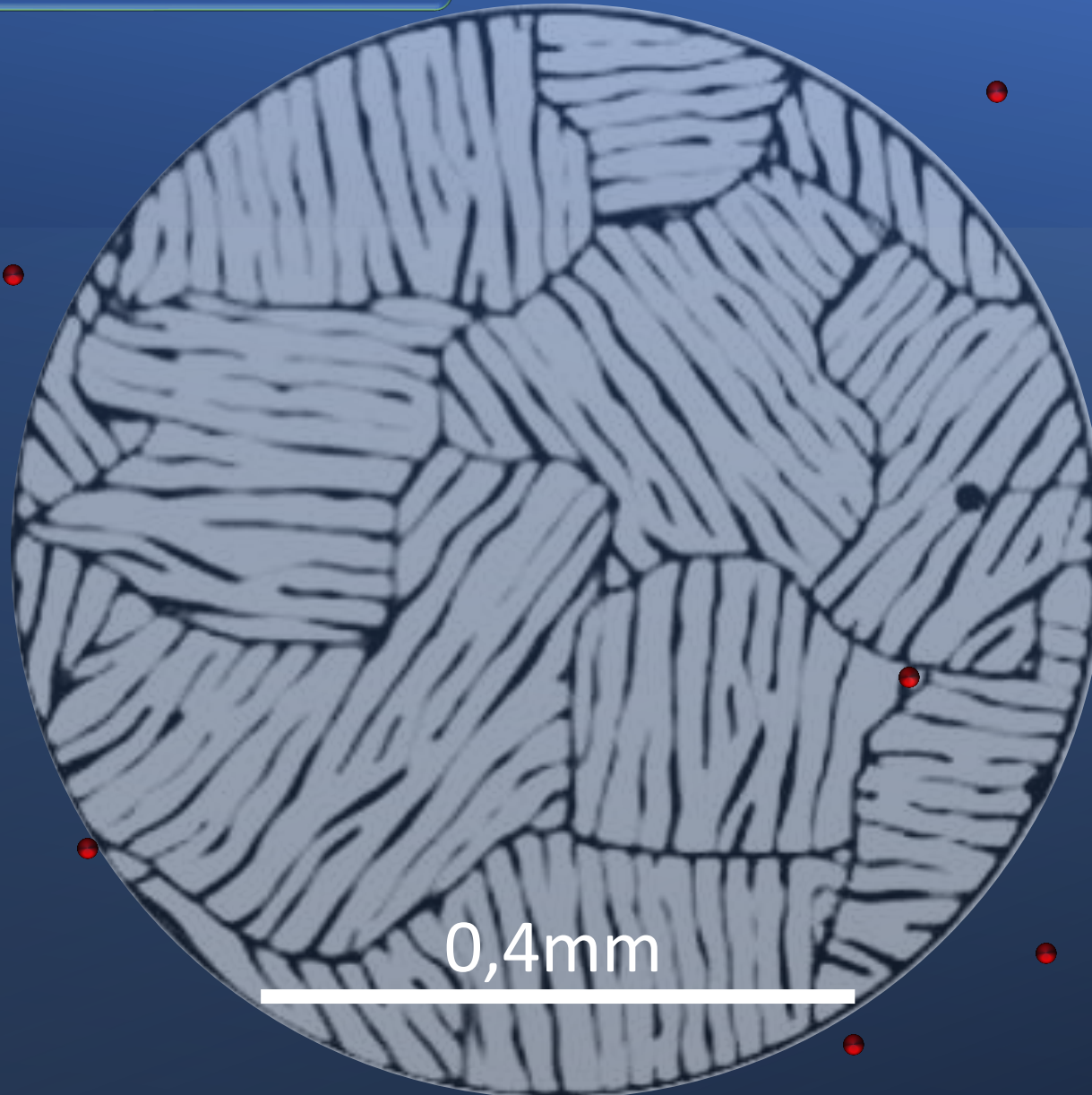
## A H<sub>2</sub> jellemzői

- Legkisebb elem
- 2 atomos molekula
- Legkönnyebb gáz
- Fémekben jól oldódik
- Reakciókészség
- Vegyületképzés



# Anyagszerkezet

## A fém szövete

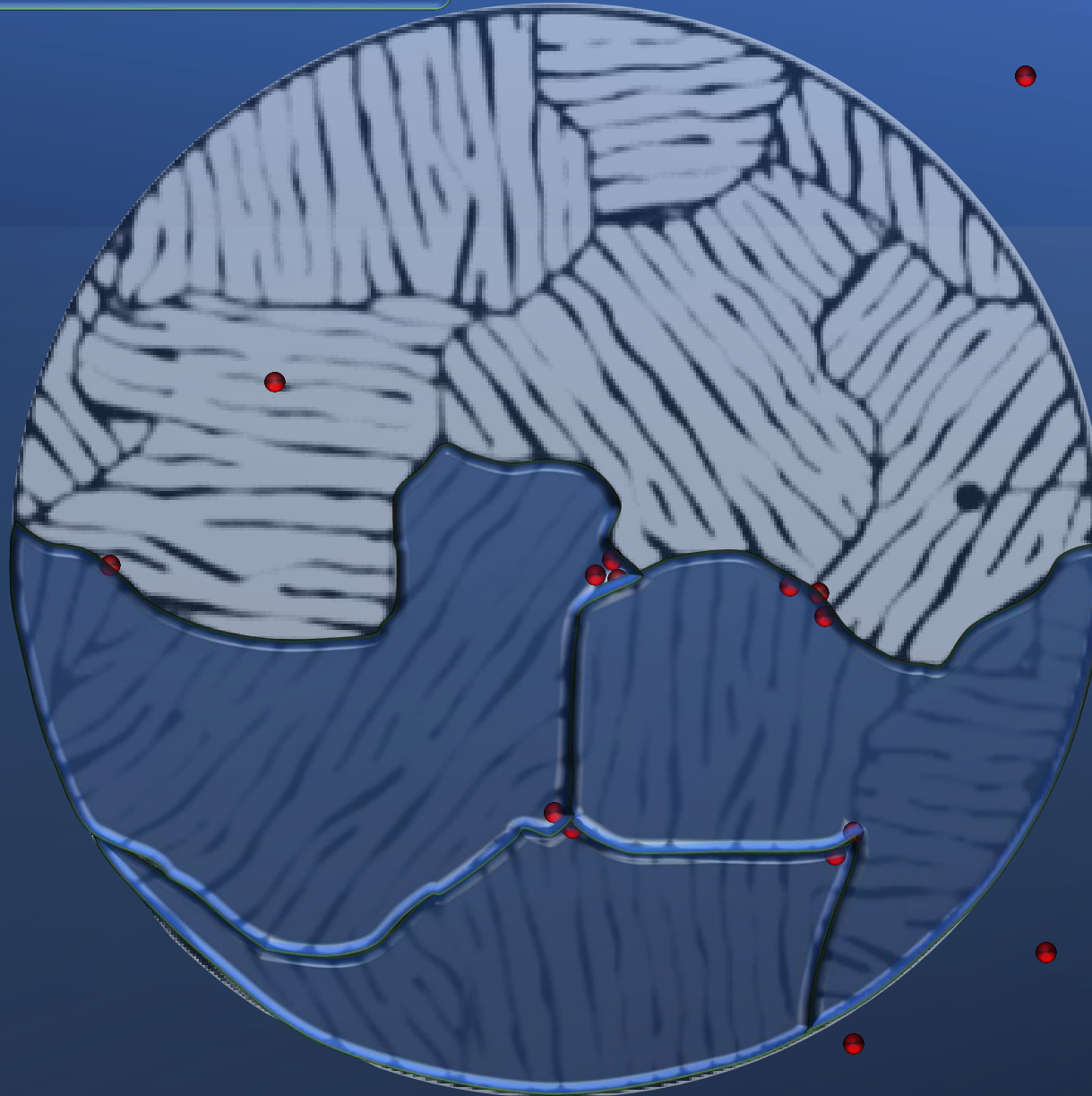


A mozgás sebessége  
 $\approx 0,2\text{mm/perc}$   
( $t=20\text{ }^\circ\text{C}$ )



# Anyagszerkezet

## A fém szövete



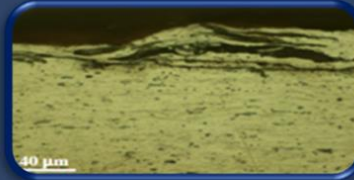
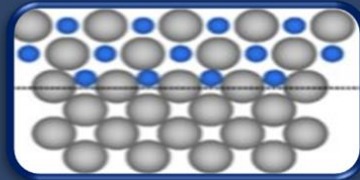
# Anyagszerkezet

## Hidrogénállósági vizsgálat

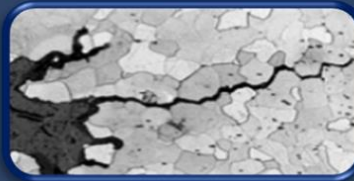
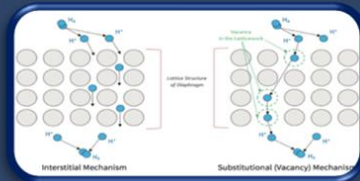
Technológiai rendszerelemek (csővezeték/szűrő/hőcserélő/készülékek)

➤ Fém → ≈ 60 minőség } Anyagszerkezeti / Fémtani / Mechanikai

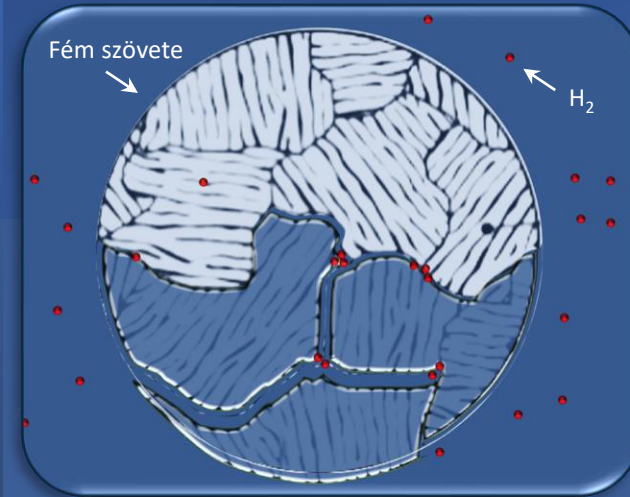
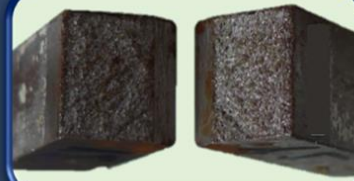
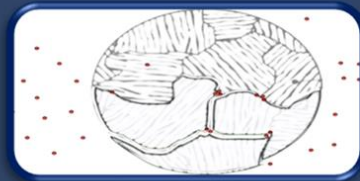
Abszorpció



Diffúzió



Dekarbonizáció



**A vizsgálatokhoz nincs:**

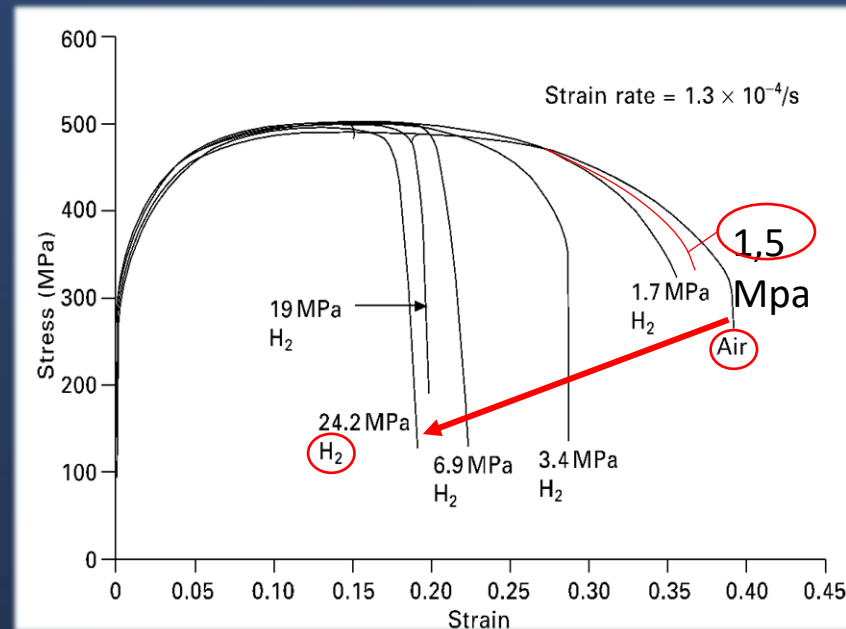
- Szabvány
- Irányelv
- Közös eljárás
- Egységes szemlélet

# Anyagszerkezet

## Mechanikai/anyagszerkezeti vizsgálatok eredményei

- Inhomogén összetétel (DX52)
  - Nagy szilárdságú csövek (L485; P460)
- **Nyúlás csökkenhet** → **RIDEGEDÉS**  
→ **Ütőmunka csökken** → **RIDEGEDÉS**

- Katódvédelem
  - Szerelvények
  - Készülékek
  - Berendezések
- **RENDBEN**



### Mit teszünk?

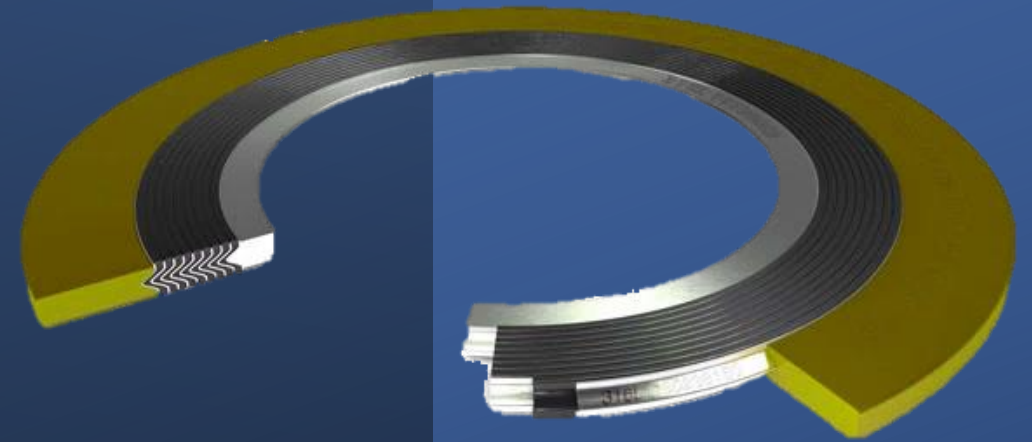
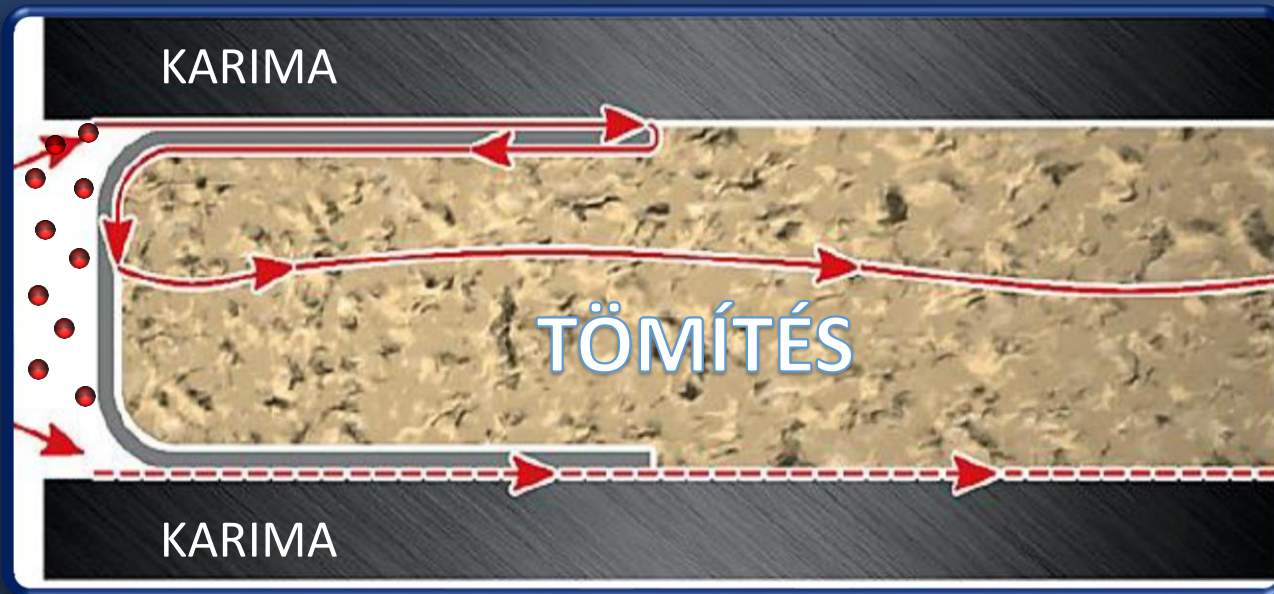
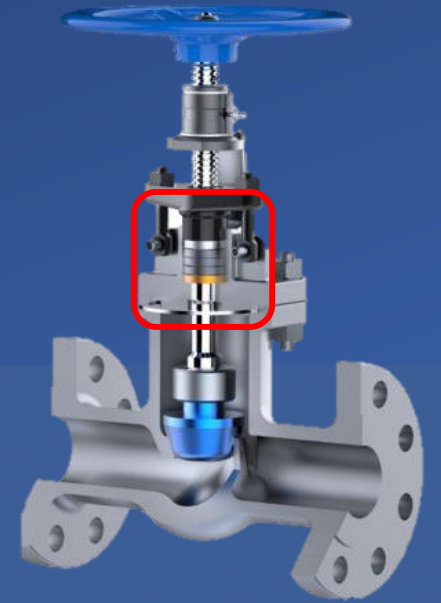
- Mechanikai mérések
- Időszakos vizsgálatok
- Teljeskörű, folyamatos
- Kockázatokkal arányos
- Operatív intézkedések
- ASME B31.12
- STRATÉGIA

# Tömörség

## Hidrogénállósági vizsgálat

Tömítéstechnikai elemek (Karima/tömszelence/lágyalkatrészek/szabályzóelemek)

➤ Nem fém → ≈ 30 minőség } Anyagszerkezeti / áteresztési / szereléstechnikai



# Tömörség

## Tömítéstechnikai vizsgálatok eredményei

- H<sub>2</sub> alkalmazásra a fémes tömítések a legmegfelelőbbek (**csak diffúziós szivárgás: 10<sup>-6</sup> [mg/s\*m]**)
- Préselt tömítések nyitott szerkezetűek → **Degradáció** → **SZIVÁRGÁS**
- Egyszerű gumi O-gyűrűk porózusak → **Diffúzió** → **RIDEGEDÉS (RGD)**
- Régi tömítések rugalmatlanok/elöregedtek → **Szerkezet változás** → **RIDEGEDÉS/SZIVÁRGÁS**



### Mit teszünk?

A tömítések

- Kivitelét
- Szerkezetét
- Anyagát

a **hidrogénállóság** és a adott helyen szükséges **funkció** szerint választjuk meg.

A szivárgás  
**soha nem „0”!**  
Tökéletes tömörség  
nem érhető el!



# EREDMÉNYEK



Hőhatás övezet, égetéses lefűtatás  
Rb és villamosenergia-ellátás  
Emisszió

Nyomásfokozás  
Távvezetési szállítás  
Szerelvények  
Szűrés

Gázmelegítés  
Nyomásszabályozás/biztosítás  
Mennyiség- és minőségmérés  
Szagosítás  
Ipari kommunikáció

# EREDMÉNYEK

## Hőhatás övezet, égetéses lefűtatás

Rb és villamosenergia-ellátás

Emisszió

Nyomásfokozás

Távvezetési szállítás

Szerelvények

Szűrés

Gázmelegítés

Nyomásszabályozás/biztosítás

Mennyiség- és minőségmérés

Szagosítás

Ipari kommunikáció



# EREDMÉNYEK

Hőhatás övezet, égetéses lefúvatás

## Rb és villamosenergia-ellátás

Emisszió

Nyomásfokozás

Távvezetési szállítás

Szerelvények

Szűrés

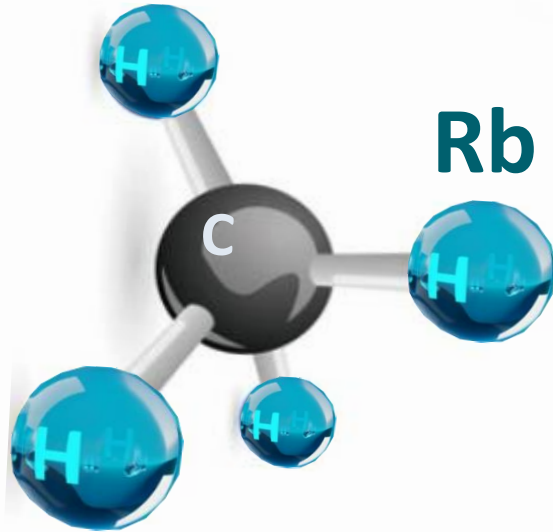
Gázmelegítés

Nyomásszabályozás/biztosítás

Mennyiség- és minőségmérés

Szagosítás

Ipari kommunikáció





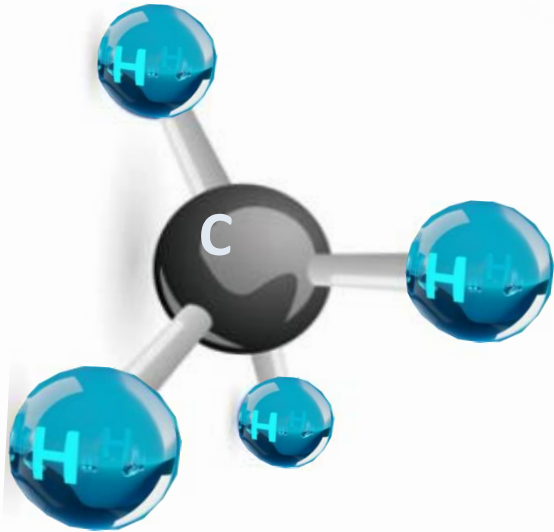
# EREDMÉNYEK

Hőhatás övezet, égetéses lefűtatás  
Rb és villamosenergia-ellátás

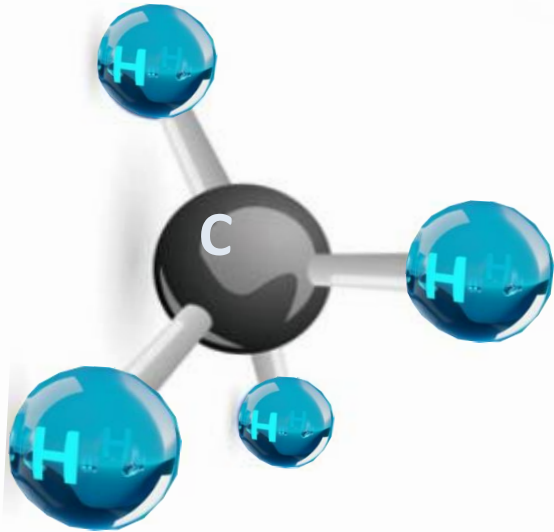
## Emisszió

Nyomásfokozás  
Távvezetési szállítás  
Szerelvények  
Szűrés

Gázmelegítés  
Nyomásszabályozás/biztosítás  
Mennyiség- és minőségmérés  
Szagosítás  
Ipari kommunikáció



# EREDMÉNYEK



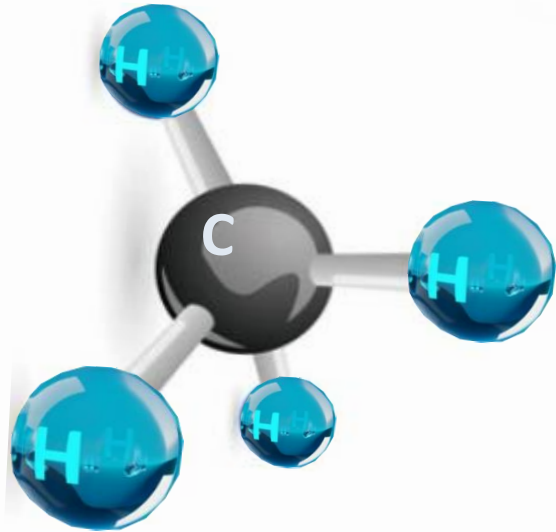
Hőhatás övezet, égetéses lefűtatás  
Rb és villamosenergia-ellátás  
Emisszió

## Nyomásfokozás

Távvezetési szállítás  
Szerelvények  
Szűrés  
Gázmelegítés  
Nyomásszabályozás/biztosítás  
Mennyiség- és minőségmérés  
Szagosítás  
Ipari kommunikáció



# EREDMÉNYEK



Hőhatás övezet, égetéses lefűtatás  
Rb és villamosenergia-ellátás  
Emisszió

Nyomásfokozás

## Távvezetési szállítás

Szerelvények

Szűrés

Gázmelegítés

Nyomásszabályozás/biztosítás

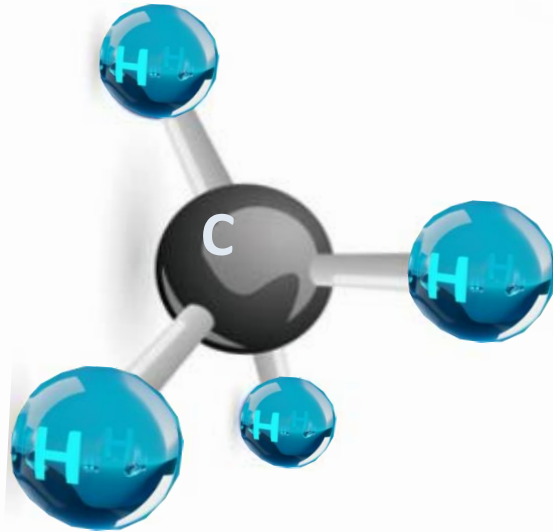
Mennyiség- és minőségmérés

Szagosítás

Ipari kommunikáció



# EREDMÉNYEK



Hőhatás övezet, égetéses lefűtatás  
Rb és villamosenergia-ellátás  
Emisszió

Nyomásfokozás

Távvezetési szállítás

## Szerelvények

Szűrés

Gázmelegítés

Nyomásszabályozás/biztosítás

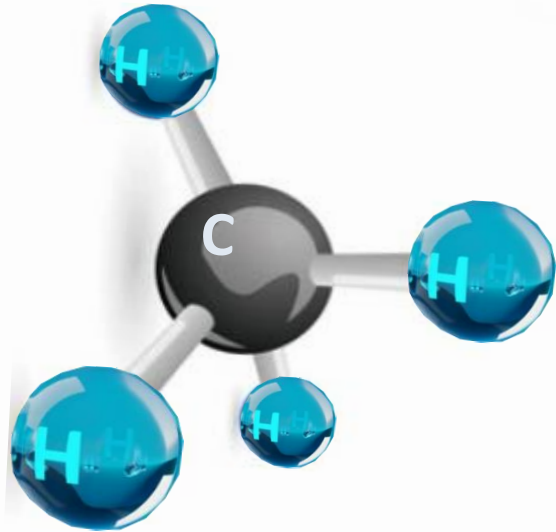
Mennyiség- és minőségmérés

Szagosítás

Ipari kommunikáció



# EREDMÉNYEK



Hőhatás övezet, égetéses lefűtatás  
Rb és villamosenergia-ellátás  
Emisszió

Nyomásfokozás

Távvezetési szállítás

Szerelvények

**Szűrés**

Gázmelegítés

Nyomásszabályozás/biztosítás

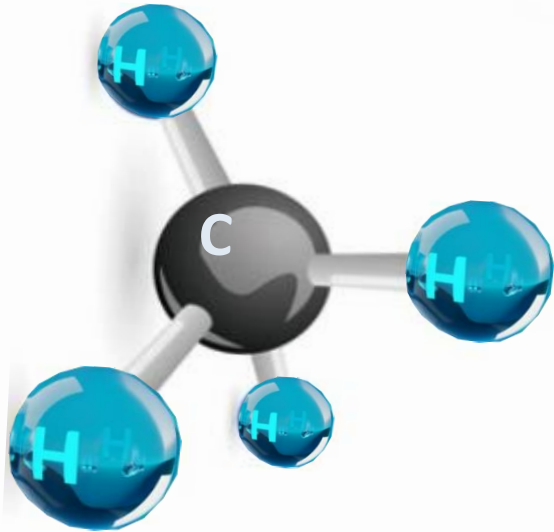
Mennyiség- és minőségmérés

Szagosítás

Ipari kommunikáció



# EREDMÉNYEK



Hőhatás övezet, égetéses lefűtatás  
Rb és villamosenergia-ellátás  
Emisszió

Nyomásfokozás

Távvezetési szállítás

Szerelvények

Szűrés

## Gázmelegítés

Nyomásszabályozás/biztosítás

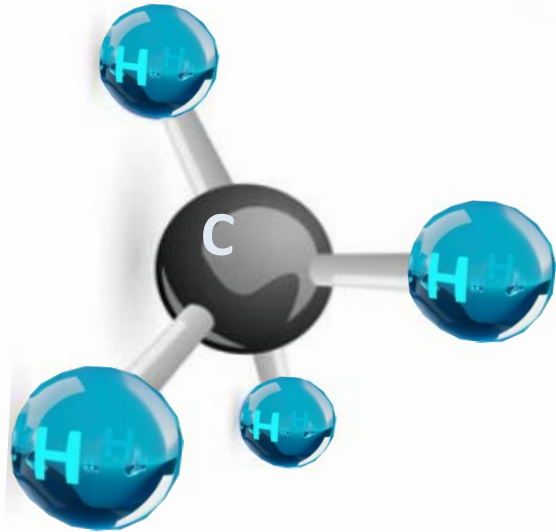
Mennyiség- és minőségmérés

Szagosítás

Ipari kommunikáció



# EREDMÉNYEK



Hőhatás övezet, égetéses lefűtás  
Rb és villamosenergia-ellátás  
Emisszió

Nyomásfokozás

Távvezetési szállítás

Szerelvények

Szűrés

Gázmelegítés

## **Nyomásszabályozás/biztosítás**

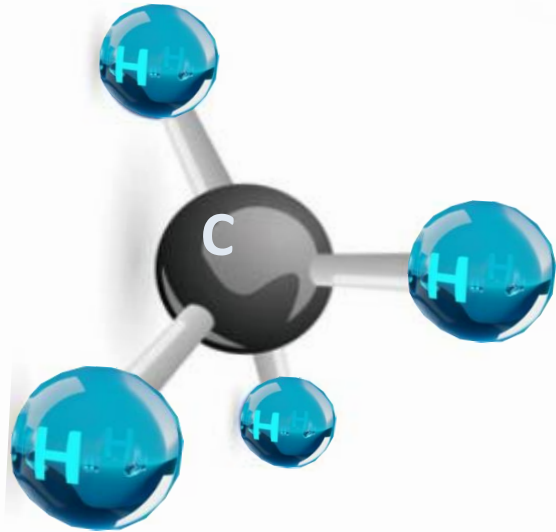
Mennyiség- és minőségmérés

Szagosítás

Ipari kommunikáció



# EREDMÉNYEK



Hőhatás övezet, égetéses lefűtés  
Rb és villamosenergia-ellátás  
Emisszió

Nyomásfokozás

Távvezetési szállítás

Szerelvények

Szűrés

Gázmelegítés

Nyomásszabályozás/biztosítás

**Mennyiség- és minőségmérés**

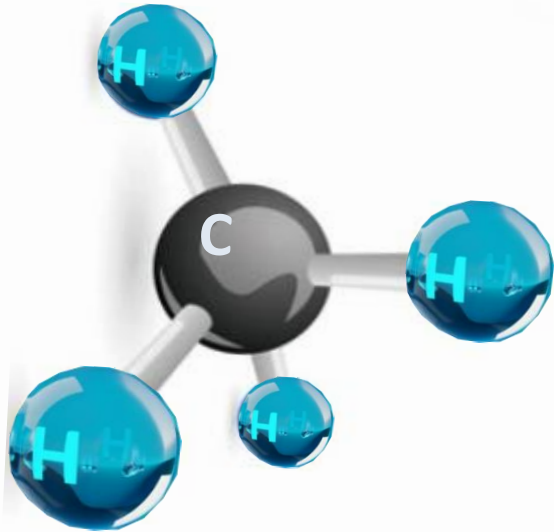
Szagosítás

Ipari kommunikáció





# EREDMÉNYEK



Hőhatás övezet, égetéses lefűtatás  
Rb és villamosenergia-ellátás  
Emisszió

Nyomásfokozás

Távvezetési szállítás

Szerelvények

Szűrés

Gázmelegítés

Nyomásszabályozás/biztosítás

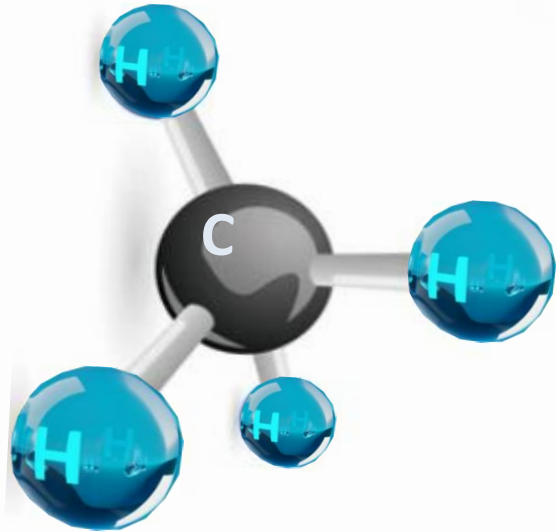
Mennyiség- és minőségmérés

**Szagosítás**

Ipari kommunikáció



# EREDMÉNYEK



Hőhatás övezet, égetéses lefűtatás  
Rb és villamosenergia-ellátás  
Emisszió

Nyomásfokozás

Távvezetési szállítás

Szerelvények

Szűrés

Gázmelegítés

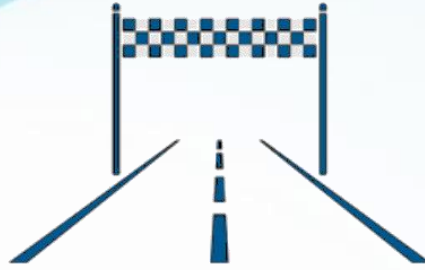
Nyomásszabályozás/biztosítás

Mennyiség- és minőségmérés

Szagosítás



## Ipari kommunikáció



# VÉGSŐ MEGÁLLAPÍTÁSOK

A 18 munkacsoport eredményeit áttekintve megállapítható, hogy

- a 2% keverési arányú földgáz-hidrogén elegy a meghatározott feltételek teljesítése mellett
- ezt követően ütemezett monitorozással

az FGSZ Zrt. földgázszállító technológiájába a műszaki kockázatok érdemi növekedése nélkül betáplálható, amennyiben szegregáció nélküli keverék van jelen a rendszerben.

# FELTÉTELEK

- **a szeparáció vizsgálatához további kísérleteket kell végezni**
- az egyes inhomogén összetételű csövek esetében további vizsgálatokat kell végezni alkalmasságuk megállapításához, üzemeltetési kockázatok felméréséhez
- a kazánok esetében tökéletlen égés során **a kazán égőjét be kell szabályozni**
- minden betáplálási ponton **hidrogén mérésre alkalmas összetétel mérő kromatográfot és hidrogén feldolgozására alkalmas TM-PLC-t kell telepíteni** (FLUMEN projekt)
- a következő karbantartás alkalmával a **lágalkatrészeket a gyártó által leszállított, hidrogén-álló lágalkatrészekre kell cserélni**
- a megbontással járó karbantartási tevékenység során **hidrogén álló, alacsony szivárgási rátájúra kell cserélni a tömítéseket**
- fokozott szivárgás detektálást kell végezni a teljes rendszeren
- a GOV típusú [szénacél alapanyagú] szükségsgazosító cserék ütemét fel kell gyorsítani
- a szabványok és a szakirodalom változásainak követésére még nagyobb hangsúlyt kell fektetni

**A bevezetést követően rendszer monitorozást kell végezni az alábbiak szerint:**

- **a kompresszorállomásokon és a felszíni technológiai rendszeren évente részletes meghibásodás elemzést kell készíteni, melynek célja a potenciális hidrogén okozta károsodások azonosítása, a szükséges akciók meghatározása**
- **a távvezetési hálózat és elemei esetében a (PIMS) diagnosztikai szakértői rendszert bővíteni kell a hidrogén fenyegetettséggel**

Köszönjük a megtisztelő figyelmet!