

INTEGRÁCIÓ A KÖZLEKEDÉSBEN

ELEKTROMOBILITÁSI ASPEKTUSOK

XXVI. Közlekedésfejlesztési és beruházási konferenciára



Dr. Csonka Bálint
tudományos főmunkatárs
BME

Mikor vált elérhetővé az első elektromos autó?



189

4

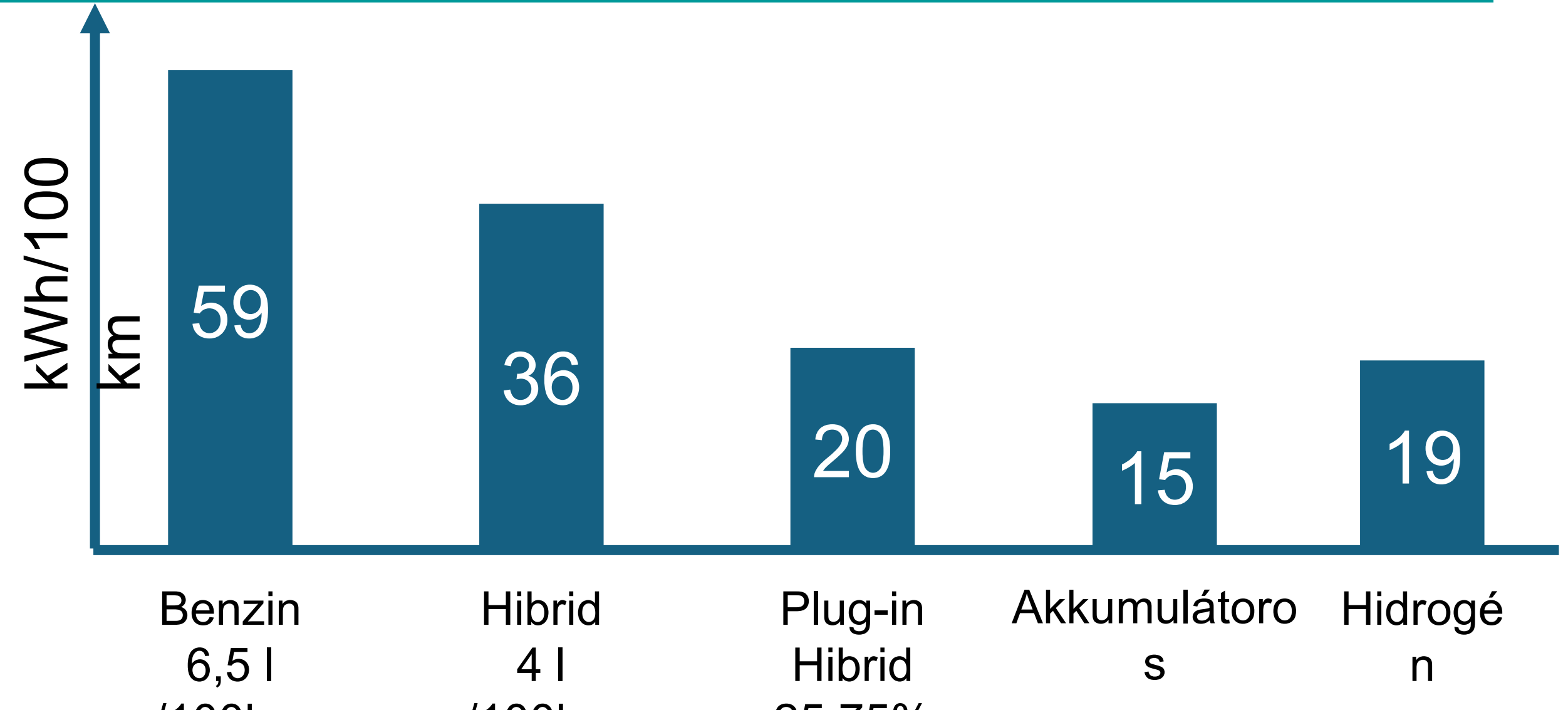
Előadás tartalma

- Technológia
- Gazdasági környezet
- Környezeti hatások
- Ösztönző rendszerek
- Töltőinfrastruktúra
- Töltésmenedzsment
- Elektromos autóbuszok



Technológia

Energiafogyasztás



Töltő csatlakozók



Type 1
AC -
egyfázisú
7.3 kW
Japán, USA



Type 2
AC – három
fázisú
22 kW (43 kW)
Európa

Töltő csatlakozók



CHAdeMO

DC

50 kW (400
kW)

Főleg Japán



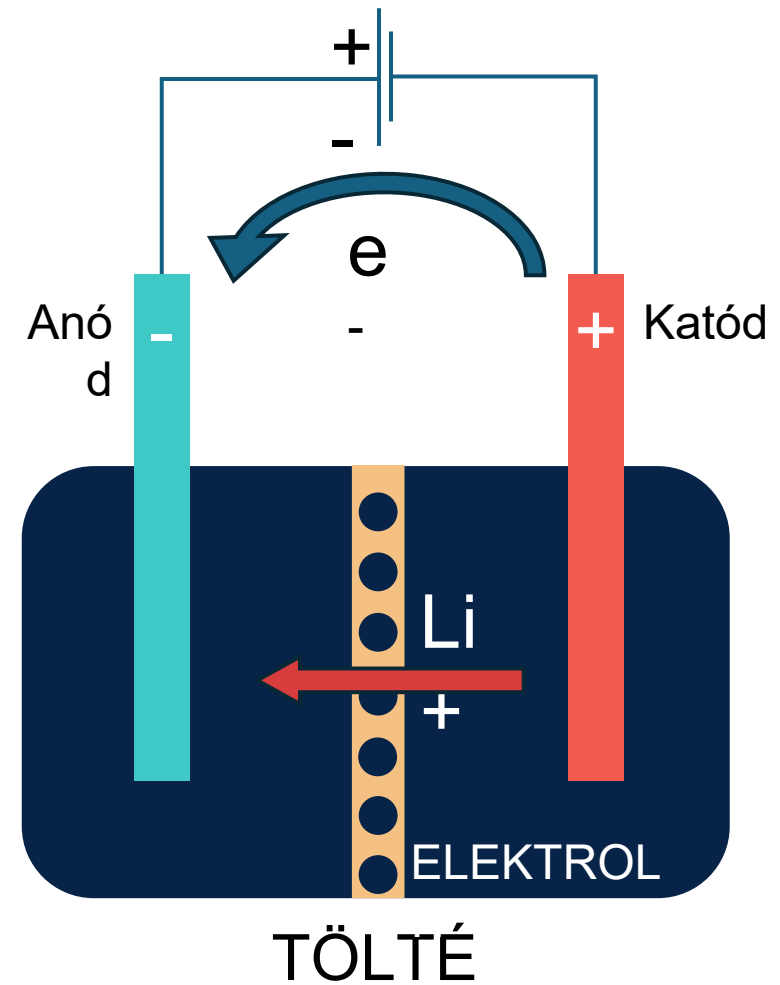
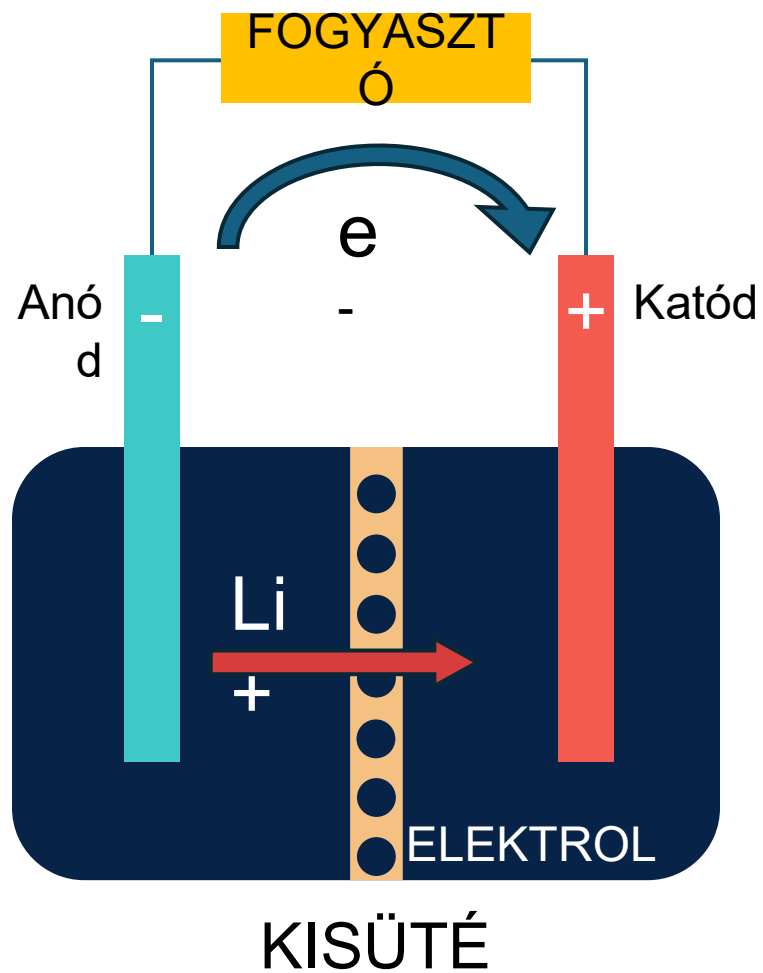
CCS2

DC

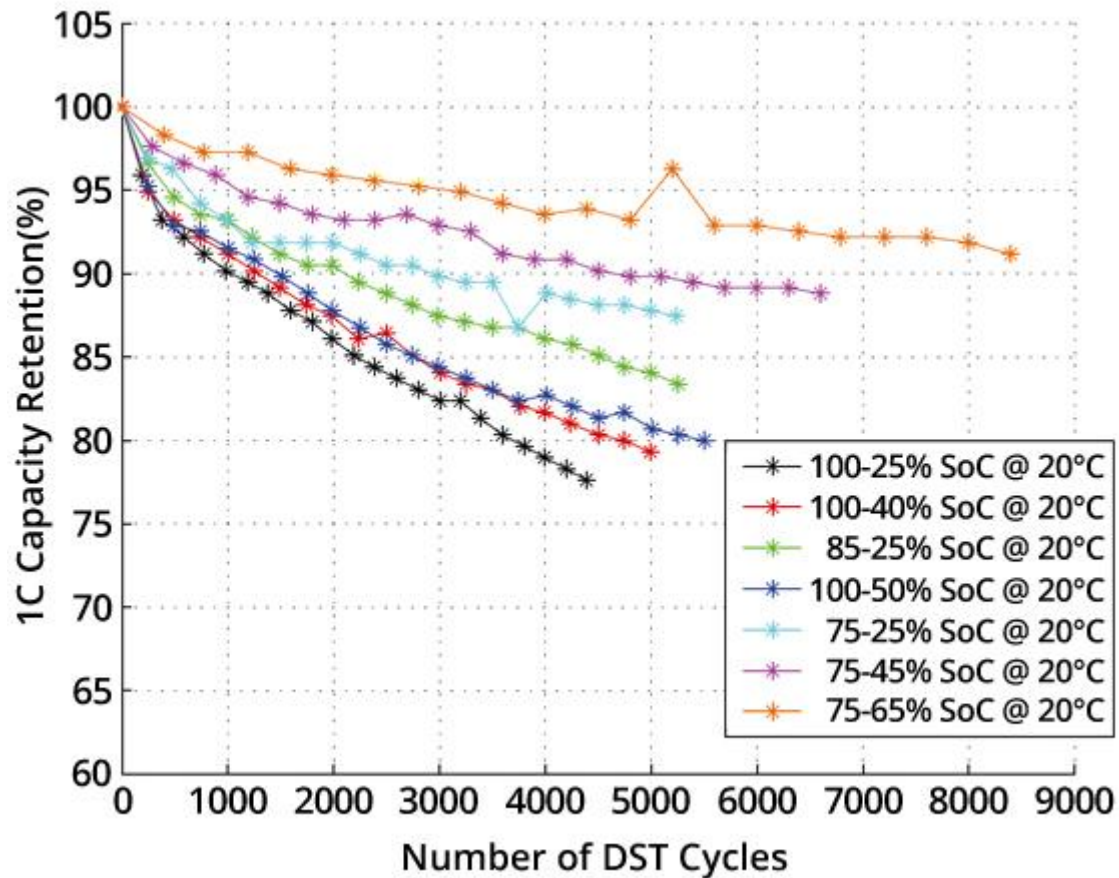
350 kW

Globális standarddá
vállik

Akkumulátorok



Akkumulátor degradáció



Szilárd-elektrolit határfelület az anódon

A lebomló elektrolit egy passzíváló réteget hoz létre az anódon.

Lítium lerakódás az anódon

Nagyteljesítményű töltés alacsony hőmérsékleten, vagy amikor magas a töltöttségi szint, Li^+ nem tud elég gyorsan beépülni a grafitba fémes lítium lerakódást létrehozva.

Katód degradáció

Nagyfeszültségen, fém oldódik az elektrolitba ami az anódra vándorol.

Elektrolit bomlása

Magas feszültség és hőmérséklet hatására gázképződés.

Aktív anyagvesztés

A használat során fellépő mechanikai terhelés hatására rétegződik és leválik a grafit.

Akkumulátorok

Lítium-vasfoszfát

LFP
150 Wh
2 - 3 /kg kW
55 /kg €
> 3000 /kWh töltés-
kisütés
Termikusan
stabil

Nikkel-mangán-kobalt

NMC
250 Wh
3 - 4,5 /kg kW
85 /kg €
1000-2000 /kWh töltés-
kisütés
Termikusan kevésbé
stabil

Akkumulátor összetevők



Akkumulátorok

Jelenlegi legjobb

LFP vagy NMC

250 Wh /kg

(NMC)

3 – 4,5 kW /kg

(NMC)

55 € /kWh

(LFP)

> 3000 töltés-kisütés

(LFP)

Termikusan stabil

(LFP)

Szilárdtest akkumulátor

SSB

250 - 800 Wh

/kg

0,2 – 0,5 kW

/kg

340 - 500 €

/kWh

> 10 000 töltés-

kisütés

Magas termikus

stabilitás

Források: <https://vibms.com/how-much-does-a-solid-state-battery-cost/>,

<https://www.laserax.com/blog/solid-state-vs-lithium-ion-batteries>





Melyik tartalmaz több hidrogént?

1 liter
benzin

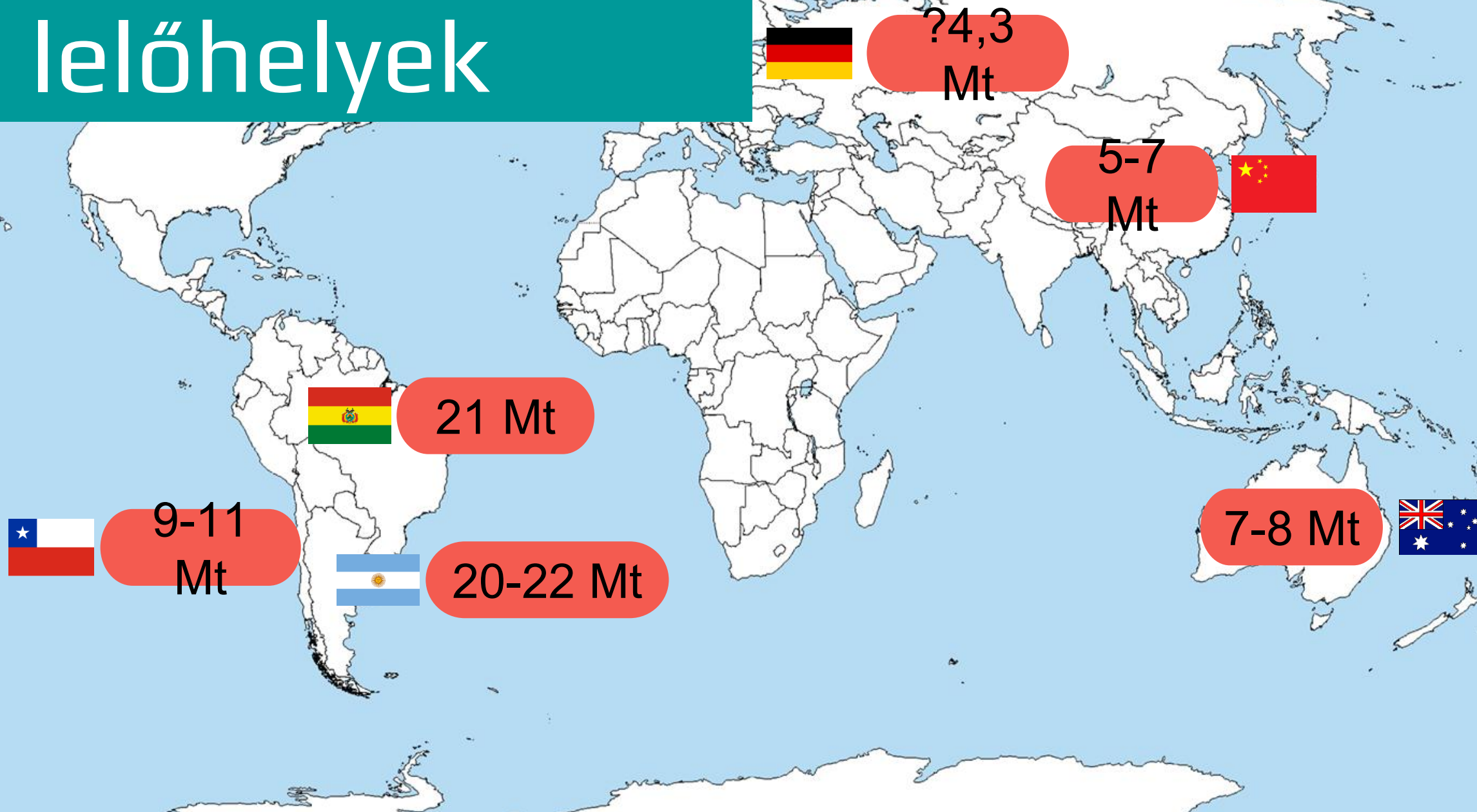
1 liter folyékony
hidrogén (-70°C)



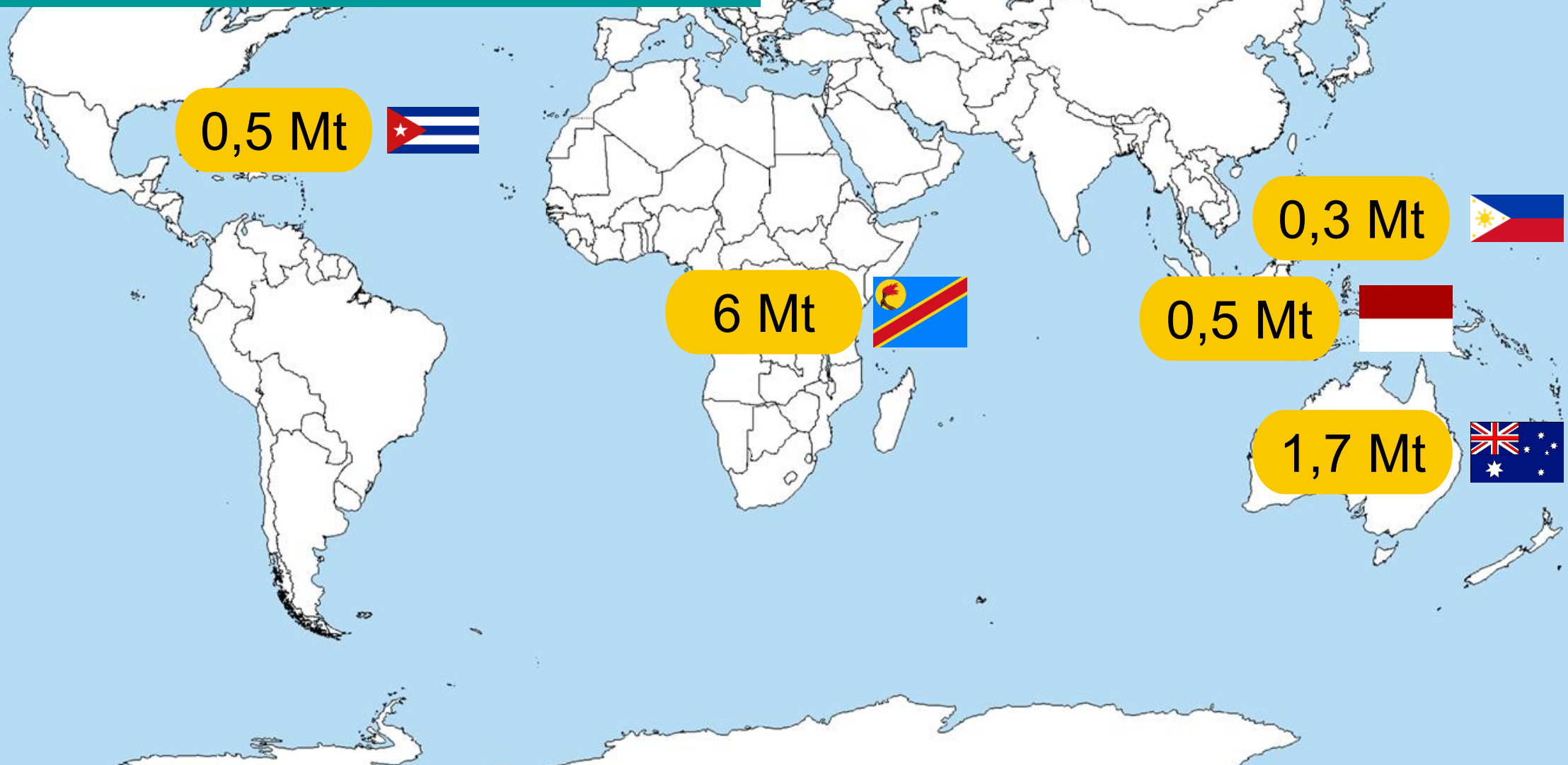
Gazdasági környezet

Litium

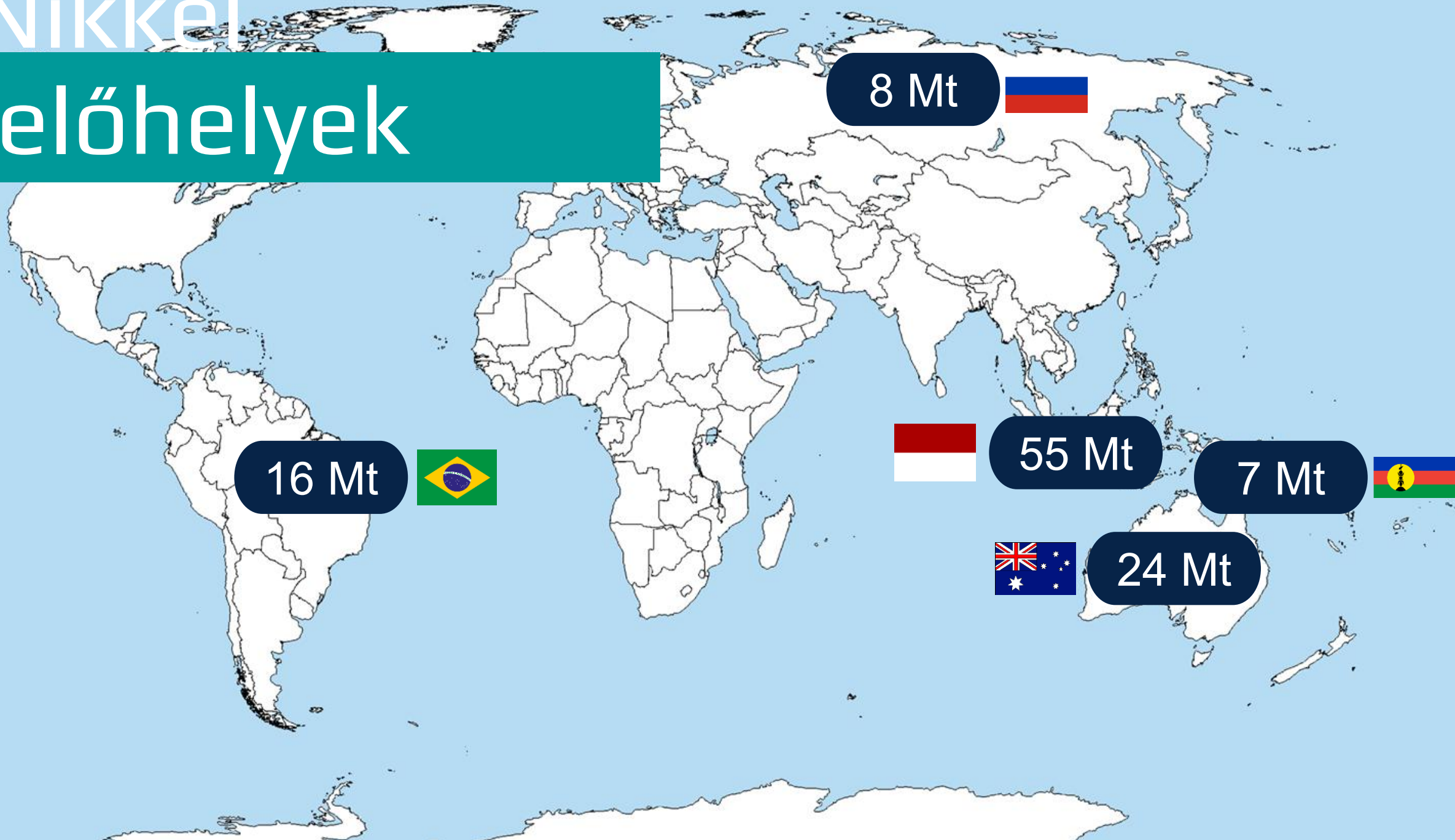
lelőhelyek



Kobalt lelőhelyek



Nikkel lelőhelyek



Bányászat



~20
%



Lítium



Kobalt



Nikkel

~7%



~25
%



~10%



~50%




~50%



~85%



Akkumulátor gyártás

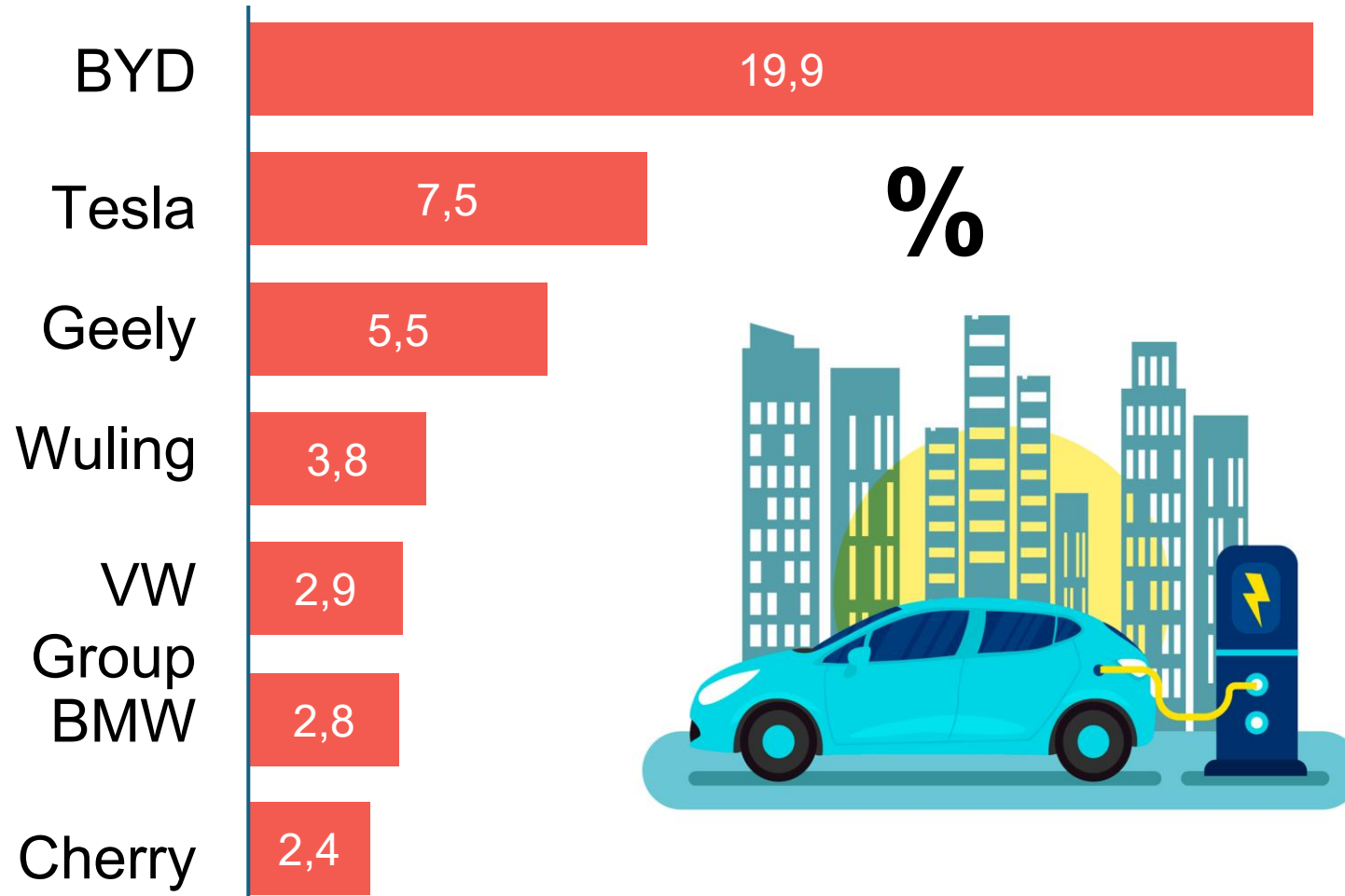
|  | Ország | [%] |
|---|--------------------|------|
| 1 | Kína | 65,2 |
| 2 | Németország | 11,3 |
| 3 | Egyesült Államok | 6,3 |
| 4 | Lengyelország | 4,8 |
| 5 | Magyarország | 3,2 |
| 6 | Svédország | 2,2 |
| 6 | Franciaország | 2,2 |
| 8 | Dél-Korea | 1,2 |
| 8 | Japán | 1,2 |
| 10 | Egyesült Királyság | 0,8 |
| 11 | Egyéb | 1,6 |

Gyártók piaci részesedése 2023-ban



■ CATL ■ BYD ■ LG ■ Panasonic ■ Többi

Vezető járműgyártók

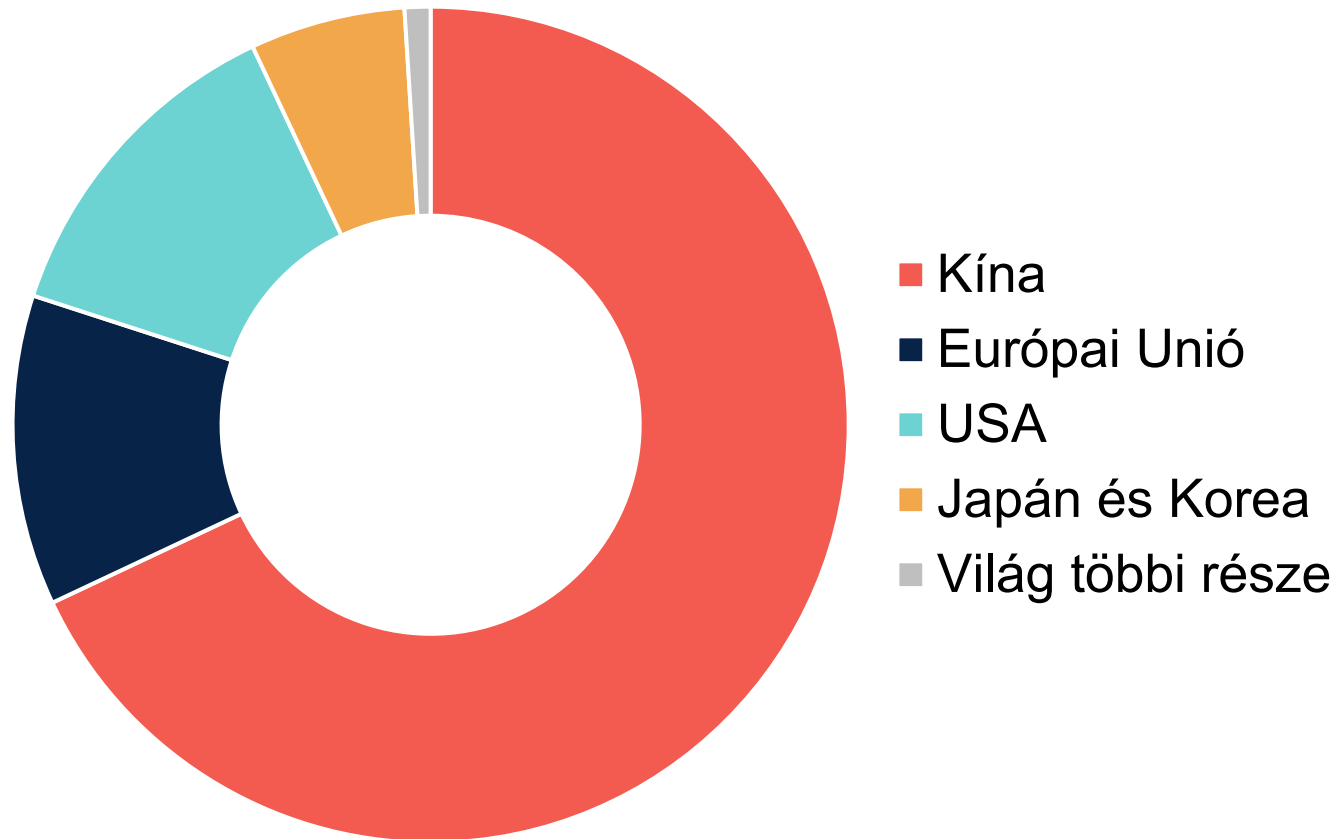


designed by freepik

Forrás: <https://autovista24.autovistagroup.com/news/which-brand-sold-the-most-evs-in-the-first-half-of-2025>

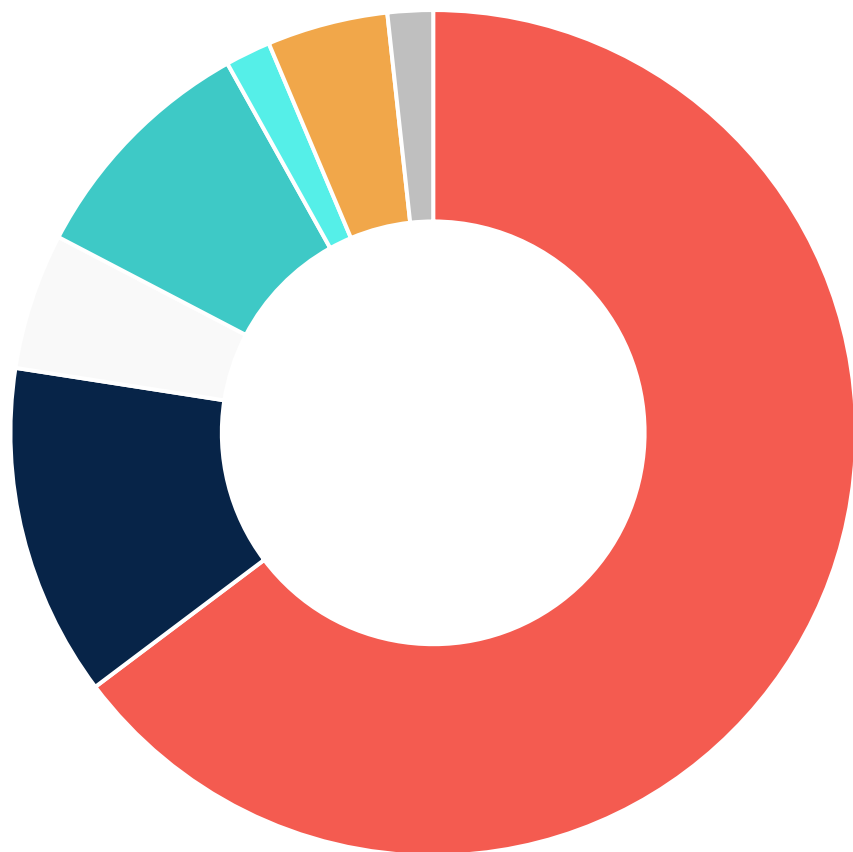
Vezető járműgyártók

Elektromos járműgyártás a gyártó székhelye szerint



Vezető piacok

Belföldi piacok



- Kína
- Európai Unió
- Európa többi része
- USA
- É-Amerika többi része
- Ázsia többi része
- Többi ország

20

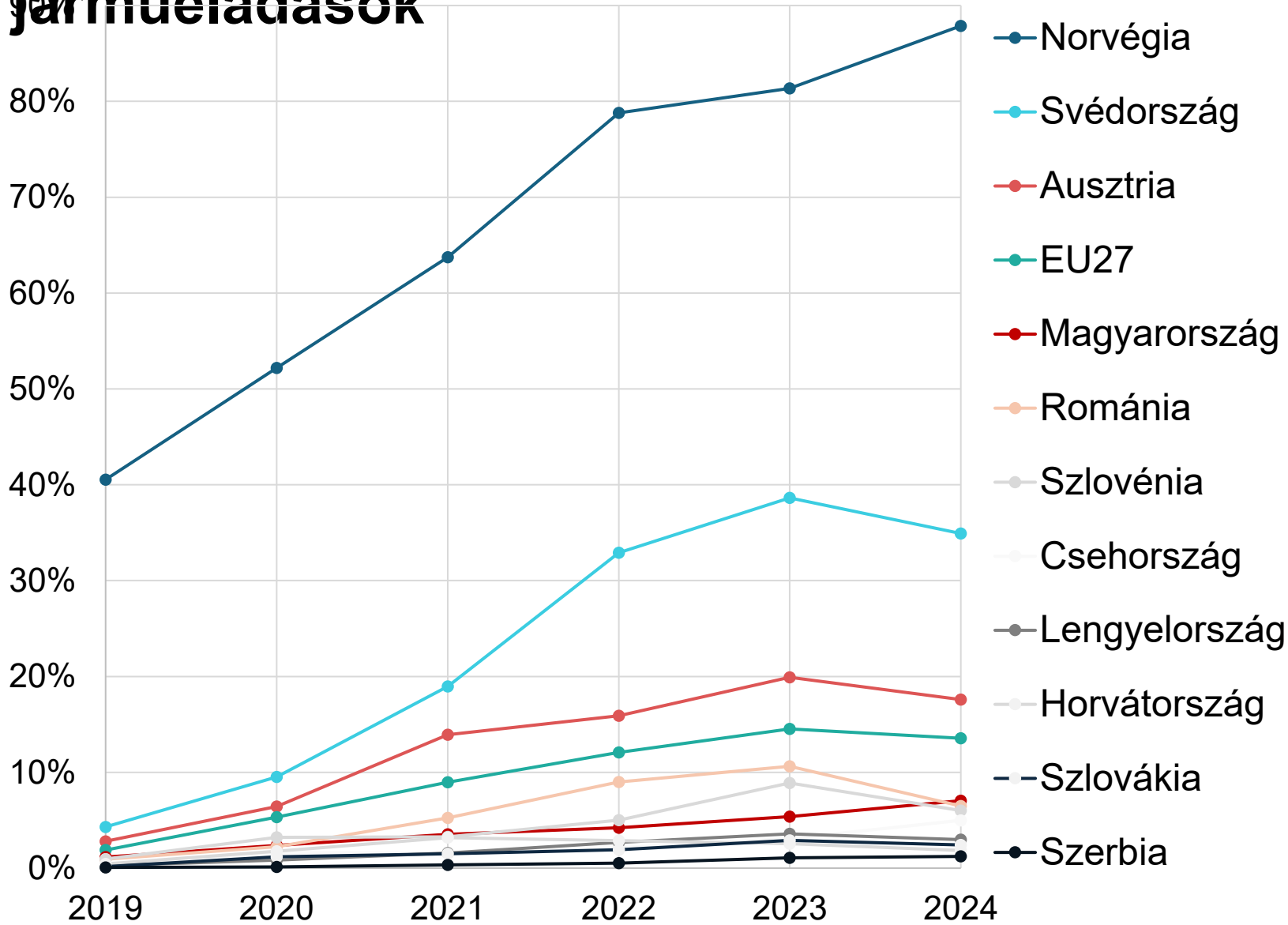
M

Eladott új
EV

202

5

Tisztán elektromos járműeladások



Magyarország 2025-ben

Járműflotta:

Összesen: 4 270
000

Tisztán elektromos: 72 300

Tölthető hibrid: 44 200

Töltőállomások:

Összesen: 3000

DC: 700



Környezeti hatások

Befolyásoló tényezők

- ◆ Akkumulátorgyártá
- ◆ S Akkumulátorkapacitás
- ◆ Energiatermelé
- ◆ S Energiafogyasztá
- S

Akkumulátor

-

gyártás

60 – 120 kg CO₂eq

/kWh

500 liter víz

/kWh

Bányászattal együtt

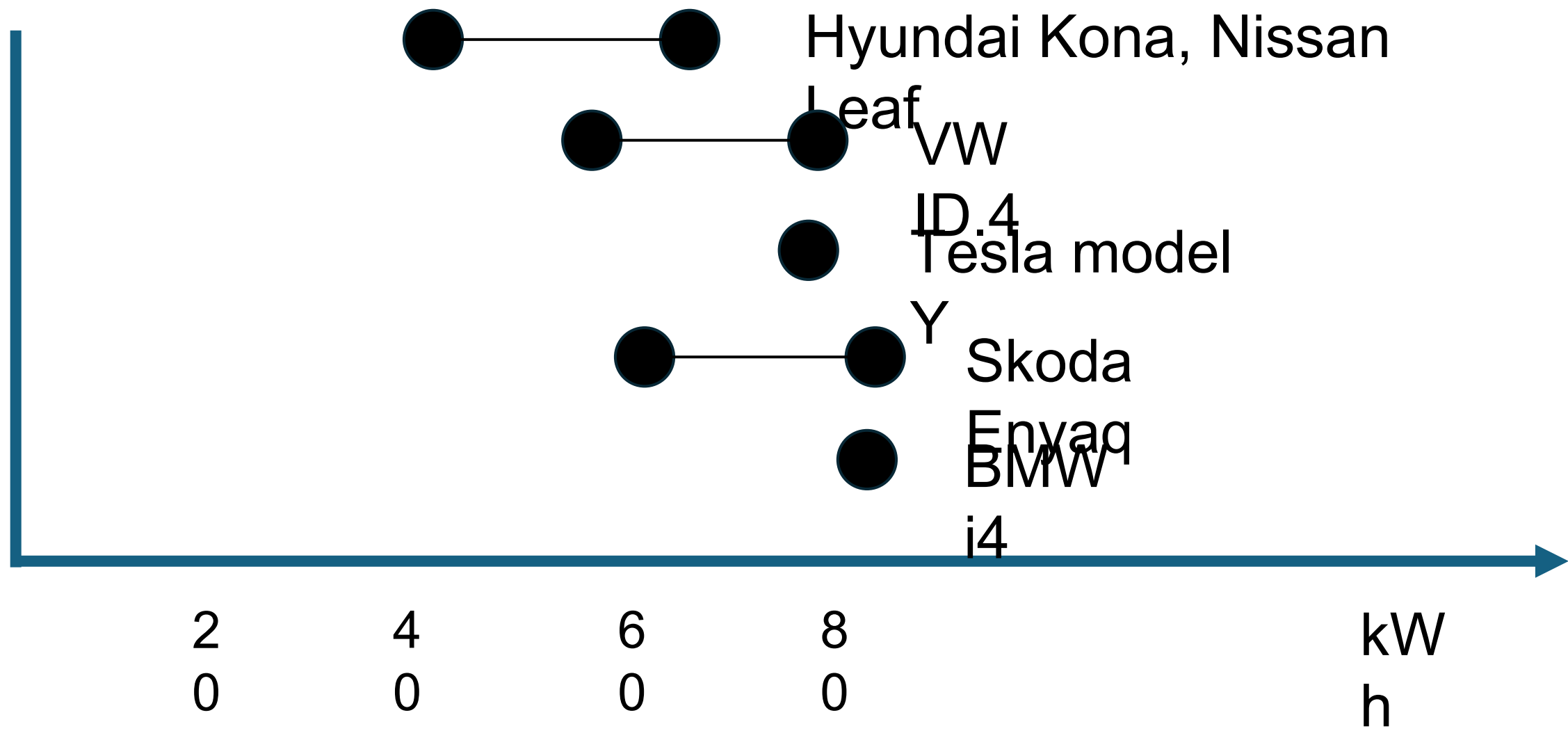




Akkumulátorkapacitás

- Átlagos napi futásteljesítmény 70 km
- Átlagos napi energiafogyasztás: 18 kWh

Akkumulátorkapacitás



electricitymaps.com/map

← Hungary

Electricity

Emissions

Electricity mix

2025. jún. 10. 14:00 CEST

Preliminary



Carbon Intensity



Low-carbon



Renewable

Installed capacity (GW)

0 GW 2 GW 4 GW 6 GW

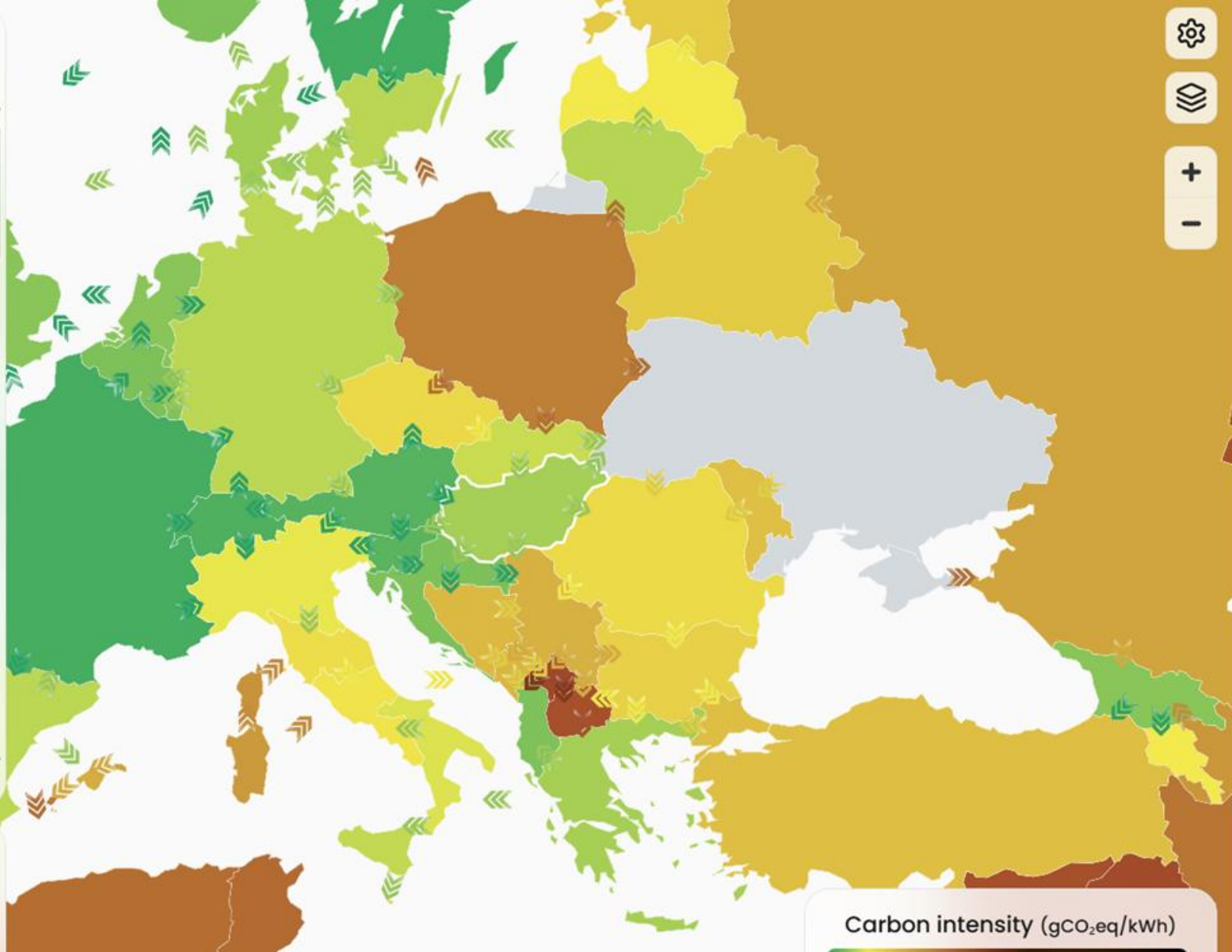
- biomass
- geothermal
- hydro
- solar
- wind
- nuclear
- battery storage



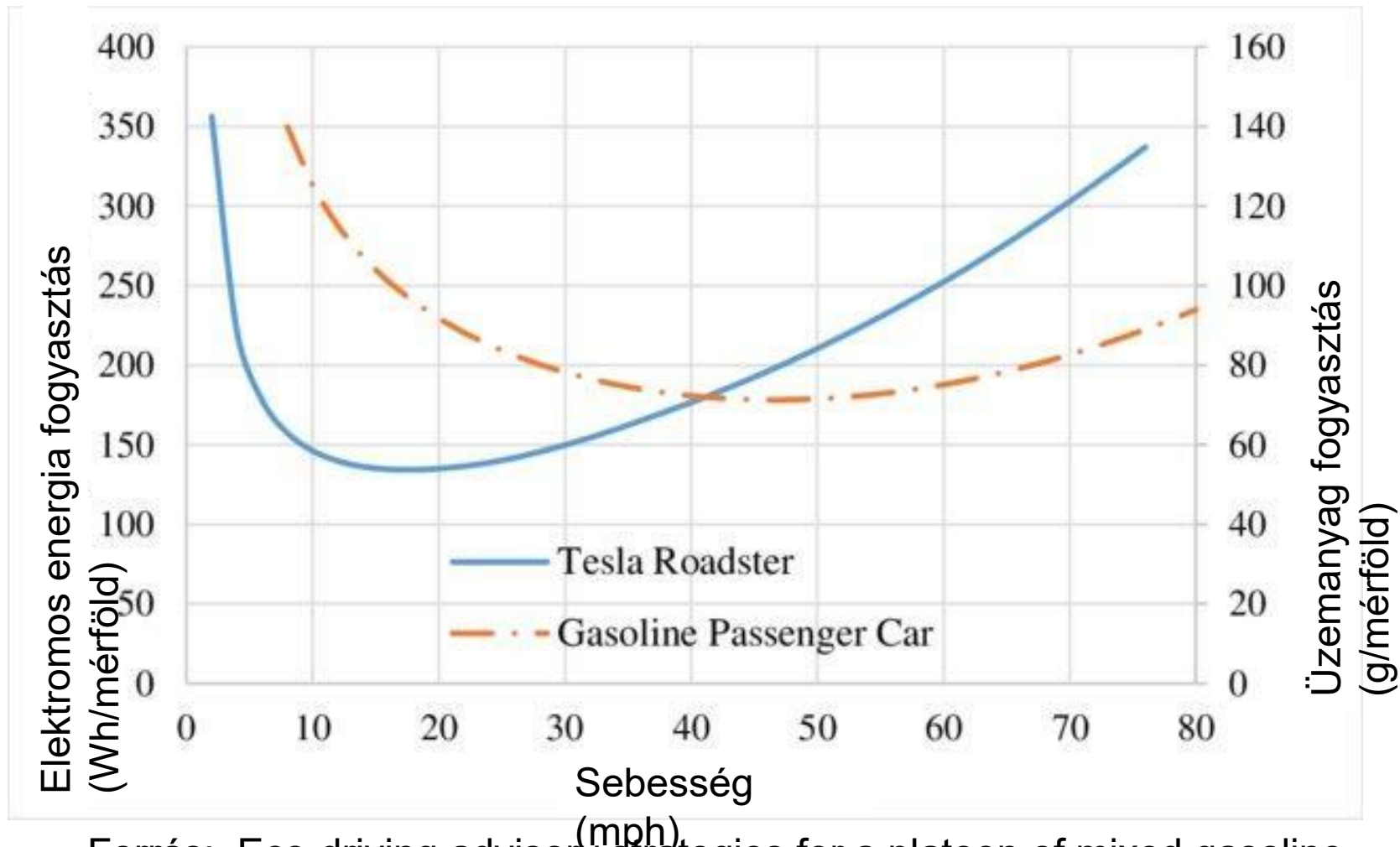
2025. jún. 10. 14:00 CEST

72 Hours

Carbon intensity (gCO₂eq/kWh)



Energiafogyasztás



Forrás: [Eco-driving advisory strategies for a platoon of mixed gasoline and electric vehicles in a connected vehicle system - ScienceDirect](#)

Melyik a környezetbarátabb?



Melyik a környezetbarátabb?

SKODA Octavia

112 – 131 gCO₂eq /km

135 gCO₂eq /km
(számításban)

Olajcsere:
100-200 km megfelelő

Fékpor:
5-10% forgalmas utak
mentén

TESLA Model 3

79 kWh

18 kWh / 100km

Elektromosság:
100 gCO₂eq/kWh

Akkumulátor
gyártás:
90 kgCO₂eq /kWh

60 700



Ösztönző rendszerek

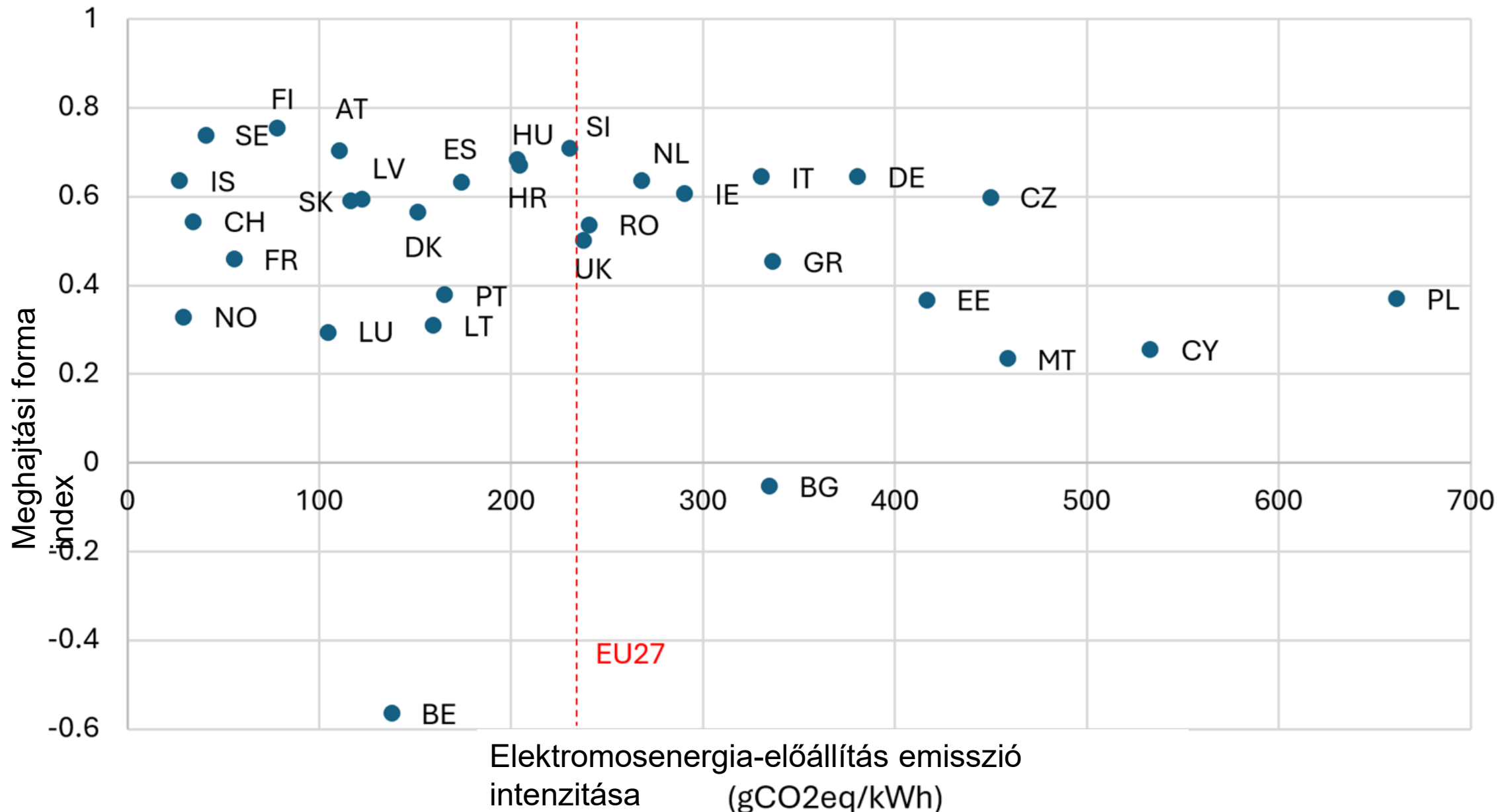
Támogatási formák

- ◆ Kutatás-fejlesztés támogatás
BYD: 3,7 milliárd USD támogatás a kínai államtól
- ◆ Járművásárlás támogatás
(adókedvezmények)
- ◆ Töltőinfrastruktúra telepítés támogatás
- ◆ Járműhasználat támogatás (ingyenes töltés, parkolás, úthasználat)
- ◆ Kényelmi (behajtási engedély, buszsáv használat)

Adókedvezmények vizsgálata

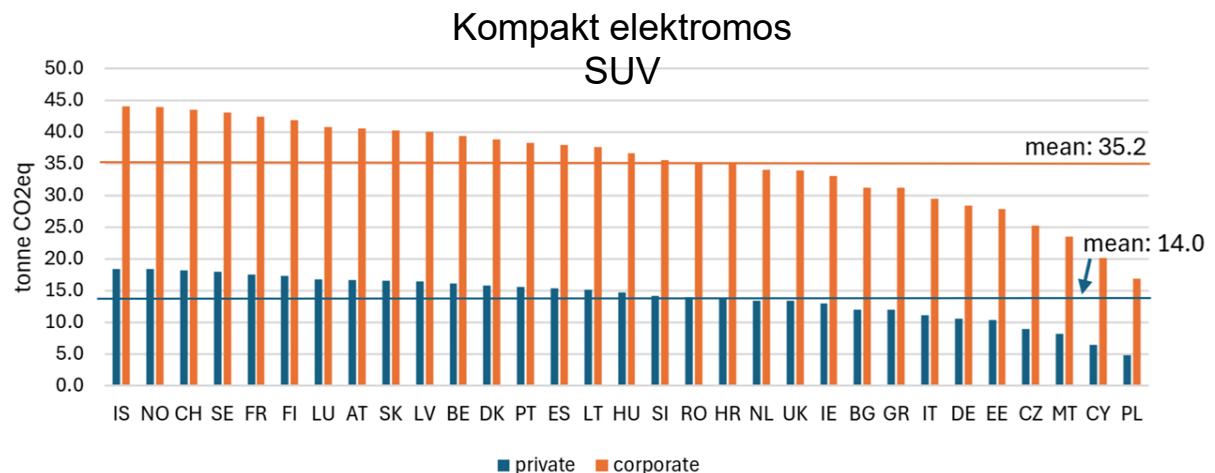
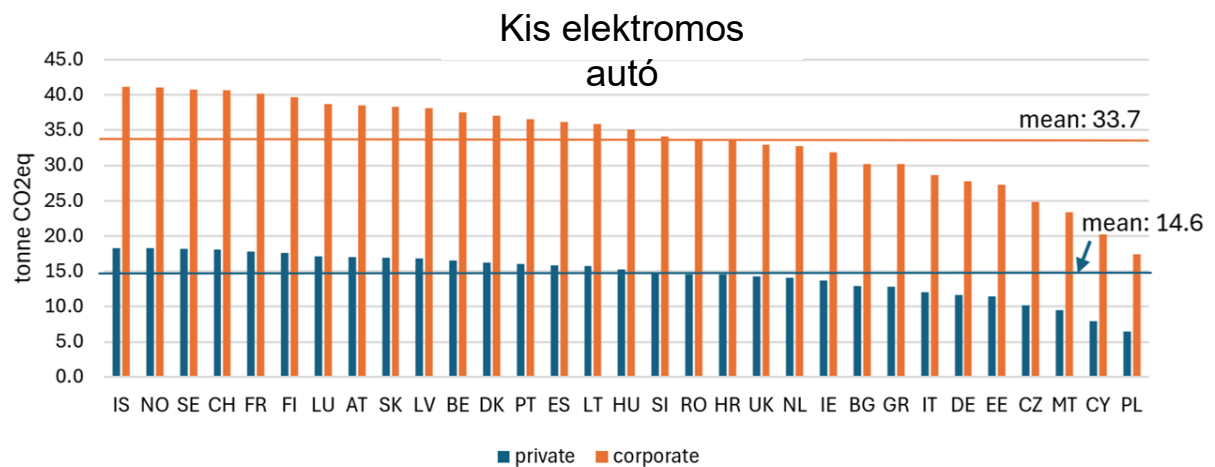
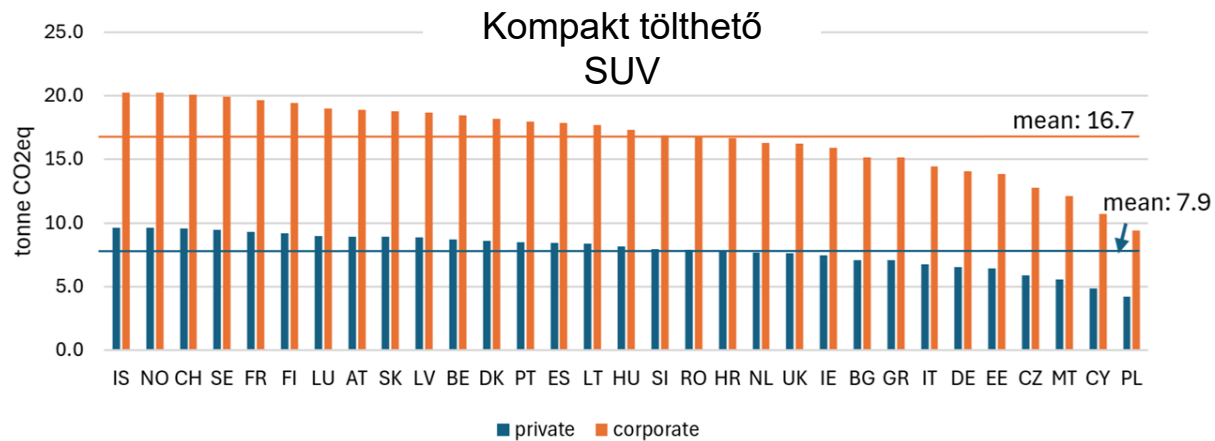
- ◆ Hagyományos és alternatív hajtás adóterhei közti különbség
- ◆ Kis (B) és kompakt (C) méretű autók
- ◆ Benzin, hibrid és tisztán elektromos meghajtás
- ◆ 31 európai ország
- ◆ Saját (15 000 km/év) és céges (30 000 km/év) használat 10 éven át

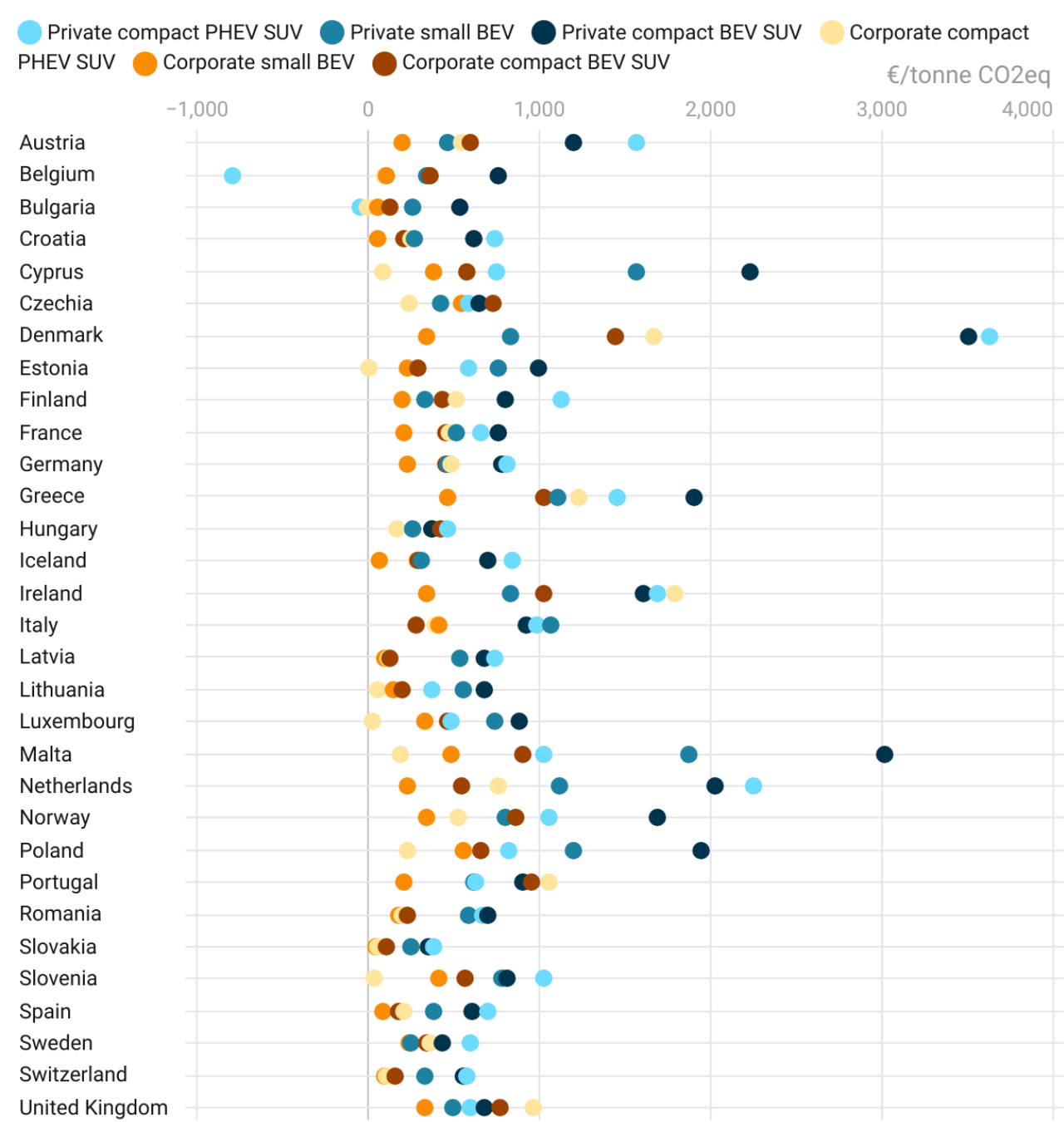
(saját)



Elektromosjármű- használat okozta CO2 kibocsátás

- Mindegyik országban kedvezőbb, ha a futásteljesítmény legalább 150 000 km
- Tölthető hibridek néhány országban kedvezőbbek (Ciprus, Lengyelország)





Ösztönzőrendszer költséghatékonysága

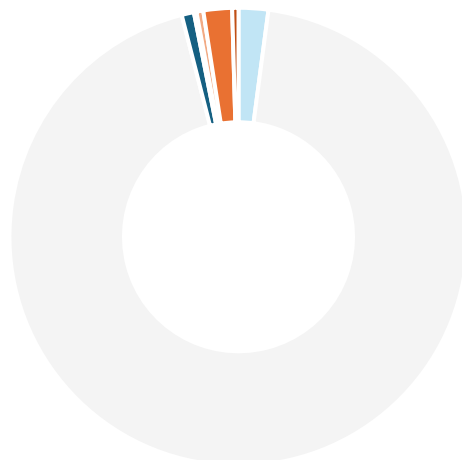
- Erdősítés: 1 – 11 €/ ton CO2
- Napelemparkok létesítése: 115 €/ ton CO2
- Szélenergia: 3 – 300 €/ ton CO2
- Üzemanyag adó: 20 – 55 €/ ton CO2



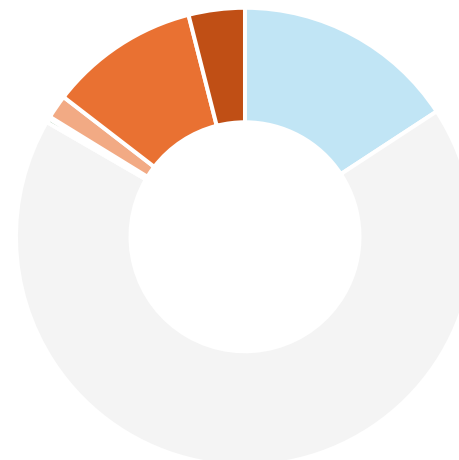
Töltőinfrastruktúra

Töltőinfrastruktúra

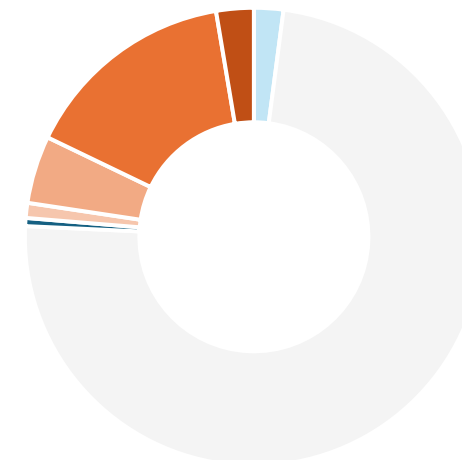
Hollandia



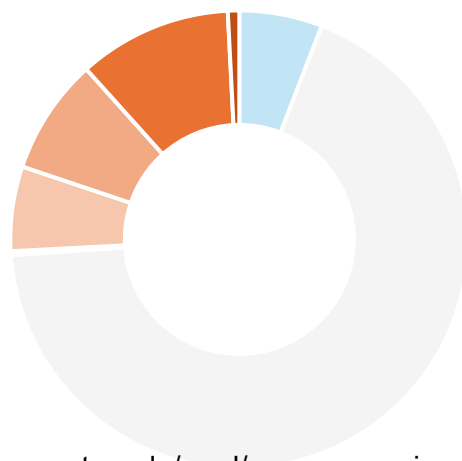
Svédország



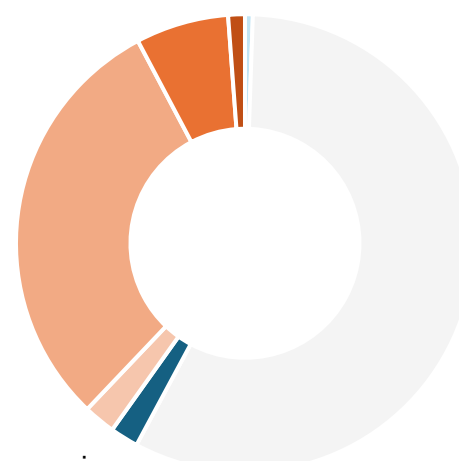
Németország



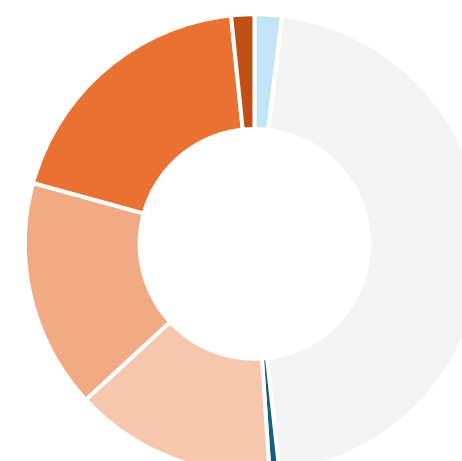
Magyarország



Lengyelország



Észtország



AC, 1 fázis ($P < 7,4\text{kW}$)

AC, 3 fázis ($7,4\text{kW} \leq P \leq 22\text{kW}$)

AC, 3 fázis ($P > 22\text{kW}$)

DC ($P < 50\text{kW}$)

DC ($50\text{kW} \leq P < 150\text{kW}$)

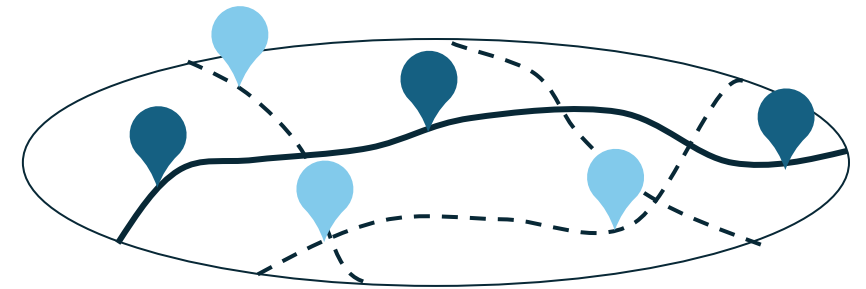
Level 1 - Ultragyors DC ($150\text{kW} \leq P < 350\text{kW}$)

Level 2 - Ultragyors DC ($P \geq 350\text{kW}$)

Inter-city módszer

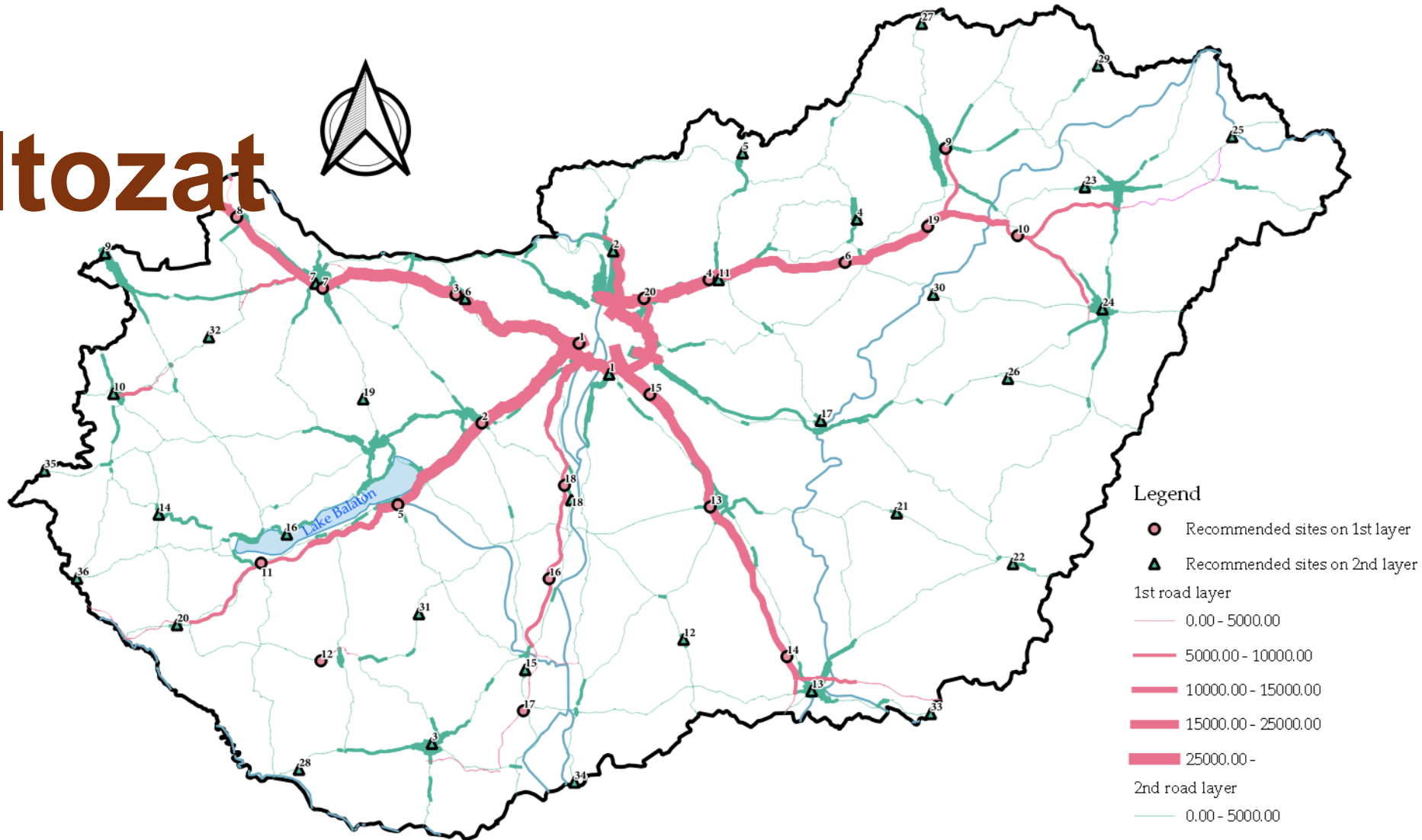
Honnan-Hová adat nélkül, csak keresztmetszeti forgalom alapján

1. Lehetséges helyszínek azonosítása
2. Helyszínek értékelése
 - Keresztmetszeti forgalom
 - Elérhető szolgáltatások
 - Elérhető villamos teljesítmény
 - Távolság a legközelebbi töltőállomástól
3. Töltőpont telepítése a legjobbra értékelt helyszínen (mohó algoritmus)
4. Helyszínek újraértékelése
5. Célértékek (KPI) számítása és ellenőrzése
6. Ismétlés a 2. lépéstől kezdve, ha a célok nincsenek elérve



Multi-level allocation

„B” változat



Legend

- Recommended sites on 1st layer
- ▲ Recommended sites on 2nd layer
- 1st road layer
 - 0.00 - 5000.00
 - 5000.00 - 10000.00
 - 10000.00 - 15000.00
 - 15000.00 - 25000.00
 - 25000.00 -
- 2nd road layer
 - 0.00 - 5000.00
 - 5000.00 - 10000.00
 - 10000.00 - 15000.00
 - 15000.00 - 25000.00
 - 25000.00 -

$\alpha=40\text{km}$ $\beta=60\text{km}$



Városi töltőtelepítési módszer

Középpontban a parkolás

1. Tesszaláció hatszögekkel

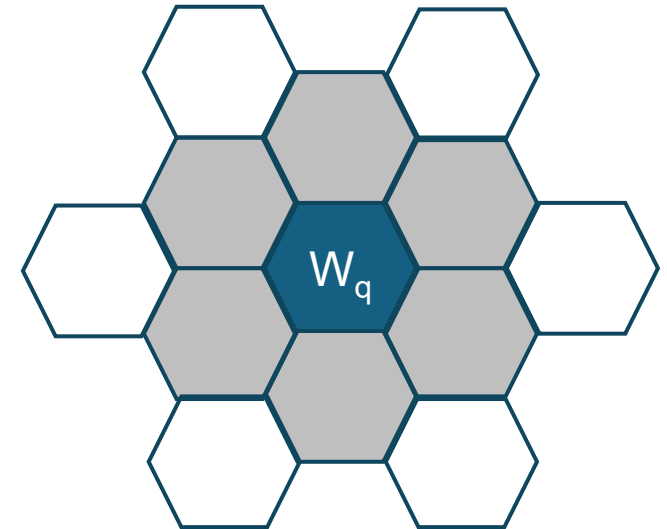
2. Hatszögek értékelése

- Nappali igény: forgalomvonzó létesítmények, pl. üzletek, szabadidős létesítmények, bank és postafiókok, egészségügyi szolgáltatók
- Éjszakai igény: népesség és beépítettség
- Minél gyakrabban minél tovább parkol: annál jobb a helyszín

3. Töltőpont telepítése a legjobb hatszögben

4. Célértékek számítása és értékelése

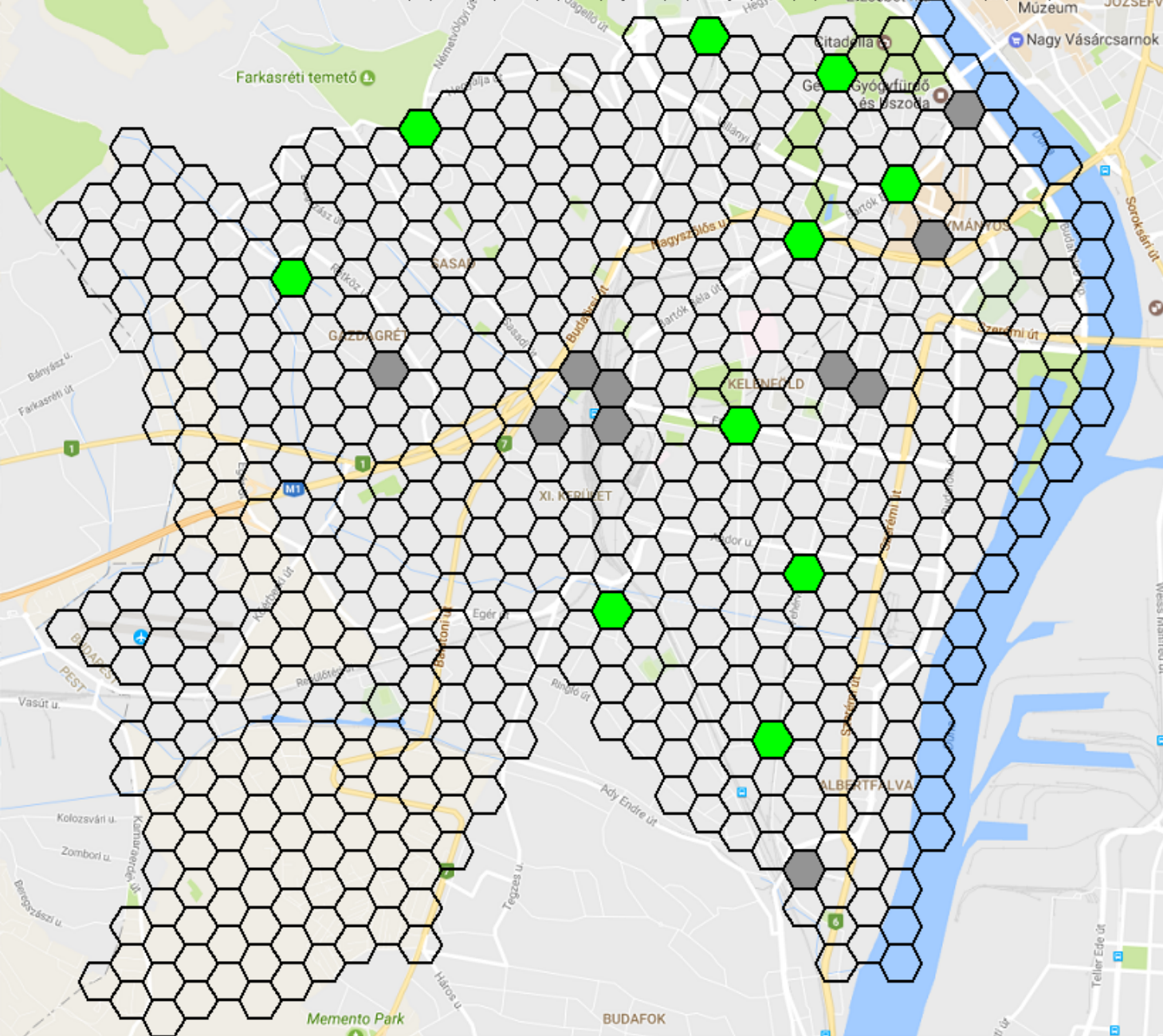
5. Folyamat megismétlése a 2. ponttól ha a célok nem teljesültek





Méret a gyaloglási távolság alapján

Városi töltőtelepítési módszer

| Helyszín | Gyakoriság [alkalom/nap] | Idő [hh:mm] |
|---|-----------------------------|----------------|
| Otthon | 0,72 | 5:58 |
| Nyilvános töltés otthon | 0,27 | 1:50 |
| Munkahely | 0,59 | 4:44 |
| Üzletek és piacok | 0,18 | 0:43 |
| Bank és postafiók | 0,09 | 0:21 |
| P+R parkolóhelyek | 0,15 | 2:09 |
| Bus and railway station | 0,08 | 1:21 |
| Hagyományos töltőállomás (benzinkút) | 0,25 | 0:21 |
| Turisztikai célpontok, múzeumok, sport és szabadidős létesítmények | 0,12 | 1:15 |



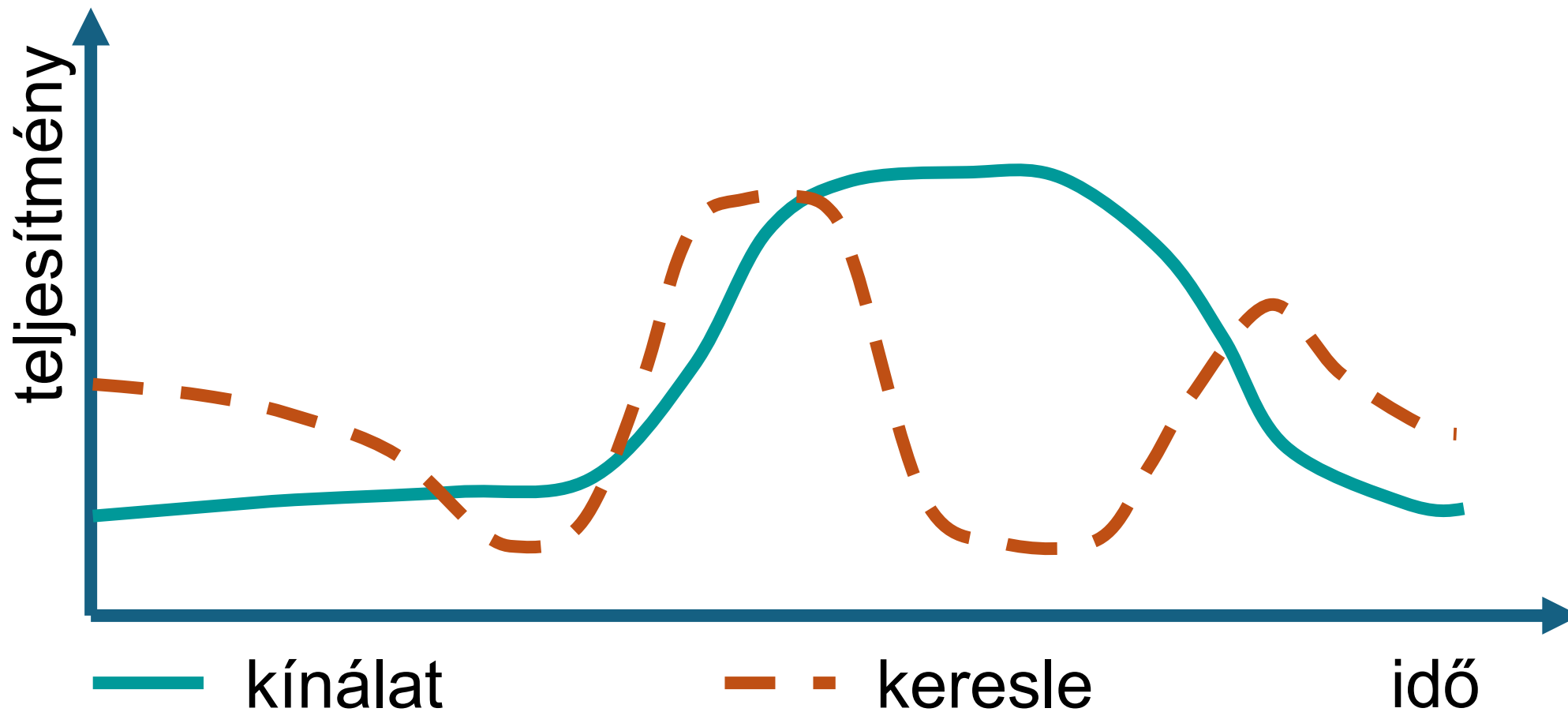
Városi töltőtelepítési módszer

Legend:  Javasolt töltőállomás helyszín
 Meglévő töltőállomás



Töltésmenedzsment

Miért szükséges a töltésmenedzsment?



Kínálat és kereslet nem fedik egymást

Mik a megoldások?

- ◆ Energiatárolás
- ◆ Igények befolyásolása

Energiatárolás



Európa: 53

GW

Forrás: <https://etip-hydropower.eu/latest-news/2025-world-hydropower-outlook-global-launch/>

Szivattyús

Energiatároló
Földrajzi adottságok

Nagy kapacitás (10-20GWh)

80-85%
energiahatékonyság

4 – 16 órás ürítés

Magas beruházási,
alacsony üzemeltetési

költség

Energiatárolás



Európa: 35 GW (61
GWh)

Akkumulátor

Egyszerűen telepíthető

Kisebb kapacitás (1 GWh)

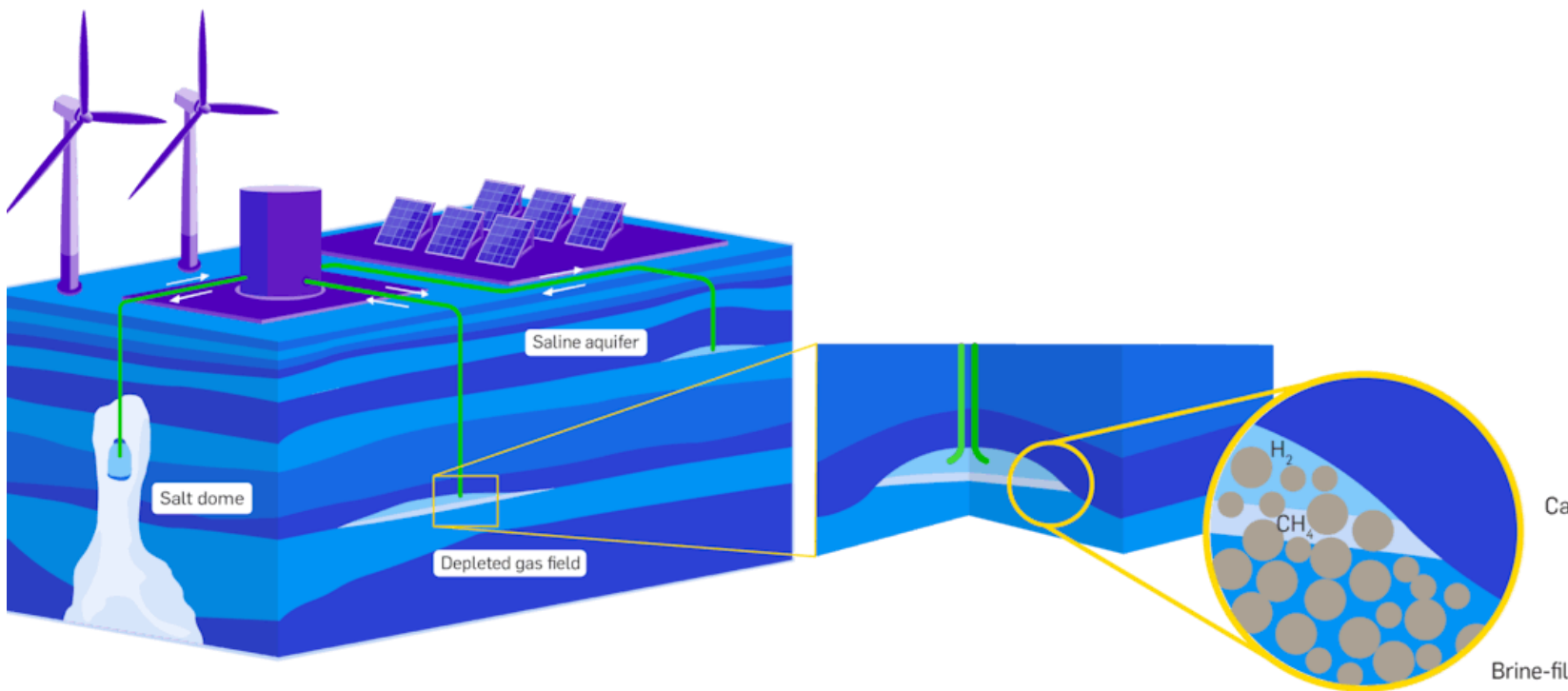
85-95% energiahatékonyság

0,1 – 6 órás merítés

Alacsony beruházási,
magasabb üzemeltetési
költség

Kapacitás 2/3-a a mérők

Energiatárolás



Hidrogén

Speciális földrajzi adottságok

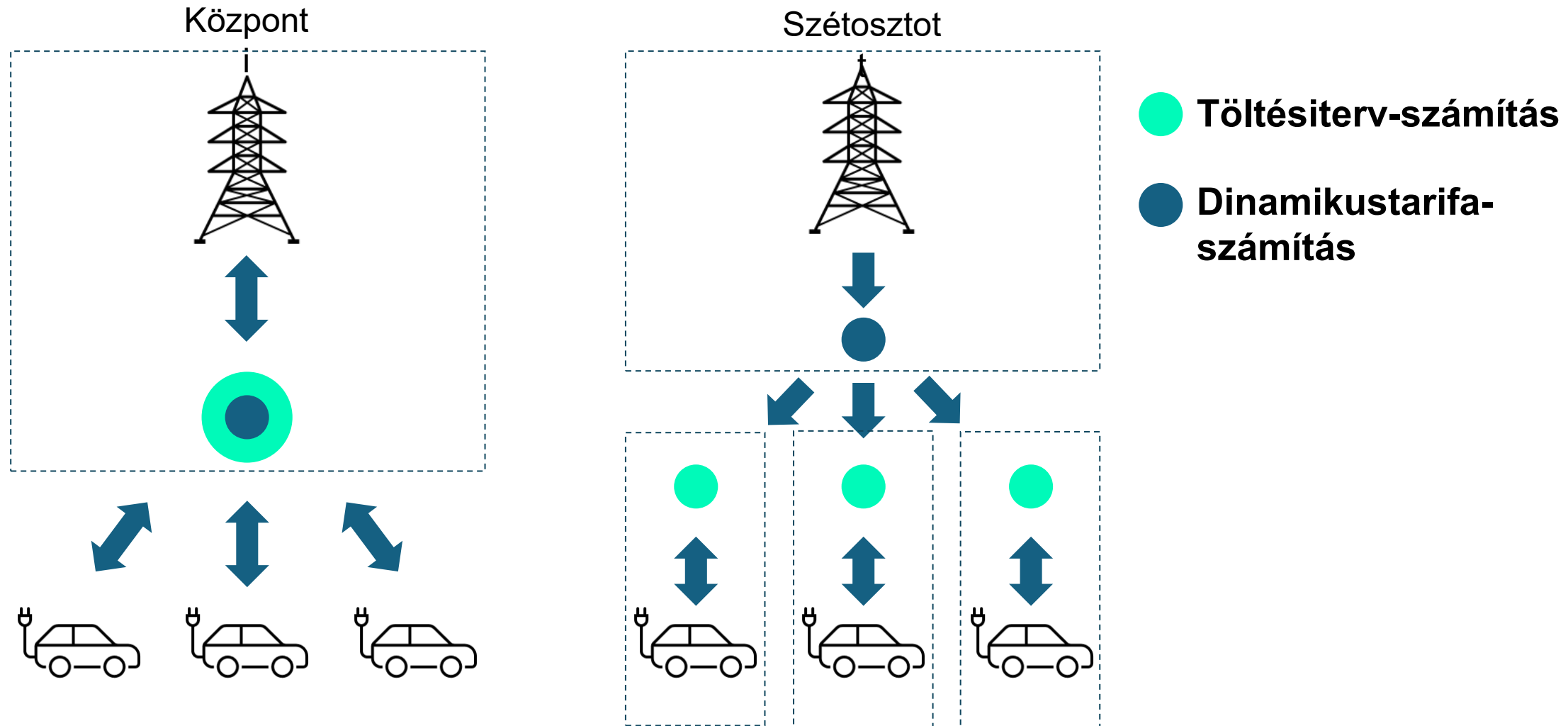
Nagy kapacitás

Magas reakcióidő

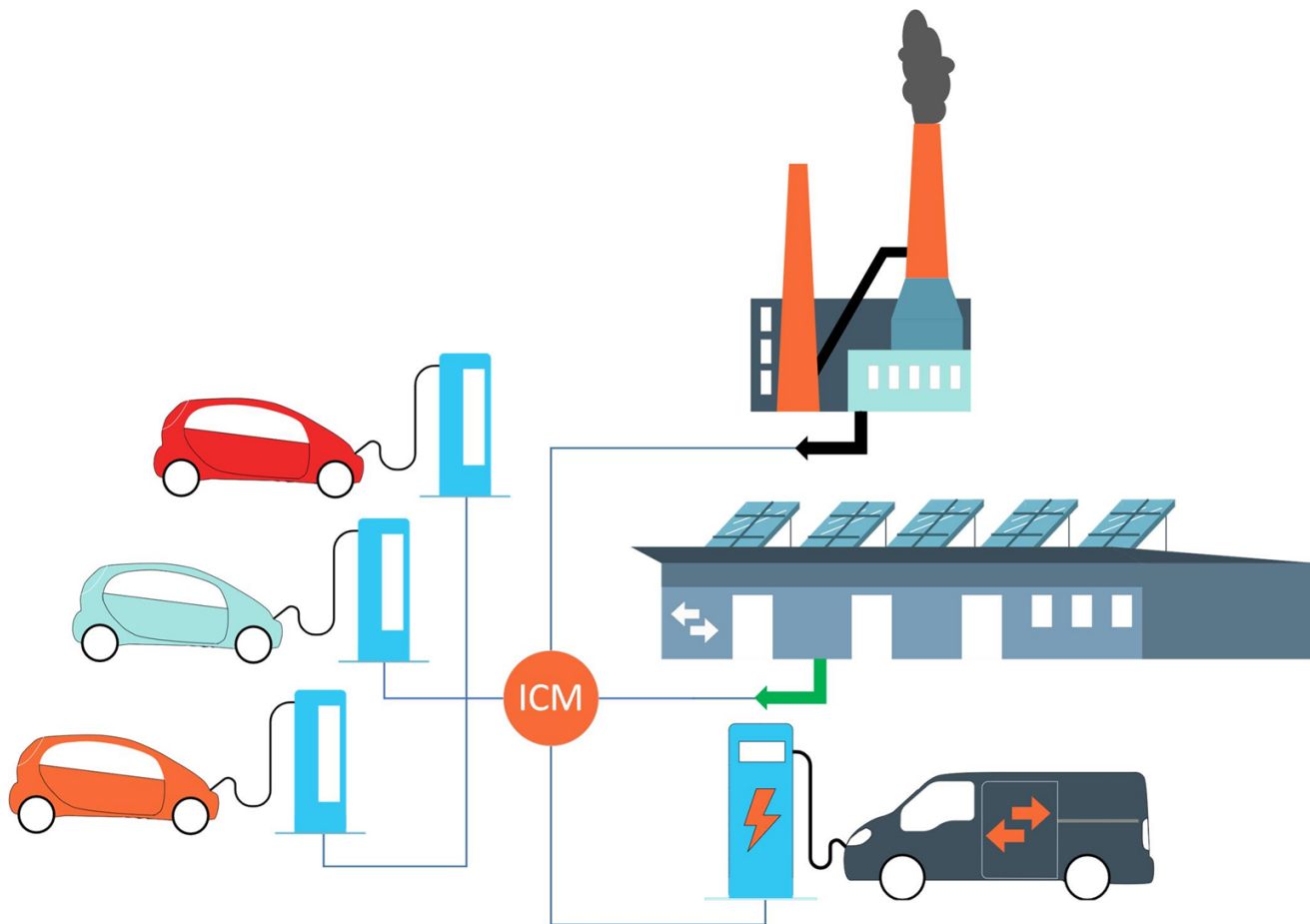
Ca 30 – 45%
energiahatékonyság

Szezonális

Töltésmenedzsment



Központi töltésmenedzsment - esettanulmány



Logisztikai

Központ: rugalmas igény

E-furgonok: azonnali igény

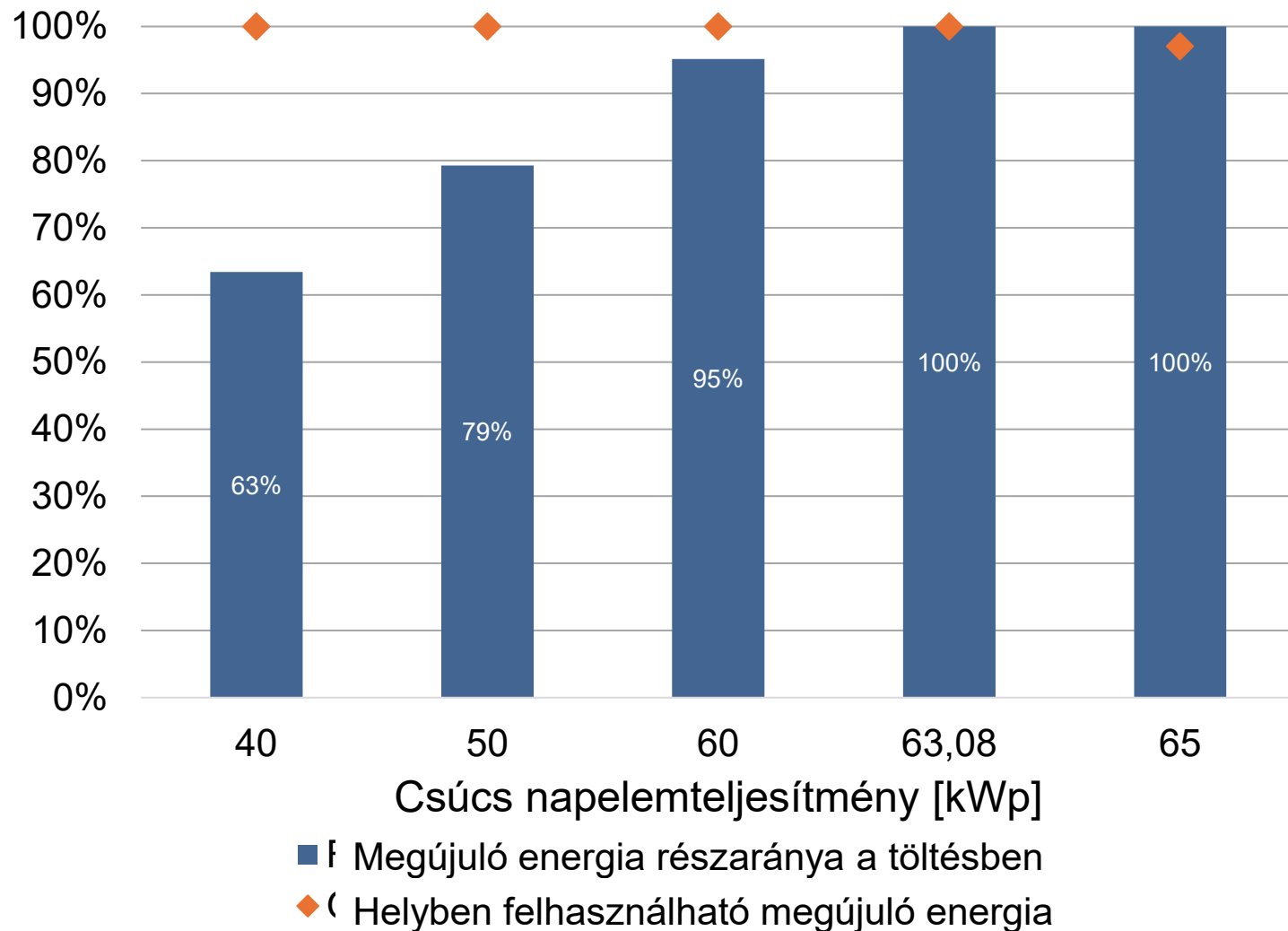
Olcsó napenergia

Napelemteljesítmény napközben ingadozik

Nincs statikus energiatároló

Cél: elektromos járművek csak napelemmel töltése, minimális napelem teljesítménnyel

Központi töltésmenedzsment - esettanulmány



Logisztikai

központ

2x több megújuló energia

Jelentősen alacsonyabb
töltési költség



Elektromos autóbuszok



Mikor érdemes az elektromos hajtást választani?

Alacsony sebesség

Gyakori elindulás-megállás

Szennyezett levegő (lokális hatás)

Magas futásteljesítmény (nagy

Töltési technológia



Állóhelyzetbe



Állóhelyzetben és

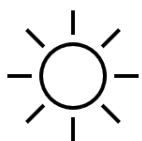


Töltési stratégiák



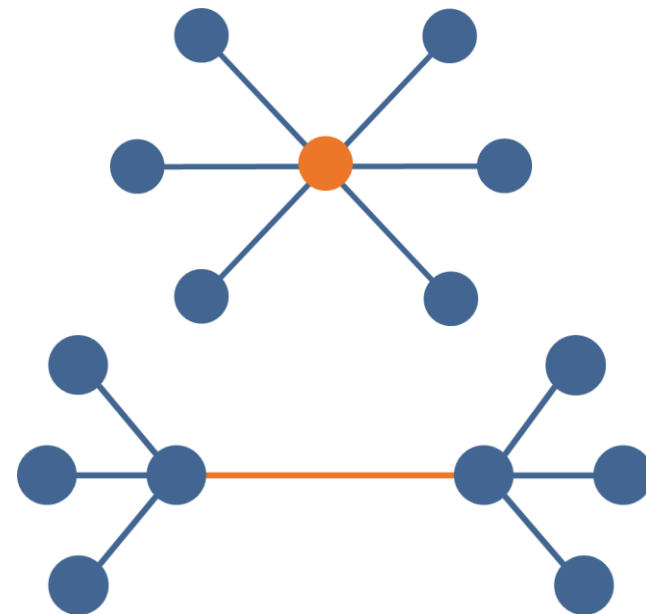
Éjszaka a telephelyen

- 1 töltő – 1 autóbusz
- Nagy akkumulátor kapacitás



Napközben

- 1 töltő – sok autóbusz
- Magas töltési teljesítmény
- Kisebb akkumulátor kapacitás



BYD eBus B12



Akkumulátor kapacitás : 491 kWh (LFP); töltési teljesítmény: 75 kW – 240 kW (CCS csatlakozó);
Hatótáv: 755 km (~550 km télen); Hőszivattyú hűtés-fűtés; Utaskapacitás: 87 fő (32 ülőhely)

Mercedes eCitaro

- Akkumulátor kapacitás: 555 kWh (NMC)
- Töltés: CCS: 150 kW, pantográf: 300 kW
- Hatótáv: 150 – 300 km (nyári - ideális)
- Hőszivattyú hűtés - fűtés
- Utaskapacitás: 88 fő



Solaris Trollino 18 IV



Akkumulátor kapacitás: 58 – 87 kWh (LFP); menetközbeni töltés;
Hatótáv: 20 km

Yutong GTe14



Akkumulátor kapacitás: 563 kWh; dupla töltés: 2x150 kW;
hatótáv: 450 km; utaskapacitás: 57 fő

Legjobb gyakorlatok

Turku, Finnország

3-4 perces napközbeni töltés, 20 alk/nap
300kW töltési teljesítmény
55 kWh akkumulátor kapacitás
13 km hatótáv

Eberswalde, Németország

Trolibuszhálózat bővítése önjáró
trolibuszokkal
Elektromos fűtés megkészszerzi az
energiafogyasztást

Wiesbaden, Németország

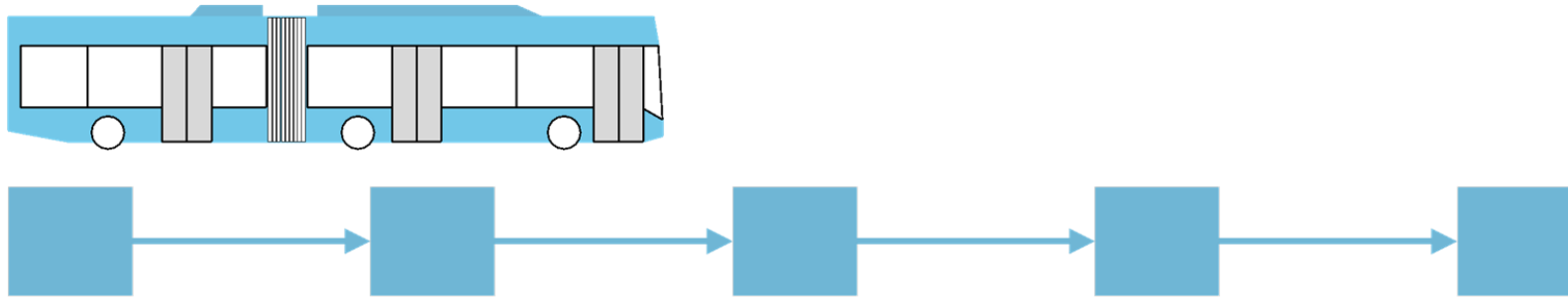
100 db 12m elektromos autóbusz
Csuklós autóbuszok számára nem elég érett
a technológia
Telephelyi töltés: 1 töltő – 2 autóbusz
1.7 dízel helyettesítési ráta

Gdynia, Lengyelország

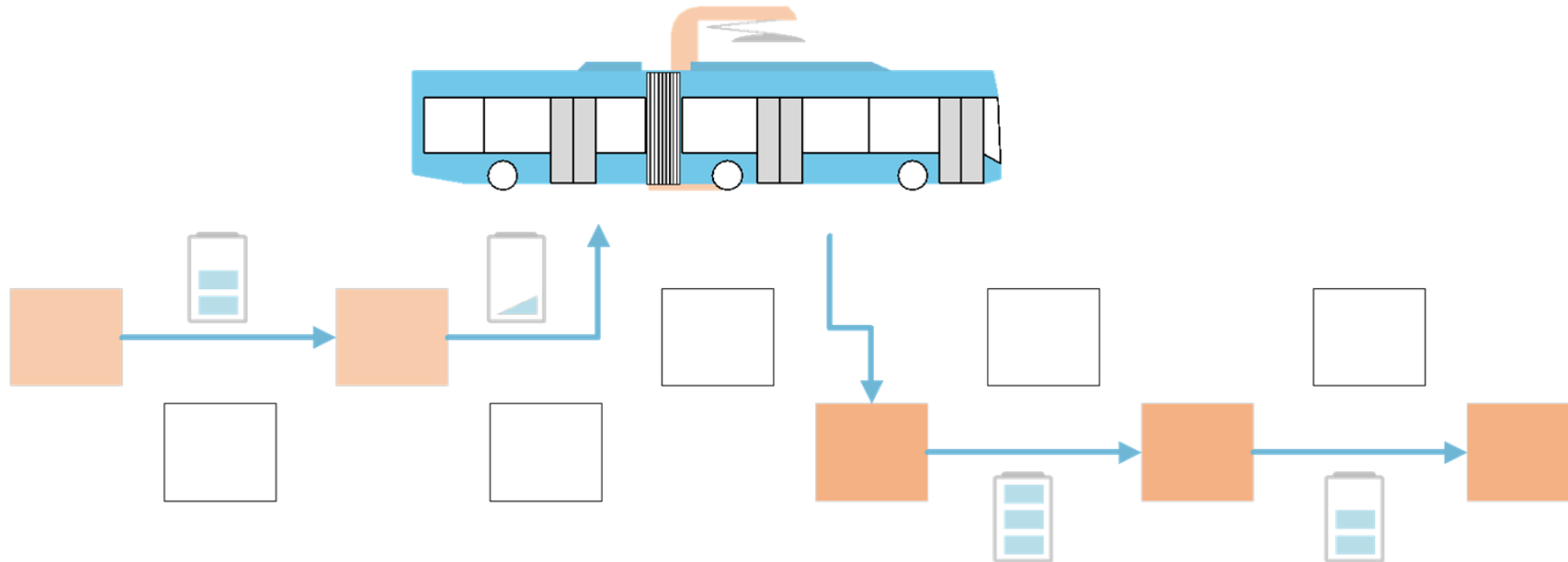
Trolibuszhálózat
Helyi energiatároló megoldások
Akkumulátor degradáció: -20% 7 év után és
2500 töltés-kisütés ciklus után

Fordatervezés







**Fi
x**



**Rugalma
s**



Rákóczi úti autóbusz tengely

| | | 1. | 2. | 3. | eBus |
|---|-------------|-----------------------|---------------------------------|--|--|
|  | km | 7,4 | 9,6 | 13,9 | - |
|  | db | 9 | 6 | - | 18 |
|  | - | 7, 7E, 110, 110E, 112 | 7, 7E, 8E, 108E, 110, 110E, 112 | 5, 7, 7E, 8E, 108E, 110, 110E, 112, 133E | - |
|  | - | 5, 8E, 108E, 133E | 5, 133E | - | 5, 7, 7E, 8E, 108E, 110, 110E, 112, 133E |
|  | db | 61 | 83 | 122 | - |
|  | db | 67 | 43 | - | 129 |
| € | milliárd Ft | 38,9 | 38,3 | 37,2 | 61,2 |

Köszönöm a figyelmet!

Dr. Csonka Bálint

csonka.balint@kjk.bme.hu

Közlekedéstechnológiai és Közlekedésgazdasági Tanszék

Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem