E-mobilitás konferencia és mérnöki kamarai szakmai továbbképzés AUTOMOTIVE Hungary 2107. október 18., Budapest

Energiatárolás problémái és lehetőségei

Tompos András

MTA TTK Anyag- és Környezetkémiai Intézet

tompos.andras@ttk.mta.hu

mta ttk
ANYAG- ÉS KÖRNYEZETKÉMIAI INTÉZET

Háttér 1

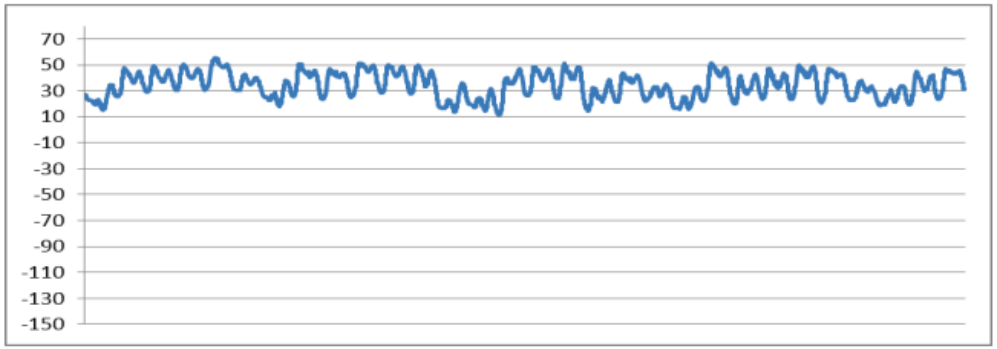
- Üvegházhatású gázok kibocsátásának 80 %-os mérséklése 2050-re az 1990-es szinthez képest, hogy 2 °C alatt maradjon a középhőmérséklet növekedése.
- Az elektromos energia szektor felelős az EU27-ek GHG kibocsátásának 23 %-áért. A 2050 GHG mérséklési cél elérése érdekében az elektromos energia szektort teljes mértékben szén-mentesíteni kell.
- 2009-ban az EU elektromos energiamixe 51 %-ban fosszilis eredetű, 29 %-ban atomenergia alapú és csak 20 %-ban származik a megújulókból.
- A megújuló energiák penetrációja 59-85 % lesz az elektromos energia előállításában 2050-re.
- A megújulók nagy része nap és szélenergia alapú lesz 2050-re a maradék energiát a nukleáris energia szolgáltatja:
  - Jelentős energiatermelési fluktuációk rövid távon
  - Az energia igény és a rendelkezésre álló megújuló energia különbségének növekvő ingadozása
  - Helyi távvezeték és elosztó rendszerek szűk keresztmetszetet jelentenek
  - Energiarendszer rugalmasságának követelménye

mta ttk
ANYAG- ÉS KÖRNYEZETKÉMIAI INTÉZET

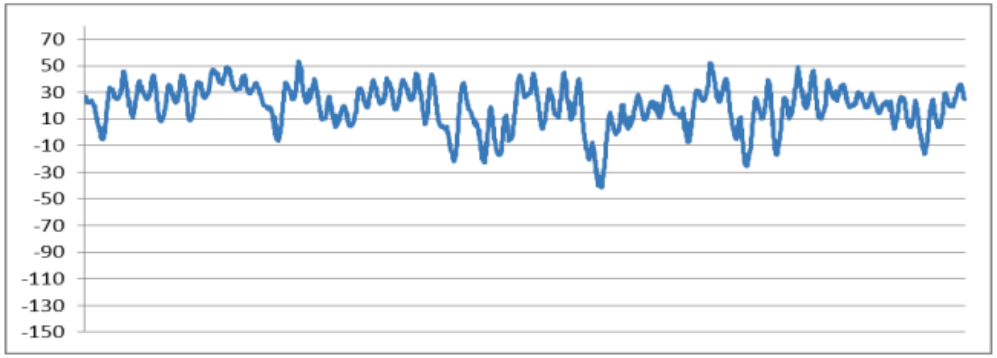
Háttér 2

(maradék terhelés mintázat – energia igény és megújuló rendelkezésre állás különbsége)

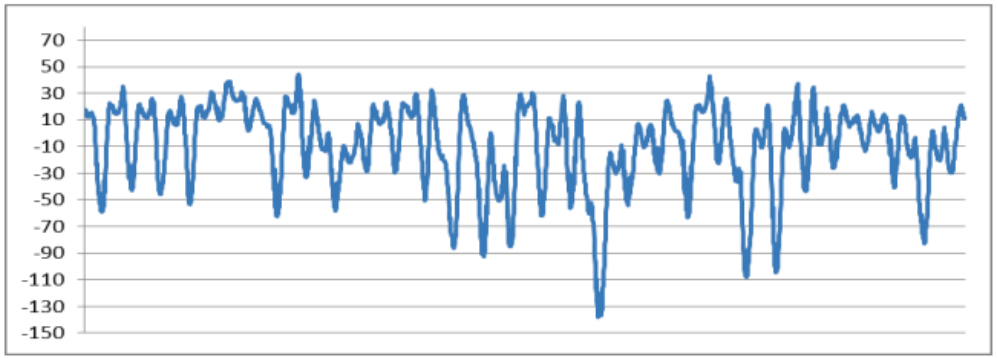
2013 reference scenario



2030 high-RES scenario



2050 high-RES scenario



mta ttk
ANYAG- ÉS KÖRNYEZETKÉMIAI INTÉZET

Tárolással kapcsolatos piaci szolgáltatások

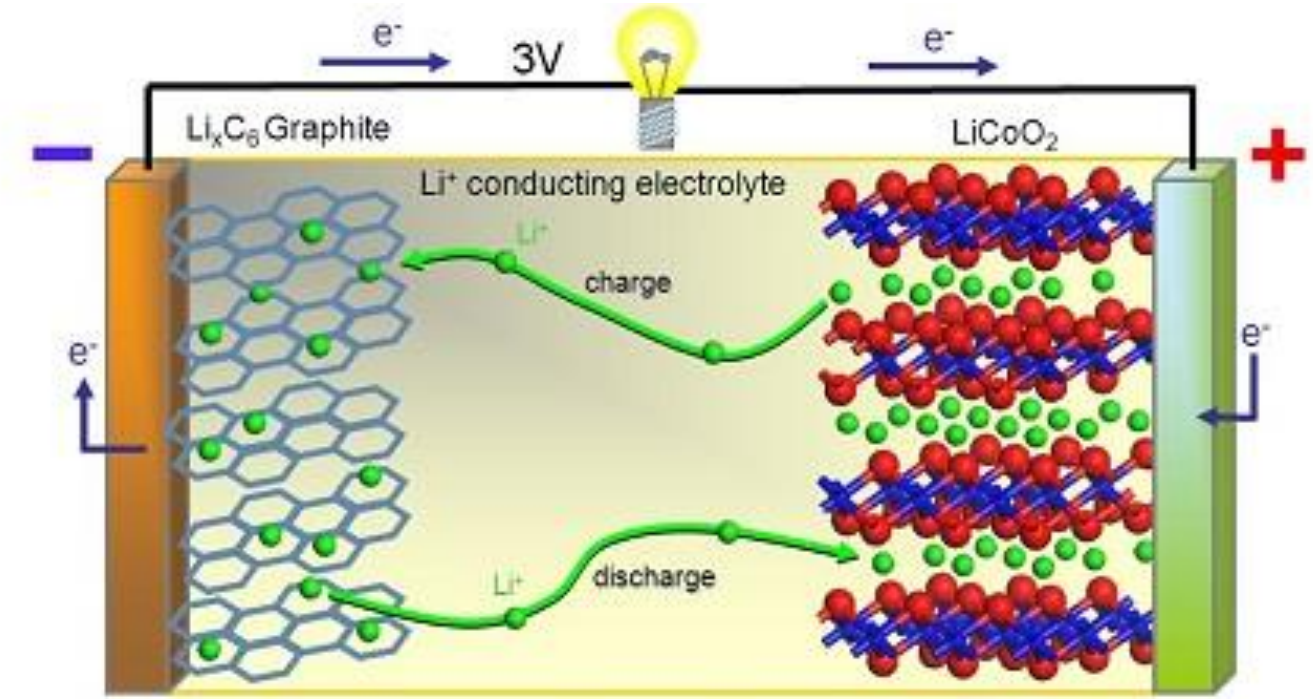
- Elektromos energia termelés ingadozásának kiegyensúlyozása – időeltolódással töltés, tárolás és kisütés (P2P típusú)
- Átalakítás más energiahordozóvá (hő vagy hidrogén) (P2G típusú)
- Gyors reagálású rendelkezésre állás – az állandó igény-kínálat egyensúly megteremtése váratlan események bekövetkezése esetére az elektromos hálózatban. Jelenlegi megoldás – hagyományos energiavektorok készenléti tartaléka. (P2P típusú)
- Távvezeték és elosztási hálózat egyes pontjain tárolók elhelyezése a hálózat túlterhelésének csökkentésére. Jelenlegi megoldás – hálózat bővítések. (P2P típusú)

Tárolási technológiák

- Kémiai energiatárolás
  - Hidrogén
  - Szintetikus metán
- Elektrokémiai energiatárolás
  - Áramlási akkumulátor
  - Fém-levegő akkumulátor
  - Nikkel-kadmium akkumulátor
  - Nikkel-fémhidrid akkumulátor
  - Ólom savas akkumulátor
  - Lítium ion akkumulátor
  - Lítium kén akkumulátor
  - Lítium- fém-polimer akkumulátor
  - Nátrium ion akkumulátor
  - Nátrium-nikkel klorid akkumulátor
  - Nátrium-kén akkumulátor
- Mechanikai energiatárolás
  - Komprimált levegős tároló
  - Cseppfolyósított levegő tároló
  - Szivattyús hőtároló
  - Szivattyús tároló erőmű
- Hőtárolás
  - Termikus forró víz tárolás
  - Adszorpciós tároló rendszerek
  - Fázisváltó hőtároló anyagok

mta ttk
ANYAG- ÉS KÖRNYEZETKÉMIAI INTÉZET

Elektrokémiai energiatárolás 1



Kisütés:

Pozitív elektród (katód) redukciós reakció: $Li_{1-x}CoO_2 + xLi^+ + xe- \rightarrow LiCoO_2$

Negatív elektród (anód) oxidációs reakció : $LiC_6 \rightarrow xLi+ + xC_6 + e-$

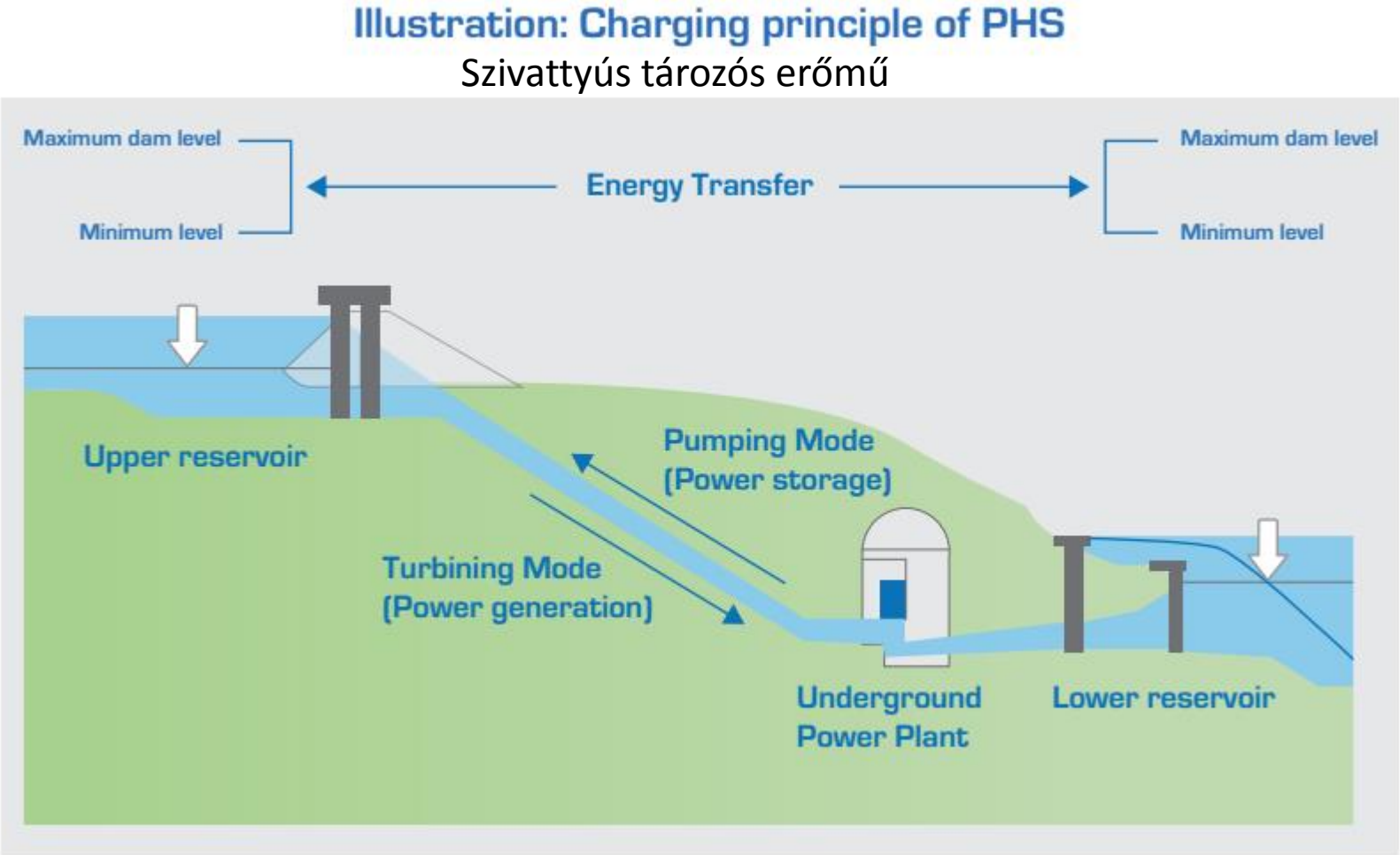
mta ttk
ANYAG- ÉS KÖRNYEZETKÉMIAI INTÉZET

Elektrokémiai energiatárolás 2

- Rendkívül gyors reagálású tárolók, mind a töltés, mind a kisütés idejét tekintve. Alkalmasak a gyors rendelkezésre állás szolgáltatásra.
- Elhelyezésük tetszőleges, könnyen méret-növelhetők, szállíthatók. Alkalmasak a vezetékhálózat túlterhelésének csökkentésére.
- A maximális tárolási idő az órák nagyságrendjébe esik. Legfeljebb a napi ingadozások kompenzálására alkalmasak, de hosszabb energia szűk időszakot nem képesek kezelni. Az áramlási akkumulátorok kivételt képeznek.

mta ttk
ANYAG- ÉS KÖRNYEZETKÉMIAI INTÉZET

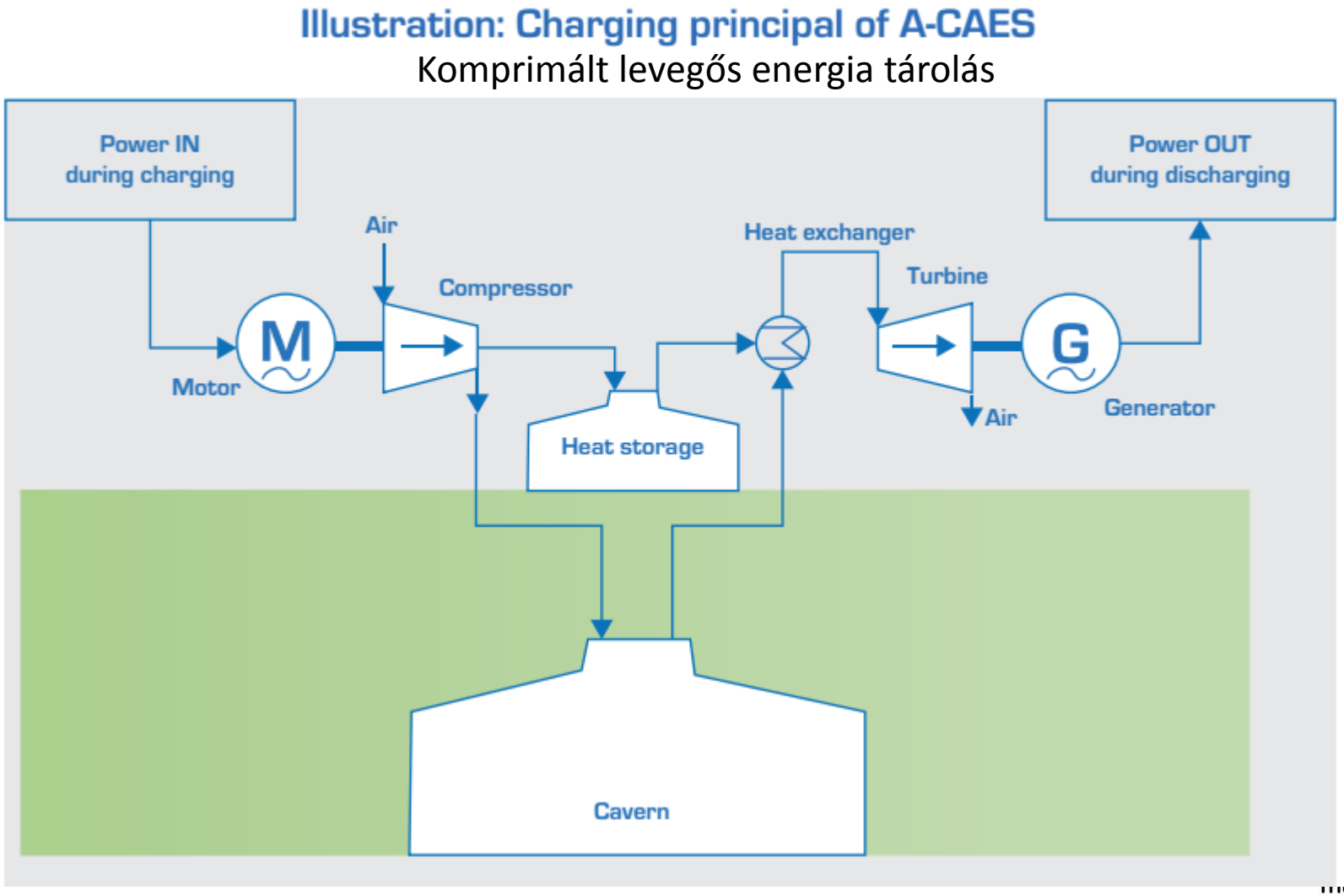
Mechanikai energiatárolás 1



Szivattyús tározós erőmű

mta ttk
ANYAG- ÉS
KÖRNYEZETKÉMIAI
INTÉZET

Mechanikai energiatárolás 2



Komprimált levegős energia tárolás

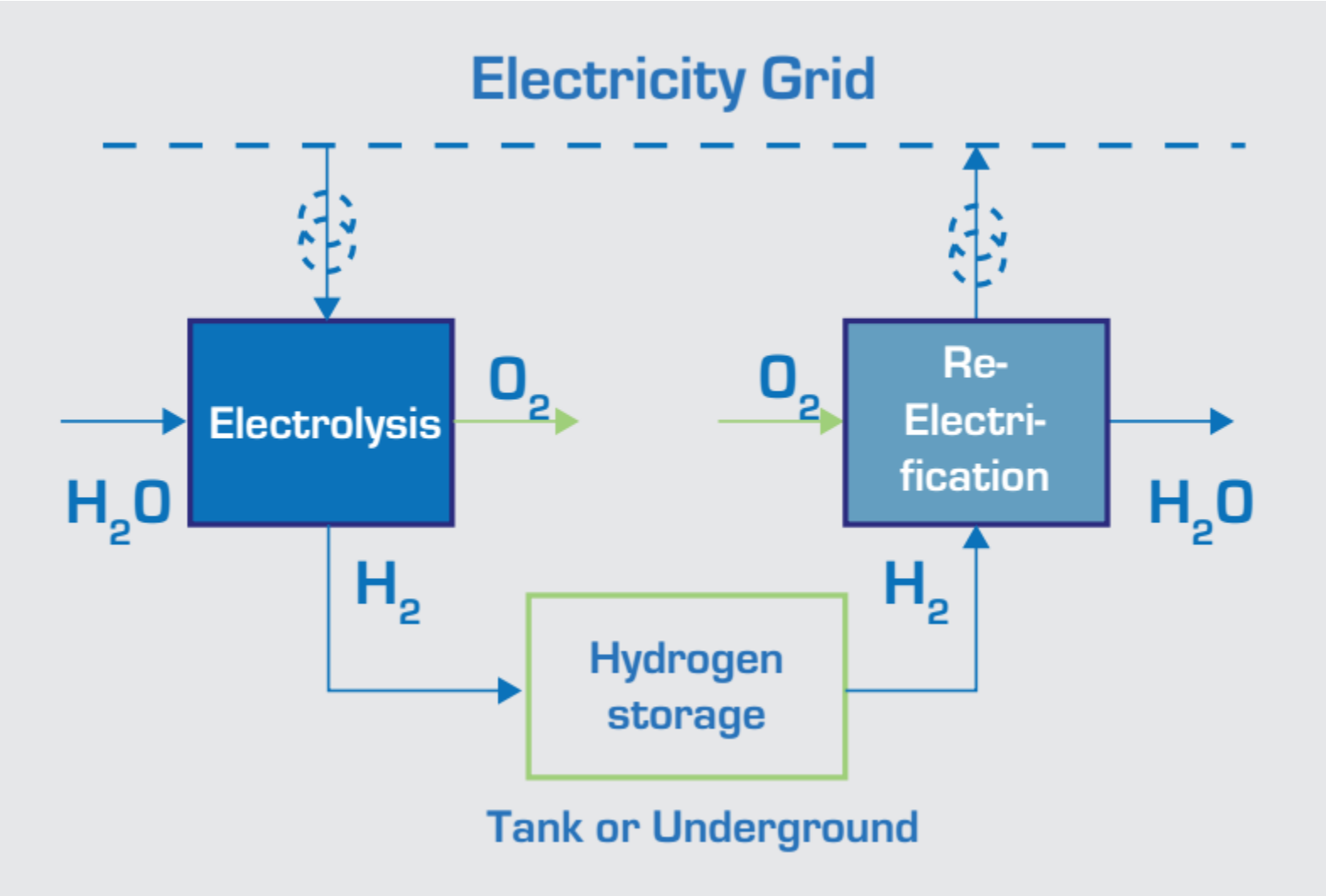
ttk
ANYAG- ÉS KÖRNYEZETKÉMIAI INTÉZET

Mechanikai energiatárolás 3

- Rendszerint gyors reagálású tárolók. Alkalmasak a gyors rendelkezésre állás szolgáltatásra.
- Igen nagy méretűek (közművek nagyságrendjében) több száz MW kapacitással.
- A terepviszonyok jelentősen befolyásolják elhelyezhetőségüket és tárolási időt. A tárolási idő a napok nagyságrendjébe esik. Hosszabb idejű ingadozások kiegyenlítésére alkalmas.

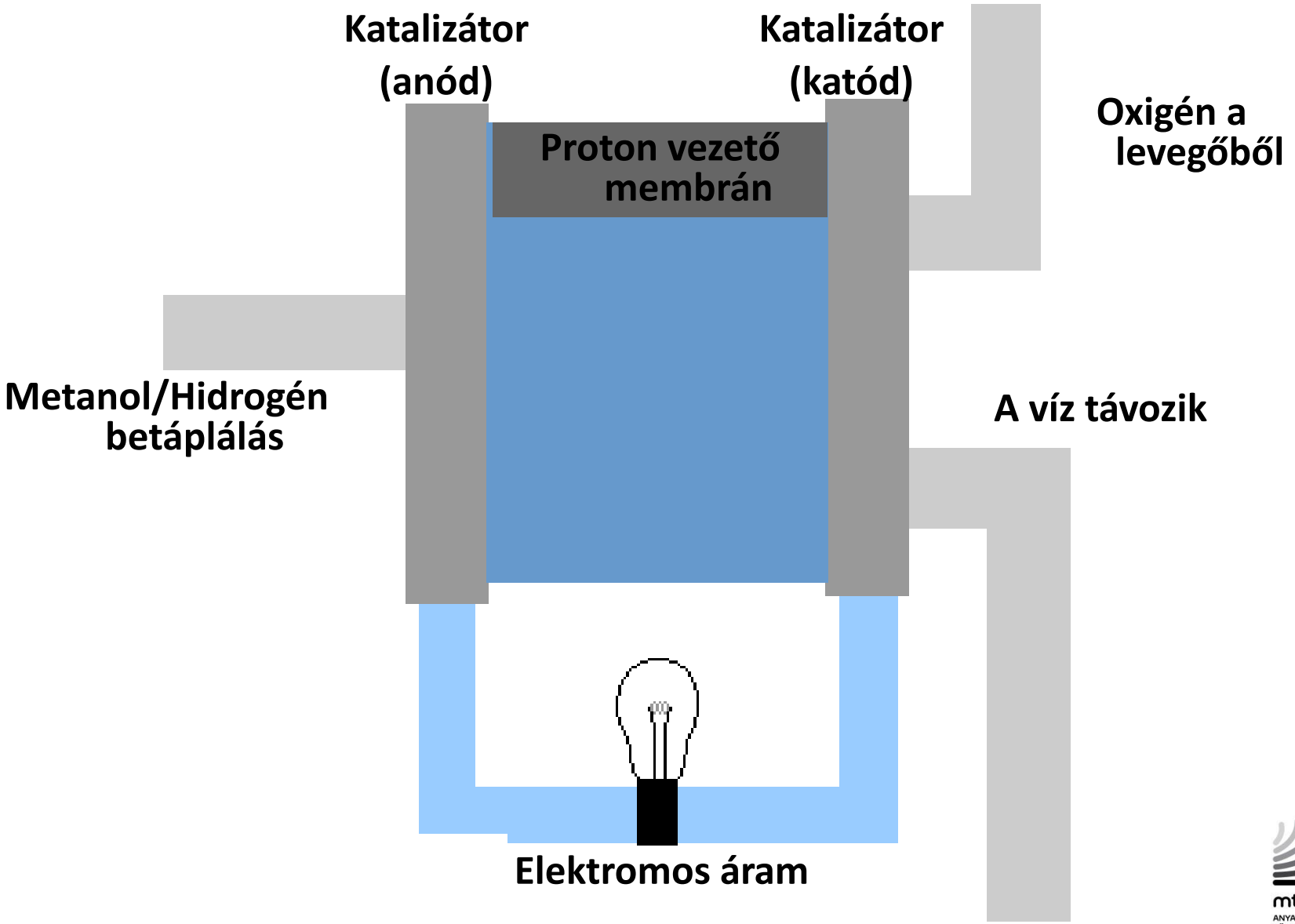
mta ttk
ANYAG- ÉS KÖRNYEZETKÉMIAI INTÉZET

Kémiai energiatárolás



ta ttk
ANYAG- ÉS
KÖRNYEZETKÉMIAI
INTÉZET

Tüzelőanyag-cella működése



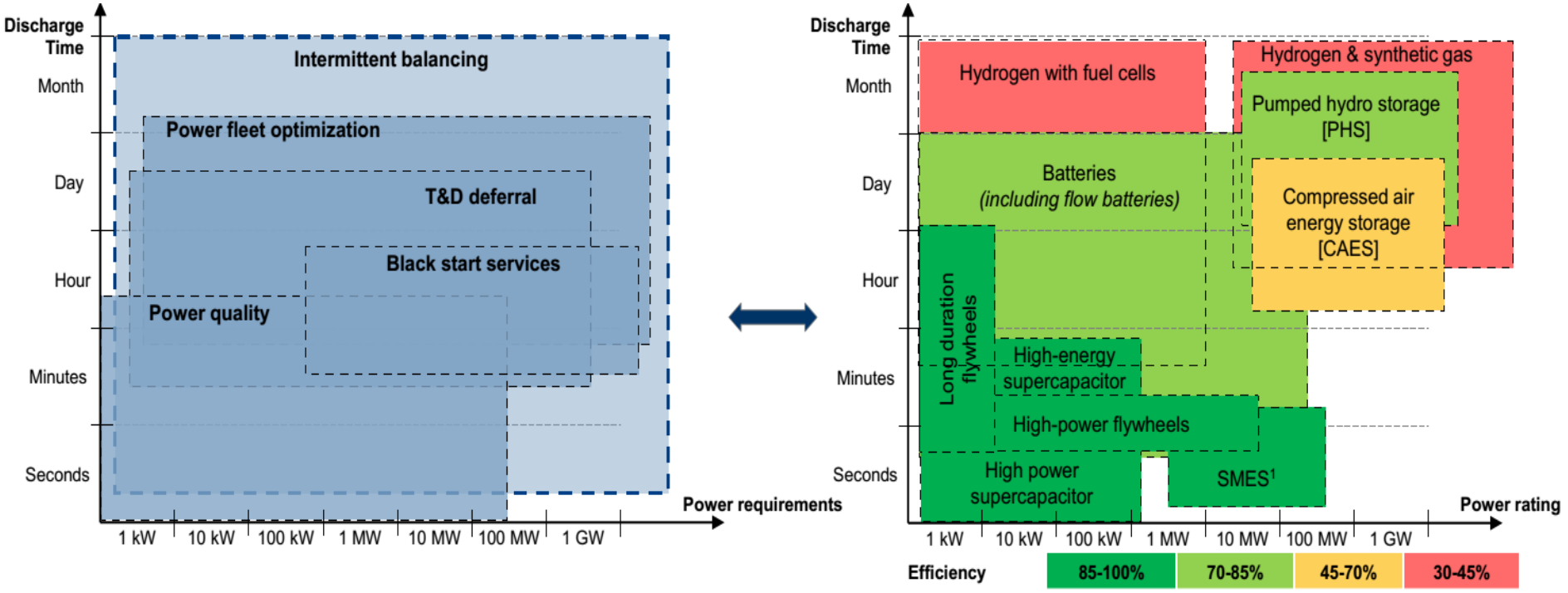
mta ttk
ANYAG- ÉS
KÖRNYEZETKÉMIAI
INTÉZET

Kémiai energiatárolás 3

- A hidrogén termelő elektrolizálók gyorsan képesek a terhelést változtatni.
- Kombinálva a hidrogén tárolással és a CCGT erőművekkel/tüzelőanyag-cellákkal az energiaszükséglet ingadozásait is képesek kiegyenlíteni. Különösen hosszú távú megoldást jelenthet a felszín alatti só-barlangokban történő tárolás. Több nap vagy hét.
- Az elektromos energiaszektoron kívüli felhasználás lehetősége (P2G típusú).

mta ttk
ANYAG- ÉS KÖRNYEZETKÉMIAI INTÉZET

Tárolási szükségletek és lehetőségek megfeleltetése



mta ttk
ANYAG- ÉS KÖRNYEZETKÉMIAI INTÉZET

Tárolási technológiák ára

Overview of technology LCoEs for power- and energy-intensive applications

EUR/MWh

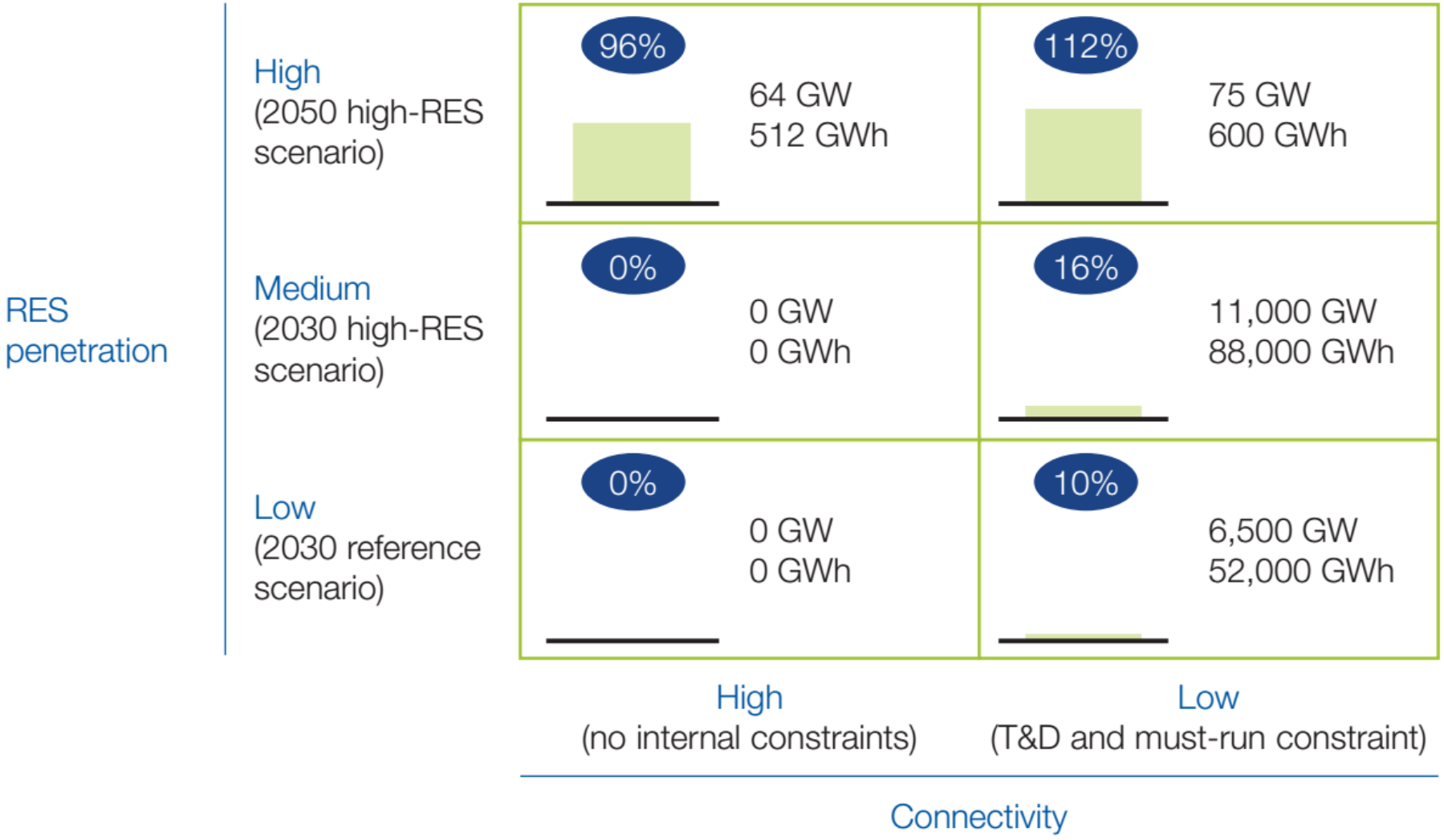
	Power-intensive application example (1 h of storage)				Energy-intensive application example (8 hrs of storage)				Long-term storage (2,000 hrs of storage)
	2013		2030		2013		2030		2030
	Low	High	Low	High	Low	High	Low	High	Low
Li-ion	138	573	38	106	181	754	76	218	1,000s
NaS	n/a	n/a	n/a	n/a	196	269	42	68	1,000s
Flow-V	155	238	57	97	148	239	50	96	1,000s
Lead	211	379	59	110	114	262	39	98	1,000s
CAES-A	27	n/a	19	n/a	49	n/a	37	n/a	1,000s
LAES-A	40	82	32	66	71	166	57	133	1,000s
PHES	18	28	18	28	24	42	24	42	>400
P2P H_2	Electrolyser and CCPP with salt cavern storage considered for P2P H_2 – suitable for longer-term storage								140

A tárolás piaci helyzete 1. (2050)

1. A P2P tárolási kapacitás egy nagyságrenddel fog nőni 2050-re (de legalább 400 GW ez EU-ban) nagy megújuló energia penetrációt feltételezve (59-85 % 2050-re). A távvezeték hálózat korlátaitól és a hagyományos (fosszilis, nukleáris, vízerőmű) alapú készenléti energiák hozzájárulási szükségletétől függően országonként eltérést fog mutatni.

mta ttk
ANYAG- ÉS KÖRNYEZETKÉMIAI INTÉZET

A tárolás piaci helyzete 1 (2050)

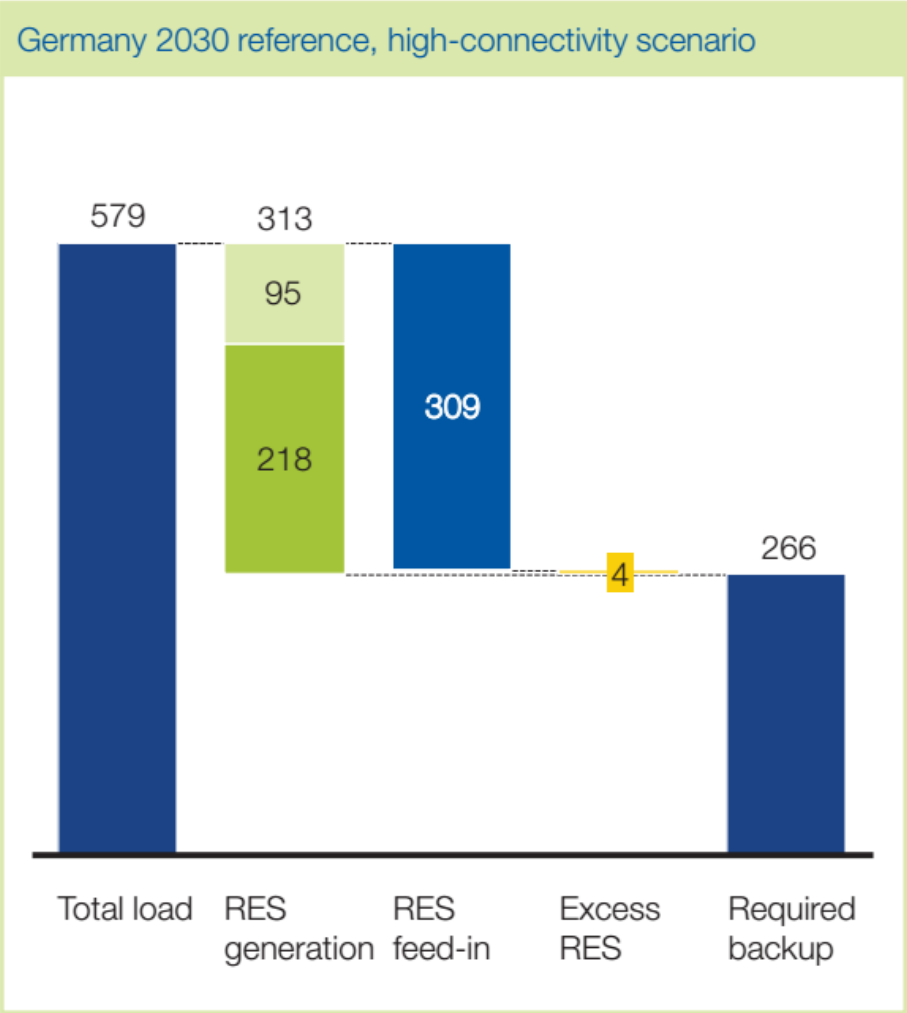


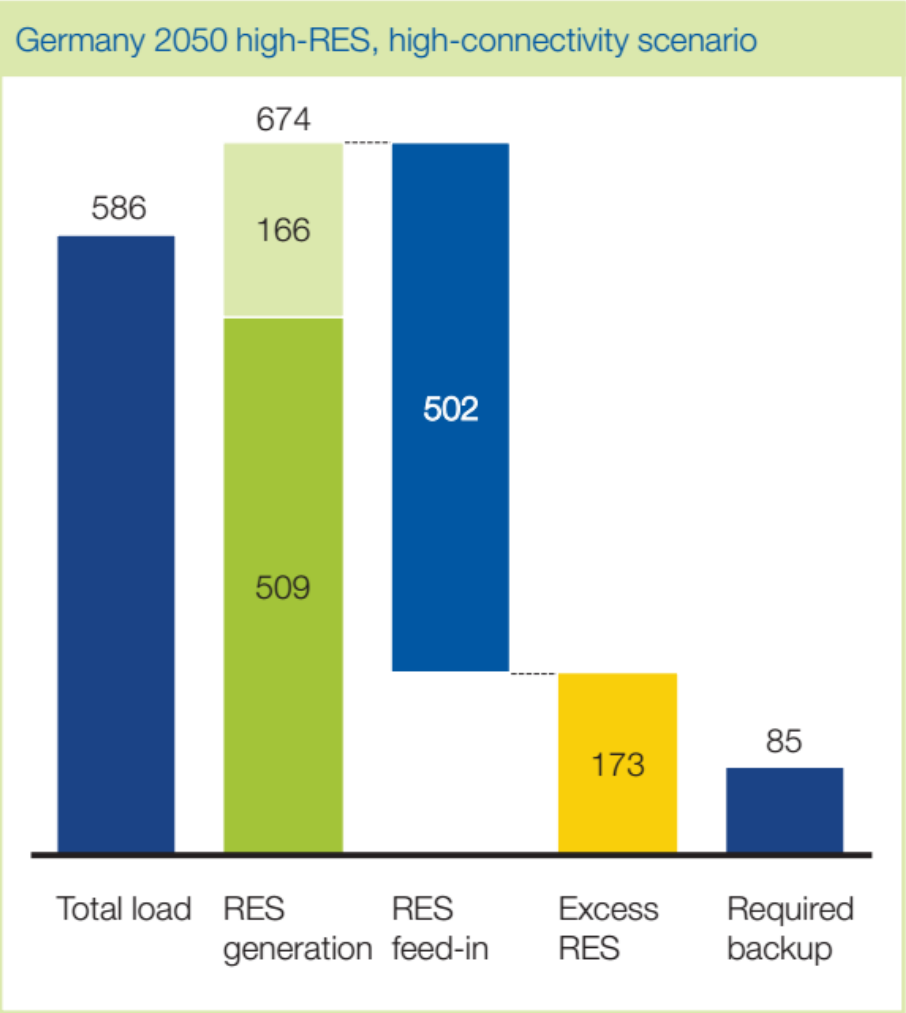
A tárolás piaci helyzete 2 (2050-ig)

2. Még tízszeres kapacitás növekedés esetén sem tudja a P2P tárolás teljesen megszüntetni a hagyományos energiahordozók alkalmazását, ugyanakkor a nagy megújuló energia penetráció esetén is lesznek olyan periódusok, amelyekben a nagy mennyiségű megújuló energiát nem lehet az elektromos energiarendszerben felhasználni sem közvetlenül, sem P2P tárolás útján.

mta ttk
ANYAG- ÉS KÖRNYEZETKÉMIAI INTÉZET

A tárolás piaci helyzete 2 (2050-ig)





ANYAG- ÉS KÖRNYEZETKÉMIAI INTÉZET

A tárolás piaci helyzete 2 (2050-ig)

- Bizonyos megújuló energia penetrációs ponton túl a tárolás piaci előnyei elenyésznek a költségeihez képest.



A tárolás piaci helyzete 2 (2050-ig)

- Rendkívül nagy tárolókapacitás lenne szükséges a hagyományos készenléti energia hordozók kiváltására. Németországban a szivattyús tározós erőművek kapacitásának 50-szeresére lenne szükség (a készenlét harmadolásához)!!!
- Minden tárolásos technológia korlátokba fog ütközni elsősorban a megfelelő geológiai helyek rendelkezésre állásának csökkenése miatt. Ezt követően a beruházási költségek ugrásszerűen nőnek. A mechanikai és kémiai energiatárolás együttes jelenléte szükséges.
- Társadalmi hasznosság szempontjából fenn kell tartani bizonyos mértékben a hagyományos készleteket. A megújuló energia többletet más energiahordozókká átalakítva ki lehet vezetni a villamos energiarendszerből.

mta ttk
ANYAG- ÉS KÖRNYEZETKÉMIAI INTÉZET

A tárolás piaci helyzete 3 (2050-ig)

3. Tárolási szükségletek országonként változnak. A jelenleg is nagy szivattyús tárolásos kapacitással rendelkező Svédországban már nem szükséges további tárolók építése a jelenlegi kapacitás is alapot nyújt a megújulók integrálására az elektromos energiarendszerbe. Ezzel szemben az elszigetelt elektromos energiarendszerek (szigetek) esetén további lehetőség nyílik új tárolók építésére, amit a megújulók termelésének visszaszorítása és a fosszilis alapú energiatermelés drágulása idéz elő.

mta ttk
ANYAG- ÉS KÖRNYEZETKÉMIAI INTÉZET

A tárolás piaci helyzete 4 (2050-ig)

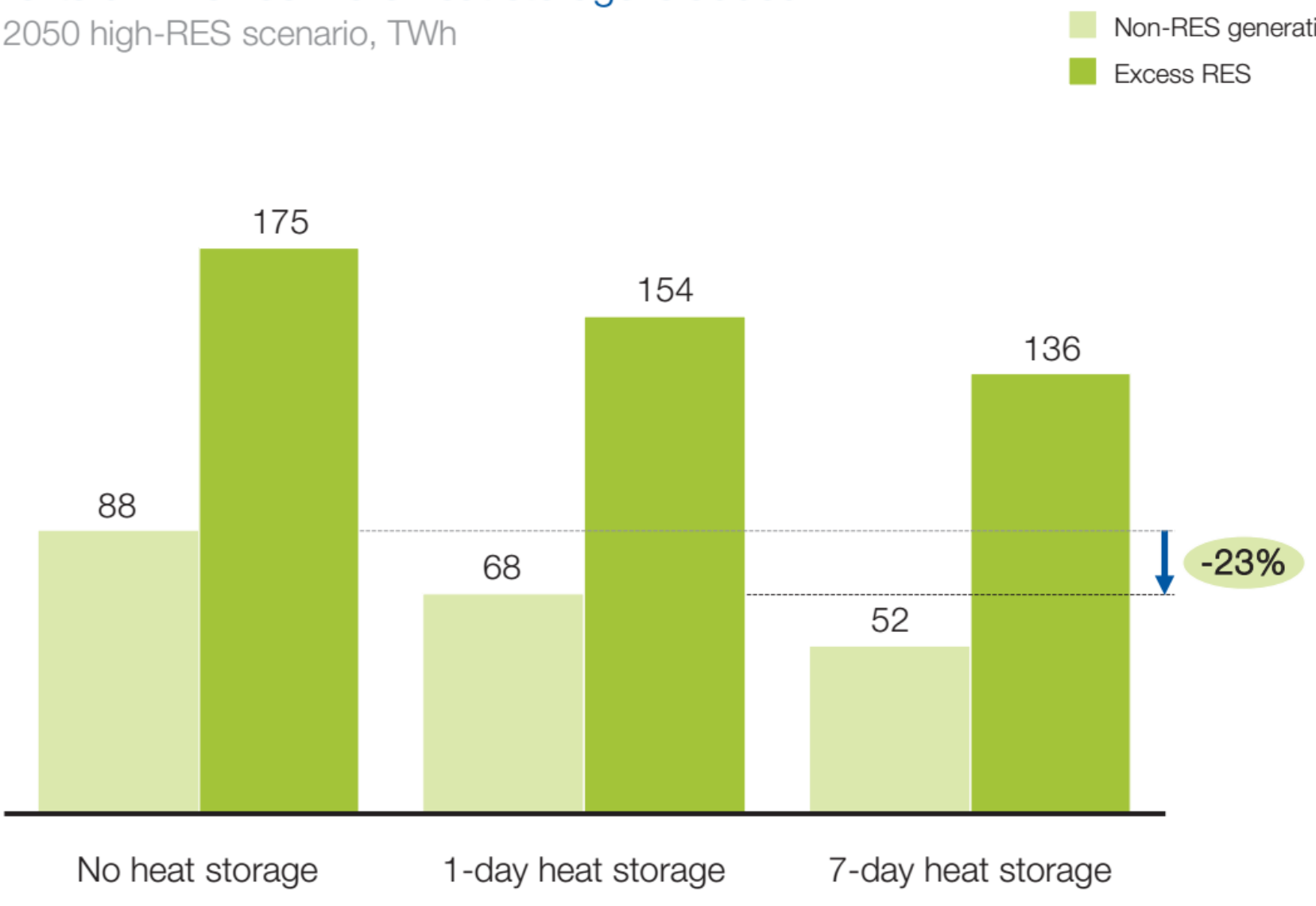
4. Az energiarendszer rugalmassága megteremtésének megbízható és viszonylag olcsó eszköze a **hőtárolás**. Mindenesetre a fűtésre fordított elektromos energia hányad és annak évszakoktól való függése erősen korlátozza a megújuló energiák integrálásának lehetőségét. A fűtésigény Csupán 20 %-a lesz 2050-es elektromos energiafogyasztásnak.

mta ttk
ANYAG- ÉS KÖRNYEZETKÉMIAI INTÉZET

A tárolás piaci helyzete 4 (2050-ig)

1-day heat storage appreciably reduces required non-RES generation, but benefits diminish as more heat storage is added

German 2050 high-RES scenario, TWh

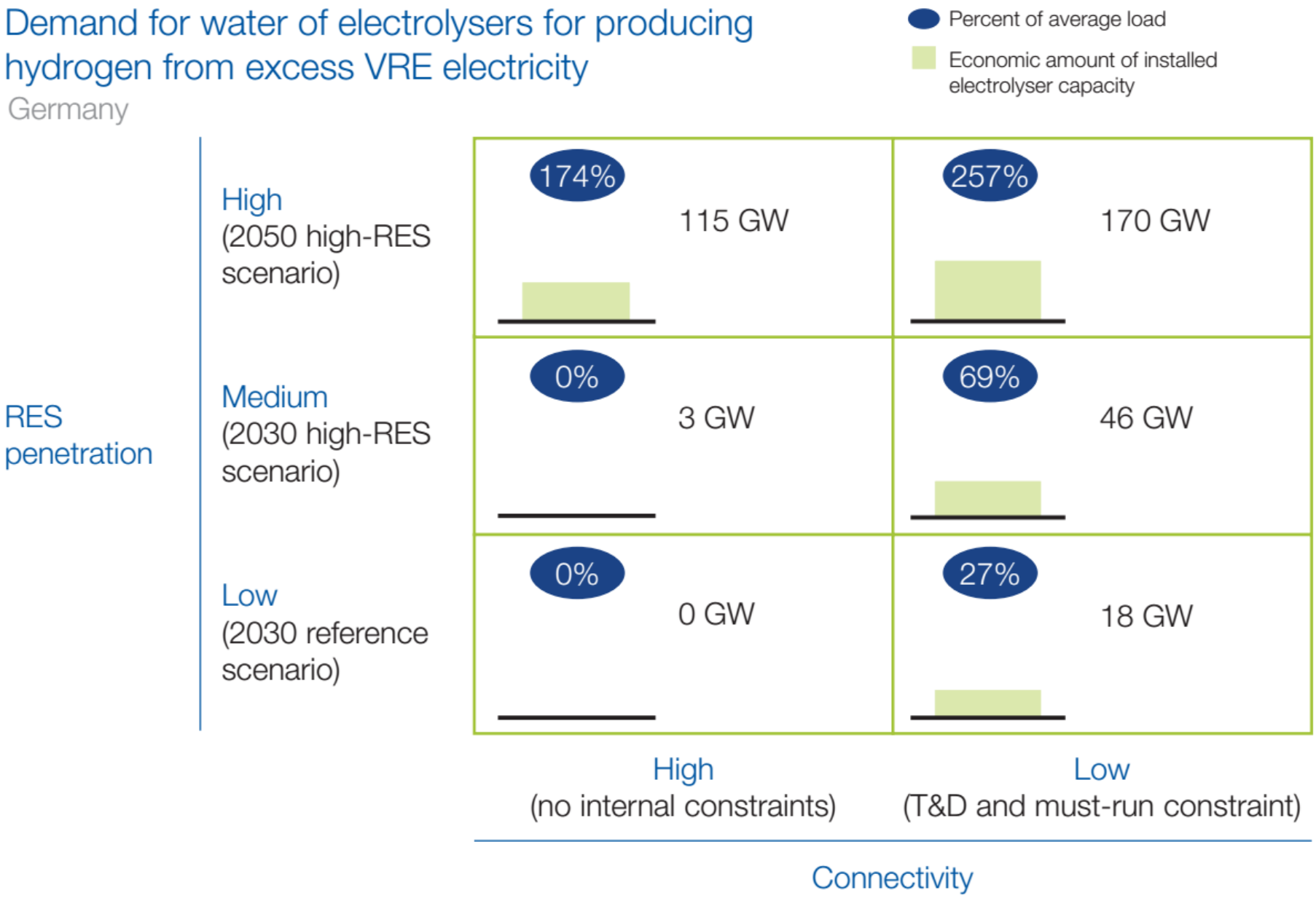


A tárolás piaci helyzete 5 (2050-ig)

5. Az elektromos áram **hidrogén**né történő átalakítása víz elektrolízisével és ennek a hidrogénnek a felhasználása a földgázvezeték hálózatban (P2G), a közlekedésben vagy a vegyiparban nagyon hatékonyan használja fel az összes felesleges megújuló energiát így hozzájárul ezen szektorok szénmentesítéséhez. Az Európai elektrolizáló-kapacitás több száz GW lesz 2050-re, ami szükségessé teszi a hidrogénnek a felhasználás helyén történő előállítását vagy gazdaságos transzportját.

mta ttk
ANYAG- ÉS KÖRNYEZETKÉMIAI INTÉZET

A tárolás piaci helyzete 5 (2050-ig)



Villamos energiarendszer rugalmasságának megteremtése

RES integration solution		Deficit solved?	Surplus solved?	Residual load
0 Base case situation				Surplus ⊕ / Deficit ⊖
1 Dispatchable generation (hydro, biomass, fossil)		✓	✗	Surplus ⊕ / Deficit ⊖
2 Transmission and distribution expansion		✓	✓	Surplus ⊕ / Deficit ⊖
3 Demand side management		✓	✓	Surplus ⊕ / Deficit ⊖
4 Energy storage — Power to power (PLP)		✓	✓	Surplus ⊕ / Deficit ⊖
4 Energy storage — Conversion to heat and heat storage		✓	✓	Surplus ⊕ / Deficit ⊖
4 Energy storage — Conversion to hydrogen for use outside power sector		✗	✓	Surplus ⊕ / Deficit ⊖

Szabályozási környezet

- A jelenlegi szabályozások meggátolják, hogy a megújulók és tárolásuk a többi rugalmasságot megteremtő lehetőséggel egyenlő versenyfeltételekkel kerüljenek piaci helyzetbe.
- Szabályozási környezet akadályai. A tárolás specifikus szabályozás hiánya és a szabályozás hatásának nem kielégítő figyelembevétele.
  - Tisztázatlan szabályok, hogy a tárolás hogyan léphet piacra. A távvezeték és elosztási hálózatok üzemeltetőinek nincs lehetősége, hogy saját tulajdonukban működtessenek tárolási technológiákat vagy bővítsék a hálózatot.
  - Végfogyasztási díj megfizetése, még akkor is, ha a P2G alkalmazások nem a végső felhasználását jelentik az energiának.
  - Fizetés a megújuló energia előállítóinak a termelés visszaszorításáért.

Összefoglalás

- Megújuló energia részaránya a EU elektromos energiamixében: 2050-re meghaladja a 80 %-ot. Ennek jelentős része (65 %-a) nap és szélenergia.
- Az energiarendszer rugalmasságának követelménye a változatos megújuló energiahordozók megjelenésének köszönhetően.
  - Energiahordozók integrálásának igénye
- Megújuló energiák szakaszos rendelkezésre állása.
  - Energiatárolás szükségessége. Ellenkező esetben a csúcsidőszakokban továbbra is nem megújuló energiaigény merül fel illetve a völgyidőszakban a hálózatot nagy nyomás alá helyezi a túl sok megújuló energia.
- Új megoldások szükségesek a rugalmasság megteremtésére (egyik sem képes egyedül kezeli a rugalmassági kihívásokat)
  - Energiatárolás
  - Gyors reagálású rendelkezésre állás
  - Távvezeték-elosztási hálózat bővítése
  - Igény oldali menedzsment

mta ttk
ANYAG- ÉS KÖRNYEZETKÉMIAI INTÉZET

Következő lépések

- Megvizsgálni, hogy hazánkban milyen lehetőségek állnak rendelkezésre a különböző tárolási technológiák piaci alkalmazására.
- A szabályozási környezet átalakítása.
- A különböző érdekeltek (berendezés gyártók, önkormányzatok, rendszer integrátorok, hatóságok, stb.) közös fellépésére van szükség ahhoz, hogy a tárolási lehetőségek különböző korai piacait ki tudjuk aknázni.

mta ttk
ANYAG- ÉS KÖRNYEZETKÉMIAI INTÉZET