

Emise CO₂ v životním cyklu automobilů a elektromobilů

Josef Morkus, Jan Macek

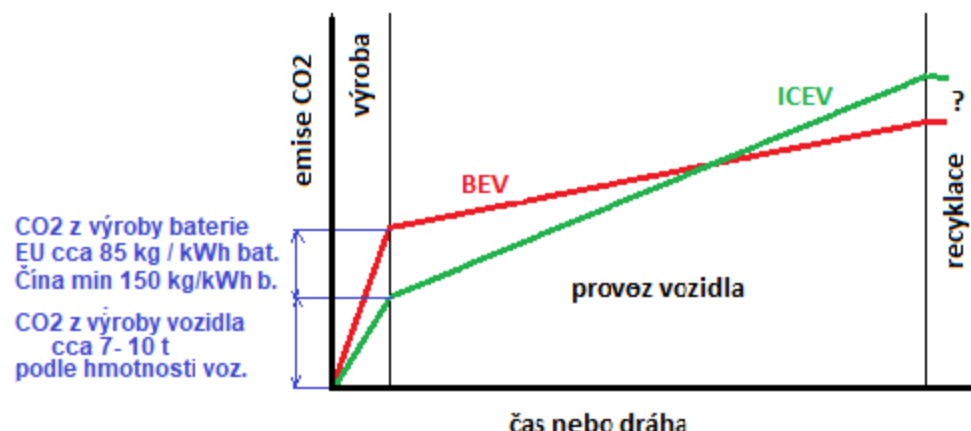
Centrum vozidel udržitelné mobility

FS ČVUT v Praze

Česká společnost pro jakost

prosinec 2025

Schema tvorby emisí



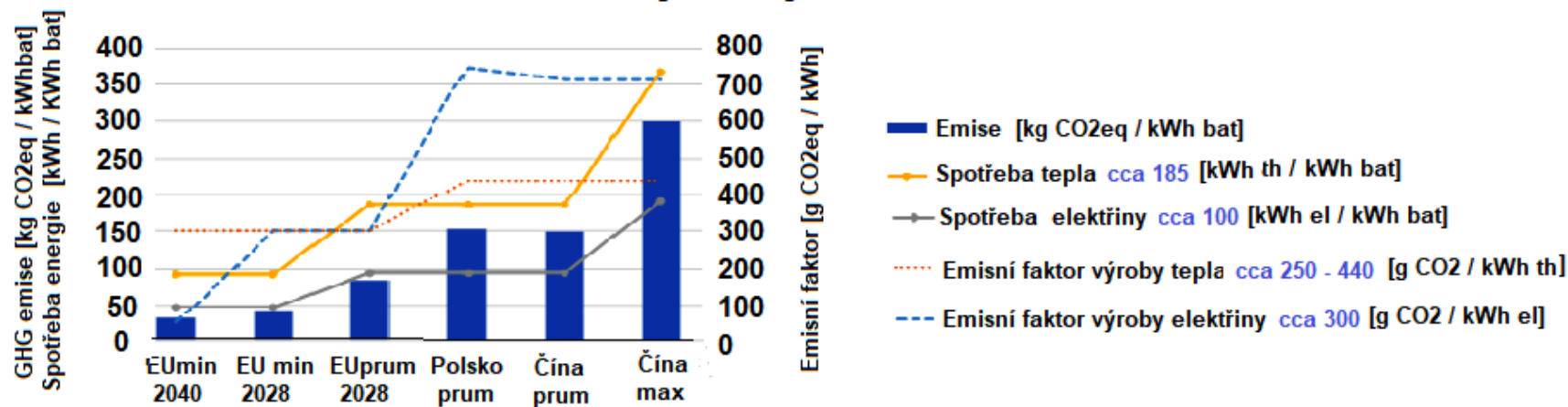
Emise CO2 vznikají již při výrobě vozidla jak u automobilů se spalovacím motorem tak i u elektromobilů

U elektromobilů vznikají další emise při výrobě baterií

Během provozu automobil v tvorbě emisí "dohání" elektromobil

Pro vzájemné posuzování je nutné brát v úvahu celý životní cyklus vozidla

Emise z výroby baterií

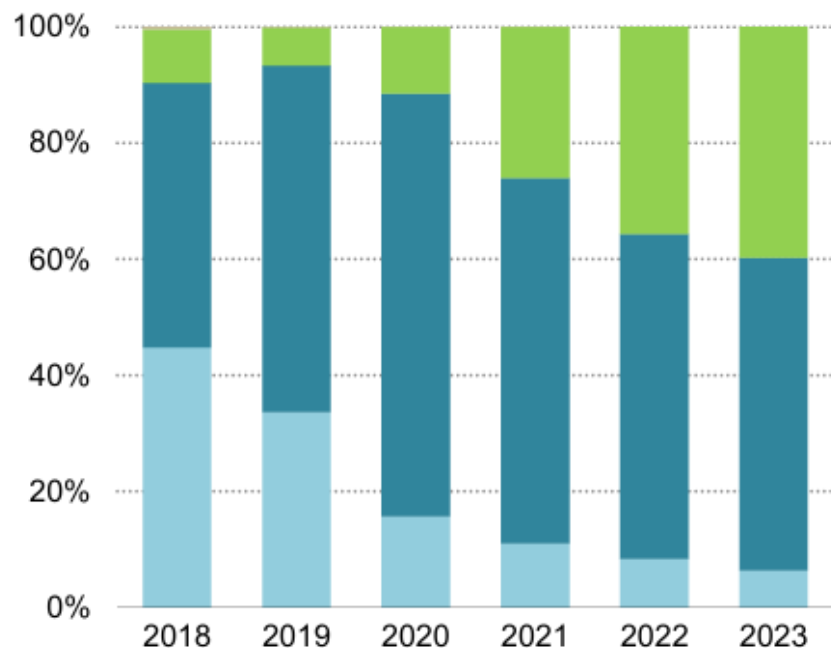


Emise CO₂eq = spotřeba energie x emisní faktor

**Nutno rozlišovat: spotřeba elektřiny x emisní faktor elektřiny
+ spotřeba tepla x emisní faktor tepla**

Baterie: druhy podle chemického složení elektrod

Katoda



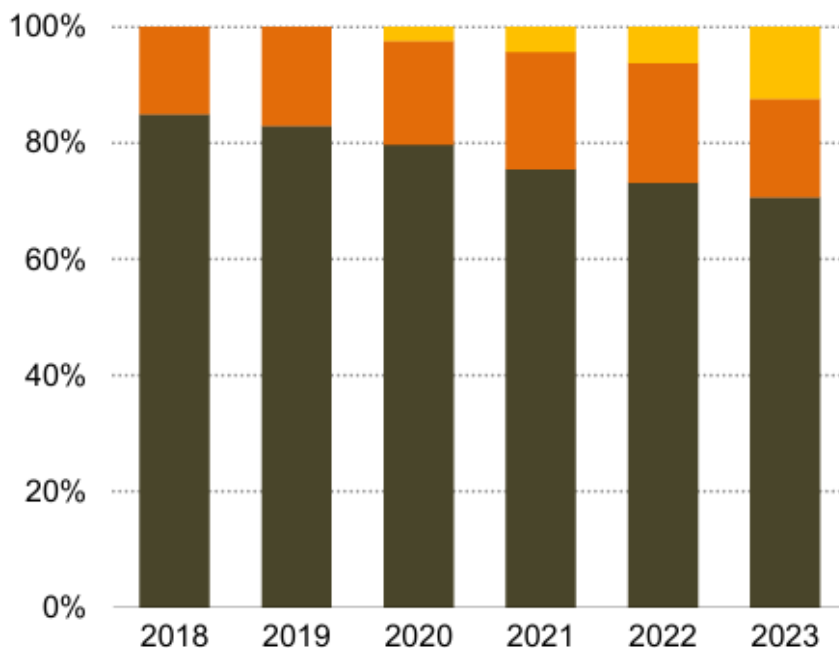
NMC

Low-nickel High-nickel
lithium-nikl-mangan-kobalt

LFP

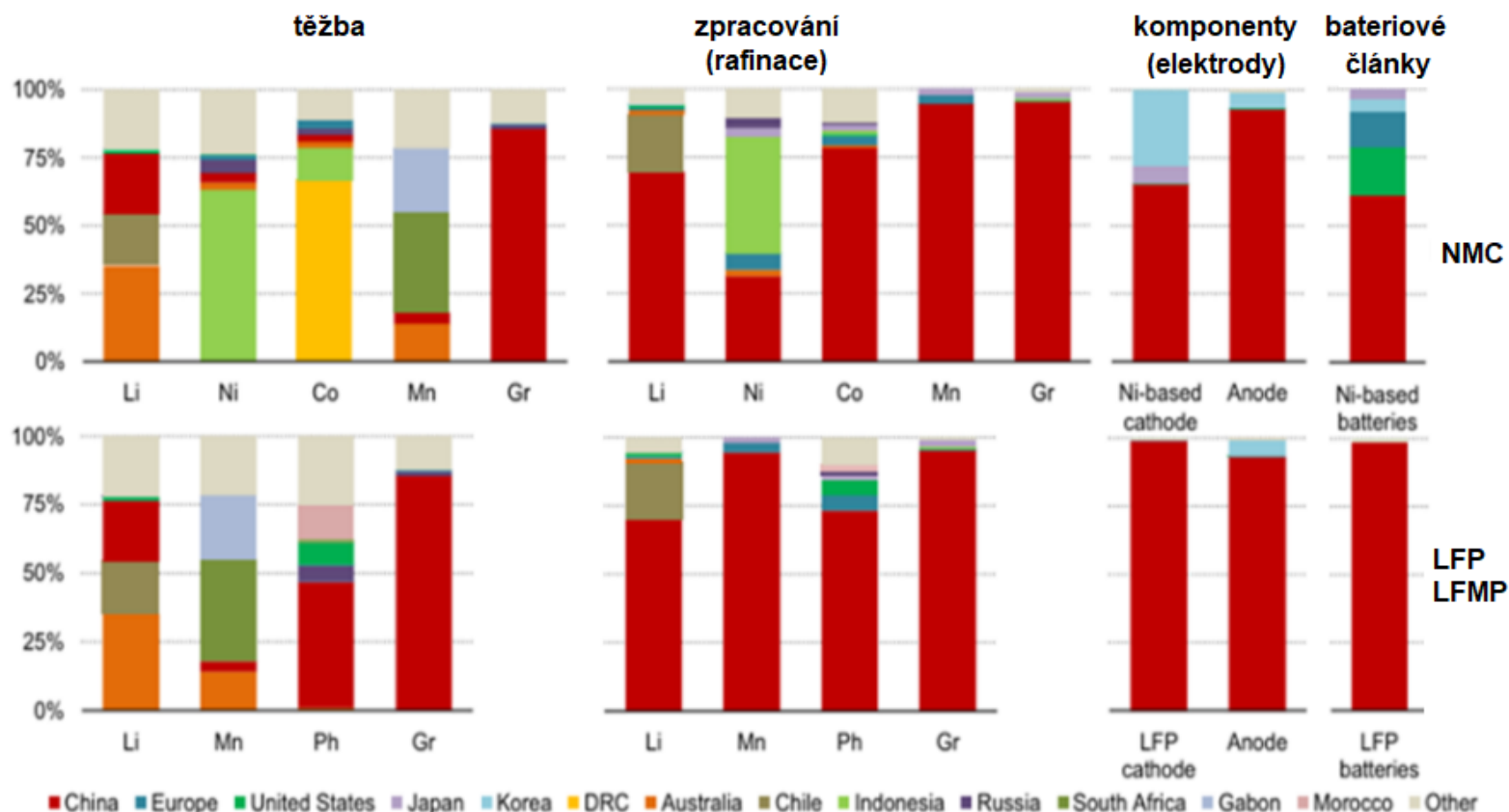
lithium-železo-fosfát

Anoda

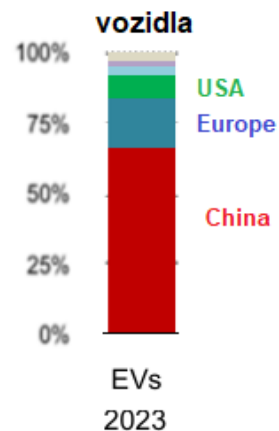
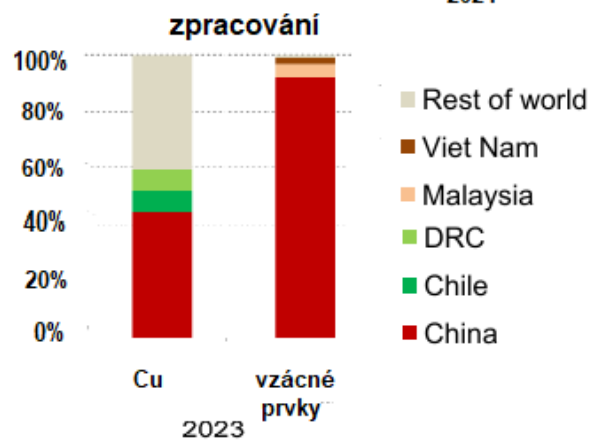


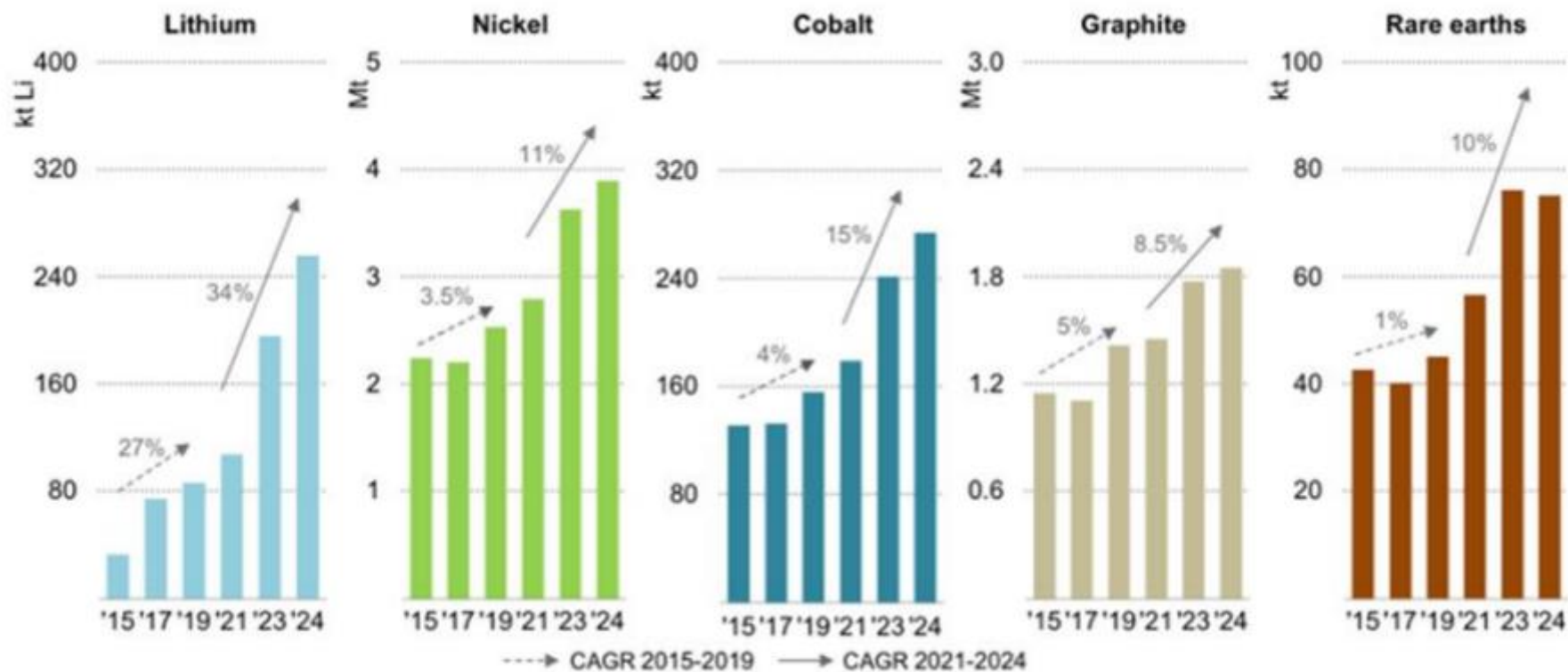
Graphite Si-Gr 5% Si-Gr 10%

Dodavatelský řetězec materiálů a výroby baterií



2024





Prvky vzácných zemin

Nejsou "vzácné", ale obtížně těžitelné kvůli malým koncentracím
těžba je neekologická, brání jí různé ekologické iniciativy

Použití: mnoho oblastí - elektronika, materiály, zdravotnictví, ...

V automobilovém průmyslu: permanentní magnety
používané v synchronních elektromotorech pro elektromobily

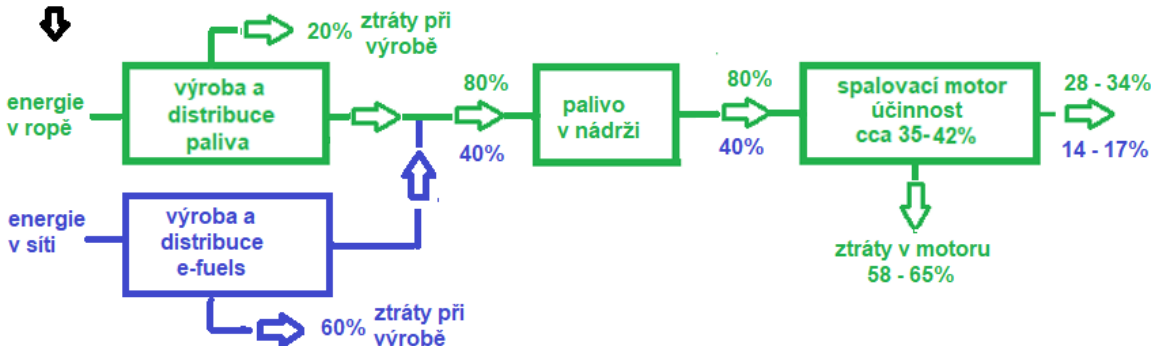
V současné době jsou vzácné prvky dodávány převážně z Číny



Oxidy vzácných zemin. Černá hromádka uprostřed je praseodym, dále po směru hodinových ručiček cer, lanthan, neodym, samarium a gadolinium.

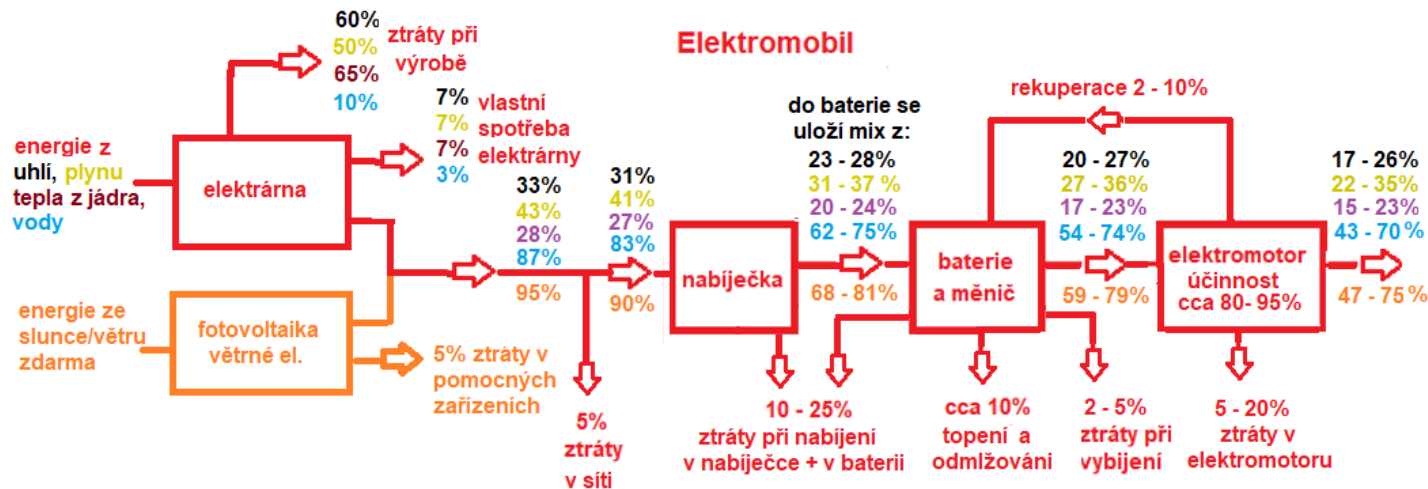
Tok energie a emise z provozu vozidla

primární energie:



Emise CO2:

emise vznikají při výrobě paliva a jeho spalování v motoru
 338 g CO2/kWh čistě fosilní palivo
 325 g CO2/kWh benzin E5
 323 g CO2/kWh nafta B7
 (směrnice EU 2018/2001)
 1 l nafty = 10 kWh
 cca 3,23 kg CO2/ litr paliva

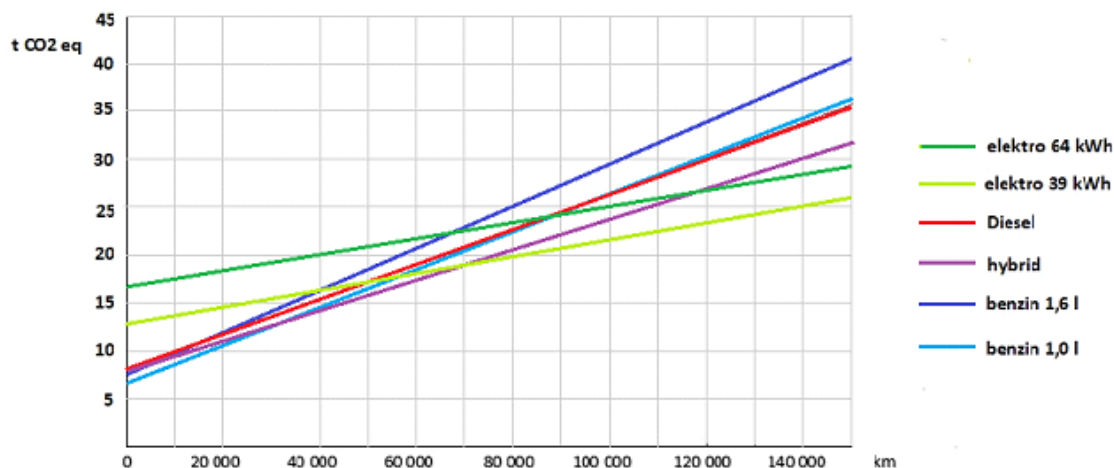


emise vznikají při výrobě elektřiny
 v elektrárně je nutno vyrobit
 cca 20% až 90% více elektřiny

a o to větší jsou emise!

Celkové emise z výroby a provozu vozidla

s uvažováním nejmenších ztrát a jmenovité spotřeby v cyklu WLTC



při nájezdu 10 000 km/rok:

elektromobil s větší baterií
bude emisně lepší až po
7 - 12 letech,

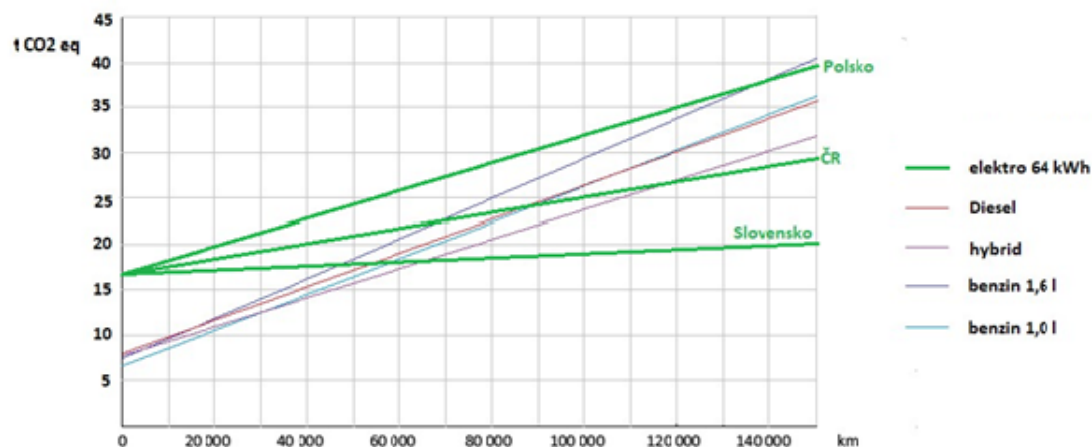
s menší baterií až po
4 až 7 letech
provozu.

příklad: *Hyundai Kona s různými pohony*

Vliv způsobu výroby elektřiny na celkové emise

za stejných předpokladů jako předchozí snímek

Slovensko: velký podíl jádra **ČR: mix** **Polsko: velký podíl uhlí**



Hyundai Kona elektro s větší (64 kWh) baterií

Bude-li tento elektromobil jezdit na Slovensku, dojde k vyrovnání emisí již po 50 - 70 tisících km (5 až 7 letech)

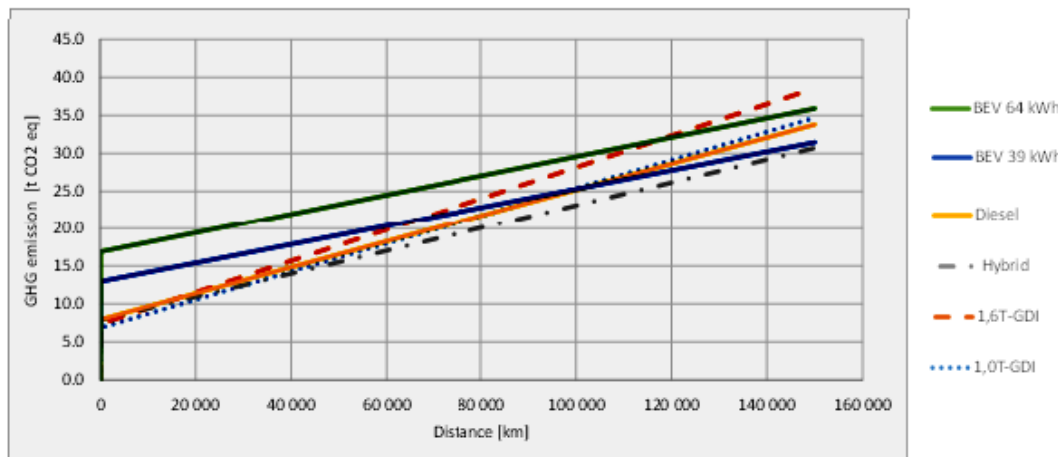
Bude-li tentýž elektromobil jezdit v Polsku, dojde k vyrovnání s 1,6 l benzínovým motorem až po 140 000 km (14 letech)

a k vyrovnání s ostatními druhy pohonu nedojde do 150 000km vůbec!

Vliv reálné spotřeby vozidel na emise

podle měření Green NCAP

Green NCAP měří spotřeby za běžných podmínek i za nejlepších a nejhorších podmínek.



Poměr změřené spotřeby k jmenovité spotřebě dle WLTC:

automobil se spalovacím motorem:

nejlepší podmínky: cca 0,8 - 1,0

běžné podmínky: cca 1,0 - 1,1

nejhorší podmínky: cca 1,2

elektromobil:

nejlepší podmínky: cca 1,0

běžné podmínky: cca 1,2 - 1,4

nejhorší podmínky: cca 1,8 - 2,0

průměrný korekční faktor: 1,3

S uvažováním reálné spotřeby (WLTC x korekční faktor)

**Kona s větší baterií se vyrovná 1,6l benzín po 120 000 km,
s ostatními druhy pohonu až po více než 150 000 km**

**Kona s menší baterií se vyrovná 1,6l benzín po 60 000 km,
s ostatními druhy pohonu po více km, s hybridem až 150 000 km**

Citlivost na vstupní údaje

Úhel mezi čarami vyjadřujícími průběh kumulativních emisí pro různé pohony v předchozích slidech je malý $\Rightarrow$ citlivost na nepřesnost vstupních údajů je vysoká

Analytické vyjádření kritického nájezdu (průsečíku přímek) vede na zlomek

$$K.N. = \frac{\text{Emise z výroby BEV} + \text{Emise z výroby baterie} - \text{Emise z výroby ICEV}}{\text{kWh/100 km ICEV} * \text{Em.fakt.paliva} - \text{kWh/100 km BEV} * \text{Em.fakt.el.}} \quad [\text{stovky km}]$$

Hmotnosti ICEV a BEV bez baterie jsou podobné, tedy i jejich výrobní emise budou srovnatelné

Spotřeba energie v kWh/100 km je cca 1,8 - 2,8x vyšší (větší hodnoty u menších vozidel) než spotřeba BEV (včetně ztrát při nabíjení), v průměru 2,3x

Emisní faktor benzínu E5 a nafty B7 je skoro stejný ~ 325 g CO₂/kWh

Předchozí vztah pro kritický nájezd lze s malou nepřesností zjednodušit:

$$K.N. = \frac{\text{Emise z výroby baterie} \pm \text{Chyba výroby baterie}}{\text{kWh/100 km ICEV} * 325 * \left(1 - \frac{1}{2,3 \pm 0,5} * \frac{\text{Em.fakt.el.}}{325} \right)} \quad [\text{stovky km}]$$

Pro kritický nájezd (průsečík čar) jsou rozhodující emise z výroby baterie spotřeba automobilu a emisní faktor výroby elektřiny pro provoz elektromobilu

Závěr

Většina emisí CO₂ vzniká při těžbě a rafinaci surovin pro výrobu baterií elektromobilů. Evropa nemá ani zdroje surovin ani zpracovatelské technologie, zejména rafinace probíhá převážně v Číně ➡ proto nelze v krátké době očekávat pokles emisí z výroby baterií.

Výrazný pokles emisí z výroby elektřiny pro provoz nastane až s nárůstem výroby z jádra, ne z OZE, jak ukazuje porovnání emisních faktorů Francie a Německa

Další možnosti snížení emisí elektromobilů:

- používání menších baterií = menší emise, menší cena, menší váha, ale i menší dojezd
menší dojezd nevadí u městských vozidel
- změna chemického složení baterií (LFP, Na-ion) = nižší cena, ale i nižší dojezd
- výroba elektřiny z jádra (ale ne z OZE ! - kromě domácího nabíjení z fotovoltaiky)
- ponechání všech druhů pohonu jejich přirozenému vývoji

