



Elektromobilita jako jediná „správná cesta“?

Materiály z **87. semináře** Odborného centra **Spolehlivost**
konaného dne **5. 12. 2023**

Odborný garant semináře:
RNDr. Anna Mládková, CSc.



Česká společnost pro jakost, Novotného lávka 5, 116 68 Praha 1

Obsah

Zahájení semináře

Ing. Jan Kamenický, Ph.D., Technická Universita Liberec

Předseda Odborného centra pro spolehlivost, ČSJS

Konec malých (i levných) aut?

Prof. Ing. Jan Macek, DrCs.

Centrum vozidel udržitelné mobility Fakulty strojní ČVUT

Baterie pro elektromobily

Ing. Josef Morkus, CSc.

Centrum vozidel udržitelné mobility Fakulty strojní ČVUT

Diskuse a závěr

RNDr. Anna Mládková, CSc.

Členka výboru Odborného centra pro spolehlivost, ČSJS



Česká společnost pro jakost, Novotného lávka 5, 116 68 Praha 1

Konec malých (i levných) aut?

Prof. Ing. Jan Macek, DrCs.

Centrum vozidel udržitelné mobility Fakulty strojní ČVUT

Jan.Macek@fs.cvut.cz

Konec malých (i levných) aut – na čem závisí budoucí individuální mobilita?

Jan Macek, Josef Morkus

ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Centrum vozidel udržitelné mobility

jan.macek@fs.cvut.cz

<https://www.cvum.eu>

<https://realisticka.cz>

Motto

Švarcenerský ovčák, Štětkno u Putimi:

... A lidi si ty vojny zasloužili ... Už jim ani to skopový maso nešlo pod fousy ... a voni zas přijdou k sobě, až budou si vařit lebedu.

Dyť vona i ta naše vrchnost už roupama nevěděla co dělat. Starej kníže pán Švarcenerk, ten jezdil jen v takovém kočáře, a ten mladej knížecí smrkáč smrdí samým antomobilem. Von mu pánbůh taky ten benzín vomaže vo hubu.

Švejk, Jaroslav Hašek

Obsah přednášky

1. Úvod – motivace ke změnám systému mobility
2. Základní vlastnosti vozidel, způsoby hodnocení spotřeby energie a emisí skleníkových plynů
3. Vliv konstrukce na provozní parametry vozidla od vstupu pro plnění zásobníku na kola – TTW
4. Výroba vozidla včetně nosiče energie a parametry WTT
5. Objektivní hodnocení pomocí analýzy životního cyklu LCA
6. Časové rozložení přechodu na nové způsoby mobility
7. Pět hlavních hříchů vzdělaných laiků (profesionálních diletantů) v politické interpretaci problematiky
8. Závěry

1. Motivace ke změnám systému mobility: Emise skleníkových plynů

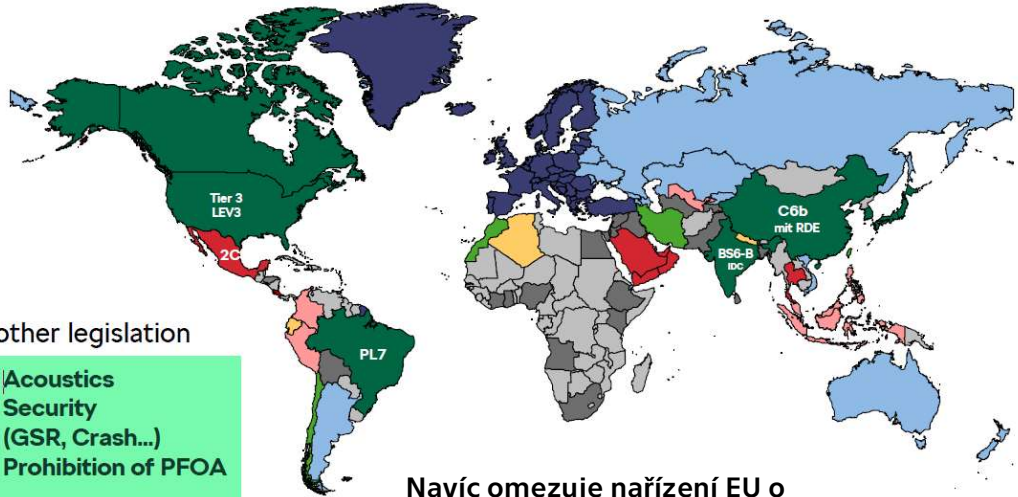
- Přejít k novým alternativám má snížit **množství emitovaných SKLENÍKOVÝCH PLYNŮ (CO₂, metan, oxid dusný, ...)**, které jsou **zdraví neškodné**, působí **globálně** a přispívají **k navýšení teploty atmosféry** i zemského povrchu.
- To je cíl **Fit for 55** – nikoli omezení **zdraví škodlivých emisí z dopravy a výroby**, které působí **lokálně**. **Dopravu z hlediska zdravotních škodlivin** omezuje je tč. v Evropě Euro 6AP, v budoucnu Euro 7. Emisní faktory při výrobě energie jsou ovlivňovány evropskými směnicemi (RED II, RED III) pro **podíl OBNOVITELNÝCH zdrojů** a spekulacemi zatíženými emisními povolenkami.
- **NEEXISTUJE BEZEMISNÍ MOBILITA ANI NEKOMPROMISNÍ ŘEŠENÍ.** Vždy vznikají v životním cyklu nosičů energie, vozidel i infrastruktury nežádoucí efekty. **Je nutné posoudit celkový dopad změn mobility.**



Platnost emisních předpisů pro zdravotní škodliviny (Dr. Hrdlička, Škoda Auto)

2023

žádný nebo max. EU1
EU2
EU3 bez EOBD
EU4 bez EOBD
EU4
EU5A - EU5J
EU6W - EU6ZD
EU6AP
US (LEV, Tier ...) atd.



~ next

- EU6EA / EB / EC
- EU7
- C7
- PL8
- BS6 St. B
- TIER1
- SULEV
- UN R85

other legislation

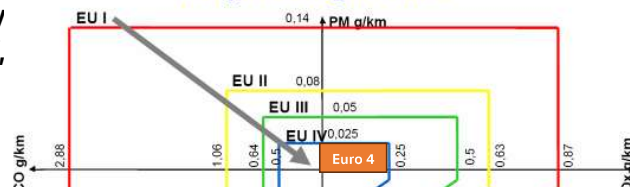
- Acoustics
- Security (GSR, Crash...)
- Prohibition of PFOA

Navíc omezuje nařízení EU o

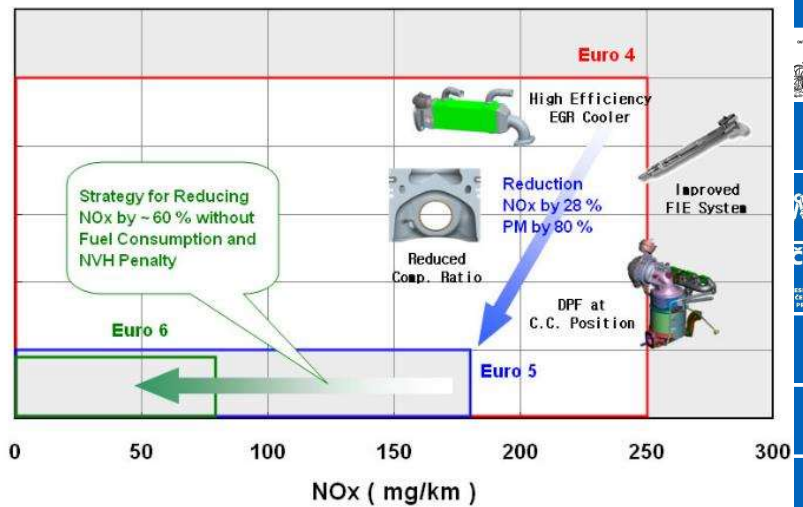
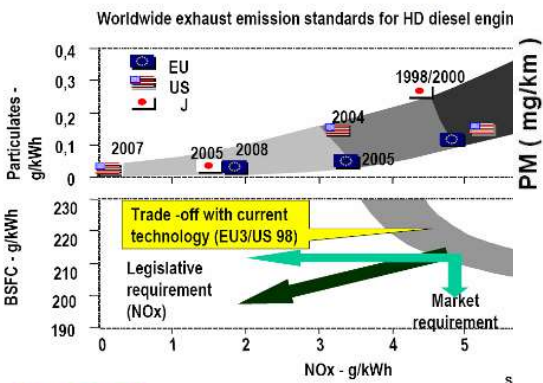
Snižování zdravotních škodlivin – Euro 7

- Vedlejším efektem je vždy navýšení spotřeby paliva kvůli nutným změnám průběhu hoření, recirkulaci výfukových plynů a dodatečným odporům ve výfukovém traktu.
- Retrofity starších vozidel nejsou možné

European diesel emission regulations for passenger cars



Future emission standards for co vehicles and market requiren



Nařízení EU o snižování emisí skleníkových plynů

EU REGULATION ON CO2 EMISSION REDUCTION FOR PASSENGER CAR (M1) AND LIGHT COMMERCIAL VEHICLES (N1)

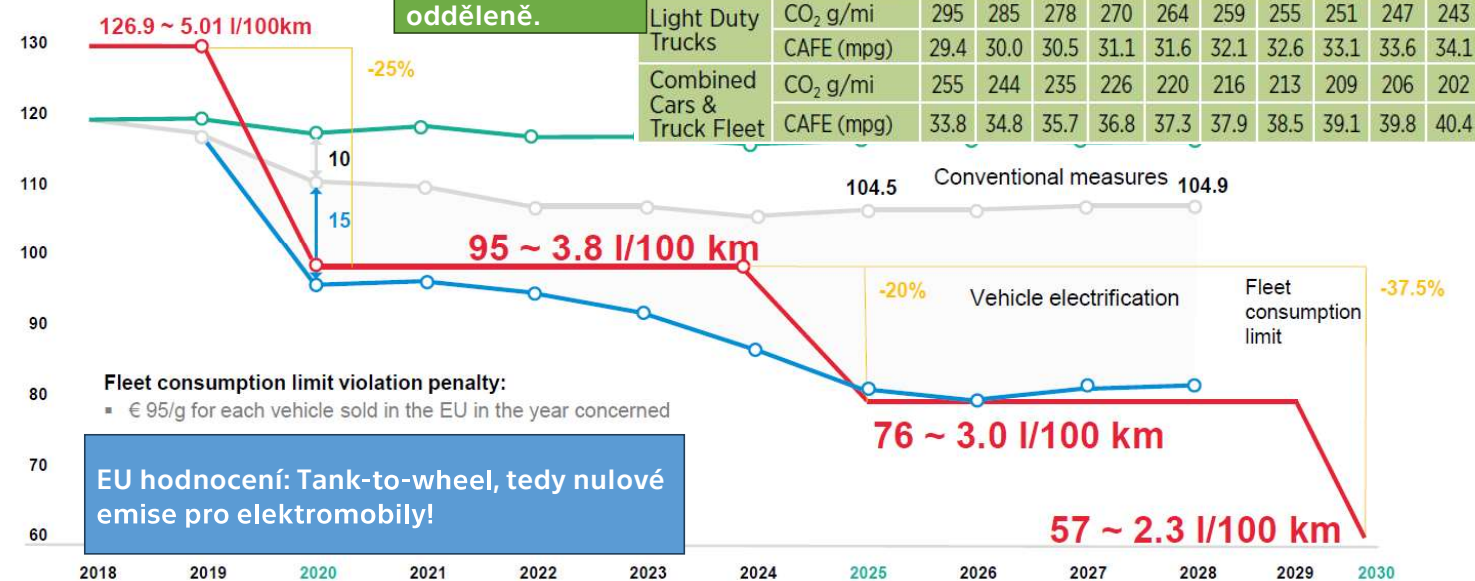
- (EC) No. 443/2009 regulates the average specific emissions of CO₂ for each manufacturer for new passenger cars which are registered in the EU in each calendar year until 2024. (EC) No. 510/2011 regulates the same for light commercial vehicles. The community target for averaged CO₂ emissions (based on NEDC) from all combined new car fleets is 95 g CO₂/km by 2021 (with 95% fleet phase-in in 2020).
- For LCV the target is 147 g CO₂/km for 2020.
- If the manufacturer's averaged CO₂ is above its specific target, an excess emissions premium (penalty) applies. The annual premium is €95 per g/km above the manufacturer's individual target multiplied by the number of vehicles sold during the year by the manufacturer.
- WLTP was introduced in Sept 2017 to replace the NEDC. From 2017 to 2020, the CO₂PASS correlation tool is used to transpose CO₂ emissions measured on WLTC into NEDC values that are used to evaluate the manufacturers performance in regards to its CO₂ target, and to calculate possible excess emissions premium. In 2020 the CO₂ emissions of all new vehicles will be determined with both NEDC and WLTP, in order to set the specific emission target for 2021.
- The CO₂ emissions of plug-in hybrids (PHEVs) are determined according to a formula dependent on their electric range. A PHEV with 40km electric range receives a "utility factor" of 0.7 and a CO₂ emission value equal to 0.3 times its value when running on the internal combustion engine. The calculation of the utility factor is being adapted according to real-world data and may be gradually reduced from 2024, ultimately by a factor of up to 2.



CO₂ Penalties

Motivation of producer

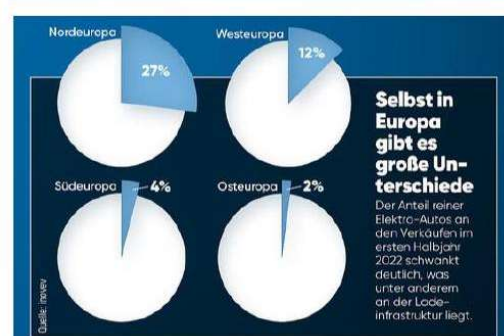
CO₂ eq [g/km]



Restrictions of ICE in the world



Source: Auto Zeitung 18/23



1. Motivace ke změnám systému mobility: Nové možnosti hnacích jednotek různých vozidel

- Motivace k výzkumu v konstrukci vozidel byla vždy, v posledních 30 letech s rozvojem mechatroniky se zdůrazněním úlohy řídicího systému. Holistické pojetí včetně interakce vozidla s dopravním systémem nabývá na důležitosti v posledních 15 letech s požadavky GDfE, Ff55 a s možnostmi AI.
- Problémem je v **evropském jednostranném pojetí** akumulace primární energie v jejím nosiči (palivo, elektřina) s ohledem na **cenu nosiče samotného, cenu hnací jednotky** a emisního systému (který ovšem skleníkové plyny neodstraní).
- Uskladnění nosiče energie a „transformátor“ energie na mechanickou práci vozidla musí být rozumně přepravitelný (hmotnost, objem) a účinný. Jeho **vlastnosti a dopad na vozidlo i infrastrukturu se musí posoudit souhrnně.**
- Zde se soustředíme na automobily jako celek – extrapolujeme vlastní i přejaté zkušenosti s pokročilými hnacími jednotkami automobilů na budoucí možnosti.

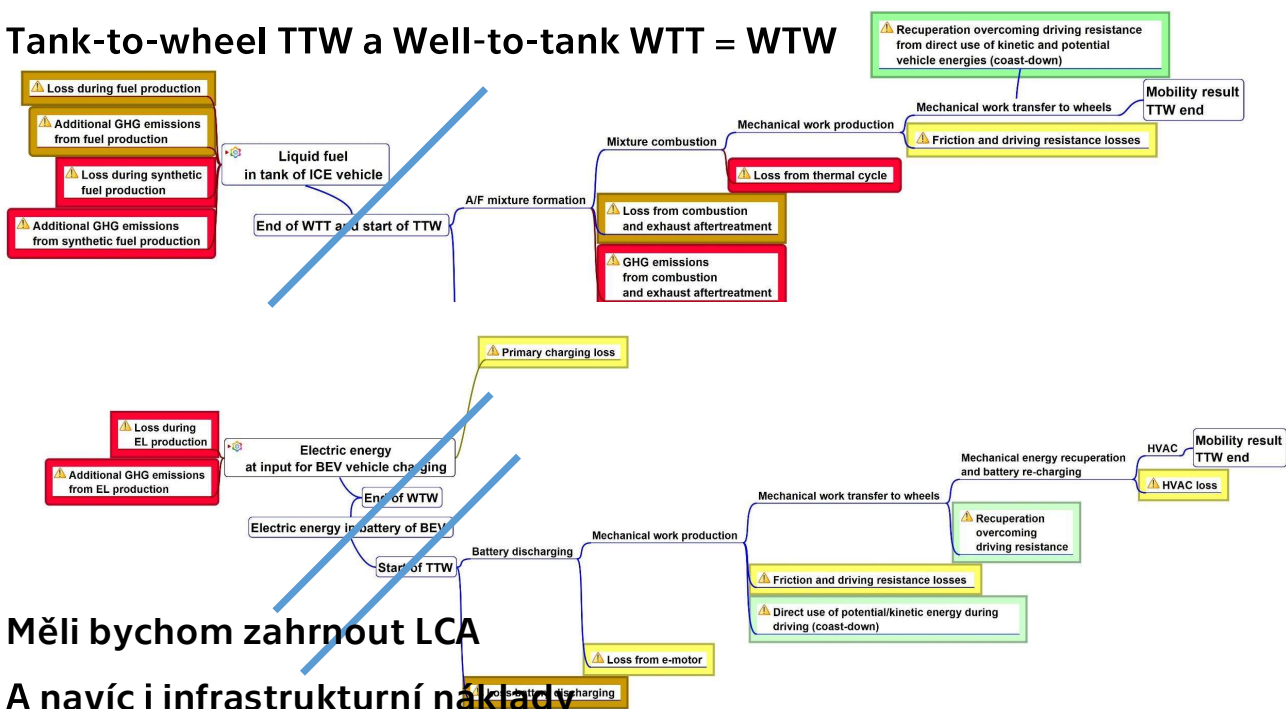


2. Základní vlastnosti vozidel, způsoby hodnocení spotřeby primární energie

- Dráhová spotřeba paliva – kWh/100 km – závisí na **jízdních odporech** (síla), **úměrných hmotnosti vozidla** + odporu vzduchu, závisejícího na druhé mocnině rychlosti, **dělených účinností přeměny energie ze zásobníku na kola TTW**. Na druhu nosiče energie a hnací jednotky závisí pak emise skleníkových plynů. 10 kWh = 1 l motorové nafty = 36 MJ .
- Elektrickou energii není a v dohledné době **nebude možno vyrobit ani akumulovat** úplně bez emisí skleníkových plynů.
- Elektrická energie je vždy již transformována z nějaké „méně kvalitní“. Proto mají elektrická vozidla vyšší účinnost TTW, ne však WTW.
- K uvolnění akumulované energie nutná oxidace (v širším slova smyslu). Hmotnostní výhodou je, pokud se **oxiduje palivo kyslíkem z atmosféry**. Proto jsou **baterie velmi hmotné** – 0,1 – 0,2 kWh/kg. Plynná paliva zvyšují **hmotnost jak při zkapalnění** (NG), tak **stlačení** (vodík, NG).

2. Základní vlastnosti vozidel, způsoby hodnocení spotřeby energie a emisí

- Tank-to-wheel TTW a Well-to-tank WTT = WTW



- Měli bychom zahrnout LCA
- A navíc i infrastrukturní náklady

2. Základní vlastnosti nosičů energie, způsoby hodnocení akumulace primární energie v nich

- **Emise skleníkových plynů závisejí na celém řetězci přeměn energií a materiálů** od výroby vozidla a zásobníku nosiče energie až po zajištění trakční práce na kolech a po recyklaci vozidla – rozlišují se **emise v životním cyklu LCA**, v čemž část tvoří emise **od zdroje nosiče energie po naplněný zásobník WTT** a od **zásobníku na kola TTW**. Nabíjení akumulátoru se ztrátami = čerpání benzínu dřevou hadicí.
- Pro přechod k „čisté“ mobilitě nutno započítat i **emise na budování infrastruktury počínaje výrobou energie a na údržbu** během jejího provozu. „Účinnost“ je pak nutno zobecnit.
- **NUTNO TEDY HLEDAT NEJLEPŠÍ KOMPROMISY, KTERÉ PRO RACIONÁLNÍ ČISTOU MOBILITU SAMOZŘEJMĚ EXISTUJÍ.**
- Technologická neutralita se v minulosti osvědčila v protikladu k vnučováním politických rozhodnutí, někdy prováděných i skrytě.

2. Základní vlastnosti vozidel – energie, emise, způsoby hodnocení

- Pokud chceme zavést **NOVÉ MÓDY MOBILITY**, musíme počítat **průměrného uživatele a nezapomínat na konkurenceschopnost průmyslu ani na náklady budování infrastruktury pro distribuci - kontrast západu středu i jihu Evropy.**
- Často se však argumentuje **průměrnými výkony nebo ročními spotřebami**. To platí jak pro elektromobily v jednostranném pojetí EU, tak pro OZE:
- Pokud denně ujedu 33 km (nájezd asi 12 000 km/rok) při 21 kWh/100 km potřebuji nabít pomalu $21/3=7$ kWh. **Na průměrný nájezd by mi stačila baterie s rezervou asi 12 kWh80 kg! Proč tam mám tedy 50-80 kWh o hmotnosti 330-530 a více kg? Protože skutečná spotřeba je větší, ale často jedu dále a jednorázově potřebuji nabít více (weekend).** A tohle platí u všech argumentací průměry – **vždy potřebuji o hodně více ve výkonu = energie / čas.**



ČVUT
ČESKÉ VYSOKÉ
TECHNICKÉ
V PRAZE

13
40

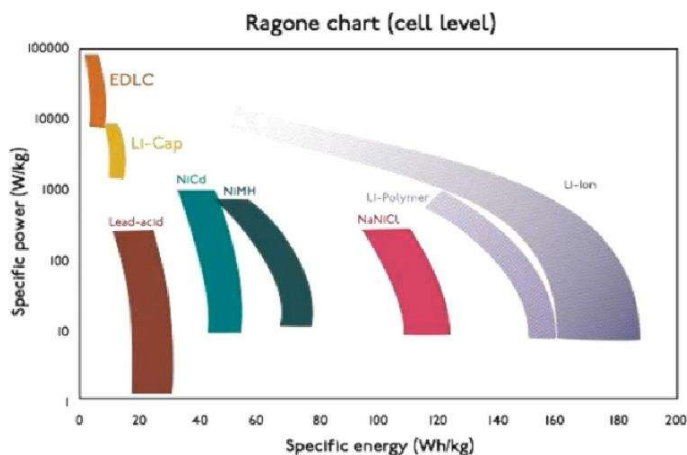


ČVUT
ČESKÉ VYSOKÉ
TECHNICKÉ
V PRAZE

14
40

2. Základní vlastnosti vozidel – energie, emise, způsoby hodnocení

- Nutno rozlišovat energii a práci ($\text{MJ} = 10^6\text{J}$, $\text{GJ} = 10^9\text{J}$, $\text{TJ} = 10^{12}\text{J}$, $\text{PJ} = 10^{15}\text{J}$, $\text{EJ} = 10^{18}\text{J}$, $\text{kWh} = 3.6 \text{ MJ}$ atp.) od okamžitého výkonu (kW , MW atd.). Průměrné energetické hodnoty nejsou obvykle rozhodující pro cenu zařízení (s výjimkou maximální využitelné energie uložené do baterie, např. v kWh), zatímco hnací motory, generátory, síťové prvky (vedení, transformátory) jsou cenově závislé právě na maximálním výkonu.
- Průměrný výkon OZE (občasné zdroje energie) je velmi odlišný od jmenovitého či špičkového (peak, Wp u FVE) – pro FVE (fotovoltaické elektrárny) a ČR asi 12% jmenovitého, u VE (větrné elektrárny) asi 20%, u vodních přečerpacích HE asi 30%.
- Měrné energie a výkony se musí srovnávat na srovnatelné úrovni (elektrické baterie: články, sada článků v seriovém zapojení (stack), paralelní sada s příslušnými sběrnicemi (battery pack), baterie s chlazením článků a obalem (battery)).



3. Konstrukce a provozní parametry vozidla v souvislosti s různými módy mobility

- Home-office (nerealizovaná doprava).
- **Elektrokola a elektroskútry** kategorie UN L1 až L5.
- **Elektromobily pro individuální dopravu BEV** (L6 a 7, M1) – vedle **nabíjecích hybridů PHEV i plných hybridů HEV se spalovacím motorem ICE** – samotný **spalovací motor** nebo **vodíkový palivový článek PEMFC**.
- **Spalovací motory** v M1 s **vodíkem** i se **syntetickými palivy** (e-fuels).
- Autobusy M2 a M3: **spalovací motory na vodík, biometan nebo na syntetická paliva**, v MHD dále **elektrobuses** nebo **polozávislá trakce trolejbusů / elektrobusesů, časem vodík a PEM FC**.
- **Elektrifikovaná hromadná kolejová doprava** i rychlostní do vzdálenosti cca 1 000 km, na **vedlejších tratích BEV, FC a ICE**. **Elektrifikovaná nákladní doprava** pro hromadné substráty a zásilky nebo kombinovaná.
- Obsazení vozidla více cestujícími a jeho automatický návrat do místa poptávky (Mobility as a Service, Delivery as ... MaaS nebo DaaS).
- „Last-mile“ dodávky (N1, N2) – **BEV** i pro komunální a podobné účely.
- Dálková silniční doprava – **ICE**, nevhodné použití baterií, vodík v **ICE** i **PEM FC**. Elektrifikace dálnic = velmi drahé řešení, tahače s baterií pro dojezd mimo dálnici.
- **Kombinovaná přeprava** - zatím **nedostatečná kapacita i logistické schopnosti železnic**.

3. Konstrukce a provozní parametry vozidla od vstupu pro plnění zásobníku na kola – TTW

Dráhová spotřeba energie

$$E_{road} = \frac{F_{av} (W_{av} S_{eq,av})}{36\eta_{trans}} (1 + L(W_{av}, F_{av}))$$

[kWh/100 km = 0.1 dm³ motorové nafty/100 km]

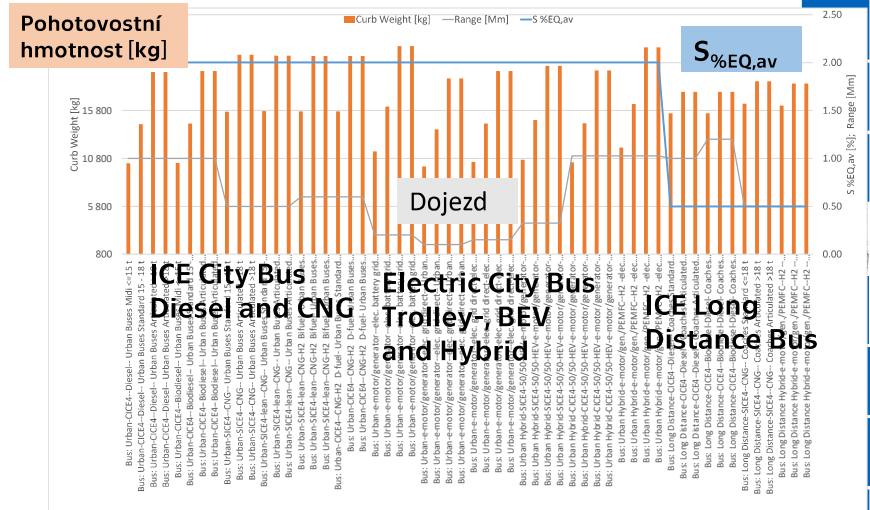
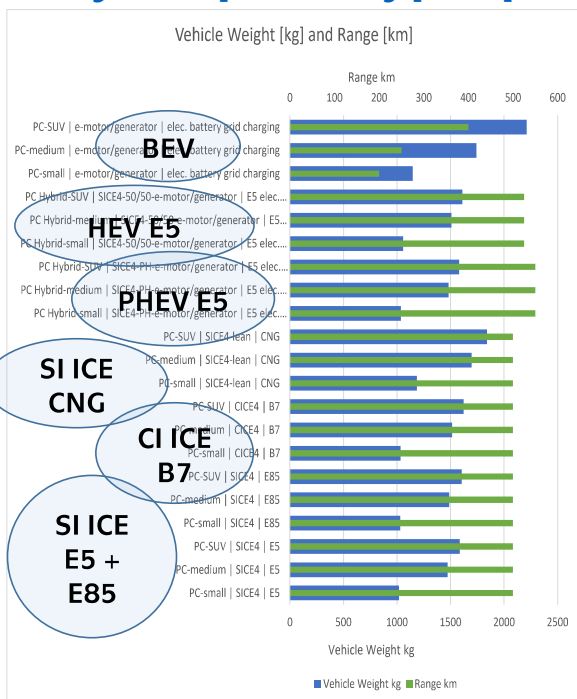
- provozní režim existujících vozidel je charakterizován reprezentativní rychlostí a ekvivalentním sklonem vozovky S_{%EQ,av} (1,5 % osobní nebo dodávková, 0,5% nákladní dálková vozidla nebo dálkové autobusy, 2% městské autobusy atd.) – zahrne i zrychlení
- tyto režimy jsou pak použity pro všechny varianty paliv a pohonů v dané třídě vozidel.

Dráhová spotřeba energie závisí na

- jízdním odporu **F** podle hmotnosti vozidla v dané třídě (M1 ... PC medium) a jeho aerodynamiky, v čemž jsou obsaženy **hmotnosti pohonů i zásobníků paliv** dimenzovaných na dojezd dle účinnosti pohonu
- účinnosti pohonu TTW s respektováním roku výroby vozidla dle emisní normy (elektromotory, palivové články, baterie z hlediska nabíjení i vybíjení, nové koncepce plynových motorů na chudou směs nebo směsi s vodíkem atp.) včetně rekuperace mechanické energie
- elektrická energie zlepšuje potřebnou hmotnost poměru 1:2,5 – 1:3 pro osobní automobily, 1:2 pro nákladní automobily a kolejová vozidla

3. Vliv konstrukce vozidla – vyhodnocení TTW

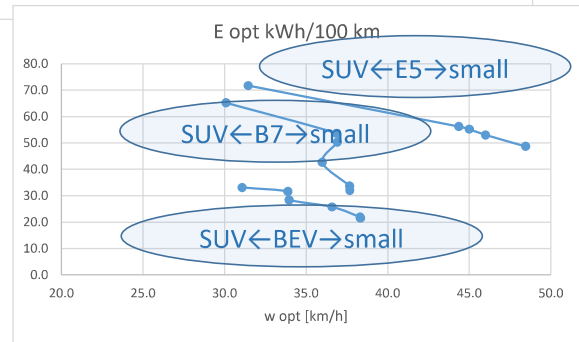
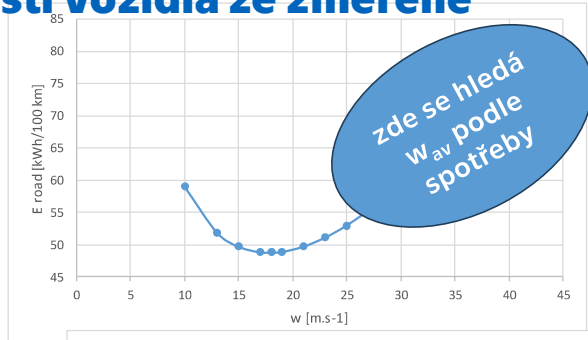
Výchozí podmínky pro spotřebu energie – hmotnosti M1, M2 a M3



3. Konstrukce a provozní parametry vozidla od vstupu pro plnění zásobníku na kola – TTW

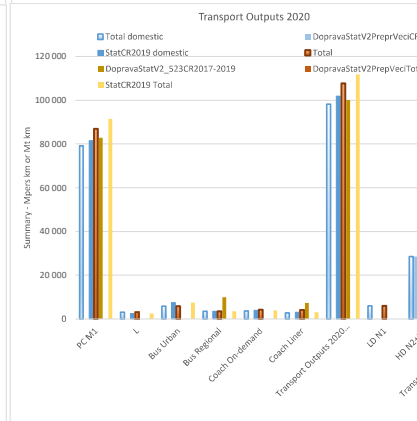
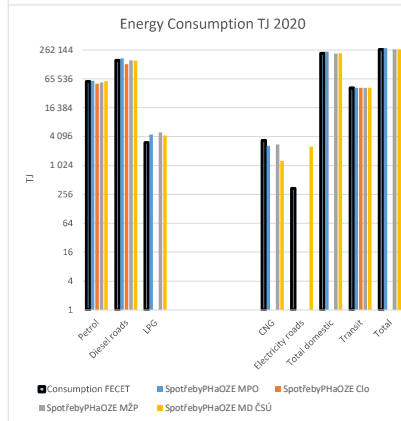
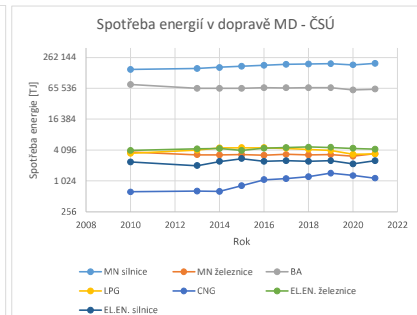
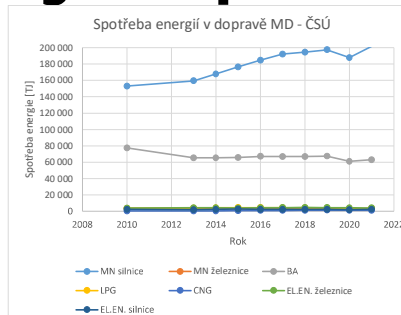
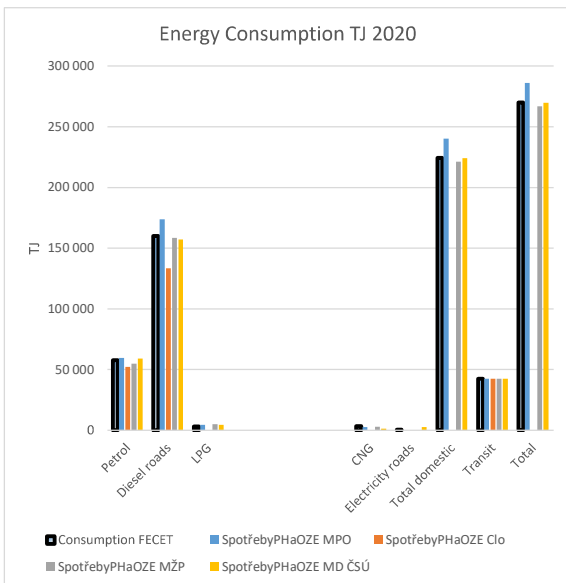
Nalezení charakteristické rychlosti vozidla ze změřené střední provozní spotřeby paliva

- Existence lokálního minima v průběhu dráhové spotřeby paliva při řešení nelineární rovnice pro danou spotřebu paliva (interakce zvyšování jízdních odporů s rychlostí vozidla a účinnosti pohonu rostoucí s jeho výkonem)
- Předpoklad úspory paliva a emisí při snížení rychlosti ve městech na 30 km/h, za něž demonstrují extrémističtí environmentalisté. Obr. 1 ukazuje optimální spotřebu paliva s příslušnou optimální rychlostí pro různé pohony vozidel různých velikostí. Pouze absolutně ve městě neekologická auta třídy SUV včetně jejich bateriové verze by se k optimu přiblížila. Ostatní vozidla potřebují vyšší rychlost pro optimální spotřebu, pokud jsou motorizována tak, aby byla použitelná i mimo město.



Celkové spotřeby energií v dopravě Kalibrace modelu

- Průměrné spotřeby a přepravní výkony 2017-2020 (téměř bez vlivu pandemie)

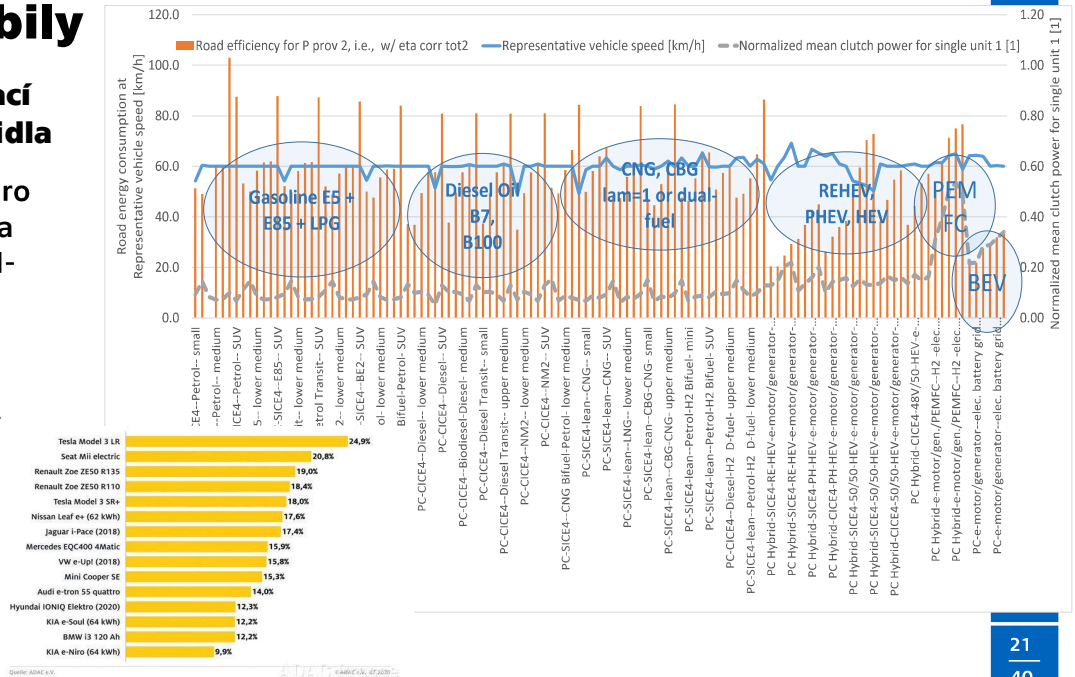


3. Vliv způsobu akumulace na konstrukci a provozní parametry vozidla – TTW

Osobní automobily

CDV: STK data s interpolací výsledků na všechna vozidla

- Příklad spotřeby paliva pro nejčastější osobní vozidla M1 podle Euro 5 od small-mini-lower medium-medium-upper medium-SUV
- Charakteristická rychlost pro extrapolace na nová vozidla
- Účinnost nabíjení ze sítě dle statistik ADAC →

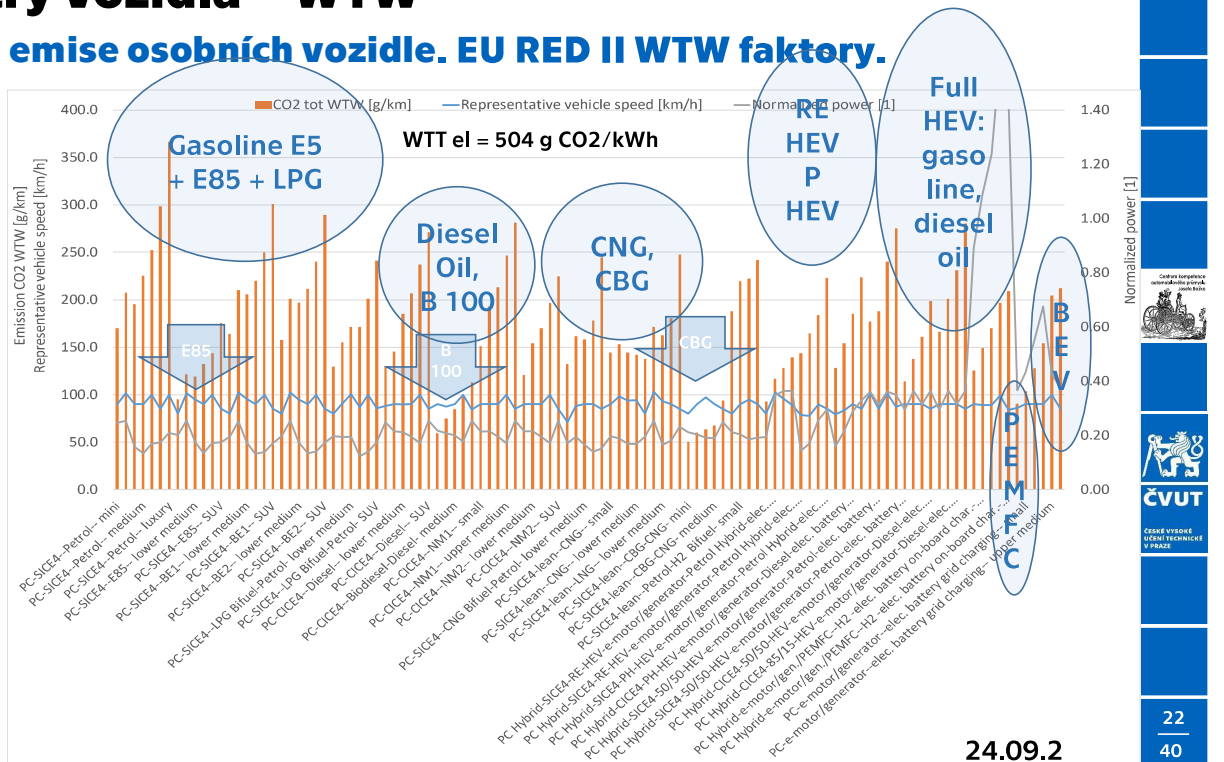


3. Vliv způsobu akumulace na konstrukci a provozní parametry vozidla – WTW

Skleníkové emise osobních vozidle. EU RED II WTW faktory.

Osobní automobily

- emisní faktor výroby el. energie je blízko dnešnímu netto faktoru ČR nebo D
- H2 pro dvojpaličové motory a PEM FC ze zpracování rafinérských zbytků a jako vedlejší produkt elektrolýzy

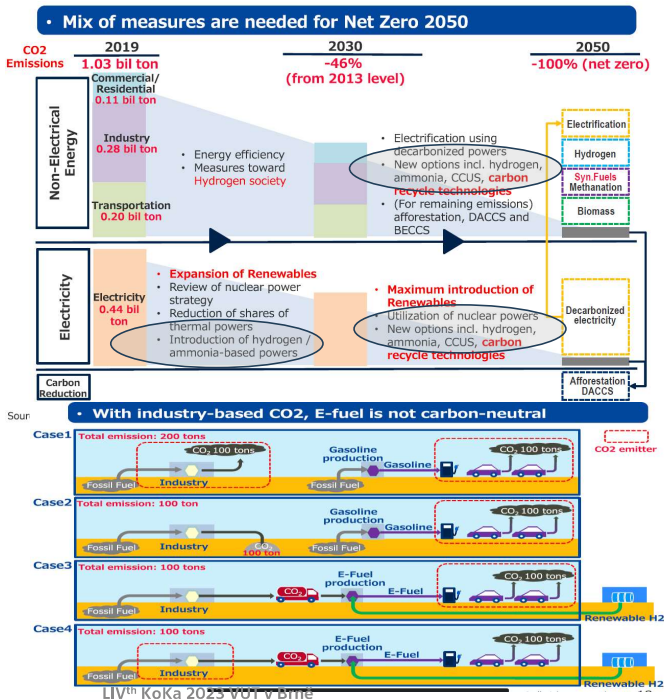


4. Výroba nosiče energie a parametry WTT

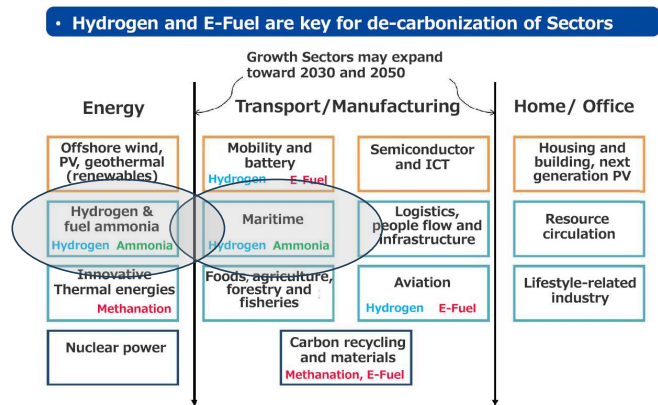
- Spotřeba WTT od již existující elektrické energie až po získání trakční práce na kolech je nejlepší u přímého využití a akumulace elektřiny, horší u vodíku a zejména veliká u syntetických uhlovodíků 70%:30%:15%.
- Intermittence občasných zdrojů energie - efektivní skladování elektrické energie ve větších množstvích jen v chemické energii syntetických paliv (e-fuels).
- BEV - budování málo využitě infrastruktury, dimenzované na výkon.
- Vodík a syntetická paliva z OZE na místě nebo z jaderné energie. Syntetická paliva - žádná nová infrastruktura.
- Kapalná syntetická paliva do všech existujících vozidel. Výroba v místech příznivých pro OZE na jihu.
- Cena závisí na odbytu.

Synthetic Fuels as a Tool for Nuclear/Renewable Intermittent Resource Power Accumulation?

Japanese alternative using hydrogen and PARTIALLY recycled CO₂.



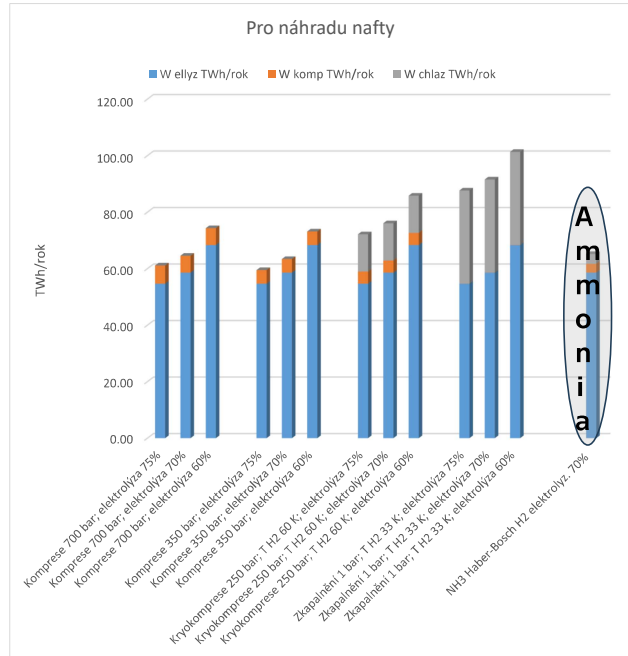
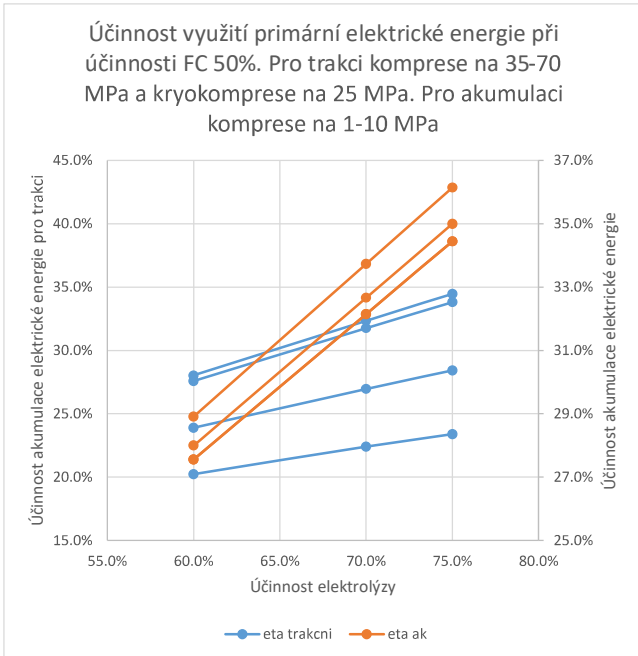
Direct Atmospheric Capture of CO₂ is too demanding but recycling from, e.g., powerstation burnt gas is more suitable.



Source: METI "Green Growth Strategy" Unofficial Translation Sept 9 2021 / © TECHNIOVA, INC All Rights Reserved. 08.09.2022

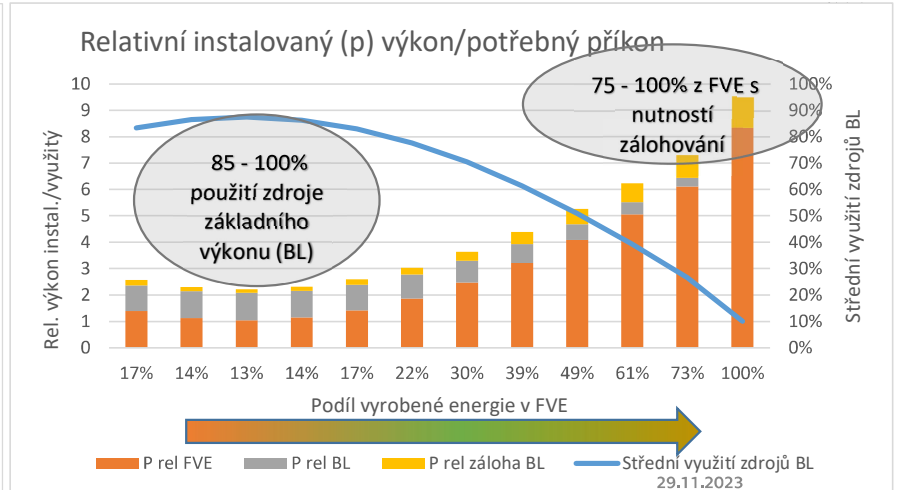
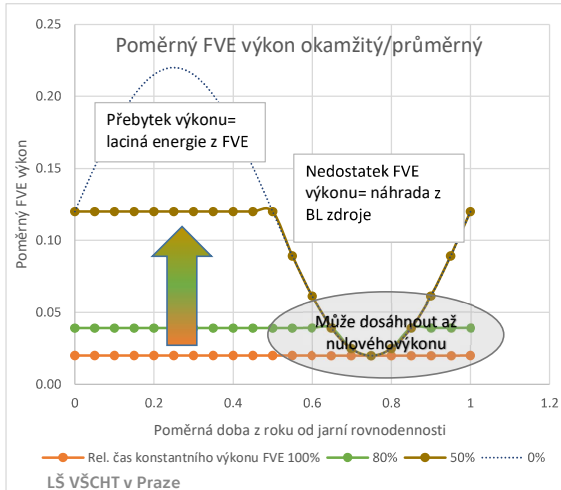
Vodík jako nosič energie

Účinnost je horší, ale akumulace ve velkých množstvích možná



4. Výroba nosiče energie a parametry WTT

- Proč nemáme „stále levnější energii z fotovoltaiky a větru“? Máme ji, ale když není zapotřebí.
- Levná je jen tehdy, kdy je jí přebytek a není poptávka! Ale záložní výkon na zimu potřebujeme pořád stejný, jen ho během roku méně využijeme.
- S rostoucím podílem instalovaného výkonu FVE klesá sice průběžně používaný výkon zdrojů základního výkonu (BL, šedě), ale roste potřebný záložní výkon BL (žlutě) a klesá jeho využití (modrá křivka), tedy roste jeho cena s ohledem na odpisy, případně úroky půjčky investice. Relativní instalovaný výkon je u FVE cca 8x vyšší než produkovaný, u BL cca jen 1,2 x.

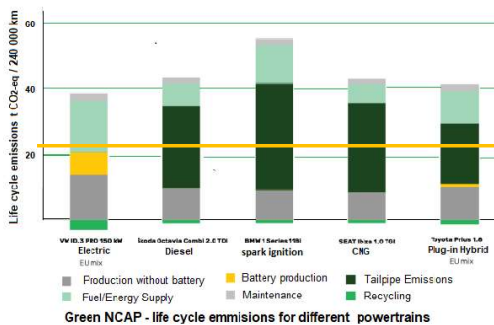


5. Objektivní hodnocení pomocí analýzy životního cyklu

- Externality v energetické spotřebě - fixní a variabilní složka.
- LCA pro samotný dopravní prostředek i pro potřebnou infrastrukturu z hlediska energií pro výrobu i dostupnosti materiálů.
- Lze brát v úvahu na energetické úrovni (např. výroba baterií nebo OZE), ale nakonec vždy jde o investice a provozní náklady na straně ekonomie a celkové emise škodlivin na straně environmentální.
- U kolejových vozidel není na závalu hmotnost baterií, ale jejich cena a emise skleníkových plynů při jejich výrobě.
- U osobních automobilů způsobují současná nařízení EU odklon od malých vozidel, kde je faktický přínos k emisím největší.

5. Objektivní hodnocení pomocí analýzy životního cyklu

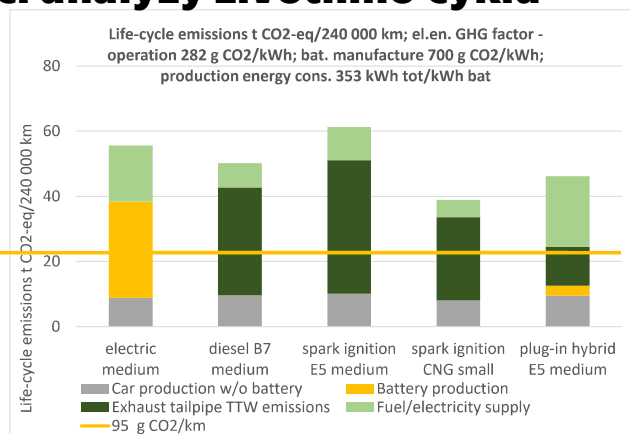
CO_{2eq} emise pro životní cyklus vozidel vybraných tříd dle obr. vpravo



Green NCAP - emise v t CO_{2eq} pro životní cyklus s předpokladem výroby a provozu při 282 gCO_{2eq}/kWh (výhled v EU za cca 5 let). Nájezd 240 000 km pro životnost baterie. VW ID3, Škoda Octavia Combi TDi. BMW 1

Odleva VW ID3, Škoda Octavia Combi TDi, BMW 1, Seat Ibiza CNG, Toyota Prius.

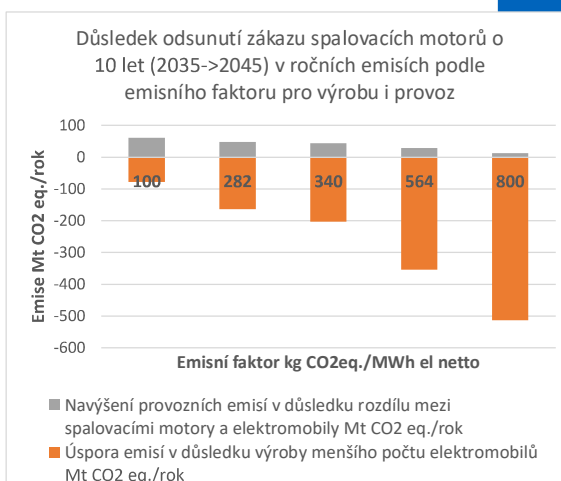
Šedá – výroba vozidla bez baterie, žlutá – výroba baterie, tmavě zelená – emise z paliva za provozu, světle zelená – emise při výrobě paliva/elektřiny. Žlutá čára – evropský požadavek na maximální emise z prodaných vozidel 95 gCO_{2eq}/km.



ČVUT simulace – CO_{2eq} emise pro baterie z Číny, provoz dle průměru EU jako vlevo. Sloupce odpovídají pořadí vozidel na levém grafu, nájezd je stejný. Pro vozidla na fosilní paliva (B7, E5) jsou výsledky srovnatelné.

6. Časové rozložení přechodu na nové způsoby mobility

- **Cena jízdy BEV 2.3 Kč/km při 10 Kč/kWh, při rychlonabíjení více. Naftový automobil 2.2 Kč/km se spotřební daní 8.50-10 Kč/l za 40 Kč/l. Ovšem navíc odpovídající naftový automobil z odpisů ceny auta za 250 000 km + 2 Kč/km, elektrický + 4 Kč/km.**
- **Teprve při 50% podílu jádra a větším OZE dosáhneme příznivějšího emisního faktoru, to se týká i celé Evropy (předp. 0,28 kg CO₂/kWh, ze sítě ale 0,35 CO₂/kWh). A navíc výroba, cca 350 kWh/kWh baterie (GreenNCAP), takže dorovnání emisí až po určitém nájezdu.**



Předpokládáme-li, že po roce 2035 bude emisní faktor z výroby elektrické energie v EU cca 0,1 kg CO₂eq/kWh(el) – dnes je kolem 0,3 kg CO₂eq/kWh(el), pak při výrobě všech vozidel v zemích EU by se **přesunutím termínu zákazu z roku 2035 na rok 2045 v kritických přechodových rocích 2045 až 2063 snížily emise v EU a ve světě o 17,2 milionů t CO₂eq/rok, při výrobě v Číně o 224,6 milionu t CO₂eq/rok.**

7. Pět hlavních hříchů vzdělaných laiků (profesionálních diletantů) v politické interpretaci problematiky

- Extrémní stanoviska kvůli zjednodušení složitého problému
- Zapojení emocí nebo pokrytectví, někdy dokonce motivovaného vlastní finanční zainteresovaností na získání lákavých dotací

První hřích – neznalost nebo popírání přírodních a ekonomických zákonů.

- Konflikt zájmů u experta kvůli znalosti dané věci?
- Zavádějící hodnocení počtu prodaných vozidel nebo instalovaného výkon nových energetických zdrojů místo faktických výsledků ve spotřebě různých druhů energií nebo v emisích z mobility.
- Nepochopení rozdílu práce v MJ nebo kWh a výkonu v kW z hlediska cen zařízení (motor vozidla nebo síť dimenzovaná na kW, baterie na kWh)
- Příklad – iluze o snížení emisí omezením rychlosti ve městech na 30 km/h.
- Příklad – záměr na reformy výuky na 2. stupni českých škol s vypuštěním Newtonových pohybových zákonů a Ohmova zákona.

7. Pět hlavních hříchů vzdělaných laiků (profesionálních diletantů) v politické interpretaci problematiky

Druhý hřích – ignorování dopadu detailů do vlastností celku. Zanedbání nutnosti holistického posuzování.

■ Příklady

- Rozpracovávání koncepce nového auta ukáže problémy až v detailech. Ale z detailů se skládá **automobil**, automobily se silniční a další infrastrukturou dávají **dopravní systém**, který váže na **distribuci energie**, ta na **výrobu energie**, dále na průmysl auta vyrábějící, zásobování materiály a tak můžeme pokračovat až k vedlejším účinkům budování investičně náročné energetické infrastruktury.
- **Rozlišení mezi lokálním a globálním**, zejména co se skleníkových plynů týče, se nerespektuje. Přesunout “špinavé” technologie mimo EU a tvářit se, že jsme čistí, je pokrytectví a jen snižuje naši konkurenceschopnost.
- Malá výhodnost elektromobilu střední třídy při dosažení za 5 let očekávaného emisního faktoru v Evropě a úplná nevýhodnost při použití materiálů pro baterie, vyráběné v Číně – neprovádí se LCA.

7. Pět hlavních hříchů vzdělaných laiků (profesionálních diletantů) v politické interpretaci problematiky

Třetí hřích nerespektuje časový průběh změny mobility, která zabere několik desetiletí a zasáhne tím několik generací. Předstírá, že politické nařízení vše změní a nerespektuje ani možný vývoj nových technologií během přechodu, ani zpětnou vazbu, která může včas varovat před katastrofou.

- Investice vyžadují dlouhodobou a v paralelních variantách běžící strategii. Taktika k vítězství pro nejbližší volební období nebo pro rychlý finanční zisk s dobou návratnosti kolem 5 let vede k destabilizaci rozvoje ekonomiky.
- EU schválila neuváženě za nepochopitelné české asistence zákaz registrací nových vozidel se spalovacími motory v roce 2035, a to i s použitím zatím nesplněných příslibů o možnosti využití alternativních paliv. Doba výměny 50% vozidlového parku při obdélníkovém symetrickém rozložení četnosti vozidel a při průměrném stáří 15 let by trvala při jeho nerozšířené reprodukci právě 15 let, což je ovšem nerealistické. Pokud se proces ovlivní horší užitnou hodnotou nových vozidel, jako tomu je v případě těch bateriových (cena, dojezd, pohodlí, bezpečnost atd.), doba obměny celého parku, měřená dosažením stejných přepravních výkonů, trvá pak násobně déle.



Stáří vozidlového parku a HPP/1 obyvatel (Dr. Hrdlička, Škoda Auto)

Poorer countries have significantly **older car parks**

Despite being an automotive powerhouse Czech Republic has one of the oldest car parks in the European Union



Source: ACEA, Eurostat

23 S05 | 01.11.2023 | Powertrain Development for Passenger Cars in the Context of EU7 | EP | Dr. Hrdlička

SKODA

7. Pět hlavních hříchů vzdělaných laiků (profesionálních diletantů) v politické interpretaci problematiky

Čtvrtý hřích je očekávání, že vše nové je lepší než staré.

- Není – jenom se popírá stará poučka o tom, že lepší je ďábel známých vlastností než ďábel neznámý. Při zkušenosti ČR se 40 lety totality na základě slibů lepší budoucnosti asi není nutné dokládat omyly této teze. Technologická neutralita v politických rozhodnutích je tu velice žádoucí.
- Očekávání se musí korigovat podle **zpětné vazby z dosažených výsledků**.
- V Evropě se zpracovávají dopadové studie navrhovaných opatření jen výjimečně a bez korekce iniciativních návrhů, vznikajících na základě momentálního blouznění profesionálních diletantů, zvláště v EP (“ne 30%, ale 45%”). Zpětná vazba pak chybí úplně.
- Hlasování ve vědě je nesmysl, pokud se inspiruje touto zkušeností (např. v IPCC) a pokud jsou na ideologii vázány finanční prostředky (typické pro IPCC).



7. Pět hlavních hříchů vzdělaných laiků (profesionálních diletantů) v politické interpretaci problematiky

Poslední, pátý hřích je v šíření polopravd a tedy v polo-lhaní.

- To je typické pro ideologizaci, snažíci se „legálními“ **dezinformacemi** zvítězit – třeba ve volbách. Ideologie nehledá potřebné kompromisy a riskantně prosazuje „jedinou správnou cestu“.
- Př.: Iluze o zajištění potřebné energie v ročním průměru z obnovitelných, tedy občasných zdrojů. To je jistě polopravda, podporovaná nejrůznějšími lobbisty, chtějícími získat z veřejných rozpočtů, zásobovaných z prostředků všech daňových poplatníků, co nejvíce dotací pro svůj prospěch bez ohledu na jejich malý přínos.
- Rubem této polopravdy je fakt, že třeba fotovoltaika v létě dává nadbytek nespotřebovatelné energie, projevující se už nyní zápornými okamžitými (spotovými) cenami, ale v zimě nedává prakticky nic.
- Návrh na vyrovnaní očekávaného propadu vlastní výroby elektrické energie po předčasném odstavení uhelných zdrojů dovozem. Odkud, jakou přenosovou sítí a za kolik, pokud dojde k anticyklonální situaci ve střední Evropě během zimy?

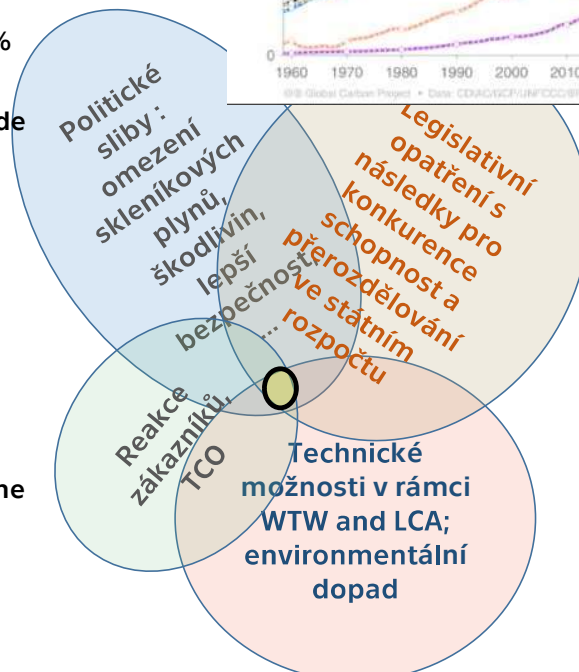
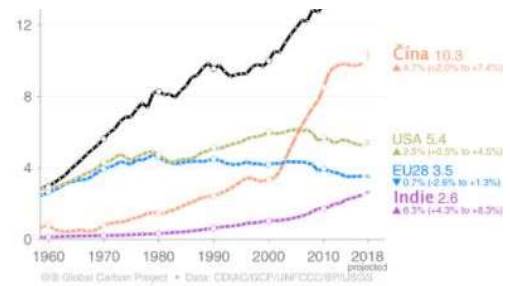
8. Nezodpovězené otázky na závěr – odpověď' nemohou dát inženýři

- Co způsobí, až voliči poznají reálný výsledek –
 - malé nebo žádné zlepšení klimatické změny
 - trh deformovaný nařízením v ekonomice,
 - propad exportu při nutnosti vyššího importu,
 - ekonomicky závislé mezinárodní vazby ČR?
- **Jak a kde mohou naznačené problémy řešit EU, státy a obce**
 - *přímými, nepřímými dotacemi,*
 - *fiskálními opatřeními,*
 - *restrikcemi s využitím dostupných daňových a pokutových příjmů,*
 - *půjček a tiskem peněz (kvantitativním uvolňováním).*
- **Mýtus řešení následkem pokroku v budoucnosti – neopodstatněná naděje a sliby nezarmoutí hned, ale po čase.**
- A jaké to může mít důsledky na úrovni socioekonomické a politické?
- Kdy revoluční nadšení přechází v diktaturu?
- Není evoluce a technologická neutralita lepším řešením?



7. Závěry

- Chceme být „čistí“ pro sebe i pro celou Zemi
- Evropa má podíl na skleníkových emisích 8% a klesá
- Přesouváme „špinavé“ technologie jinam, kde je dokonce podstatně větší emisní faktor
- Chceme být sociálně spravedliví
- Zabraňujeme v přístupu k mobilitě chudším
- Na čisté technologie, které jsou drahé, musíme přerozdělovat veřejné prostředky
- Cena energie nemá jen přímý dopad na energii potřebující obyvatele, ale na ceny všech výrobků prostřednictvím výrobců
- Chceme být světovým leadrem, ale snižujeme svou konkurenceschopnost
- Působíme tím potenciálně nárůst nezaměstnanosti.



7. Závěry

- **Závěr: Technologicky neutrální zákonná opatření jsou základem.**
- **Volná soutěž koncepcí s dotacemi do VaV musí být základem. Pokud dotace do investic, pak vyváženě, ne ideologicky jednostranně.**
- **Do provozu vůbec žádné podpory!**
- **Pokud se budeme řídit ideologickými polopravdami, bude následovat ztráta konkurenceschopnosti průmyslu a nedostupnost mobility pro nízkopříjmové třídy, navíc z části nezaměstnané! ESG a možná bankovní krize jsou dostatečným varováním.**
- **Problém: Proti populistům a demagogům je racionální argumentace v nevýhodě – polopravda v jednom čísle přesvědčí neznalého vždy více.**
- **Objektivní analýza v časových závislostech vyžaduje myslet, a to je nepopulární.**
- **Časové konstanty reálných ekonomických procesů jsou delší než volební období i požadovaná doba návratnosti investic. Co s tím?**

Thank you for your attention! Questions?

jan.macek@fs.cvut.cz

Acknowledgement for support inside IMPERIUM and ADVICE projects of H2020 together with programs of The Technological Agency of the CR, NCK 2 and THETA, projects Josef Božek National Center of Competence, TN0200 0054, and Model Support of Clean and Sustainable Mobility in CR, TK 0401 0099.

The collaboration with colleagues prof. ing. Milan Pospíšil, CSc. - VŠCHT, Mgr. Vojtěch Máca, PhD. – ČŽP UK a ing. Jan Mikulec, CSc. - ČAPPO is highly appreciated, as well.

Moreover, colleagues from the think tank Realistická energetika a ekologie, especially Ing. Jaroslav Čížek, Ing. Jan Vondráš and Dr. Milan Smutný, <https://realisticka.cz>, helped us significantly.



References 1/3

- [1] Saboohi, Y.; Farzaneh, H., "Model for developing an eco-driving strategy of a passenger vehicle based on the least fuel consumption," *Applied Energy*, 86(10): 1925-1932, 2009.
- [3] Barth, M., Boriboonsomsin, K., "Energy and emissions impacts of a freeway-based dynamic eco-driving system," *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 14(6): 400-410, 2009.
- [4] Badin F., Le Berr F., et al., "Energy efficiency evaluation of a Plug-in Hybrid Vehicle under European procedure, Worldwide harmonized procedure and actual use," EVS28 KINTEX, Korea, 2015
- [5] Guzzella L., Sciarretta A., *Vehicle Propulsion Systems*. Springer- Verlag Berlin Heidelberg, 2013.
- [6] Zhao J., Sciarretta A., "Design and Control Co-Optimization for Hybrid Powertrains: Development of Dedicated Optimal Energy Management Strategy," *IFAC-PapersOnLine*, vol. 49, no. 11, pp. 277-284, 2016.
- [7] Sciarretta A., De Nunzio G., and Ojeda L. L., "Optimal Eco-driving Control: Energy-Efficient Driving of Road Vehicles as an Optimal Control Problem," *IEEE Control Systems Magazine*, vol. 35, no. 5, pp. 71-90, 2015.
- [8] De Nunzio, G., Thibault L., Sciarretta, A. "Bi-Objective Eco-Routing in Large Urban Road Networks," in *IEEE 20th International Conference on Intelligent Transportation Systems*, 2017, pp. 57-63.
- [9] De Nunzio G., Sciarretta A., Ben Gharbia I., Ojeda L. L., "A Constrained Eco-Routing Strategy for Hybrid Electric Vehicles Based on Semi-Analytical Energy Management," in *IEEE 21th International Conference on Intelligent Transportation Systems*, 2018.
- [10] Ye Z., Plum T., Pischinger S., Andert J., Stapelbroek M., Pfluger J. (2017) Vehicle speed trajectory optimization under limits in time and spatial domains. In: Isermann R. (eds) *Fahrerassistenzsysteme 2017*. Proceedings. Springer Vieweg, Wiesbaden https://doi.org/10.1007/978-3-658-19059-0_18
- [11] Cannon M., "Model Predictive Control" (<http://www.eng.ox.ac.uk/~conmrc/mpc/mpc1-2.pdf>, 2015)
- [12] Seborg E. D., "Process Dynamics and Control," John Wiley and Sons, 2010.
- [13] Biegler L. T. "An overview of simultaneous strategies for dynamic optimization", *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 46(11): 1043-1053, 2007
- [14] Steinbauer P., Macek J., Morkus J., Denk P. et al., "Dynamic Optimization of the E-Vehicle Route Profile," *SAE Technical Paper 2016-01-0156*, 2016, doi:10.4271/2016-01-0156.
- [15] Doleček V., Macek J., Barak A., Vitek O., et al., "Comprehensive Approach for Optimal Diesel Engine Downsizing Combining Thermodynamics and Design Assistance System," *SIA Paper, SIA Powertrain Conference Rouen 2014*, 10 pp.
- [16] Vitek, O., Macek, J., "Thermodynamic Potential of Electrical Turbocharging for the Case of Small Passenger Car ICE under Steady Operation," *SAE Technical Paper 2017-01-0526*, 2017, doi:10.4271/2017-01-0526.
- [17] Minett, C. F., et al., "Eco-routing: comparing the fuel consumption of different routes between an origin and destination using field test speed profiles and synthetic speed profiles," In: *Integrated and Sustainable Transportation Systems (FISTS)*, 2011 IEEE Forum on. IEEE, 2011. p. 32-39.
- [18] Vitek O., Macek J., Doleček V., Bogomolov S., et al., "Realistic Limits of ICE Efficiency," *FISITA Maastricht F2014-CET-051*, 10 pp.
- [19] Macek J., Vitek O., Doleček V., Srinivasan S., Tanner F.X., "Optimization of Engine Control Strategies during Transient Processes Combining 1-D and 3-D Approaches," *SAE Paper 2010-01-0783*
- [20] Macek J., Steinbauer P., Morkus J., Barák A., "Procedures for determination of the current vehicle parameters," Report to IMPROVE deliverable 3.4, CTU Prague 2014
- [21] Macek J., Steinbauer P., et al., "D3.5 Energy management algorithm for vehicle operation," Report to IMPROVE EU FP7 Project, deliverable 3.5, CTU Prague 2015

References 2/3

- [22] Nelles, O., "Nonlinear system identification with local linear fuzzy-neuro models," *Automatisierungs technik*. Shaker Verlag, Aachen 1999.
- [23] Stefan, M., Valasek, M., Sika, Z., Bauma, V., "Neuro-fuzzy Identification of Nonlinear Dynamic MIMO Systems," *Engineering MECHANICS*, 13(3) 223-238, 2006.
- [24] Camacho, E.F., Bordons, C., "Model Predictive Control," Springer Verlag, Berlin, 1999.
- [25] Pelikán, J., "Predictive Models of Combustion Engine," MSc. Thesis, FME CTU in Prague, 2004.
- [26] Valášek, M., et al., "Model Based Predictive Control of Combustion Engine with Constraints," *Review of Automotive Engineering of Japan SAE*, 26(3), pp. 349-356, 2005.
- [27] ISO 7730:2006 - "Ergonomics of the thermal environment -- Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria," International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- [28] Nilsson, H., "Comfort climate evaluation with thermal manikin methods and computer simulation models," Doctoral thesis, The Royal Institute of Technology, University of Gävle and The Swedish National Institute for Working Life, Arbete och Hälsa 2004:2. ISBN 91-7045-703-4, ISBN 91-7283-693-8, ISSN 0346-78.
- [29] Heywood, J.B., "Internal Combustion Engine Fundamentals", McGraw Hill 1988, ISBN 0-07-028637-X
- [30] Mindl, P., Mňuk, P., Haubert, T., Čeřovský, Z., "HIL System for EV Drives Testing," 19th International Conference on Electrical Drives and Power Electronics (EDPE), 2017, IEEE Catalog Number CFP17EDQ-USB, ISBN 978-1-5386-3379-3, ISSN 1339-3944, Pp. 250 - 254.
- [31] Novak, M. et al., "Efficiency Mapping of a 100 kW PMSM for Traction Applications," IEEE conference ISIE 2017, Edinburg.
- [32] Sadil, J., "Elektrochemical Impedance Spectroscopy of Electric Accumulators (in Czech)," *ELEKTRO*, 25(10): 120-129, 2017
- [33] Čeřovský, Z., "Current Issues of E-Mobility (in Czech)," *ELEKTRO*, 25(3): 94 - 99, 2017, ISSN 1210-0889.
- [34] Reducing CO2 emissions from passenger cars. European Commission, online, cited: 2019-06-31, accessed from: <https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/> cars_en
- [35] BELLMAN R. *Dynamic Programming*, Science, 1966, vol. 153, no. 3731, pp. 34-37.
- [36] SUNDSTRÖM, O., GUZZELLA, L., SOLTIC, P. Optimal Hybridization in Two Parallel Hybrid Electric Vehicles using Dynamic Programming, 2008, *IFAC Proceedings Volumes*, 41, 2: 4642-4647
- [37] BIASINI, R., ONORI, S., RIZZONI, G. A near-optimal rule-based energy management strategy for medium duty hybrid truck, 2013, *Int. J. Powertrains*, Vol. 2, Nos. 2/3: 232-261
- [38] ZHOU, H., XU, Z., LIU, L., LIU, D., ZHANG, L. A Rule-Based Energy Management Strategy Based on Dynamic Programming for Hydraulic Hybrid Vehicles, 2018, *Hindawi - Mathematical Problems in Engineering*, Vol. 2018, doi:10.1155/2018/9492026
- [39] SHEN, W., YU, H., HU, Y., XI, J. Optimization of Shift Schedule for Hybrid Electric Vehicle with Automated Manual Transmission, *Energies* 2016, 9, 220, doi:10.3390/en9030220
- [40] YUAN, Z., TENG, L., FENGCHUN, S., PENG, H. Comparative Study of Dynamic Programming and Pontryagin's Minimum Principle on Energy Management for a Parallel Hybrid Electric Vehicle, *Energies* 2013, 6, 2305-2318, doi:10.3390/en6042305

References 3/3

- [41] LODAYA, D., ZEMAN, J., OKARMUS, M., MOHON, S., et al. Optimization of Fuel Economy Using Optimal Controls on Regulatory and Real-World Driving Cycles, SAE Int. J. Advances & Curr. Prac. in Mobility 2(3):1705-1716, 2020, doi:10.4271/2020-01-1007.
- [42] Macek, J., Morkus, J., "Optimum Limits of Motor Vehicle Driving", XLVIIIth Conference Of Czech And Slovak Combustion Engine Research, Technical University of Liberec, 2017
- [43] Macek, J., Morkus, J., Denk P., Steinbauer P., Vitek O., Toman R., "Optimization Tool For Hybrid Vehides", XLIXth Conference Of Czech And Slovak Combustion Engine Research, Agricultural University of Nitra, 2018
- [44] Macek, J., Morkus, J., "Model of Surface Vehicle Fleet Energy Consumption Suitable for Climate-Energy Policy Assessment", L th Conference Of Czech And Slovak Combustion Engine Research, Mendel University in Brno, 2019, pp. 110-123, ISBN 978-80-7509-668-5
- [45] Macek, J., Toman, R., Denk P., Steinbauer P., "Hybrid Powertrain Optimization Tools", Lth Conference Of Czech And Slovak Combustion Engine Research, Czech Technical University in Prague 2020, pp. 110-129, ISBN 978-80-01-06744-4
- [46] Toman, R., "Parallel Plug-in HEV Topologies Evaluation Using Dynamic Programming", Lth Conference Of Czech And Slovak Combustion Engine Research, Czech Technical University in Prague 2020, pp. 220-228, ISBN 978-80-01-06744-4
- [47] Macek J., "Simple Comparison of Solutions for GHG Reduction in Transport", GT Suite Conference 2021, Gamma Technologies Inc., 2021
- [48] GreenNCAP <https://www.greenncap.com/>



3. Rozvoj infrastruktury

Co potřebujeme:

- Vozidla – záleží na ochotě zákazníků, snad se nebude nařizovat.
- Nabíjecí infrastrukturu pro rodinné domy (10-15 kW), bytové domy – parkovací místa s veřejnými nabíječkami pro pomalé nabíjení nebo garáže, veřejné nabíječky pomalé a rychlé (>50 kW)
- Pro využití kapacity akumulátoru obousměrnou nabíječku s frekvenčním měničem baterie -> síť
- **Dimenzování nabíjecí infrastruktury není možné založit na průměrném příkonu (kWh za dlouhé období), ale na pečlivém rozboru okamžitých požadovaných výkonů (v kW).**
- Kabeláž, transformátory a VN přívody. Typicky veřejná stanice s 5 stojany 30 kW a nejméně s dvěma 150 kW, dokonce více – příkon více než 500 kW. Nutná přípojka VN. Využití rychlého nabíjení u ČEZ tč. 1,7 %, pokud proporcionálně (lze?), pak cílově 20-30%.
- Požadavek EU každých 50 km. **Kdo zaplatí PROVOZ? Investice může být dotována.**

3. Rozvoj infrastruktury

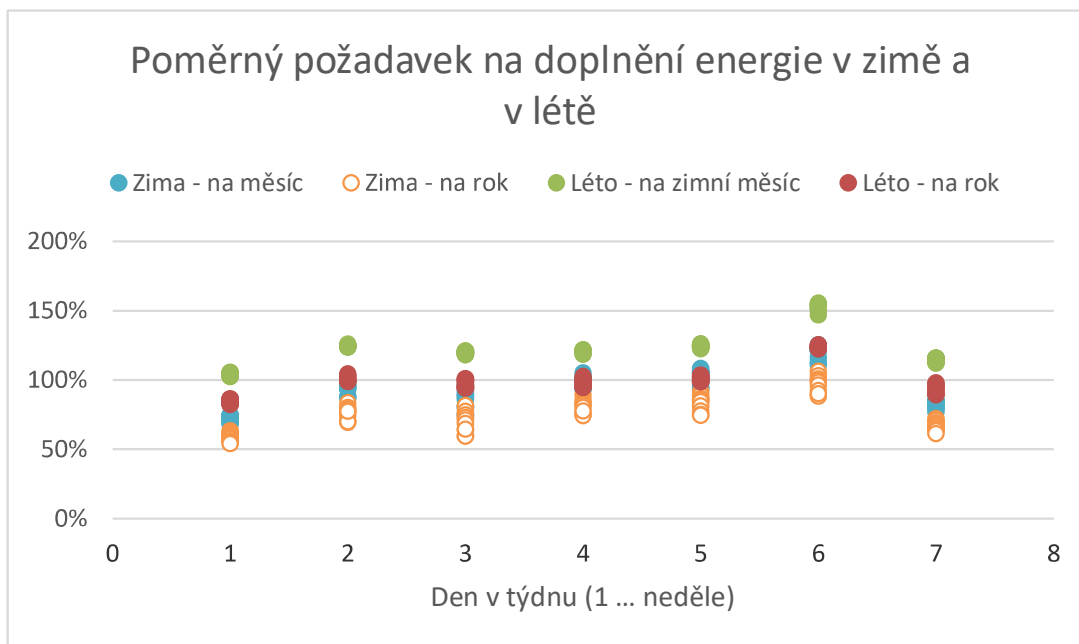
Ďábel v detailech

- Výkon ovlivňuje cenu všech elektrických zařízení s výjimkou baterií, jejichž cena závisí hlavně na celkové kapacitě.
- Rovněž použité napětí je důležité, neboť umožňuje snížit při daném výkonu proud, na jehož druhé mocnině závisí ztráty. U vozidel: Proti vysokým napětím stejnosměrného proudu pro nabíjení jde však požadavek bezpečnosti a prostorové nároky izolací.
- Nabíjení baterií optimálně ze 20% na 80%. Nízké nabití – malý vnitřní odpor, možnost velkých proudů, nad 70% už bez ohledu na výkon nabíječky nutno snižovat rychlost nabíjení. Nejde tedy počítat dobu nabíjení jednoduše z projetych kWh a max. výkonu nabíječky.
- Pro životnost není dobré udržovat vysoký stav nabití (nabíjet „do zásoby“).
- Výkonové požadavky: Dlouhodobé průměry z týdenního rozložení odběru benzínu, který je charakteristickým palivem menších a soukromých vozidel. Odběr nafty je během týdne vlivem nákladní dopravy i služebních vozidel daleko rovnoměrnější.



3. Rozvoj infrastruktury

Poměrné hodnoty spotřeby benzínu po dnech v týdnu v letních a zimních měsících, vztažené na měsíční průměry zimních měsíců nebo na roční průměr



3. Rozvoj infrastruktury

Ďábel v detailech – využití BEV jako zásobníku pro síť

- Stabilita sítě krátkodobá (bude chybět kinetická energie turbogenerátorů) a dlouhodobá (OZE – kde nakoupíme, pokud budeme na nich závislí?)
- Optimistický cíl 2035: 500 000 BEV po 50 kWh a s využitím 20% ... 5 GWh, což je asi 70% průměrného příkonu sítě. Ale pro jeho plné využití by každá připojená nabíječka musela přenést právě 50 kW, na což není hodinově ani dimenzované vozidlo, ani síť.
- Denní rozložení podle možností připojení a podle polohy dne v týdnu.
- Baterie na 7 GWh – cena $22 \text{ Kč}/\text{kWh} \cdot 7\,000\,000 \text{ kWh} = 14 \text{ GKč}$ na 1 h provozu sítě
- Zimní požadavky – anticyklona nad střední Evropou běžně 7 – 10 dní.

3. Rozvoj infrastruktury

Extrémní stav nabíjecí infrastruktury (jen BEV)

- 6 000 000 osobních a malých dodávkových vozidel
- 2 000 000 na veřejných parkovištích: nabíječky pro více vozidel, která se budou při nabíjení střídat?
- 2 200 000 vozidel v garážích rodinných domů.
- „Weekendové nabíjení“ - navýšení o 50% ... pro noční nabíjení u stojanu je k dispozici jen 6-8 h, takže okamžitý výkon pro síť představuje 4,5 až 6krát vyšší výkon než pro průměrné nabíjení. Jak se zaplatí nízké využití?
- Tato úvaha nezahrnuje navýšení špičkového odběru dalším nočním nabíjením v garážích RD ani zvýšené nároky na nabíjecí výkon, pokud by baterie vozidel byly během dlouhodobého připojení na síť využívány jako stabilizující prvek sítě a čas pro potřebné nabíjení by se tím dále zkrátil.
- Žádná SMART GRID nevytvoří novou energii, jen zrovnoměří její odběr.

3. Rozvoj infrastruktury

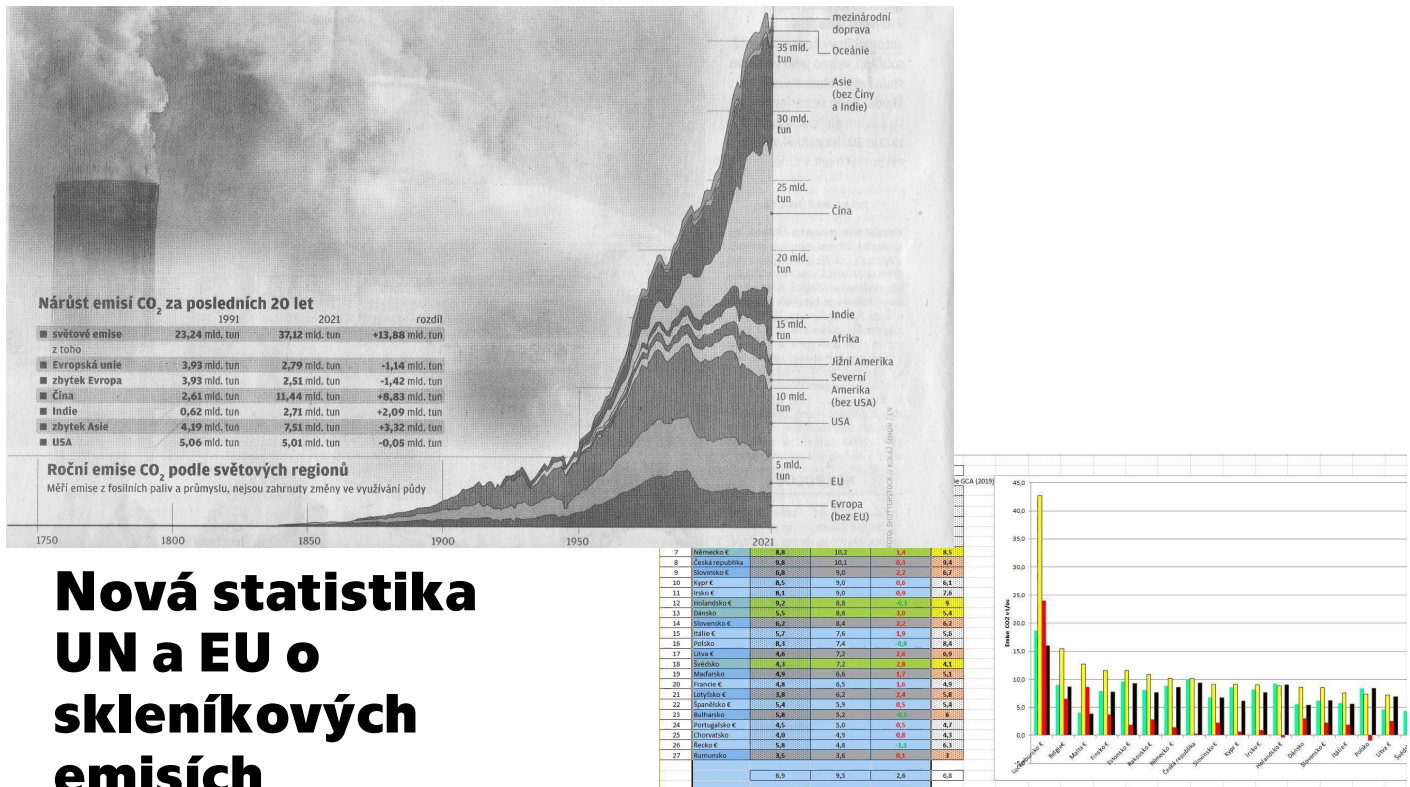
- Elektromobily pro přepravu na krátké vzdálenosti jak pro dojíždění, tak pro „poslední míli“ dodávkových služeb jsou racionální. Při soukromém vlastnictví „druhého auta do rodiny“ se však oddaluje dosažení nájezdu, při kterém bude BEV s počáteční velkou emisí „investicí“ do výroby baterie výhodnější než klasické vozidlo.
- Problematika rychlonabíjení během cesty a optimalizace delších cest může pomoci.
- Omezování počtu parkovacích míst v již tak napjatém zajištění „dopravy v klidu“. Asi 7 automobilů podélně mezi 2 lampy, při využití lampy na 2 nabíječky redukce počtu parkovacích míst o cca 28%
- Otázky požární bezpečnosti v garážích RD a při hromadném parkování BEV – i v návaznosti na pojištění vozidel a nemovitostí.
- Popsané problémy vyžadují postupné přivýkání obyvatel novému stylu života, osvětu a příklady pozitivních účinků. Sociologicko-politická otázka. Diktát nových příkazů a zákazů situaci nezlepší.



2. Základní vlastnosti elektromobilů – energie, emise, způsoby hodnocení

Hnací jednotky mohou být založeny na různě účinných a různě hmotných uspořádáních

- na spalovacích motorech. Paliva fosilní i obnovitelná (vodík, e-fuels). Relativně lehký pohon, protože **oxiduje palivo kyslíkem z atmosféry**. Spotřeby nižší střední třída 45-65 kWh/100 km, hybridy HEV méně, dobíjecí hybridy PHEV podle využití obou částí. 10 kWh = 1 l motorové nafty.
- na palivových článcích FC + akumulátorové baterii pro palivo vodík, **oxiduje kyslíkem z atmosféry**. Trochu těžší pohon, drahý, spotřeba 30-40 kWh/100km.
- BEV - na lehkém elektromotoru s reduktorem a baterií (daleko těžší a dražší než pouhý souhrn článků), která velmi těžká, protože **oxidační činidlo uvnitř**. Spotřeby kolem 15-25 kWh/100 km. Baterie mezi 0,1 (LiFePO) – 0,2 kWh/kg (LiNiCo+Mn anebo Al). Využitelná nádrž je ne 100 krát, ale 35krát těžší při stejném dojezdu.

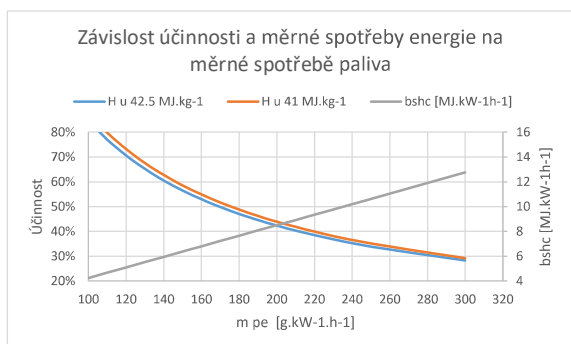
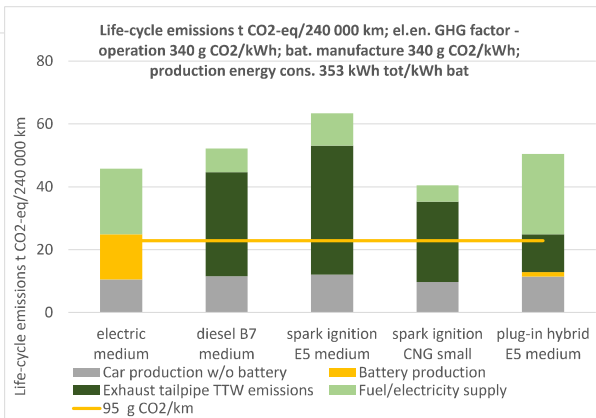
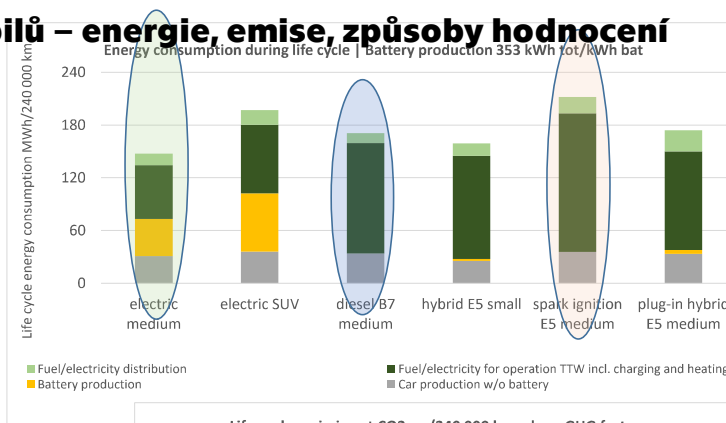


Nová statistika UN a EU o skleníkových emisích

2. Základní vlastnosti elektromobilů – energie, emise, způsoby hodnocení

Srovnání energetických spotřeb a emisí LCA

- 1 l nafty = 10 kWh = 36 MJ
- WTW – celková spotřeba od primárního zdroje na kola, TTW z nádrže na kola, WTT od zdroje do nádrže
- BEV 15-35 kWh/100 km podle dojezdu.
- Jsou tu rozpočteny pořizovací „náklady“ LCA, tedy spotřeba energie na výrobu vozidla a jí indukované emise CO₂.



5. Výhled počtu osobních elektromobilů a jeho dopady

- **Cena jízdy BEV 2.3 Kč/km při 10 Kč/kWh, při rychlonabíjení více. Naftový automobil 2.2 Kč/km se spotřební daní 8.50-10 Kč/l za 40 Kč/l. Ovšem navíc odpovídající naftový automobil z odpisů ceny auta za 250 000 km + 2 Kč/km, elektrický + 4 Kč/km.**
- **Teprve při 50% podílu jádra a větším OZE dosáhneme příznivějšího emisního faktoru, to se týká i celé Evropy (předp. 0,28 kg CO₂/kWh, ze sítě ale 0,35 CO₂/kWh). A navíc výroba, cca 350 kWh/kWh baterie (GreenNCAP), takže dorovnání emisí až po určitém nájezdu.**
- **V ČR tč. u dieselů někde kolem 120 000 km při výrobě baterie v ČR, v Číně nad 240 000 km (ted' 77% baterií).**
- **Výměna vozového parku vyžaduje intenzivní výrobu BEV během následujících 20 let.**
- Předpokládáme-li, že po roce 2035 bude emisní faktor z výroby elektrické energie v EU cca **0,1 kg CO₂eq/kWh(el)** – dnes je kolem 0,3 kg CO₂eq/kWh(el), pak při výrobě všech vozidel v zemích EU by se **přesunutím termínu zákazu z roku 2035 na rok 2045 v kritických přechodových rocích 2045 až 2063 snížily emise v EU a ve světě o 17,2 milionů t CO₂eq/rok**
- Pokud by výroba všech vozidel probíhala v **Číně** (což je katastrofický, ale zcela myslitelný scénář) s předpokládaným emisním faktorem 0,564 kg CO₂eq/kWh(el) – dnes přes 750 g CO₂/kWh – **snížily by se přesunutím termínu zákazu z roku 2035 na rok 2045 v kritických přechodových rocích 2045 až 2063 světové roční emise o 224,6 milionu t CO₂eq/rok.**



Česká společnost pro jakost, Novotného lávka 5, 116 68 Praha 1

Baterie pro elektromobily

Ing. Josef Morkus, CSc.

Centrum vozidel udržitelné mobility Fakulty strojní ČVUT

josef.morkus@fs.cvut.cz

Baterie pro elektromobily

Ing. Josef Morkus, CSc.

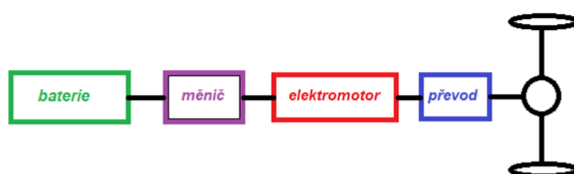
Centrum vozidel udržitelné mobility
FS ČVUT v Praze

2023



1
#

Schema elektrického pohonu



Elektromotory, měniče i převody jsou známé, vyzkoušené a dobře zvládnuté.

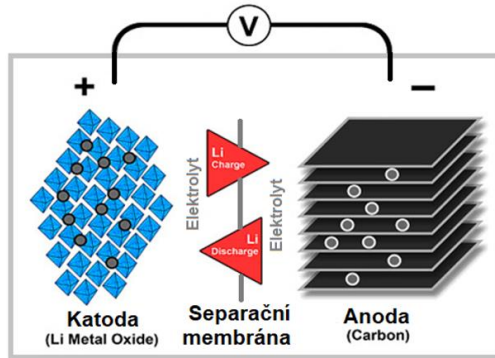
Problematickou součástí elektrického pohonu je baterie.



2
#

Princip Li-ion baterie

Základem každé baterie jsou bateriové články. Ty mohou mít různou formu - cylindrické, prizmatické ap.



K dosažení požadovaného napětí jsou články pospojovány sériově do modulů. Modul může obsahovat desítky až stovky článků a zpravidla i čidla teploty, napětí ap.

K dosažení požadované kapacity a výkonu se kompletní baterie skládá z více modulů v sériovém nebo paralelním zapojení.

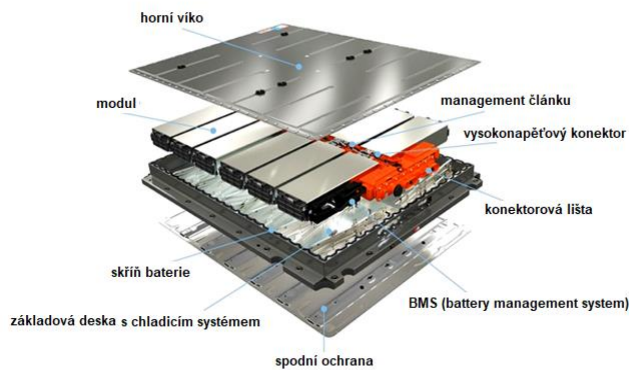
batteries through electrode nanoengineering
Ternasco: Power Boost for Fuel Cell Based Electric Vehicles



ČVUT
ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
PRAHA

#

Z čeho se kompletní baterie skládá



Příklad: Škoda Enyaq iV



ČVUT
ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
PRAHA

4

#

Základní parametry baterií

Jmenovitá kapacita [kWh]: množství energie, které může být uloženo

cca 0,5 kWh	mild hybridy
cca 1,5 k	full hybridy
cca 2 až 5 kWh	sériové hybridy
8 až 16 kWh	plug-in hybridy
30 až 100 kWh	elektromobily
přes 100 kWh	sportovní vozidla
250 až 350 kWh	elektrobuses a nákladní vozy
až 900 kWh	těžké nákladní vozy (Tesla Semi)

Využitelná kapacita [kWh]: energie, která může být využita z plně nabitě baterie

State of Charge: aktuální množství energie v baterii (v % kapacity)

State of Health: capacity of old (used) battery: (v % původní kapacity)

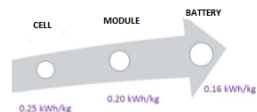
Jmenovité napětí [V]: jmenovité napětí na svorkách baterie

48 V	mild hybridy
cca 250 až 400 V	plug-in hybridy a elektromobily
nové 800 V	výkonné a sportovní elektromobily
až 1000 V	nákladní vozy (Tesla Semi)

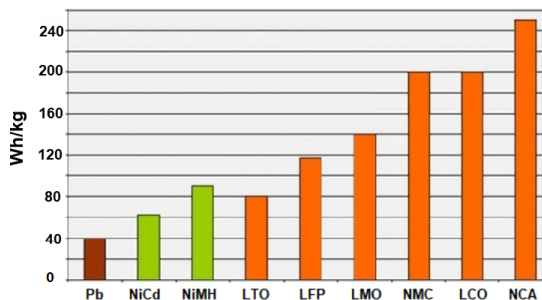
C-rate [A/Ah; kW/kWh]: charakterizuje maximální dobíjecí proud

specifická energie [kWh/kg] nebo hustota energie [kWh/l]

specifický výkon [kW/kg] nebo hustota výkonu [kW/l]



Hustota energie v různých druzích baterií



- NCA - lithium-níkl-kobalt-oxid hliníku → relativně málo cyklů, výroba Panasonic, užití Tesla
- LCO - lithium-kobalt-oxid → méně bezpečná, méně cyklů
- NMC - lithium-níkl-mangan-kobalt-oxid → vhodná pro High Energy baterie, C-rate = 1
různé složení, např. NMC 111
- LFP - lithium-železo-fosfát → bezpečnější, levnější, ale méně cyklů, C-rate = 2
- LTO - lithium-titanát oxid → vhodná pro High Power baterie, C-rate = 8 - 12

Li-ion = kapalným elektrolyt, Li-Pol = gelový elektrolyt

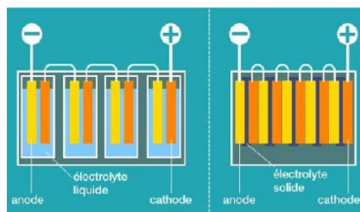
<http://proelektrotechniky.cz/elektromobilita/387.php>
www.batteryuniversity.com



Kam směřuje vývoj baterií

Vývoj baterií stále pokračuje.

Tak zvané solid-state baterie t.j. baterie s pevným elektrolytem jsou slibným a pravděpodobně dosažitelným řešením během několika let. Slibují jednodušší konstrukci, menší váhu a především výrazně větší bezpečnost proti požáru. Stále ještě nejsou dořešeny problémy nižší životnosti, vyšších ztrát a odolnosti proti nízkým teplotám. Problémem je také udržení kontaktu mezi pevným elektrolytem a elektrodami po mnoha nabíjecích cyklech.



Jiný směr vývoje se snaží nahradit uhlíkovou anodu křemíkovou. Křemík je snadněji dostupný a má vyšší teoretické parametry. Problém je ve změnách objemu křemíkové anody při nabíjení a vybíjení, které vedou až k její destrukci. Řešení se hledá v kombinaci křemíku a uhlíku nebo grafenu, ale patrně bude vyžadovat ještě delší čas.

Jiný směr zkouší použití lithiové anody, která by měla mít nekolikrát vyšší kapacitu než uhlíková. Problém je ve tvoření tzv. dendritů, které mohou poškodit separační folii a způsobit zkrat článku se všemi důsledky.

7
#

Kam směřuje vývoj baterií

Další směr vývoje vede ke snaze o náhradu aktivních materiálů jinými dostupnějšími a levnějšími.

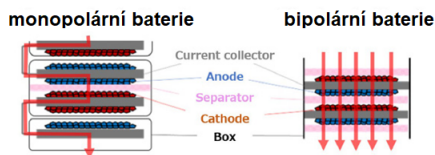
Již dlouho jsou za perspektivní považovány baterie **Lithium-síra** Li-S. Avšak toto řešení dosud ztroskotává na tvorbě sulfidů, které výrazně zkracují životnost baterie. Též je problém vodivosti sírové katody.

Naproti tomu Na-ion **sodíkové baterie** již mají praktickou aplikaci. Jsou vyráběny čínskými firmami BYD a CATL a montovány do městských elektromobilů. Podrobná data nejsou dosud k dispozici, pravděpodobně budou mít nižší parametry než Li-ion, ale jsou levnější.



Další podobnou cestou, aplikovanou především čínskými výrobci je návrat ke starší **LFP technologii**. Řada levnějších čínských elektromobilů používá LFP baterie. Opět mají nižší parametry, ale i cenu. Tato bezkobaltová technologie je dále vyvíjena, např. Toyota slibuje její vylepšení.

Jinou cestou je změna **konstrukce baterií**. V principu jde o zvětšování článků a o změnu poměru aktivní a neaktivní hmoty, bipolární baterie ap. Potenciál růstu kapacity u těchto modifikací se udává v desítkách procent.

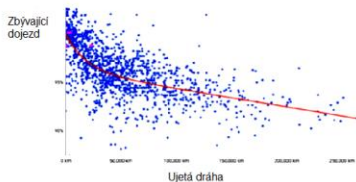


8
#

Životnost baterie

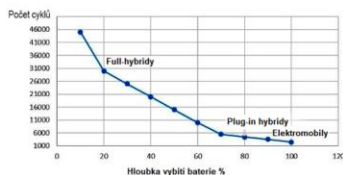
Životnost baterie je dána dvěma vlivy:

Cyklová životnost: Životnost Li-ion baterie je dána počtem nabíjecích cyklů (obratů kapacity)

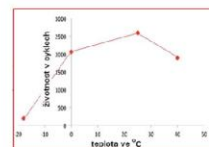


S každým nabíjením klesá kapacita baterie. Z počátku zpravidla rychleji, později se ustálí na lineárním poklesu.

Konec života je smluvní při dosažení 80% původní kapacity



Skutečný počet cyklů závisí na hloubce vybití (DoD). Dobíjitelná vozidla mají obvykle DoD velké, proto se skutečný počet cyklů blíží počtu plných nabíjecích cyklů. Klasické (nedobíjitelné) hybridy naopak udržují malé DoD proto je skutečný počet cyklů výrazně vyšší, ale jsou o to častější.



Druhým omezením životnosti je pracovní teplota baterie.

Při teplotách pod 0°C a nad 50°C životnost výrazně klesá, nad 80°C je velké riziko poruchy a nad 130°C hrozí riziko požáru.

Časová životnost: v baterii, i když není používána probíhají pomalé chemické reakce, která vytvářejí separační vrstvu na elektrodách. Odhadovaná využitelná životnost je 10 až 15 let.

Záruka na baterii je obvykle 8 let nebo 160 000 km.

Mezi bateriemi i stejného typu mohou být značné rozdíly v životnosti vlivem výrobních tolerancí a dalších výrobních vlivů, ale i vlivem způsobů nabíjení, provozní teploty atp.

Druhý život baterie: po demontáži z vozidla baterie mohou být stále funkční, např. v úložiscích elektřiny, kde snížená kapacita nemusí tolik vadit. Ale s vyšším rizikem poruchy nebo požáru.

Bezpečnost baterií

Základním bezpečnostním rizikem u baterií je možnost vzniku požáru.

K požárům bateriových vozidel nedochází častěji než u vozidel s klasickým pohonem.

Rozdíl je v tom, že když zahoří baterie, jsou důsledky požáru výrazně horší.

Pojišťovny zpravidla považují požár baterie za totální škodu na vozidle.

Příčinou požáru baterie je zpravidla přehřátí některého článku, ať již v důsledku vnitřního zkratu, deformace po nehodě, výrobní chyby nebo ztráty kontroly při dobíjení.

Při zahřívání článku dochází po dosažení určité kritické teploty k exotermní reakci, uvolňovaná energie článků zahřívá a při ca 200°C nastává nevratný proces, tzv. **runaway**. Následně hoření lithia má teplotu 2000°C. Problémem je i toxicita plynů vzniklých při požáru.

Z hlediska bezpečnosti se nejlepší jeví technologie LFP, následovaná LTO, baterie NMC a NCA jsou hodnoceny jako „nebezpečné“.

Záludnou okolností je, že průběh zahřívání článku zvláště po jeho deformaci může být pozvolný a k zahoření může dojít až několik hodin či dnů po vzniku příčiny.

Problémem je uhašení požáru baterie. Nestáčí zamezení přístupu vnějšího vzduchu, neboť kyslík je obsažen přímo v baterii. V praxi je osvědčeným způsobem ponoření hořícího vozidla do nádrže z vodou a ponechání tam až do úplného vychlazení za několik dnů.



ČVUT

FAKULTA INŽENÝRSKÁ
VYSOKÉ ŠKOLY
TECHNICKÉ A EKONOMICKÉ
V ÚSTÍ NAD LABEM

#

10

#

Dobíjení akumulátorů

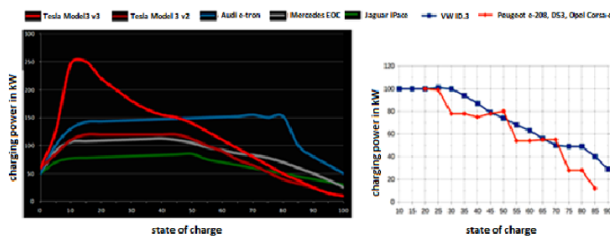


PLUG AND RIDE


Dobíjení baterií

Pomalé dobíjení : střídavým proudem ze zásuvky nebo z wall-boxu. Limit je dán jističem 16A (3.7 kW), 32 A (7.4 kW) nebo při třífázovém dobíjení 22 kW. Druhý limit je výkon palubní nabíječky, obvykle 7 až 11 kW.

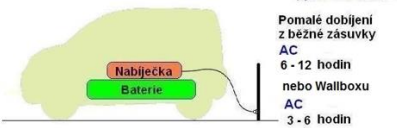
Rychlé dobíjení : stejnosměrným proudem z veřejné nabíječky, 50 až 350 kW (Tesla). Během nabíjení musí být výkon (proud) regulován.



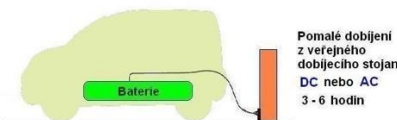
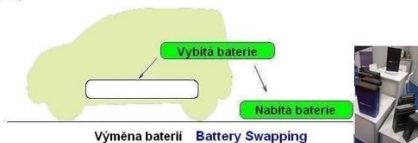
Nabíjení elektrických nákladních vozů: požadovaný výkon nabíječky 350 až 700 kW (Tesla Semi 1 MW)

Způsoby dobíjení

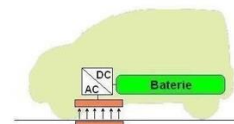
(týká se PHEV, EREV a BEV)



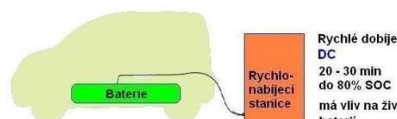
Pomalé dobíjení z běžné zásuvky AC
6 - 12 hodin
nebo Wallboxu AC
3 - 6 hodin



Pomalé dobíjení z veřejného dobíjecího stojanu DC nebo AC
3 - 6 hodin



Indukční dobíjení ve fázi výzkumu



Rychlé dobíjení DC
20 - 30 min do 80% SOC
má vliv na životnost baterií

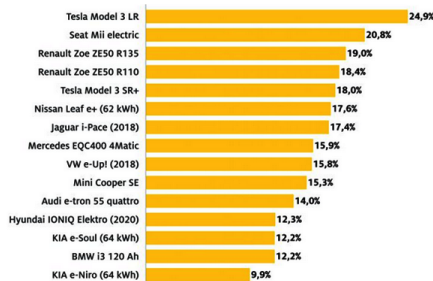


zdroje: Kumar: Smart Charging Stations
Tanaka: Toyota Vision
Kanevic: EV/PHSEV Charging Infrastructure analysis
EEVC, Bruselsko 2011
Delhoov: State of the art in business model for charging services
EEVC, Bruselsko 2012

Ztráty při dobíjení

kratší čas dobíjení ⇨ vyšší nabíjecí výkon ⇨ větší proud ⇨ větší ztráty ⇨ větší spotřeba energie ⇨ větší emise

Autoklub ADAC měřil ztráty při pomalém dobíjení wallboxem 22 kW AC - rozdíl mezi spotřebou na vstupu do nabíječky a údajem palubního počítače vozidla kolik energie se skutečně uložilo do baterie .



Quelle: ADAC e.V.



je to podobné, jako kdyby jste tankovali děravou hadicí a část paliva místo do nádrže vytekla na zem.

Při rychlém dobíjení budou ztráty podstatně vyšší kvůli vyššímu dobíjecímu proudu. K chlazení baterií při nabíjení se zpravidla používá vozidlová klimatizace. Její příkon dále ztráty zvyšuje.

Ridiči musí zaplatit nejen energii uloženou do baterie, ale i ztráty !



Materiálová náročnost

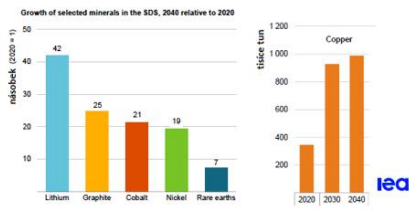
Pro scénář udržitelného rozvoje do roku 2040.

Podle analýzy IEA uvedené ve zprávě *The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions* do roku 2040 násobně vzroste potřeba materiálů, a to nejen lithia, grafitu, kobaltu ap. ale i materiálů běžně používaných jako je např. měď.

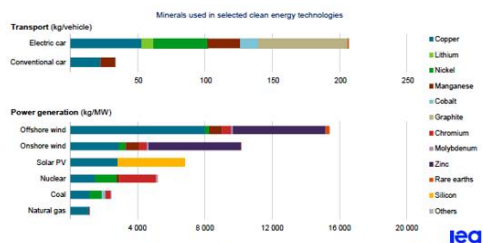
Tytéž materiály jsou potřeba nejen pro elektromobily (baterie), ale i pro solární, větrné i další elektrárny a rovněž pro vojenské účely.

Nedostatek materiálu může být limitem rozvoje elektromobility!

Například otevření nového dolu na měď trvá 15 - 20 let

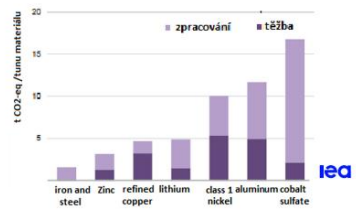


násobný nárůst spotřeby materiálů scénář SDS do roku 2040
Pro uhlíkovou neutralitu v roce 2050 budou tyto požadavky ještě vyšší.



porovnání spotřeby materiálů pro automobily a elektromobily a pro různé technologie výroby elektřiny

S růstem spotřeby materiálů porostou i emise z jejich těžby a zpracování



Lithium

Kolik lithia obsahuje

mobilní telefon	notebook	hybridní auto	průměrný elektromobil	elektromobil Tesla
3 gramy	30 gramů	1,5 kilogramu	cca 20 kilogramů	cca 50 kilogramů

Lithium uchová až trojnásobné množství energie oproti jiným kovům. Používá se při výrobě elektrických baterií a článků pro notebooky, mobily nebo při skladování energie.



<https://spravy.aktualne.cz/ekonomika/grafika-tesla-5lma3-#tabIdZ2C1111e793780029300na04/>



Recyklace baterií

Baterie na konci jejich životnosti jsou nebezpečný odpad, se kterým je nutno zacházet podle předpisů. Současně však obsahují řadu cenných materiálů a je účelné a nutné je recyklovat.

V principu není problém recyklovat jednu baterii. Problém je v zajištění hromadné recyklace velkého množství baterií.

Postup:

Demontáž, vybití a následné drcení před dalším zpracováním pod ochrannou atmosférou.

Metoda pyrometalurgická: Využívá vysokých teplot, při které se baterie taví a následně se separují jednotlivé kovy (kobalt a nikl). Tato metoda je vysoce energeticky náročná a drahá.

Hydrometalurgická metoda: Využívá rozpouštění kovů kyselinou a jejich následné srážení z roztoku. Tento postup vyžaduje menší množství energie, ale má vysokou spotřebou chemikálií a následné odpady.

Žádný způsob recyklace však nemá 100% účinnost. Nejasnou otázkou je zacházení se zbylým odpadem, který je toxický.

Současné snahy „řešit recyklaci“ vývozem ojetých elektromobilů do dalších zemí (včetně ČR) jen zvyšuje problém, co s vyřazenými bateriemi, které se budou v těchto zemích hromadit.



VUT

VYSOKÁ ŠKOLA
TECHNICKÁ A
EKONOMICKÁ
V ÚSTÍ NAD LABEM

17

#

Zásadní problém elektromobilů je cena

Cena baterie představuje cca 1/3 až 1/2 cenu elektromobilu.

Cena kovů a energií



Pokles cen se zastavil, zejména v důsledku růstu ceny materiálů a energií.

Např., cena lithia byla v roce 2021 cca 50 000 čínských juanů za tunu, v září 2023 je cca 200 000 juanů.

Rostou, byť s výkyvy i ceny dalších materiálů.

Současné ceny elektromobilů jsou dotované a rostou
Dotace:

- výrobní - ze zisku z prodeje vozidel se spalovacím motorem
- státní - z daní obyvatel

Náklady na vstupy výrazně rostou a dotace se snižují

➡ není pravděpodobný pokles cen elektromobilů

ale je pravděpodobný nárůst cen automobilů se spalovacím motorem

V budoucnu lze očekávat daň z elektřiny náhradou za daň z benzínu a nafty

Představa, že ceny poklesnou zavedením výroby baterií v Evropě je pravděpodobně mylná.

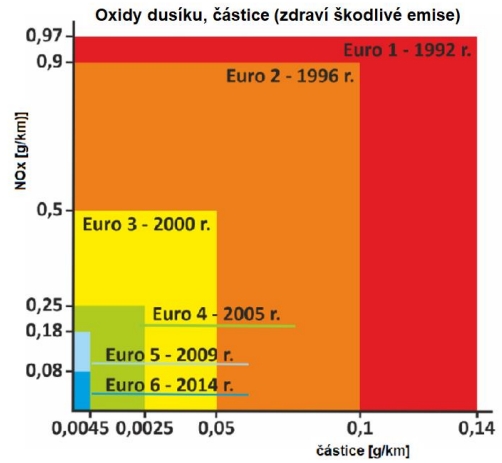
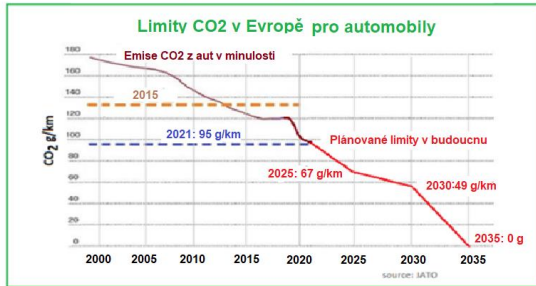
Evropa nemá zdroje surovin ani průmysl na jejich zpracování a bude ještě dlouho závislá na jejich dovozu, převážně z Číny.

Důvody vzniku hybridních a elektrických pohonů

- dlouhodobě rostoucí ceny paliva
- emisní předpisy EURO →
- emisní předpisy EU

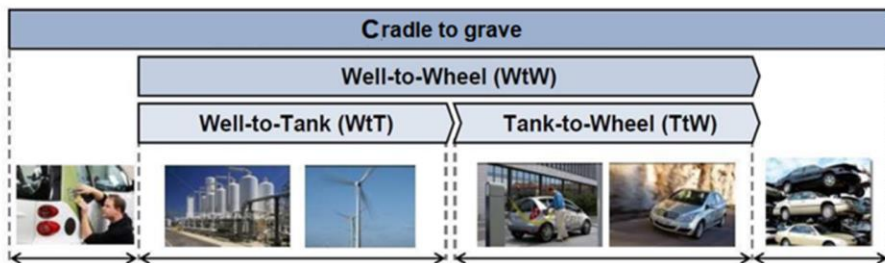


Oxid uhličitý (kterému je připisován vliv na klima)



#

Emise za životní cyklus vozidla



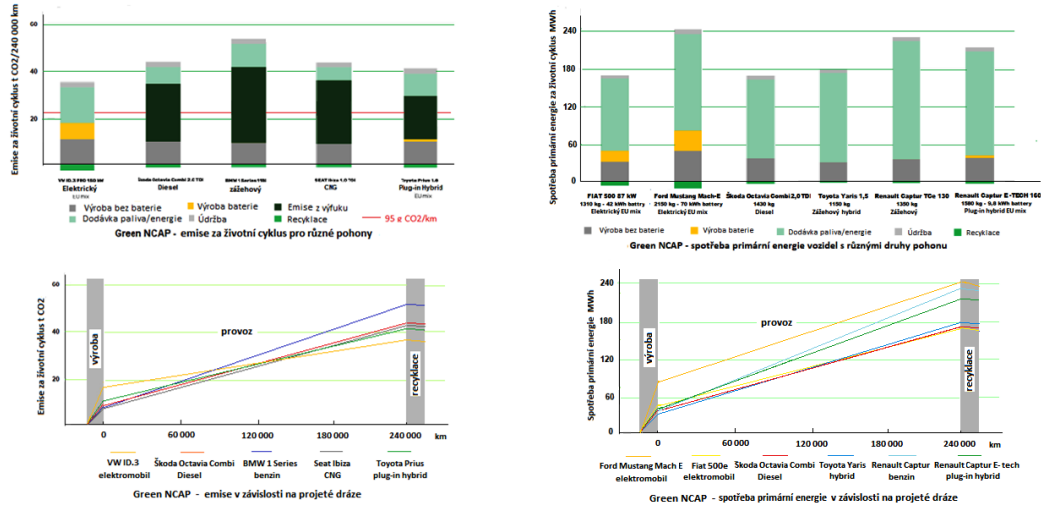
automobil

elektromobil

	výroba vozidla	výroba a distribuce paliva		provoz- spalování paliva v motoru	recyklace
	výroba vozidla + baterie	výroba elektřiny	nabíjení	provoz bez emisí	recyklace + baterie
				<u>emisní předpisy EU respektují jen tuto část</u>	

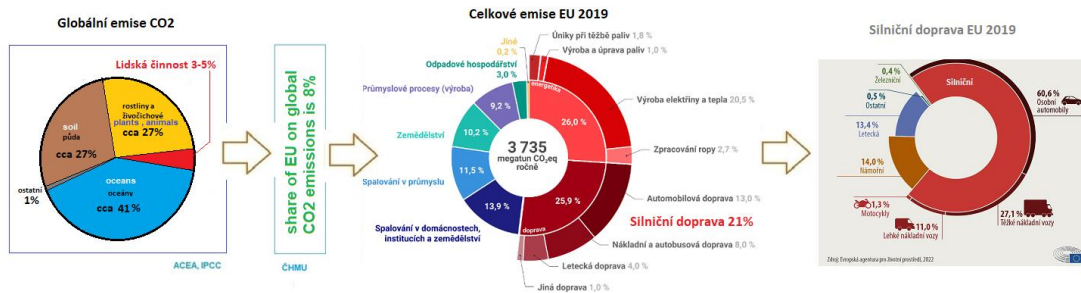
#

Reálné emise a spotřeba primární energie vozidel s různými pohony v celoživotním cyklu



Primární energie je součet všech energií (z ropy, uhlí, plynu, slunce, větru, ...), které je nutné získat z přírody pro výrobu a provoz vozidla.

Podíl osobních automobilů v EU na globálních emisích CO2



podíl osobních automobilů na emisích CO2 v Evropské unii
 $0,21 \times 0,08 = 0,017 = 1,7\%$

podíl evropských osobních automobilů na emisích CO2 ve světě
 $0,017 \times 0,08 = 0,0014 = 0,14\%$ z lidské činnosti

na globálních emisích CO2 se evropské automobily podílí jen minimálně !

zákazem provozu všech evropských osobních automobilů by se podíl lidské činnosti na emisích CO2 zmenšil o 1/100
náhradou automobilů se spalovacím motorem elektromobily by toto zmenšení bylo ještě výrazně menší

Náhrada automobilů se spalovacím motorem elektromobily je neefektivní a velmi drahá cesta ke snížení emisí.

ČVUT
 21
 #
 22
 #

Elektromobilita ve městě

Současné automobily mají emise velmi nízké avšak projede-li po ulici několik tisíc automobilů za den, emise se sčítají (zvláště při špatném větrání)

Elektromobil za jízdy neprodukuje žádné emise a má nízký hluk (což jsou jeho hlavní výhody)

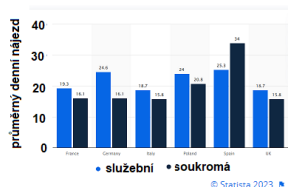
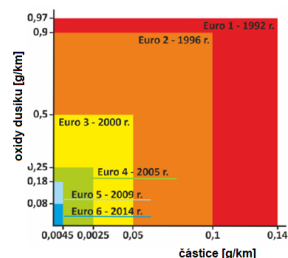
⇒ **Elektromobil ve městě dává smysl**
při jízdě netvoří CO₂, ale hlavně ani zdraví škodlivé emise

Avšak ve městě lze stěží najet více než 100 km/den (různá rozvázková vozidla, servisní služby, služební ale i soukromá vozidla)

⇒ **stačí malá baterie!**
i baterie s levnější technologií, ale menším dojezdem
malá baterie = nižší cena, menší váha, menší spotřeba, menší emise, méně materiálu

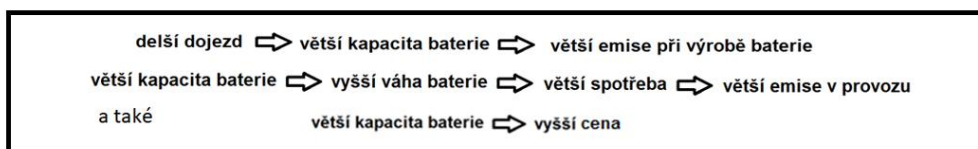
Prioritou je pomalé dobíjení (nižší cena, menší nároky na síť a na potřebný výkon elektráren)

Toto není technický problém, ale vyžaduje to změnu uvažování, t.j. chtít od elektromobilu jen to, k čemu se hodí ale ne představu univerzálního, jediného správného řešení



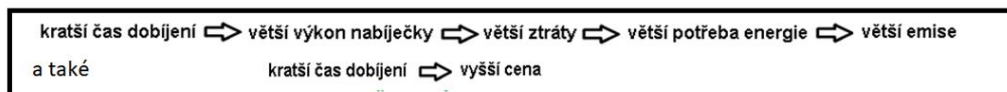
Snaha o větší dojezd a rychlejší dobíjení vede na vyšší cenu a větší emise

Dojezd:



Velké baterie jsou drahé, podílí se na ceně elektromobilu 1/4 až 1/2, cena takovýchto vozidel je vyšší než 1 milion korun, někdy i několik milionů.

Dobíjení:



Řidič musí zaplatit nejen energii uloženou do baterie, ale i ztráty !

Závěr

Do vývoje baterií se již řadu let investují značné prostředky. Navzdory dosaženému pokroku v současnosti neexistuje typ baterie, který by splňoval všechny požadavky na univerzální elektromobil plně rovnocenný vozu se spalovacím motorem.

Je důležité kriticky posuzovat různé informace a rozlišovat mezi reálnými hodnotami a marketingovými sliby, co bude v nejbližší budoucnosti. A neplést údaje, které se týkají bateriových článků a kompletních baterií.

Elektromobil s bateriemi má smysl přednostně v městském provozu, zejména pro nulové lokální emise, nízkou hlučnost a dobrou akceleraci. Pro tento účel použití není potřeba dlouhý dojezd, stačila by malá baterie s levnější technologií. Tím by se do jisté míry vyřešil i problém s cenou vozidla.

Z hlediska spotřeby surovin by opět bylo vhodné používat malé baterie a určitě bude nutná recyklace použitých baterií.

Bateriový pohon je jedním z možných typů pohonu. Kromě klasických benzínových a naftových pohonů existují i další možnosti - syntetická paliva, palivové články nebo nadějně vypadající spalování vodíku ve spalovacích motorech (které však neodpovídá současné evropské legislativě). Budoucnost zřejmě patří mixu různých typů pohonu, z nichž každý bude mít své místo a specifické využití. Jedním z nich jsou bateriové elektromobily.



ČVUT

FAKULTA STROJNÍ
UNIVERZITY
V PRAZE

25

#



Česká společnost pro jakost, Novotného lávka 5, 116 68 Praha 1

Konec malých (i levných) aut?

Sborník přednášek

kolektiv autorů

1. vydání

rok vydání 2023, Česká společnost pro jakost