

## Systémové souvislosti vodíkových technologií

Rada vlády pro udržitelný rozvoj

Výbor pro udržitelnou energetiku a dopravu

Praha, 6. 5. 2021

Jiří Pohl

Siemens Mobility, s.r.o.



**Trendy**

## **Sdělení Evropské komise COM (2019) 640 11. prosince 2019 - Zelená dohoda pro Evropu**

### **Kapitola 2.1.5. Urychlení přechodu k udržitelné a inteligentní mobilitě**

**„Na dopravu připadá čtvrtina skleníkových plynů produkovaných v EU a její podíl stále roste. K dosažení klimatické neutrality je nezbytné do roku 2050 emise z dopravy snížit o 90 %.**

**Dosažení udržitelné dopravy znamená upřednostnit uživatele a nabídnout jim cenově dostupnější, dosažitelnější, zdravější a čistší alternativy k dopravním prostředkům, na které jsou v současnosti zvyklí.“**

**Cíl: převést do roku 2050 ze silnic na železnice 75 % nákladní dopravy**

#### **Základní teze:**

- **automatizovaná a propojená multimodální mobilita bude spolu s inteligentními systémy řízení dopravy, které využívají digitalizaci, hrát stále větší úlohu,**
- **dopravní systém a infrastruktura EU se přizpůsobí tak, aby podporovaly nové služby udržitelné mobility, které zejména v městských oblastech sníží dopravní zatížení a znečištění,**

### Základní teze:

- prostřednictvím svých nástrojů financování, jako je Nástroj pro propojení Evropy, Komise pomůže rozvíjet inteligentní systémy řízení dopravy a řešení pro mobilitu jako službu,
- cena dopravy musí odrážet její dopad na životní prostředí a zdraví,
- množství emisí z dopravy by se mělo radikálně snížit, zejména ve městech,
- kombinace opatření by se měla zaměřit na emise, dopravní přetížení měst a zlepšování veřejné dopravy,
- komise navrhne přísnější normy pro emise látek znečišťujících ovzduší produkovaných vozidly se spalovacím motorem,
- komise zváží uplatňování systému evropského obchodování s emisemi i na silniční dopravu.

**Sdělení Evropské komise COM(2020) 789 - Strategie pro chytrou a udržitelnou mobilitu ze dne 9. 12. 2020**

### **Článek 3**

**Zdaleka nejzávažnějším úkolem, který stojí před odvětvím dopravy, je výrazně snížit emise a dosáhnout vyšší udržitelnosti. Tato transformace zároveň nabízí velké příležitosti pro lepší kvalitu života a evropskému průmyslu napříč hodnotovými řetězci přináší příležitost modernizovat se, vytvářet vysoce kvalitní pracovní místa, vyvíjet nové produkty a služby, posilovat konkurenceschopnost a usilovat o globální vedoucí postavení, neboť ostatní trhy rychle směřují k mobilitě s nulovými emisemi. Vzhledem k vysokému podílu EU na celkových emisích skleníkových plynů bude možné cíle EU, pokud jde o snížení emisí skleníkových plynů do roku 2030 alespoň o 55 % a dosažení klimatické neutrality do roku 2050, splnit pouze bezodkladným zavedením ambicióznějších politik za účelem snížení závislosti dopravy na fosilních palivech a v součinnosti s úsilím o nulové znečištění. Úspěch Zelené dohody pro Evropu závisí na naší schopnosti zajistit udržitelnost dopravního systému.**

### Článek 9

**Celkově musíme stávající paradigma postupných změn posunout k zásadní transformaci. Tato strategie tedy stanoví plán, jak evropskou dopravu pevně nasměrovat na správnou cestu k udržitelné a inteligentní budoucnosti. Aby se naše vize stala skutečností, stanovuje deset stěžejních oblastí s akčním plánem, který bude řídit naši práci v následujících letech. Scénáře, z nichž strategie vychází a které jsou společné pro všechny, kdo podporují plán dosažení cíle v oblasti klimatu do roku 2030, ukazují, že při dostatečně ambiciózních cílech může kombinace politických opatření uvedených v této strategii přinést do roku 2050 snížení emisí v odvětví dopravy o 90 %. S přihlédnutím k analýze uvedené v doprovodném pracovním dokumentu útvarů Komise byly stanoveny jednotlivé milníky, které mají ukázat cestu evropského dopravního systému k dosažení našich cílů udržitelné, inteligentní a odolné mobility, a tím naznačit nutné ambice našich budoucích politik, jako například:**

#### **Do roku 2030:**

- ☐ bude na evropských silnicích v provozu nejméně 30 milionů vozidel s nulovými emisemi,
- ☐ bude 100 evropských měst klimaticky neutrálních,
- ☐ se vysokorychlostní železniční doprava zdvojnásobí,
- ☐ by pravidelná hromadná doprava na vzdálenosti kratší než 500 km měla být v rámci EU uhlíkově neutrální,
- ☐ bude ve velkém měřítku rozšířená automatizovaná mobilita,
- ☐ budou připraveny na trh lodě s nulovými emisemi.

## Vize a hlavní cíl

**Dopravní politika ČR pro období 2021 – 2027 s výhledem do roku 2050 navazuje na hlavní průřezové cíle České republiky, Evropské unie a OSN a na scénáře a SWOT analýzu z Analytické části Dopravní politiky. Vize dopravní soustavy České republiky z hlediska dlouhodobého předpokládá, že Česká republika a její jednotlivé regiony budou vybaveny dopravní soustavou, která uspokojí požadavky přepravních potřeb jak v osobní, tak nákladní dopravě, bude podporovat udržitelný vývoj ekonomiky, a zároveň inkluzivní politiku namířenou na strukturálně znevýhodněné regiony a jejich obyvatele.**

**Tento dopravní systém bude zároveň splňovat požadavky z hlediska udržitelnosti, což znamená, že bude neutrální z hlediska vlivu na globální (nejen klimatické) změny (z hlediska mitigace i adaptace), bude mít co nejmenší vliv na veřejné zdraví, bude jen minimálně ovlivňovat biodiverzitu, přírodu a krajinu a bude vyváženě využívat přírodní zdroje na bázi obnovitelnosti tak, aby nezvyšoval dluh vůči budoucím generacím. Bude proto nutné uspokojovat potřebu po mobilitě osob a věcí, způsob zajištění těchto potřeb musí být ovlivňován tak, aby byla zajištěna udržitelnost ve vztahu k dalšímu ekonomickému vývoji.**

**Cílem je neomezovat dopravu, nýbrž rozvíjet ji. Avšak nikoliv v její současné extenzivní podobě se silnou závislostí na vysoké spotřebě energie, zejména fosilních paliv, nýbrž v energeticky nenáročné a environmentálně šetrné podobě. Společenským zadáním je proto zvýšit energetickou účinnost dopravy. To znamená zajistit snížení měrné spotřeby energie (podíl spotřeby energie a vykonané přepravní práce).**

## **Svět: Zákaz prodeje nových automobilů poháněných spalovacím motorem**



**rok 2025: Jižní Korea, Norsko**

**rok 2026: Belgie**

**rok 2030: Dánsko, Indie, Irsko, Island, Izrael, Německo, Nizozemí, Slovinsko, Švédsko, Velká Británie**

**=> březen 2021: iniciativa 9 zemí EU přijmout zákaz prodeje nových automobilů poháněných spalovacím motorem v celé EU,**

**=> výrobci reagují na tento vývoj na straně poptávky ukončením vývoje a výroby spalovacích motorů i spalovacích automobilů, investují částky v desítkách miliard EUR do vývoje a výroby elektrických automobilů.**

**Jen 8 % z produkce automobilového průmyslu ČR nachází uplatnění v ČR, 92 % zde vyrobených automobilů je prodáno v zahraničí.**

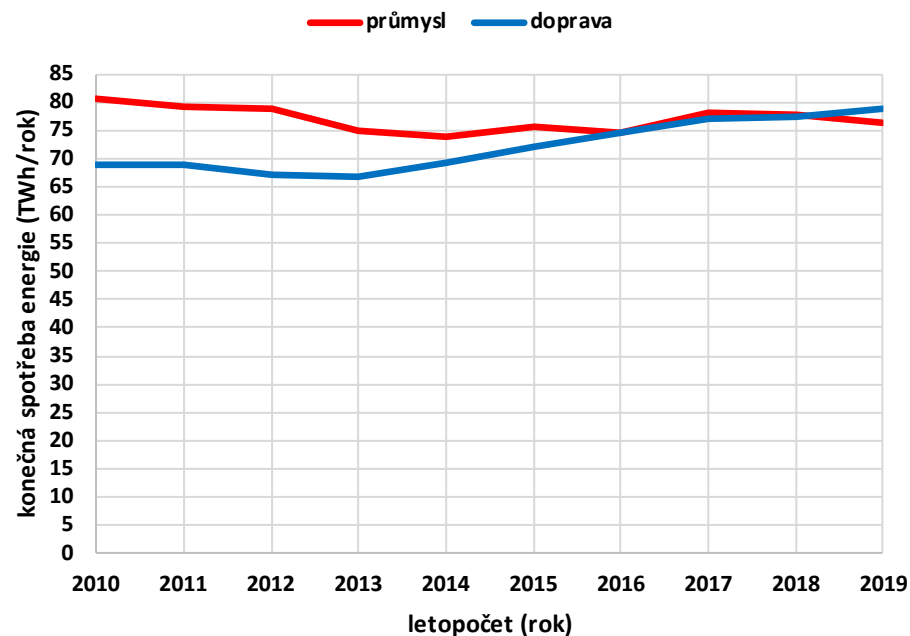
**=> nikoliv poptávka v ČR, ale světový trh s automobily určuje budoucnost automobilového průmyslu v ČR.**



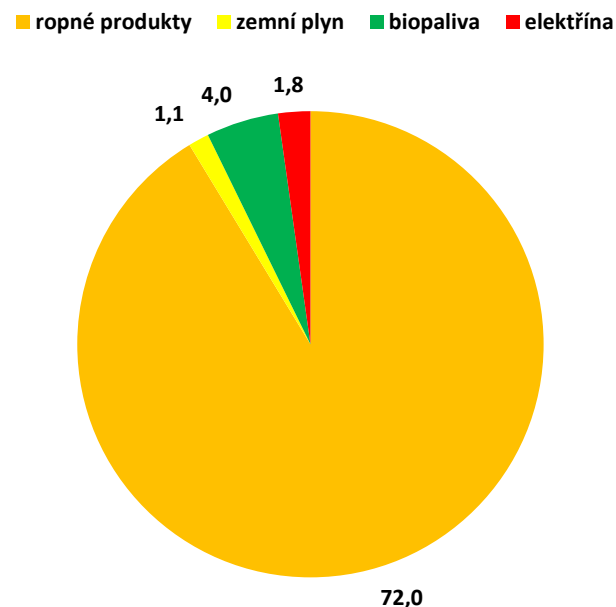
## Výchozí stav (energetika dopravy ve statistikách MPO ČR)

Extenzivní rozvoj dopravy způsobil, že spotřeba energie pro dopravu již v ČR překonala spotřebu energie v průmyslu. Přitom 93 % energie pro dopravu tvoří fosilní paliva, 5 % biopaliva a 2 % elektrická energie. Elektřina však díky vysoké účinnosti elektrických trakčních pohonů a převážné aplikaci v energeticky úsporné kolejové dopravě zajišťuje pouhými 2 % energie v průměru 21 % přepravních výkonů v součtu osobní i nákladní dopravy.

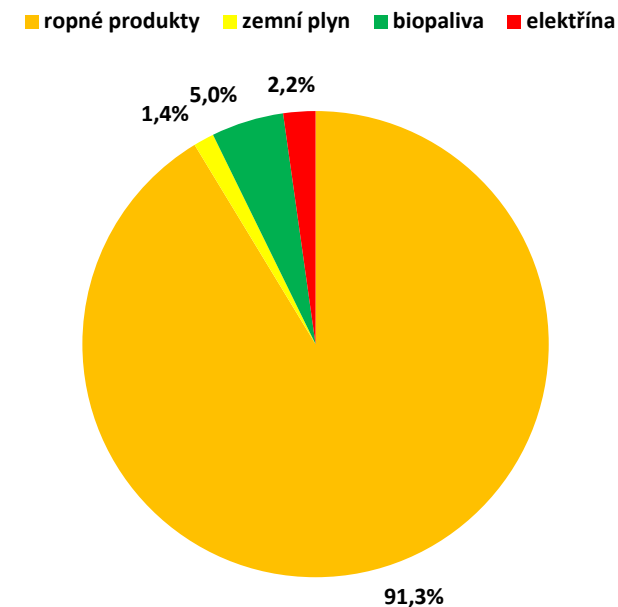
vývoj konečné spotřeby energie v ČR



struktura spotřeby energie pro dopravu v ČR v roce 2019 (celkem 79 TWh/rok)

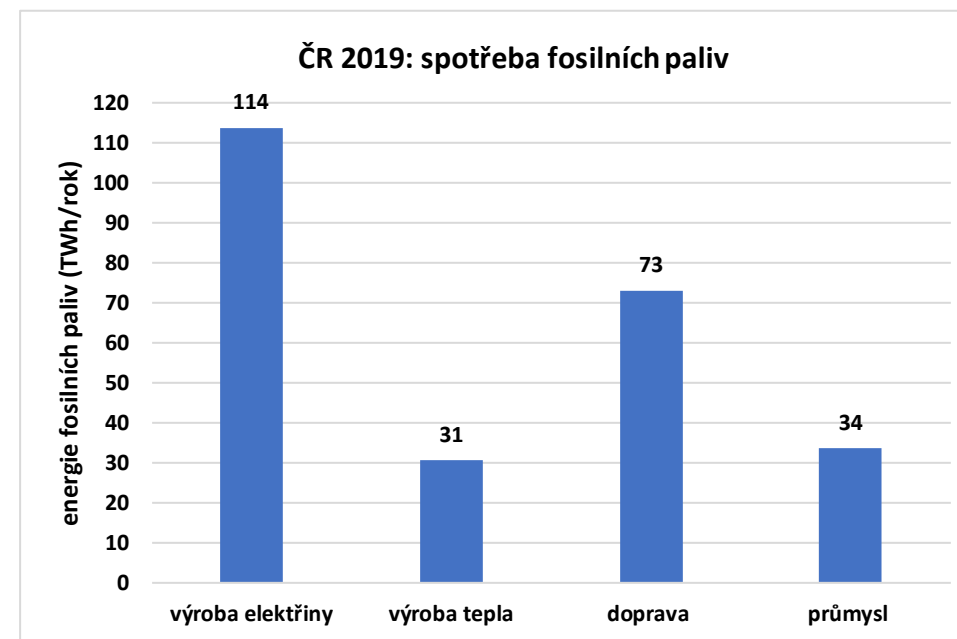
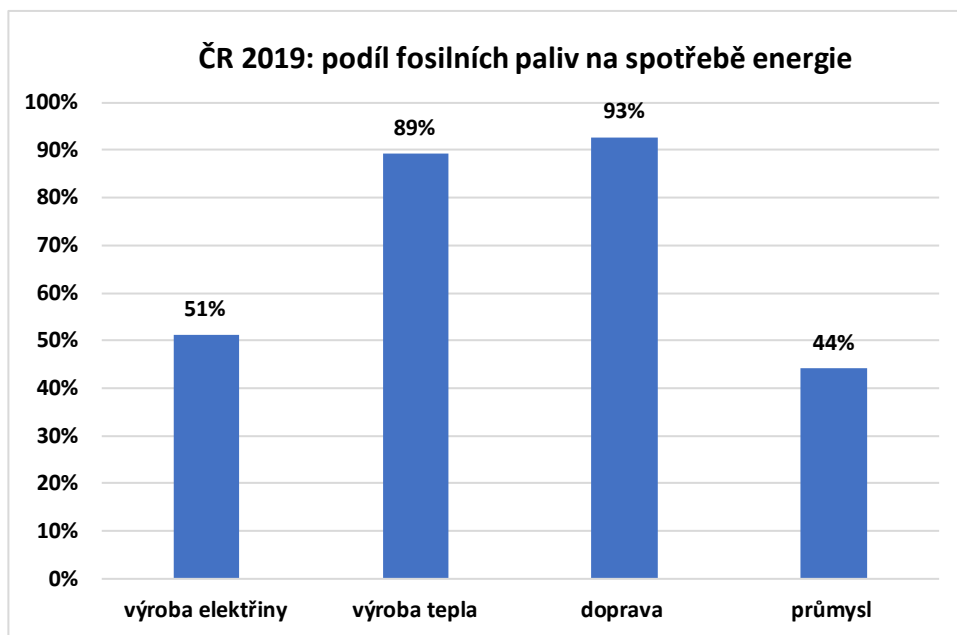


struktura spotřeby energie pro dopravu v ČR v roce 2019 (celkem 100 %)



Ve srovnání s ostatními obory (výroba elektřiny, výroba tepla, průmysl) je energie pro dopravu nejvíce (z 93 %) závislá na spalování fosilních paliv.

Po elektrárenství, které však díky vysokým cenám emisních povolenek čeká již v nejbližších letech velmi rychlý ekonomicky motivovaný odchod od používání fosilních paliv, je doprava druhým největším konzumentem fosilních paliv. Avšak emisní povolenky se na ni (zatím) nevztahují.



**Spalovací motory dopravních prostředků spotřebují ročně v ČR 77 TWh energie uhlovodíkových paliv, z toho zhruba 2/3, tedy 51 TWh/rok, promění ve ztrátové teplo. To je na úrovni více než dvojnásobku tepla dodávaného teplárnami v ČR svým odběratelům (24 TWh/rok). Nemá logiku na jedné straně náklady v řádu set miliard Kč modernizovat v průběhu let 2021 až 2030 teplárenství a zároveň více než dvojnásobné množství tepla ztrácet v dopravě.**

**Dalších zhruba 20 % energie ztrácí spalovací motory aplikované v dopravě tím, že neumí rekuperovat brzdovou energii. Též s přihlédnutím k dalším negativním jevům, (emise zdraví škodlivých látek, hluk, vysoká pracnost údržby a velká spotřeba provozních materiálů) není žádný důvod k tomu, aby byly spalovací motory v dopravě používány. K tomuto pragmatickému poznání již dospěli i samotní výrobci automobilů (včetně VW) a zařadili spalovací motory mezi útlumové produkty, jakožto i mnohé státy po celém světě (včetně miliardové Indie) oznámením data počátku platnosti zákazů nákupu automobilů poháněných spalovacími motory.**

**Podle věstníku dopravy MD ČR č. 11/2013 činí v přepočtu na cenovou úroveň roku 2020 externí náklady osobní automobilové dopravy 3,99 Kč/os km což je při přepravním výkonu osobní automobilové dopravy v ČR v úrovni 81 mld. os km/rok úhrnná škoda ve výši 325 mld. Kč/rok**



Zásady „uživatel platí“ a „znečišťovatel platí“ nejsou dosud v dopravě uplatňovány, velkou část externích nákladů hradí stát z veřejných financí.

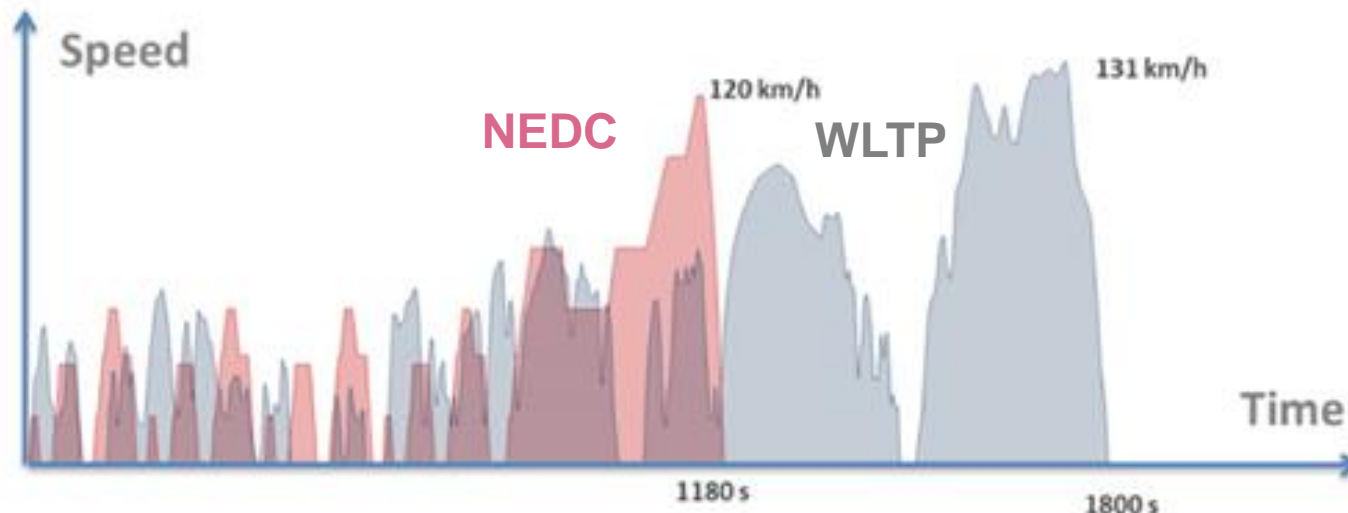
Významnou část externích nákladů tvoří znečištění ovzduší a klimatické změny, tedy položky přímo spojené s používáním spalovacích motorů k pohonu dopravních prostředků

Věstník dopravy MD ČR č.11/2013					
Externality osobní dopravy (Kč/os km), úroveň roku 2020					
	automobilová	motocyklová	autobusová	železniční	letecká
nehody	1,92	13,32	0,16	0,05	0,03
hluk	0,30	0,90	0,07	0,21	0,19
znečištění ovzduší	0,92	0,42	1,04	0,26	0,08
změny klimatu	0,85	0,74	0,47	0,28	1,88
celkem	3,99	15,38	1,75	0,80	2,18
Věstník dopravy MD ČR č.11/2013					
Externality nákladní dopravy (Kč/čt km), úroveň roku 2020					
	lehké užitkové automobily	těžké užitkové automobily	železniční	letecká	vodní
nehody	1,07	0,04	0,00	0,00	0,00
hluk	1,90	0,27	0,19	1,03	0,00
znečištění ovzduší	6,98	1,73	0,21	0,14	0,52
změny klimatu	7,14	0,80	0,25	8,15	0,22
celkem	17,08	2,84	0,65	9,31	0,74

## Test WLTP

### Worldwide harmonised Light-duty vehicle Test

K hodnocení energetické náročnosti a produkce emisí osobních automobilů je v zemích EO od roku 2018 povinně používán testovací pracovní cyklus podle pravidel WLTP, který nahradil původní testovací pracovní cyklus podle pravidel NEDC.



Test WLTP

doba cesty	hh:mm	0:30
poměr doby jízdy k době cesty	%	87,5
doba jízdy	hh:mm	0:26
ujetá vzdálenost	km	23,3
počet zastávek		5
střední délka souvislé jízdy	km	3,9
střední cestovní rychlost	km/h	46,5
střední technická rychlost	km/h	53,1
maximální dosažená rychlost 1. fáze	km/h	56,5
maximální dosažená rychlost 2. fáze	km/h	97,4
maximální dosažená rychlost 3. fáze	km/h	131,1

Testovací pracovní cyklus WLTP byl vytvořen na základě statistických analýz reálného provozu osobních automobilů v éře prakticky výhradního použití spalovacích motorů k jejich pohonu. Jeho průběh dokládá, že typická aplikace osobního automobilu není dálková jízda ustálenou vyšší rychlostí, ale pomalé popojíždění po městě s nestálým vytvářením kinetické energie a jejím mařením ztrátovým brzděním. To jsou pro pochopení reálnosti a užitečnosti náhrady spalovacích automobilů elektrickými velmi zásadní skutečnosti.

# Spotřeba elektrické energie osobním automobilem

Jako podklad k energetické rozvaze byly použity jak údaje výrobců podle pravidel WLTP, tak i výsledky praktických jízdních zkoušek 23 různých typů elektrických automobilů, prováděných autoklubem ADAC podle vlastních pravidel ADAC Ecotest a to při AC nabíjení z wallboxu 22 kW (3 x 400 V, 32 A).

Střední hodnota spotřeb elektrické energie podle testu ADAC v úrovni 20,9 kWh/km je mírně (o 14,4 %) vyšší, než střední hodnota spotřeb elektrické energie podle pravidel WLTP v úrovni 18,3 kWh/km

Z obou údajů byla převzata vyšší hodnota a zaokrouhlena nahoru na 21 kWh/100 km, tedy na 0,21 kWh/km.

Gradient spotřeby elektrické energie (kWh/100 km)

metodika	WLTP	ADAC
Hyundai Ioniq Elektro Style	13,8	16,3
VW 20e-up! 20Style	14,5	16,7
Seat Mii Electric Plus	14,9	17,3
Mini Cooper SE	16,8	17,6
BMW i3 (120 Ah)	15,3	17,9
Kia e-Niro Spirit (64 kWh)	15,9	18,1
Smart Forfour EQ passion	15,9	18,4
Peugeot e-2008 GT	17,6	18,7
Kia e-Soul (64 kWh) Spirit	15,7	18,8
Renault Zoe R135 Z.E. 50 Intens (52 kWh)	17,7	19,0
VW ID.3 Pro Performance 1st Max	16,1	19,3
Hyundai Kona Elektro (64 kWh) Trend	15,0	19,5
Tesla Model 3 Standard Range Plus	14,3	19,5
Peugeot e-2008 GT	17,8	20,2
Tesla Model 3 Long Range AWD	16,0	20,9
Nissan Leaf Acenta (40 kWh)	20,6	22,1
Nissan Leaf e Tekna (62 kWh)	18,5	22,7
Porsche Taycan 4S Performance Plus	26,2	23,6
Audi e-tron Sportback 55 quattro	23,7	24,4
Audi e-tron 55 quattro	23,0	25,8
Jaguar i-Pace EV400 S AWD	22,0	27,6
Mercedes EQC 400 AMG Line	22,6	27,6
Nissan e-NV200 Evalia (40 kWh)	25,9	28,1
střední hodnota	18,3	20,9
střední kvadratická odchylna	3,7	3,6
variační koeficient	20,5%	17,2%

## Individuální osobní automobilová doprava ve statistikách MD ČR



**Objev a užití fosilních paliv (uhlí, ropy a zemního plynu) byl nejvýznamnější událostí v dějinách lidstva. Umožnil rozvoj průmyslu, dopravy bydlení a sekundárně i vzdělanosti, kultury a vědění. Ještě v současnost dávají v ČR každému občanu 96 kWh energie denně, to je více než stonásobek denního pracovního výkonu galejníka.**

**Avšak musíme epochu splování fosilních paliv průběhu nejbližších 30 let (do roku 2050) skončit, neboť již jsme spalováním fosilních paliv zvýšili obsah oxidu uhličitého v zemském obalu z původních 3 500 miliard tun na současných 5 100 miliard tun. Tím jsme způsobili trvalé klimatické změny, které se v měřítku lidského času nikdy nevrátí zpět. Dějepisci nás budou popisovat jako barbary, kteří navždy poškodili počasí (to, že jsme posunuli civilizaci vpřed, bude, jak v dějinách obvyklé, zapomenuto).**

**Roční energii fosilních paliv dává Slunce Zemi každých 40 minut. Díky rozvoji techniky a vzdělanosti, který nám fosilní paliva umožnila, již známe technologie, které nám pomáhají zásadním způsobem snížit spotřebu energie a nahradit fosilní paliva energií Slunce.**

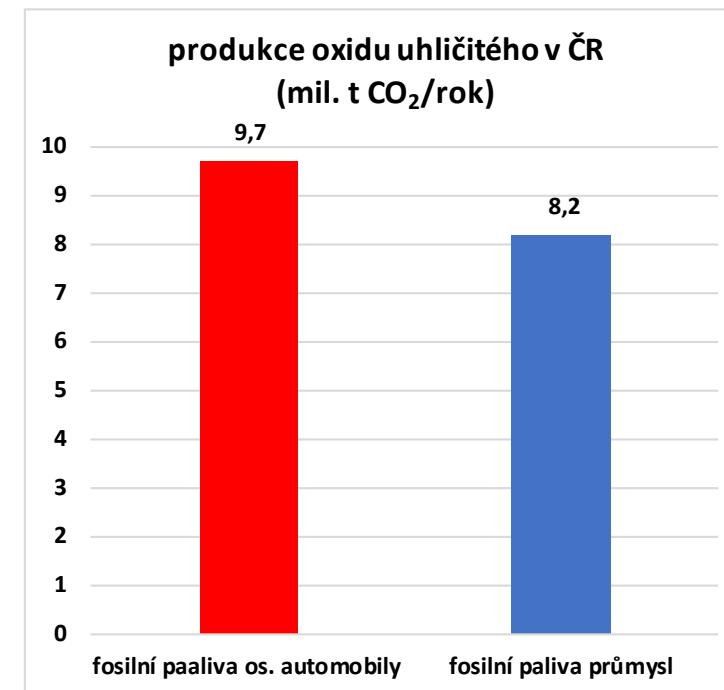
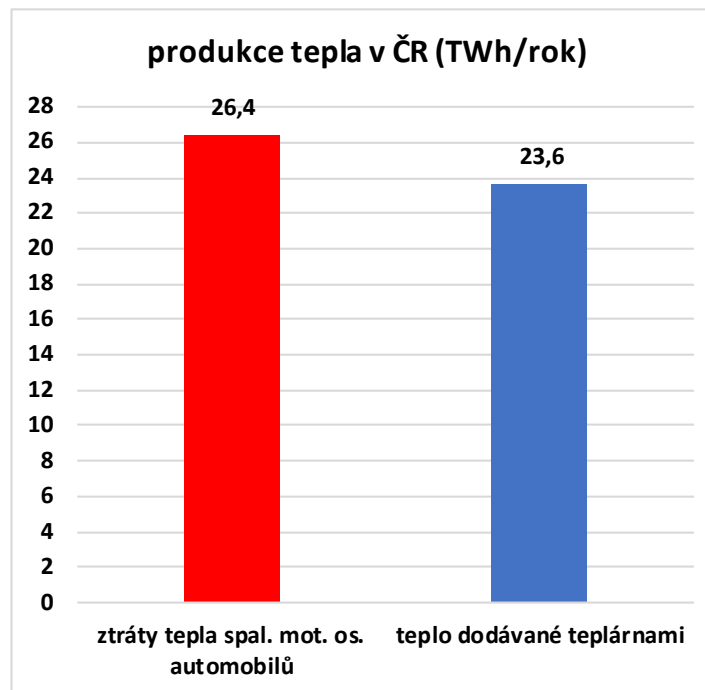
**To jsou fakta, na kterých se svět dohodl na konferenci v Paříži v prosinci 2015. Také EU toto poznání převzala do svého programu (viz Sdělení Evropské komise COM(2019) 640 – Green deal). Pro oblast dopravy nám dala Evropská komise jasné cíle v kapitole 2.1.5 svém sdělení COM(2020) 789 Strategie pro udržitelnou a inteligentní mobilitu. Do roku 2050 mále její emise snížit o 90 %. Máme na to 30 let, tedy při lineárním poklesu je nutno snižovat emise o 3 % každoročně.**

# Dopravní a energetická bilance individuální osobní automobilové dopravy v ČR

IAD - spalovací automobily

stát		ČR
letopočet	rok	2019
přepravní výkon individuální automobilové dopravy	os km/rok	81 179 000 000
přepravené osoby	os/rok	2 616 569 600
střední přepravní vzdálenost	km	31
střední obsazení automobilu	osob/vůz	1,3
střední přepravní kapacita	míst/vůz	5
střední využití přepravní kapacity automobilů	%	26
vozový výkon individuální automobilové dopravy	voz km/rok	62 445 384 615
počet registrovaných automobilů	vozů	5 924 995
střední roční proběh automobilu	km/rok	10 539
střední cestovní rychlost (podle WLTP)	km/h	46,5
střední roční doba využití automobilu	h/rok	227
střední časové využití automobilu k cestování	%	2,6
střední celkové využití automobilu k cestování	%	0,7
střední gradient spotřeby paliva	litr/100 voz km	6,5
výhřevnost paliva	kWh/litr	9,7
střední gradient spotřeby energie	kWh/voz km	0,63
roční spotřeba paliva	litr/rok	4 058 950 000
roční spotřeba energie	kWh/rok	39 371 815 000
střední účinnost spalovacího motoru	%	33
ztrátové teplo spalovacích motorů	kWh/rok	26 379 116 050
střední uhlíková stopa fosilního paliva	kg CO <sub>2</sub> /kWh	0,26
podíl biopaliv	%	5
střední uhlíková stopa paliva	kg CO <sub>2</sub> /kWh	0,25
roční produkce oxidu uhličitého	kg CO <sub>2</sub> /rok	9 724 838 305
roční spotřeba biopaliv	litr/rok	202 947 500
výnosnot pěstování biopaliv	litr/ha/rok	1 100
pěstební plocha biopaliv	ha	184 498
pěstební plocha biopaliv pro jeden automobil	m <sup>2</sup> /vůz	311

© Siemens Mobility 2021



**Výchozí stav individuální automobilové dopravy v ČR (2019, téměř 100 % spalovací motory):**

- spalovací motory osobních automobilů produkují více ztrátového tepla, než činí teplo dodávané teplárna mi k vytápění budov,
- spalovací motory osobních automobilů produkují spalováním fosilních paliv více oxidu uhličitého, než průmysl.

**Tyto skutečnosti nejsou ekonomicky vnímány, neboť doprava (zatím) nespadá do regulace EU ETS.**

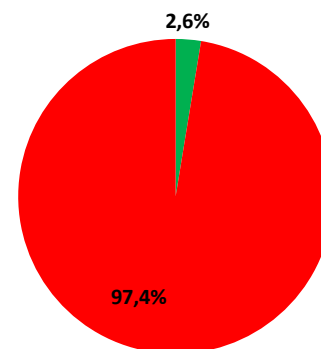
# Pracovní režim osobního automobilu v ČR

střední pracovní režim spalovacího automobilu v ČR

ujetá vzdálenost	km/rok	10 539
ujetá vzdálenost	km/den	29
doba provozu	h/rok	227
doba provozu	h/den	0,62
doba provozu	min/den	37
doba parkování	h/rok	8 533
doba parkování	h/den	23,4
střední gradient spotřeby paliva	litr/100 km	6,50
denní spotřeba paliva	litr/den	1,88
roční spotřeba paliva	litr/rok	685
střední gradient spotřeby energie paliva	kWh/km	0,63
denní spotřeba energie paliva	kWh/den	18,2
roční spotřeba energie paliva	kWh/rok	6 645
cena paliva	Kč/kWh	31,00
roční náklady na palivo	Kč/rok	21 237
gradient nákladů na palivo	Kč/km	2,02
gradient produkce oxidu uhličitého	kg/km	0,16
roční produkce oxidu uhličitého	kg/rok	1 641

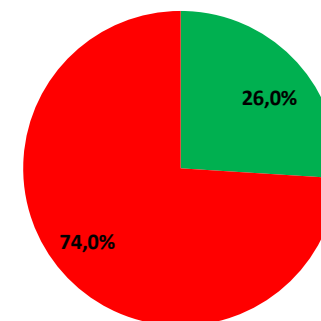
doba využití automobilu

■ provoz ■ parkování



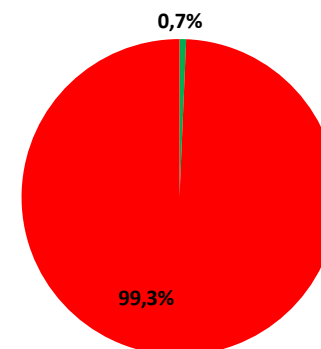
obsazení automobilu

■ obsazená místa ■ volná místa



celkové využití automobilu

■ využito ■ nevyužito

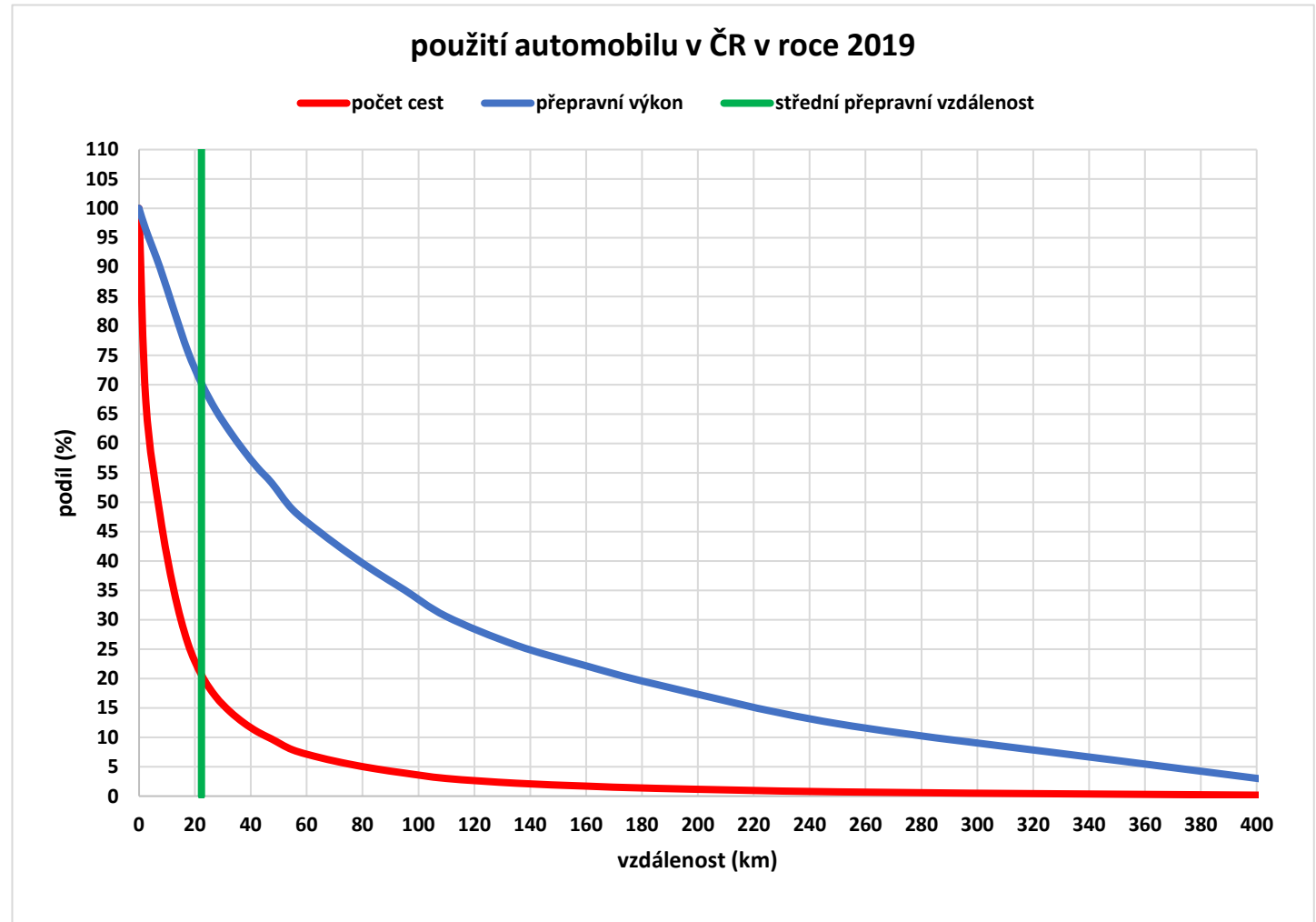


- osobní automobil je v ČR v průměru obsazen 1,3 osobami a denně ujede 29 km.
- v provozu je denně automobil jen 37 minut, zbylých 23 hodin a 23 minut parkuje.
- ⇒ využití investice vložené do osobních automobilů je velmi nízké,
- ⇒ prioritní orientace na veřejnou hromadnou dopravu s řádově vyšším využitím investic.

## Použití osobního automobilu v ČR

Výsledky dopravního průzkumu CDV Brno pro MD ČR (2019) „Česko v pohybu“:

- střední délka cesty automobilem: 22 km
- podíl cest na vzdálenosti přes 100 km na celkovém počtu cest automobilem: 3,9 %
- podíl cest na vzdálenosti přes 200 km na celkovém počtu cest automobilem: 1,3 %
- podíl cest na vzdálenosti přes 100 km na celkovém přepravním výkonu automobilů (os. km): 35 %
- podíl cest na vzdálenosti přes 200 km na celkovém přepravním výkonu automobilů (os. km): 19 %

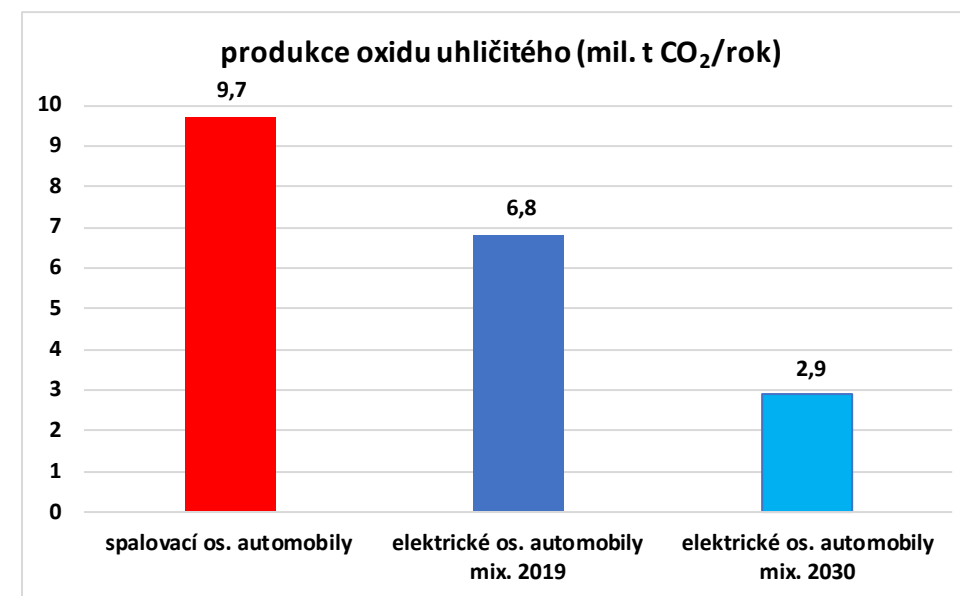
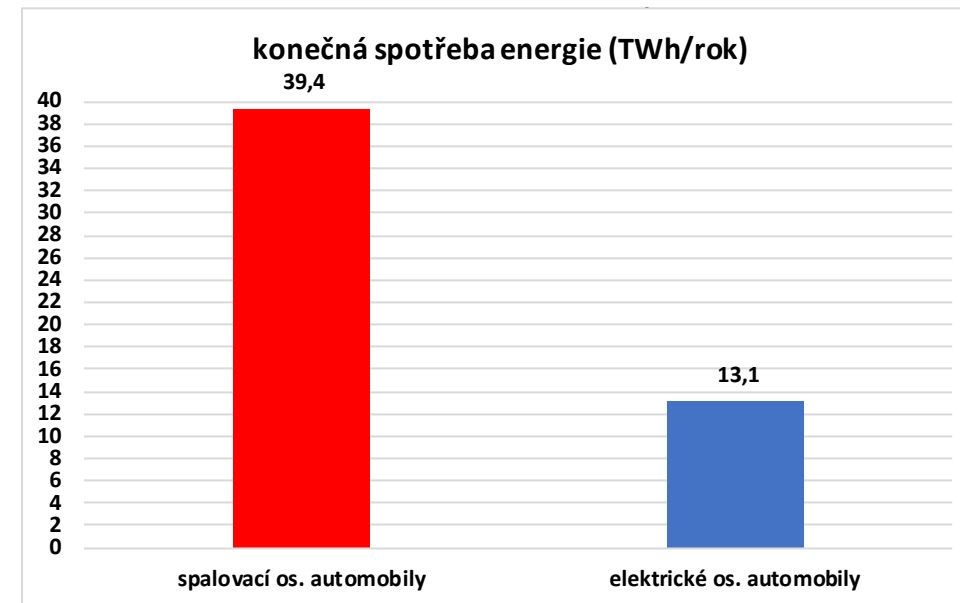




## 100 % náhrada spalovacích automobilů elektrickými

### IAD - elektrické automobily

stát		ČR
letopočet	rok	2019
přepravní výkon individuální automobilové dopravy	os km/rok	81 179 000 000
přepravené osoby	os/rok	2 616 569 600
střední přepravní vzdálenost	km	31
střední obsazení automobilu	osob/vůz	1,3
střední přepravní kapacita	míst/vůz	5
střední využití přepravní kapacity automobilů	%	26
vozový výkon individuální automobilové dopravy	voz km/rok	62 445 384 615
počet registrovaných automobilů	vozů	5 924 995
střední roční proběh automobilu	km/rok	10 539
střední cestovní rychlost (podle WLTP)	km/h	46,5
střední roční doba využití automobilu	h/rok	227
střední časové využití automobilu k cestování	%	2,6
střední celkové využití automobilu k cestování	%	0,7
střední gradient spotřeby elektrické energie	kWh/voz km	0,21
roční spotřeba elektické energie pro IAD	kWh/rok	13 113 530 769
střední roční příkon	kW	1 496 978
konečná spotřeba elektrické energie mimo IAD	kWh/rok	58 440 833 333
poměrné navýšení spotřeby	%	22
uhlíková stopa elektřiny mix 2019	kg CO <sub>2</sub> /kWh	0,52
roční produkce oxidu uhličitého mix 2019	kg CO <sub>2</sub> /rok	6 819 036 000
uhlíková stopa elektřiny mix 2030	kg CO <sub>2</sub> /kWh	0,22
roční produkce oxidu uhličitého mix 2030	kg CO <sub>2</sub> /rok	2 884 976 769



### 100 % náhrada spalovacích osobních automobilů v ČR elektrickými:

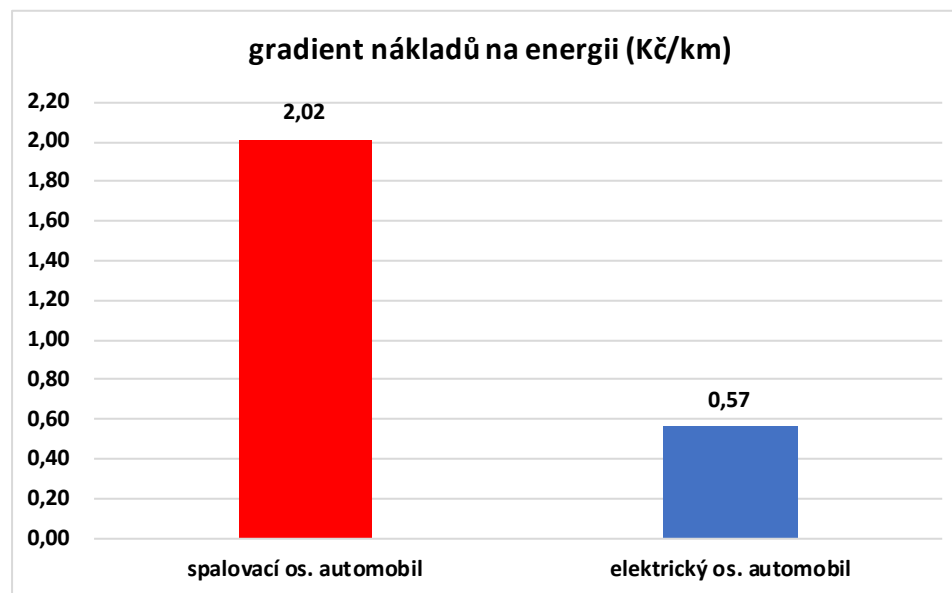
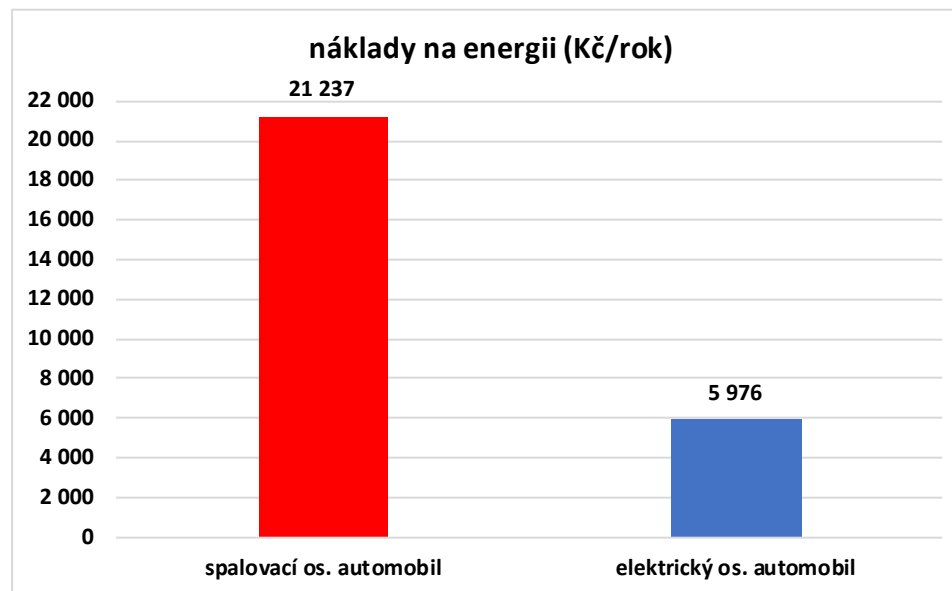
- dojde ke snížení dovozu energie o 37,4 TWh/rok (dovážená fosilní složka tvoří 95 % z celkové spotřeby uhlovodíkových paliv po osobní automobily v úrovni 39,4 TWh/rok),
- potřebnou elektrickou energii v hodnotě 13,1 TWh/rok (tedy 30 % ze současných 39,4 TWh/rok) je možno zajistit z obnovitelných zdrojů, a to s využitím dostupných již využívaných technologií:
  - dovozem levné přebytečné energie z větrných elektráren v pobřežních mělčinách Severního a Baltského moře, jejichž přebytky jsou skoro každou noc v evropské elektrizační soustavě již nyní k dispozici a vytrvale rostou z důvodu pokračujícího budování dalších zdrojů. Mořské větrné elektrárny mají zhruba dvojnásobné využití instalovaného výkonu než větrné elektrárny na pevnině v ČR. Proto má logiku je využívat (viz analogie: první elektrárna pro Prahu byla postavena v roce 1900 v Holešovicích, druhá elektrárna pro Prahu byla postavena v roce 1926 v Ervěnicích a s Prahou byla spjena elektrickým přenosovým vedením 110 kV),
  - využitím tuzemských decentralizovaných i centralizovaných fotovoltaických zdrojů doplněných o vodní akumulaci pro cyklus den/noc a o vodíkovou akumulaci pro cyklus léto/zima (elektrolyzéry plus konverze uhelných elektráren na paroplynové a vodíkovými spalovacími turbínami),
  - řízení zdrojů a spotřeby (Energetika 4.0).

# Pracovní režim osobního elektrického automobilu v ČR (domácí nabíjení)

SIEMENS

střední pracovní režim elektrického automobilu v ČR

ujetá vzdálenost	km/rok	10 539
ujetá vzdálenost	km/den	29
doba provozu	h/rok	227
doba provozu	h/den	0,62
doba provozu	min/den	37
doba parkování	h/rok	8 533
doba parkování	h/den	23,4
střední gradient spotřeby elektrické energie ADAC	kWh/km	0,21
denní spotřeba elektrické energie	kWh/den	6,1
roční spotřeba elektrické energie	kWh/rok	2 213
cena elektřiny v období nízkého tarifu	Kč/kWh	2,70
cena elektřiny v období vysokého tarifu	Kč/kWh	3,20
roční náklady na elektrickou energii	Kč/rok	5 976
gradient nákladů na energii	Kč/km	0,57
napětí zásuvky	V	230
proud zásuvky	A	16
počet fází zásuvky		1
výkon zásuvky	kW	3,7
doba nabíjení na střední denní dojezd	h	1,6
virtuální rychlost nabíjení	km/h	18
denní doba trvání nízkého tarifu	h/den	8
dojezd na denní nabití v době nízkého tarifu	km/den	140
roční dojezd při nabíjení v době nízkého tarifu	km/rok	51 170
poměr možného a skutečného dojezdu	%	486
denní doba parkování	h/den	23,4
dojezd na nabití v průběhu celého denního parkování	km/den	410



**V éře spalovacích automobilů je obvyklé doplňovat pohonné hmoty do automobilů u čerpacích stanic.**

**V důsledku setrvačnosti myšlení bývá na počátku zavádění elektrických automobilů uvažován podobný způsob i pro doplňování elektrické energie. Avšak jde jen o minoritní alternativu, pro běžné užití automobilu je pro uživatele elektrických automobilů mnohem levnější a pohodlnější pomalé nabíjení při parkování. Na rozdíl od doplňování pohonných hmot nevyžaduje jízdu k čerpací a ztrátu času tankováním.**

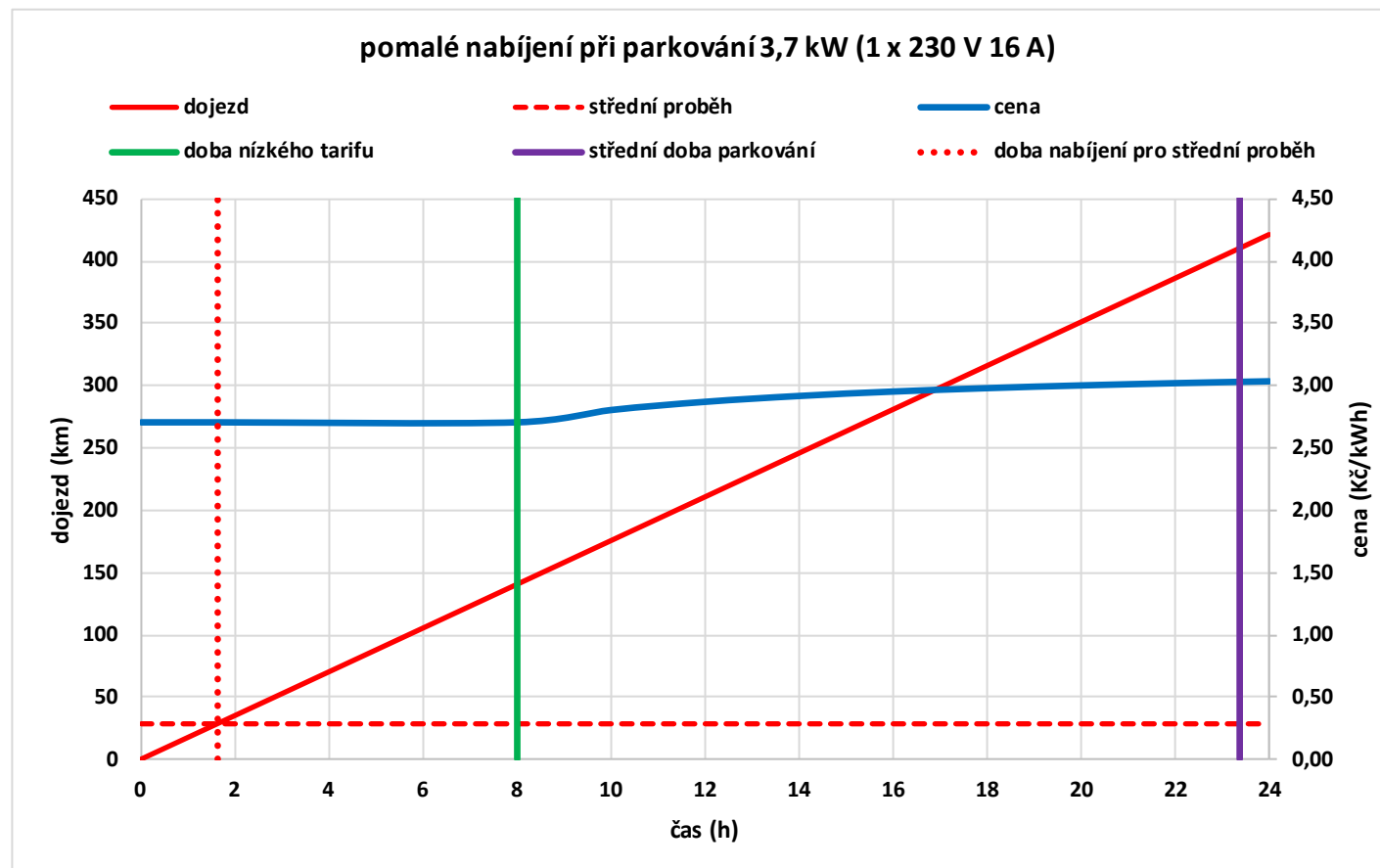
- **průměrný automobil parkuje v ČR 23 hodin a 23 minut denně,**
- **i z obyčejné jednofázové zásuvky 230 V 16 A lze za 8 hodin nízkého nočního tarifu nabít elektrický automobil na jízdu ba vzdálenost 140 km. To je téměř pětinasobek středního denního proběhu spalovacích automobilů v ČR,**
- **pro pokrytí energetické potřeby středního denního proběhu spalovacích automobilů v ČR (29 km/den) stačí 1,6 hodiny nabíjení z obyčejné jednofázové zásuvky 230 V 16 A.**

**Pro úspěšnou konverzi spalovacích automobilů na elektrické je vybavení všech parkovacích míst jednofázovými zásuvkami 230 V 16 A. K této HW části náleží i SW část. Inteligentní spínání odběru s těchto zásuvek na principu internetu věcí (Energetika 4.0).**

**Virtuální dvojník automobilu se dohodne s virtuálním dvojníkem distribuční sítě i s virtuálním dvojníkem elektráren, kdy má svému majiteli nakoupit elektrickou energii z nejnižší cenu.**



Doba parkování automobilů je násobně delší, než doba potřebná pro jejich nabíjení nízkým výkonem z obyčejné jednofázové zásuvky 1 x 230 V 16 A (3,7 kW). Proto lze dobu aktivního nabíjení koordinovat podle možností distribuční sítě i podle okamžité kondice obnovitelných zdrojů. SW prostředky, které již jsou k dispozici (internet věcí) lze racionálně a ohleduplně využít již vybudovanou síťovou infrastrukturu i obnovitelné zdroje.

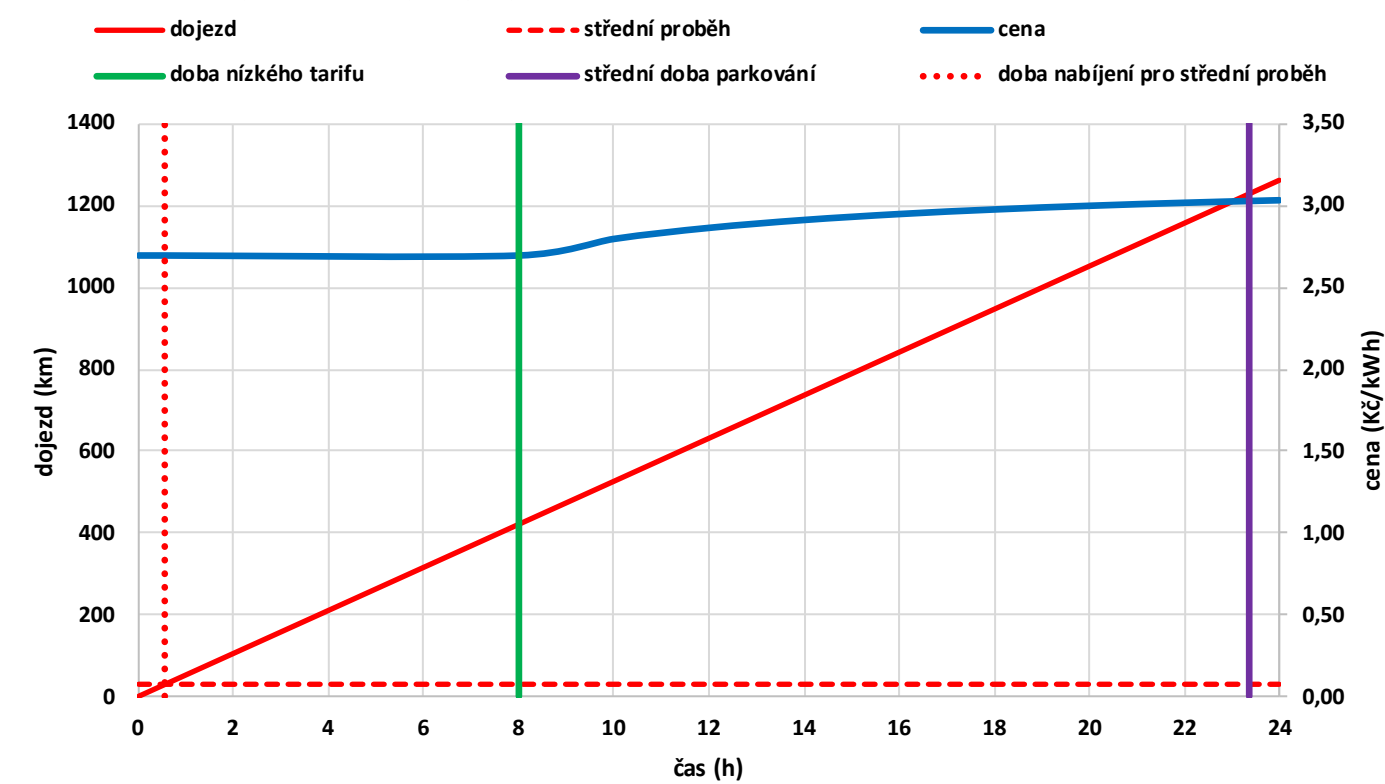


# Levné pomalé nabíjení při parkování



Třífázová zásuvka 3 x 400 V/230 V 16 A (11 kW) je schopna poskytnout elektrickému automobilu energii k dojezdu i pro extrémně dlouhé cesty.

pomalé nabíjení při parkování 11 kW (3 X 400 V/230 V 16 A)



střední paracovní režim elektrického automobilu v ČR

ujetá vzdálenost	km/rok	10 539
ujetá vzdálenost	km/den	29
doba provozu	h/rok	227
doba provozu	h/den	0,62
doba provozu	min/den	37
doba parkování	h/rok	8 533
doba parkování	h/den	23,4
střední gradient spotřeby elektrické energie ADAC	kWh/km	0,21
denní spotřeba elektrické energie	kWh/den	6,1
roční spotřeba elektrické energie	kWh/rok	2 213
cena elektřiny v období nízkého tarifu	Kč/kWh	2,70
cena elektřiny v období vysokého tarifu	Kč/kWh	3,20
roční náklady na elektrickou energii	Kč/rok	5 976
gradient nákladů na energii	Kč/km	0,57
fázové napětí zásuvky	V	230
proud zásuvky	A	16
počet fází zásuvky		3
výkon zásuvky	kW	11,0
doba nabíjení na střední denní dojezd	h	0,5
virtuální rychlost nabíjení	km/h	53
denní doba trvání nízkého tarifu	h/den	8
dojezd na denní nabití v době nízkého tarifu	km/den	421
roční dojezd při nabíjení v době nízkého tarifu	km/rok	153 509
poměr možného a skutečného dojezdu	%	1 457
denní doba parkování	h/den	23,4
dojezd na nabití v průběhu celého denního parkování	km/den	1 229

**V ČR aktuálně bydlí zhruba 44 % obyvatelstva v rodinných domech (s tendencí růstu). Tito občané mají již zpravidla k dispozici venkovní jednofázovou zásuvku 230 V 16 A, například pro zahradní sekačku trávy, respektive si ji mohou levně pořídit. Nic jiného pro náhradu spalovacího automobilu nepotřebují.**

**Zároveň mají možnost vybudovat si na střeše svého domu fotovoltaickou elektrárnu. Pro výrobu elektrické energie v celoročním úhrnu spotřeby průměrného automobilu v ČR k tomu stačí 11 m<sup>2</sup> FV panelů (špičkový výkon 2,1 kW).**

**V ČR aktuálně bydlí zhruba 56 % obyvatelstva v bytových domech (s tendencí poklesu). Pro tyto občané mají k dispozici distribuční elektrickou síť, která je schopna zásobovat elektrickou energií nejen jejich byt, ale i jejich opodál stojící zaparkovaný elektrický automobil. Avšak ne současně, nýbrž koordinovaně.**

**Pokud například spí a přitom nevaří, nežehlí, nesvíí tak lze pro jejich byt rezervovaný příkon operativně využít k nabíjení zaparkovaných automobilů. K tomu je potřebné:**

- **vybavit všechna parkovací místa venkovními jednofázovými zásuvkami 230 V 16 A, napájenými elektrickou energií dosud určenou pro domovní elektrické rozvaděče bytových domů. S výhodou lze využít nové silné vodiče doplněné do kabelových tras veřejného osvětlení (viz Praha, krycí název „Nabíjení z lamp“),**
- **SW aplikace internetu věcí (Energetika 4.0) pro automatické in line řízení nabíjení automobilů podle aktuálního stavu spotřeby elektrické energie bytovými domy v dané lokalitě (téma využití možností distribuční sítě) a podle nabídky na straně zdrojů (téma aktuální ceny, působící jako přirozený regulátor bilance zdrojů a spotřebičů).**

# Dopravní a energetická bilance individuální osobní automobilové dopravy v ČR - OZ **SIEMENS**

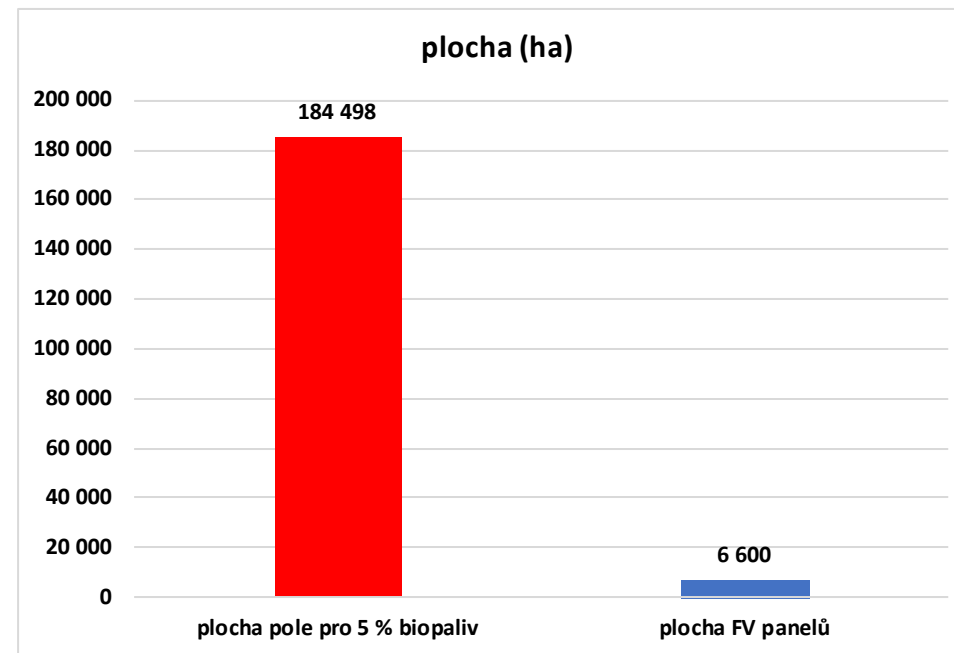
*Ingenuity for life*

## IAD - elektrické automobily OZ

stát		ČR
letopočet	rok	2019
přepravní výkon individuální automobilové dopravy	os km/rok	81 179 000 000
přepravené osoby	os/rok	2 616 569 600
střední přepravní vzdálenost	km	31
střední obsazení automobilu	osob/vůz	1,3
střední přepravní kapacita	míst/vůz	5
střední využití přepravní kapacity automobilů	%	26
vozový výkon individuální automobilové dopravy	voz km/rok	62 445 384 615
počet registrovaných automobilů	vozů	5 924 995
střední roční proběh automobilu	km/rok	10 539
střední cestovní rychlost (podle WLTP)	km/h	46,5
střední roční doba využití automobilu	h/rok	227
střední časové využití automobilu k cestování	%	2,6
střední celkové využití automobilu k cestování	%	0,7
střední gradient spotřeby elektrické energie ADAC	kWh/voz km	0,21
roční spotřeba elektické energie pro IAD	kWh/rok	13 113 530 769
nejvyšší intezita slunečního záření	W/m <sup>2</sup>	1 050
střední roční zatěžovatel	%	12
účinnost FV elektrárny	%	18
potřebná plocha FV panelů	m <sup>2</sup>	66 004 339
potřebná plocha FV panelů	ha	6 600
jmenovitý výkon FV elektráren	kW	12 474 820
přihlášené projekty březen 2020 MŽP předvázva RES+	kW	23 941 000
poměr k přihlášeným projektům	%	52

- účinnost FV přeměny slunečního záření na elektřinu (cca 18 %) je zhruba 180 krát vyšší, než účinnost biologické přeměny slunečního záření ba uhlovodíková paliva,
- energetická náročnost elektrického pohonu je zhruba třikrát nižší, než účinnost pohonu spalovacím motorem,
- účinnost řetězce slunce – pohon kol je zhruba 540 hrát vyšší při využití elektrické, než biologické přeměny.

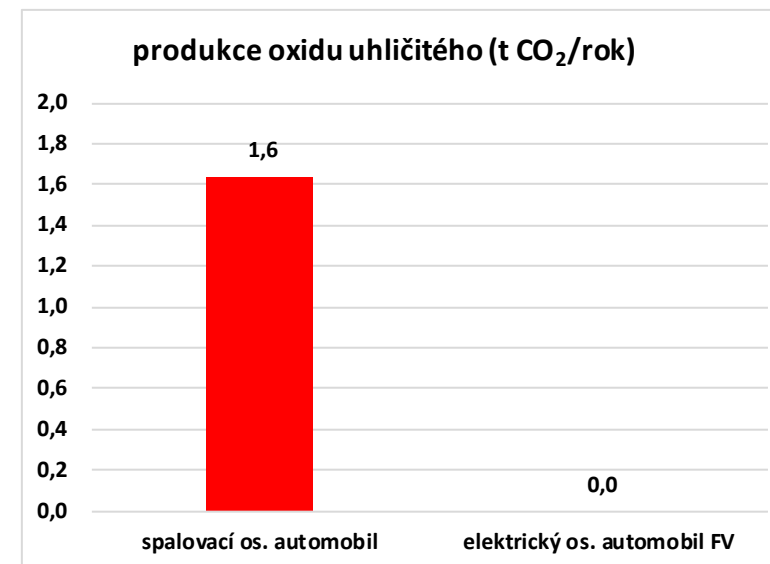
=> pro 100 % elektrické energie stačí 27 krát menší plocha, než pro 5 % přísadu biosložky do fosilních paliv.



# Pracovní režim elektrického osobního automobilu v ČR - OZ

střední pracovní režim elektrického automobilu v ČR OZ

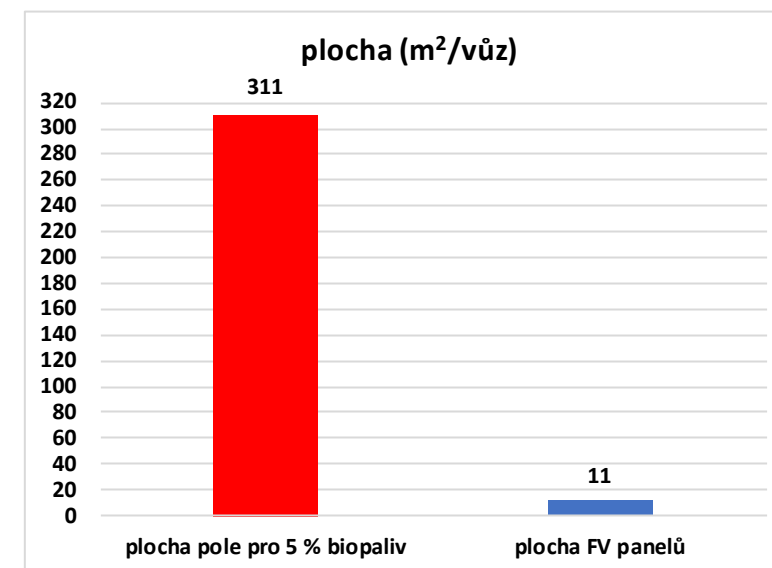
ujetá vzdálenost	km/rok	10 539
ujetá vzdálenost	km/den	29
doba provozu	h/rok	227
doba provozu	h/den	0,62
doba provozu	min/den	37
doba parkování	h/rok	8 533
doba parkování	h/den	23,4
střední gradient spotřeby elektrické energie ADAC	kWh/km	0,21
denní spotřeba elektrické energie	kWh/den	6,1
roční spotřeba elektrické energie	kWh/rok	2 213
nejvyšší intenzita slunečního záření	W/m <sup>2</sup>	1 050
střední roční zatěžovatel	%	12
účinnost FV elektrárny	%	18
potřebná plocha FV panelů	m <sup>2</sup>	11
jmenovitý výkon FV elektrárny	kW	2,1



Pro výrobu elektrické energie v celoročním úhrnu spotřeby průměrného automobilu v ČR k tomu stačí 11 m<sup>2</sup> FV panelů (špičkový výkon 2,1 kW).

Avšak efektivnější je běžná cca 5 kW domácí FV elektrárna, která s vekou rezervou v celoročním úhrnu pokryje spotřebu nejen spotřebu automobilu, ale i domácnosti. Elektrický automobil doplní stacionární akumulátorové úložiště o další baterii k akumulaci (odlehčení distribuční sítě).

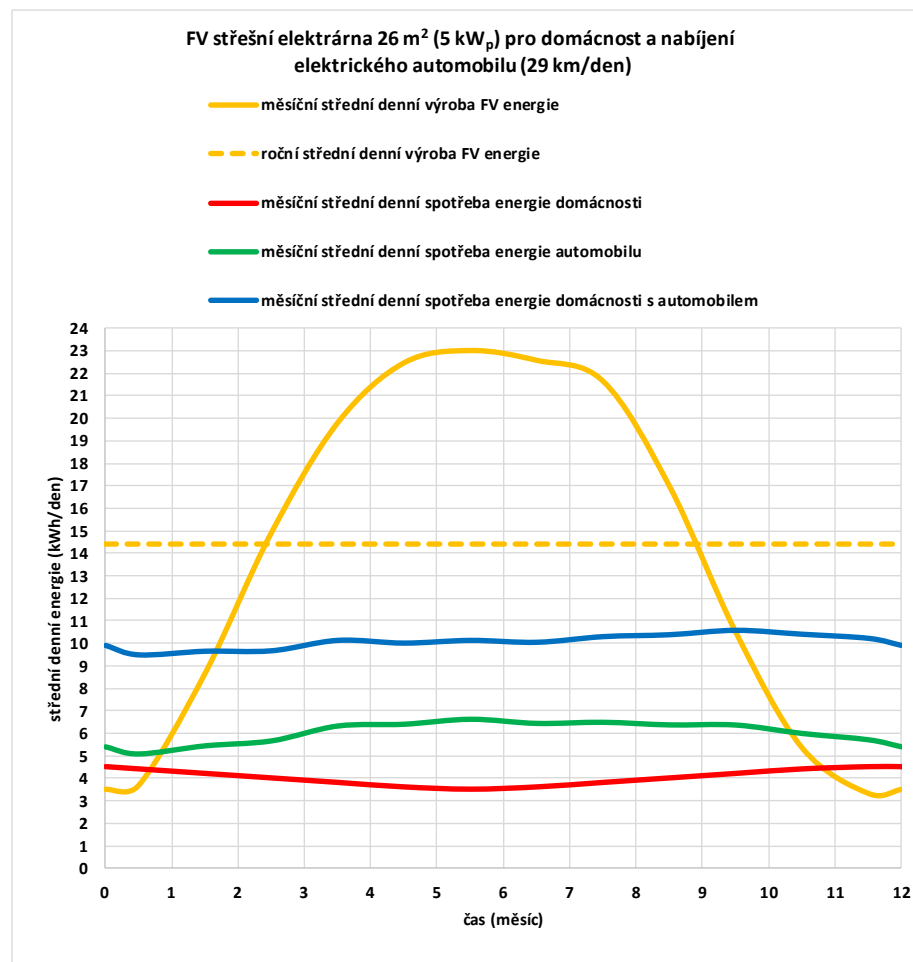
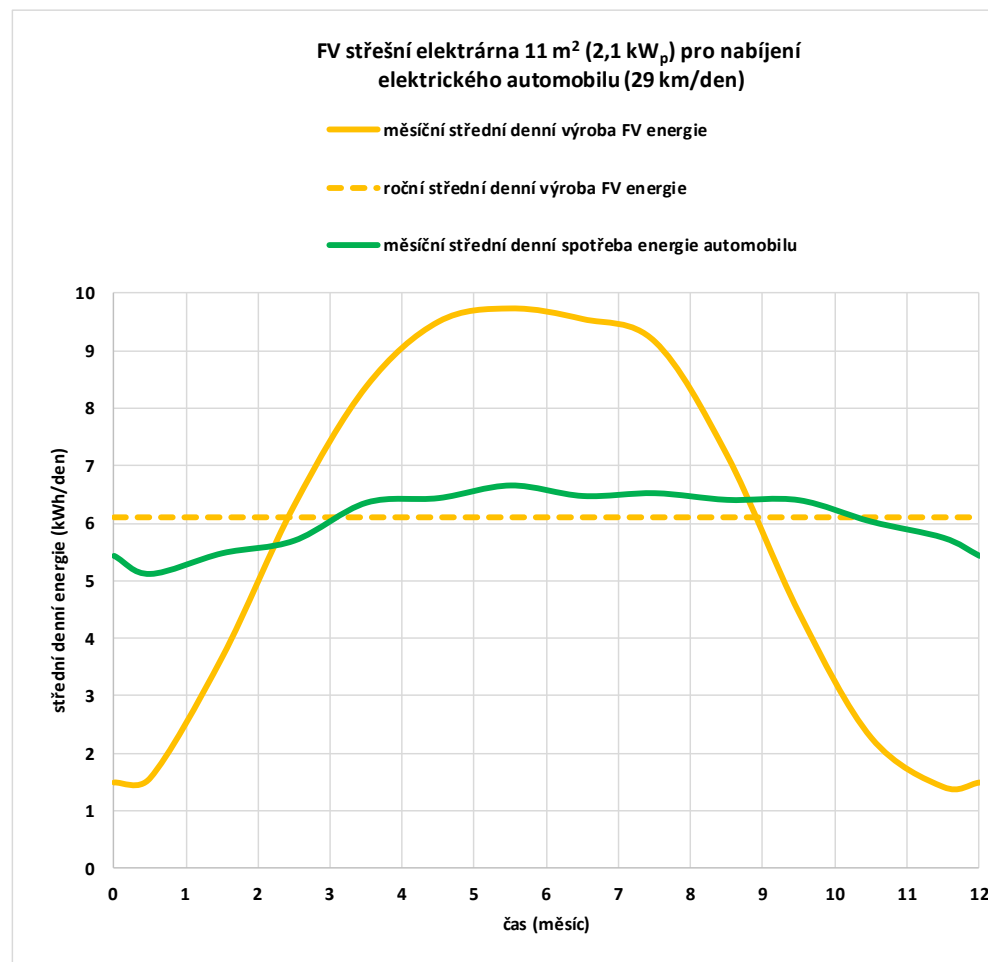
Nízký výkupní tarif dodávek přebytků FV elektřiny do distribuční sítě (kolem 1 Kč/kWh) motivuje obyvatelstvo ke zhodnocení energie vyrobené FV elektrárnou k nabíjení elektrického automobilu.



## Domácí FV elektrárny

Při běžném provozu (nájezd desítky km) vyrovná akumulátor elektrického automobilu (dimenzovaný na dojezd ve stovkách km) i několikadenní fluktuace slunečního záření. FV elektrárna 2 kW pokryje běžný provoz automobilu v ČR od března do září. FV elektrárna 5 kW pokryje provoz rodinného domu i běžné provoz automobilu od března do září.

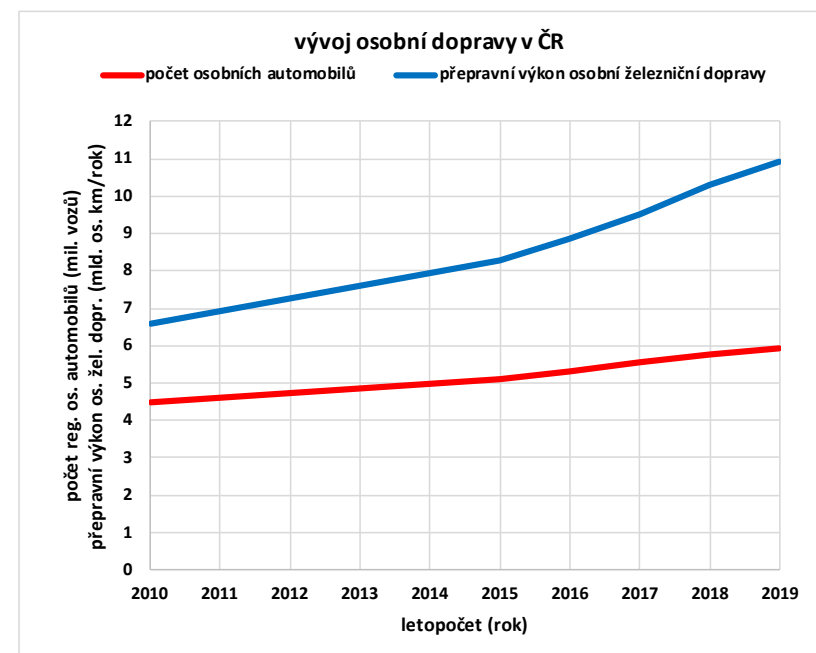
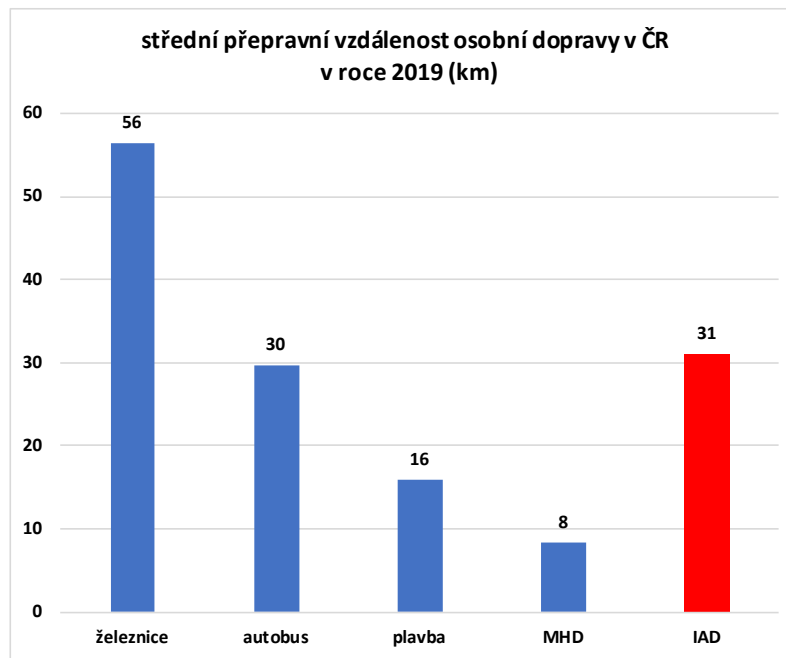
Pokud by z nebe pršel benzín nebo nafta, jistě by lidé stavěli pod okap kbelíky, aby si pár litrů nachytali.





**Střední přepravní vzdálenost osobním automobilem je v ČR 31 km, pro jízdy na delší vzdálenosti preferuje obyvatelstvo rychlejší a pohodlnější železnici, která lidem též umožňuje plnohodnotné využití času stráveného cestováním k práci (train office) a k odpočinku a to včetně kvalitního cateringu WC a dalších palubních služeb.**

**Jen malé procento cest automobilem přesahuje vzdálenost 100 km (viz též průměrný roční běh osobního automobilu v ČR v úrovni pouhých 10 539 km). Avšak i takové cesty jsou. Pro ně je potřeba zajistit řešení v podobě náhrady kvalitní rychlou železniční dopravou (časté a silné přepravní proudy) a v podobě veřejných nabíjecích stanic vyššího výkonu pro rychlé nabíjení osobních automobilů (slabé a nepravidelné přepravní proudy).**



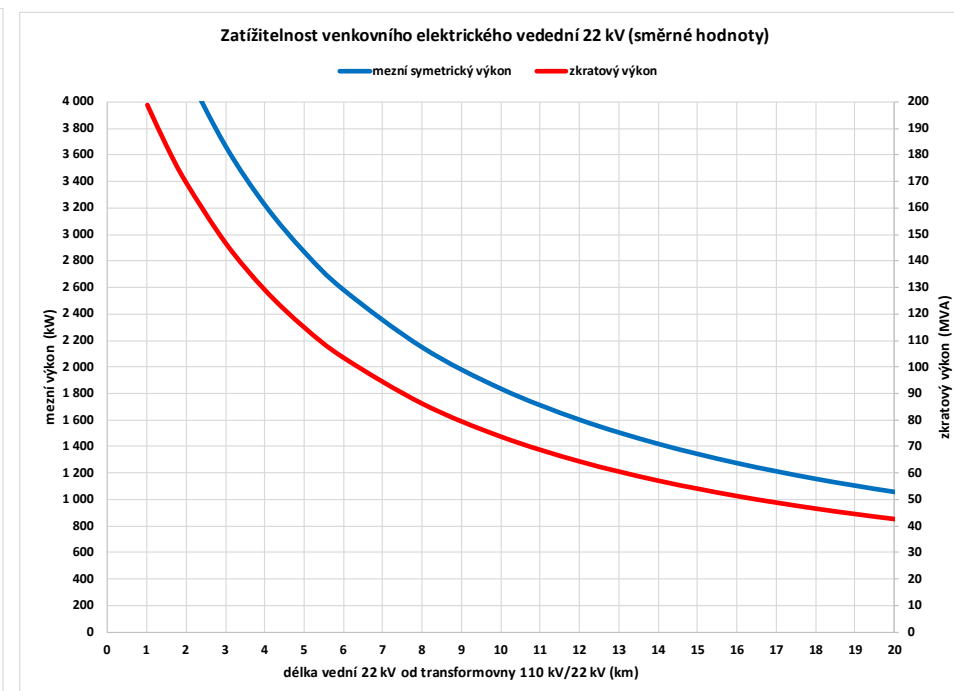
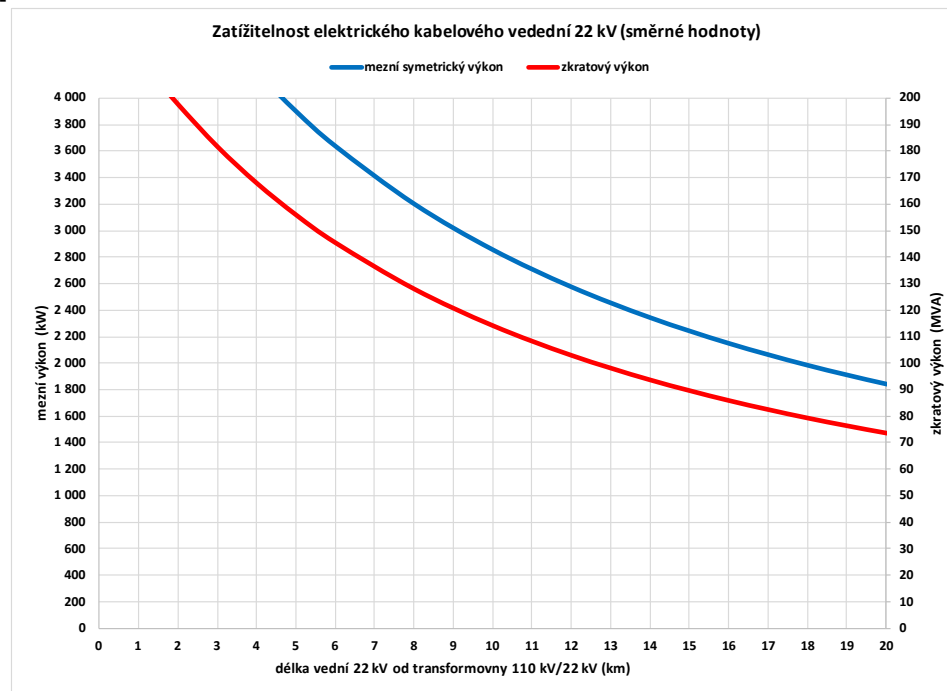
## Veřejné rychlé nabíjecí stanice

Cena elektrické energie má dvě složky:

- komoditní cena za odebranou energii (kWh)
- cena síťové služby za pohotově ihned dostupný výkon (kW).

Při rychlém nabíjení bez čekání ve frontě je druhá složka ceny (platba za výkon) vyšší než první (platba za energii). Proto je rychlé nabíjení násobně dražší než pomalé. Na rozdíl od pomalého nabíjení, které cestovatele nezdržuje (probíhá při parkování), rychlé nabíjení zdržuje cestovatele, neboť prodlužuje čas cesty (cestující čekají na nabití). Z cenových a časových důvodů se uživatelů elektrických automobilů snaží omezit rychlé nabíjení na nezbytné minimum (požití při dálkových cestách několikrát ročně). Pochopitelně však mají rychlé nabíjecí stanice svůj (zhruba 10 %) význam v dodávkách energie pro automobily. Vznikají zcela přirozeně konverzí čerpacích stanic jako marketingový doplněk ke kavárnám a WC podél cest.

Základním předpokladem ke konverzi čerpací stanice pohonných hmot na nabíjecí je zatížitelnost distribuční elektrické sítě 22 kV v dané lokalitě. Ta je výrazně závislá na druhu a délce vedení 22 kV od rozvodny s transformovnou 110 kV/22 kV.



**Do předregistrační výzvy MŽP ČR k programu RES + (březen 2021) se přihlásilo 8 359 zájemců s projekty zaměřenými na obnovitelné zdroje energie o úhrnném výkonu 24 GW.**

**Tato skutečnost dokládá velký zájem podnikatelů v ČR investovat do moderní energetiky.**

**Předregistrační výzvu lze vnímat jako neformální referendum o budoucnosti české energetiky s jasným výsledkem: technologie 20 století skončily, i v ČR již nastupují obnovitelné zdroje.**

**Mezi přihlášenými projekty byly i fotovoltaické elektrárny o výkonu 21 GW.**

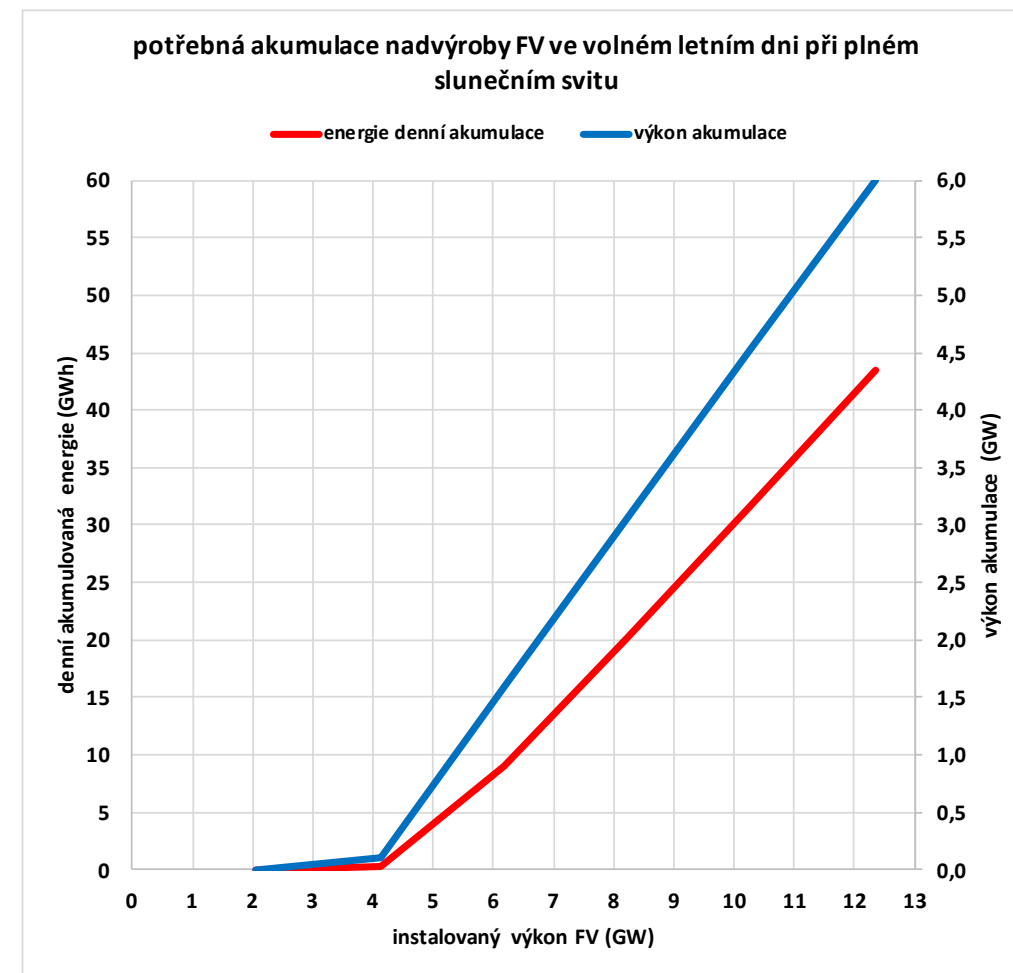
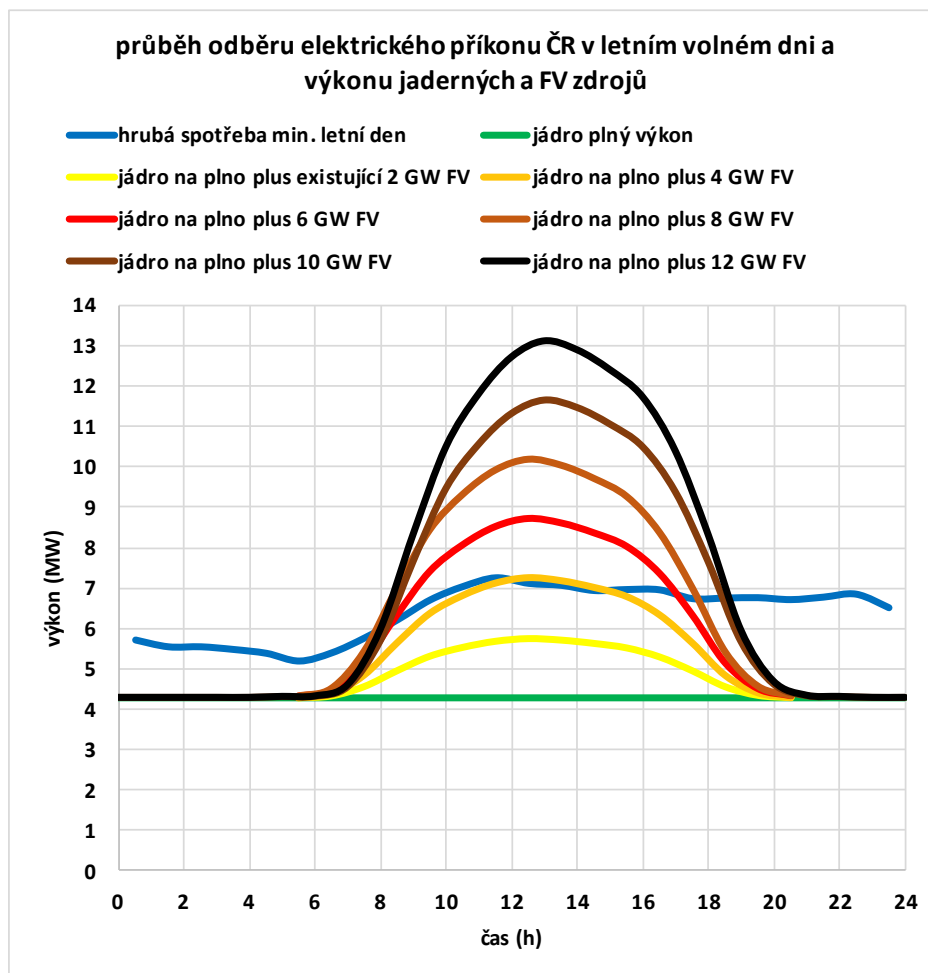
**Na tak velký výkon však není v ČR okamžitá spotřeba. Součástí 52 % projektů byla proto i akumulace energie.**

**V létě o víkendech má spotřeba elektřiny v ČR příkon jen 7 GW. Z toho 4 GW dávají jaderné zdroje, které nelze regulovat, a 1,5 GW dávají již existující FV zdroje. I když budou všechny ostatní zdroje vypnuty, tak spotřeba elektřiny ČR již více než 1,5 GW nového FV výkonu neabsorbuje. Zbylých 17 GW z uvažovaných 21 GW FV zdrojů se bude muset akumulovat:**

- pro denní a týdenní cyklus zejména přečerpávací vodní elektrárny, viz například záměr propojení zatopených uhelných důlních jam v Podkrušnohoří (soustava Tušimice/ČSA má energetický potenciál 67 GWh, tedy 19 násobek PVE Dlouhé Stráně s akumulovanou energií 3,6 GWh). Výhodu jsou též již vybudovaná přenosová elektrická vedení od elektráren,**
- pro cyklus léto zima lze pomocí elektrolýzy ukládat nespotřebovanou elektrickou energii do vodíku ke skladování pro jeho následné využití jako paliva pro hybridní paroplynové elektrárny metan/vodík se dvojitým pracovním cyklem.**

**Pochopitelně včetně řízení centrálních i decentrálních zdrojů, úložišť i spotřebičů v reálném čase a prostoru.**

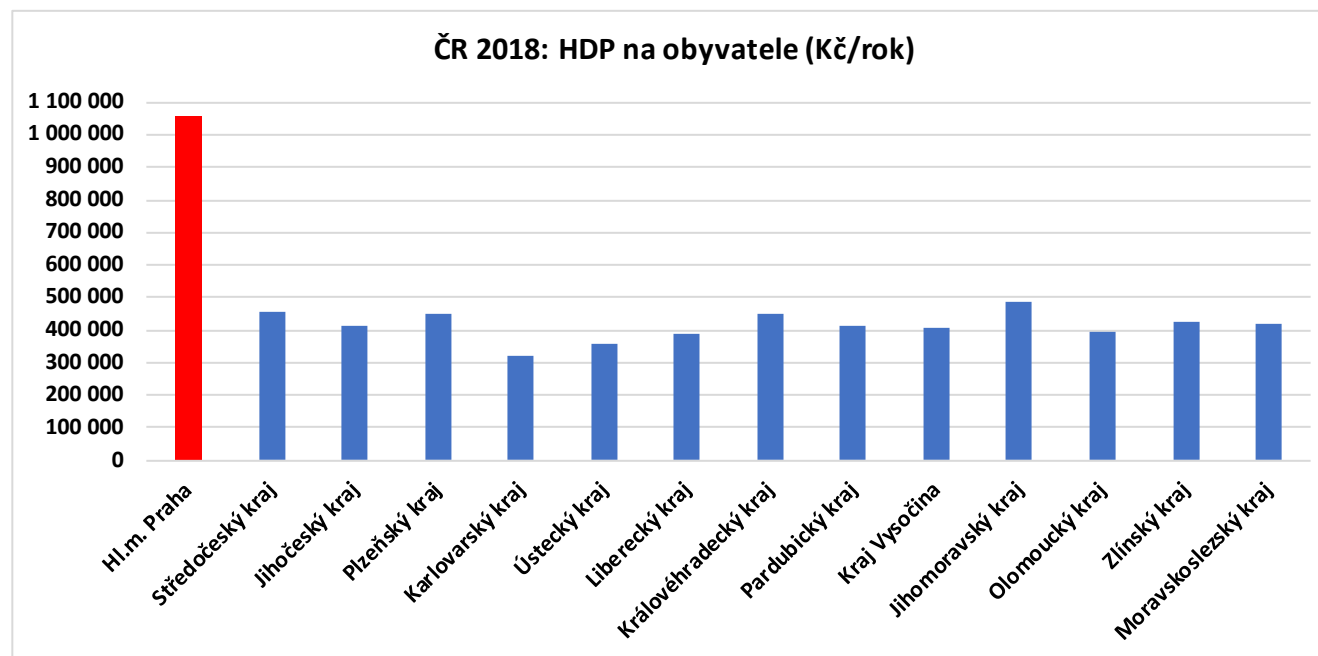
**Velmi rozumné je využívat přebytků výkonu z FV elektráren také pro časově odložené nabíjení akumulátorových elektrických vozidel a tím snížit nároky na stavbu PVE. Opět jde o SW záležitost, o uplatnění principů energetiky 4.0.**



## Udržitelná bezemisní multimodální mobilita

Cílem v dopravě není pouhá dekarbonizace, to by bylo málo, je potřeba spolu s dekarbonizací vyřešit i další společensky témata. Programem je celkový systémový upgrade dopravy:

- je naléhavě potřeba zastavit růst geografické sociální nerovnosti, nutnou podmínkou sociálního smíru je zapojit celou plochu území státu do systému tvorby a spotřeby hodnot. To vyžaduje nahradit nezdravou, avšak stále sílící monocentrickou strukturu osídlení s opulentním centrem a chudnoucími odlehlými oblastmi, zdravou polycentrickou strukturou se silnou pozicí regionů.
- Fungování státu po celé ploše území vyžaduje spolu centra regionů, tedy krajská města (interně v rámci ČR i přes hranice v rámci EU) spojit udržitelným dopravním systémem (vysokorychlostní elektrickou železnici) s rychlostí 300 km/h.





- ve smyslu Aristotelova principu (bohatství není ve vlastnictví, ale v užití) nahradit dopravu založenou na vlastnictví neefektivně využitých dopravních prostředků (osobní automobil je v ČR využit 2,5 % času při 26 % využití jeho kapacity v součinu na 0,65 %) dopravou v podobě funkční služby (MaaS – Mobility as a Service), jednou z mnoha aplikací na mobilním telefonu.

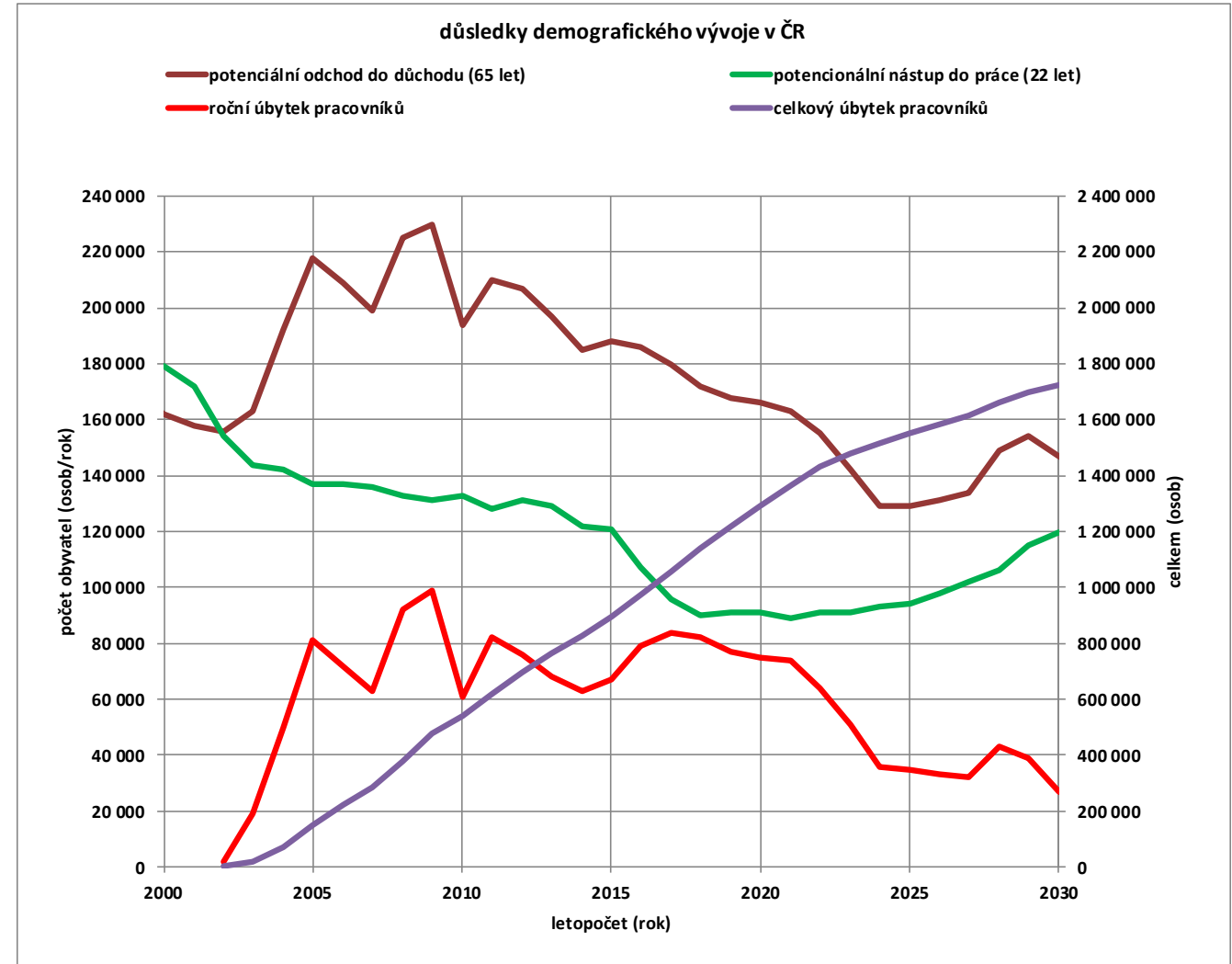
Již úspěšně zvládnutá náhrada amatérského chovu slepic profesionální službou v podobě centralizace výroby vajec a distribuce obchodu s vejci je dokladem funkčnosti a spontánnosti trendu náhrady vlastnictví službou. Základní motivací k této proměně mobility je přechod na čtyřdenní pracovní týden. Náhrada potřeby investovat s periodou deseti let roční mzdu do nákupu automobilu dopravou jako službou v podobě multimodální mobility umožní lidem o 10 % méně pracovat, mít každý druhý pátek pro sebe a pro svou rodinu.



## Efektivní využití pracovních sil

- řízením osobního automobilu je práce, kterou ztrácejí obyvatelé ČR 1,3 miliardy hodin ročně (62 miliard voz. km/rok při střední rychlosti 47 km/h podle WLTP). To odpovídá fondu pracovní doby více než 0,7 milionu pracovních sil, to je na úrovni 18 % fondu pracovní doby obyvatelstva ČR. Stav techniky již umožňuje sejmu z lidí toto břemeno a jejich čas využít smysluplněji. Řízení automobilu je rutinní činností bez nároku na vzdělání. Takové činnosti nemusejí dělat lidé, lidem náleží tvůrčí práce, nikoliv práce rutinní, tu efektivněji zvládají lidé. Tyto přirozené trendy nazýváme čtvrtou průmyslovou revolucí, Dopravou 4.0.

Pokles reprodukční schopnosti obyvatelstva vede k soustavnému úbytku pracovních sil, nelze jimi plýtvat vykonáváním rutinních činností. Náhrada individuální dopravy veřejnou hromadnou dopravou je i z tohoto důvodu velice potřebným trendem.



**V ČR je registrováno přibližně 6 milionů osobních automobilů. Při uvažování 12 m<sup>2</sup> parkovací plochy pro jeden automobil a skutečnosti, že v ČR automobily jen 2,5 % času jezdí a 97,5 % parkují vychází plocha obsazená parkujícími automobily 70 km<sup>2</sup>. Vesměs jde o hodnotné pozemky v blízkosti stavebních ploch opatřených inženýrskými sítěmi, převážně ve městech. Při uvažování velmi strážlivé ceny pozemku 10 000 Kč/m<sup>2</sup> (v centru Prahy je to kolem 50 000 Kč/m<sup>2</sup>) blokuji u domů zaparkované nečinné automobily kapitál kolem 700 miliard Kč.**

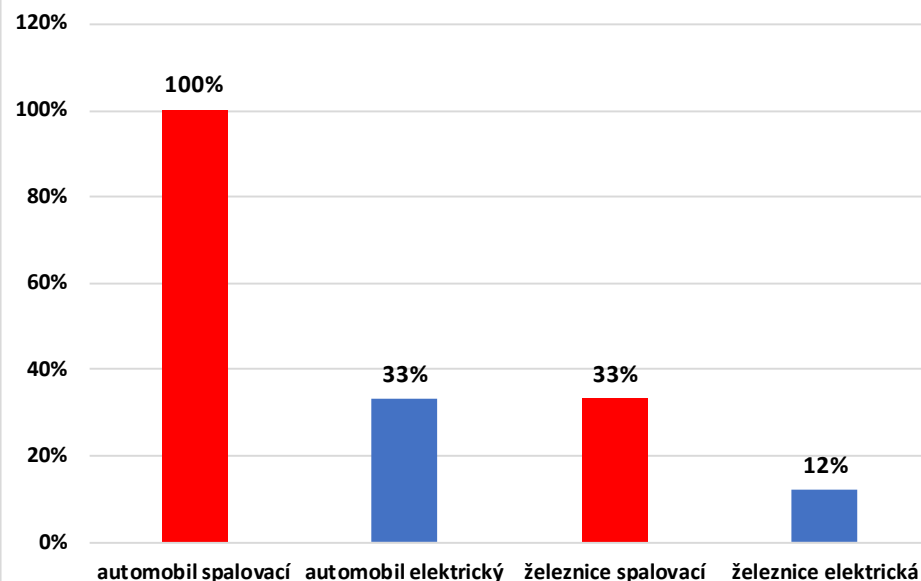
**Pro srovnání: sluneční elektrárna o ploše panelů 70 km<sup>2</sup> ročně dodá 14 TWh elektrické energie, tedy téměř dvojnásobek roční produkce jaderné elektrárny v Dukovanech (8 TWh/rok) a s rezervou pokryje spotřebu 100 % přeměny všech 6 milionů v ČR registrovaných osobních automobilů na elektrické (na to by stačilo 13 TWh/rok, tedy 11 m<sup>2</sup> FV panelů na jeden automobil).**

**Ale nemá smysl jít jen cestou náhrady spalovacích automobilů elektrickými automobily, jsou mnohem kvalitnější a mnohem efektivnější způsoby zajištění dopravy individuální nahrazovat individuální automobilovou dopravu individuální automobilovou dopravou jen s jinými automobily. Je potřeba vrátit městské plochy lidem, obnovit lesy, parky, korza, hřiště, trhy, dát prostor biodiverzitě.**

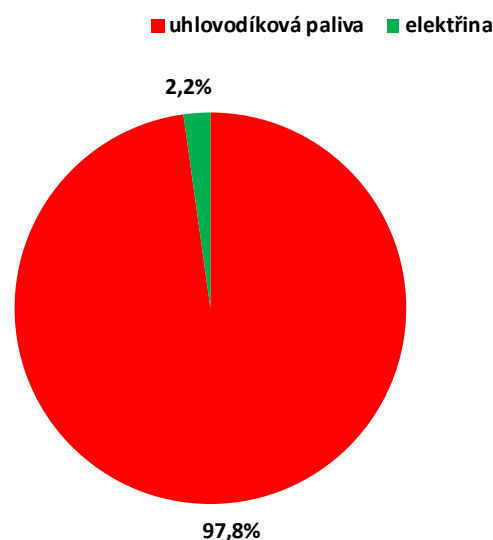
**Nemá logiku, aby se čtyřčlenná rodina tísnila v bytě o ploše 75 m<sup>2</sup> v osmipodlažním domě a žila na ploše pozemku 2,3 m<sup>2</sup>/osobu a jejich dva zaparkované automobily blokovaly městský pozemek o ploše 24 m<sup>2</sup>, tedy 6 m<sup>2</sup>/osobu, tedy 2,6krát větší.**

Náhrada spalovacího motoru elektrickým pohonem je dílčím krokem ke snížení energetické náročnosti dopravy. Dalším významným krokem ke snížení energetické náročnosti dopravy je náhrada automobilové dopravou kolejovou. Dokladem vysoké energetické hospodárnosti kolejové dopravy je fakt, že ačkoliv v ČR představuje elektřina pouhá 2,2 % energií pro dopravu, tak zajišťuje (v průměru osobní a nákladní dopravy) 21,5 % přepravních výkonů. To je významně ovlivněno nízkou energetickou náročností kolejové dopravy (železniční i městské), ve které je elektrická vozba dosud v ČR téměř výhradně používána.

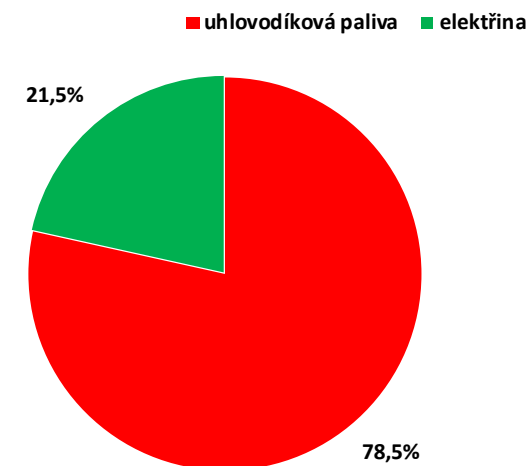
poměrná energetická náročnost dopravy



struktura spotřeby energie pro dopravu v ČR



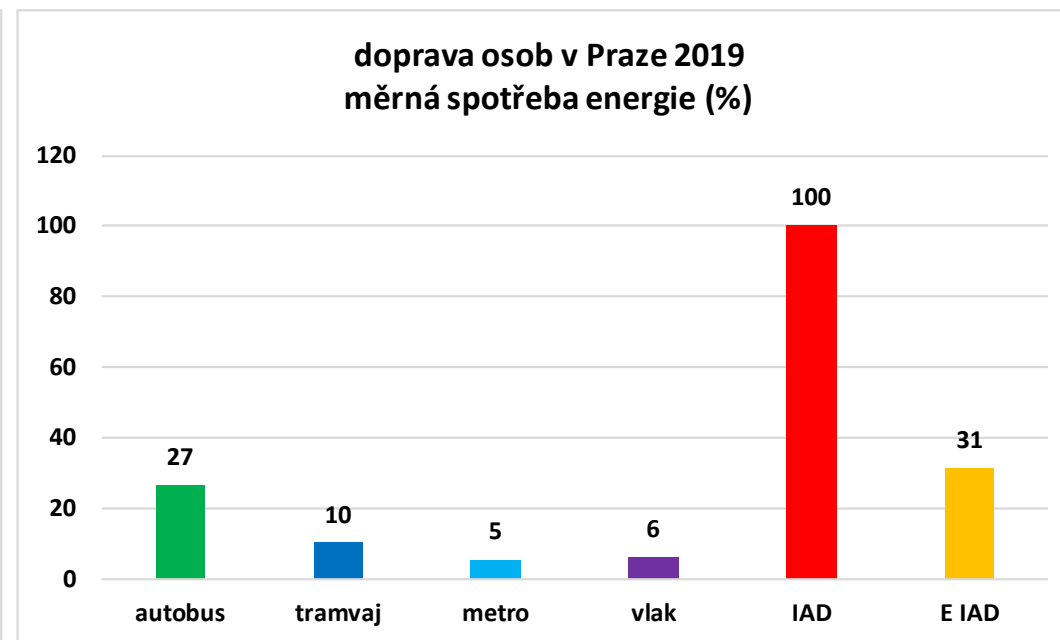
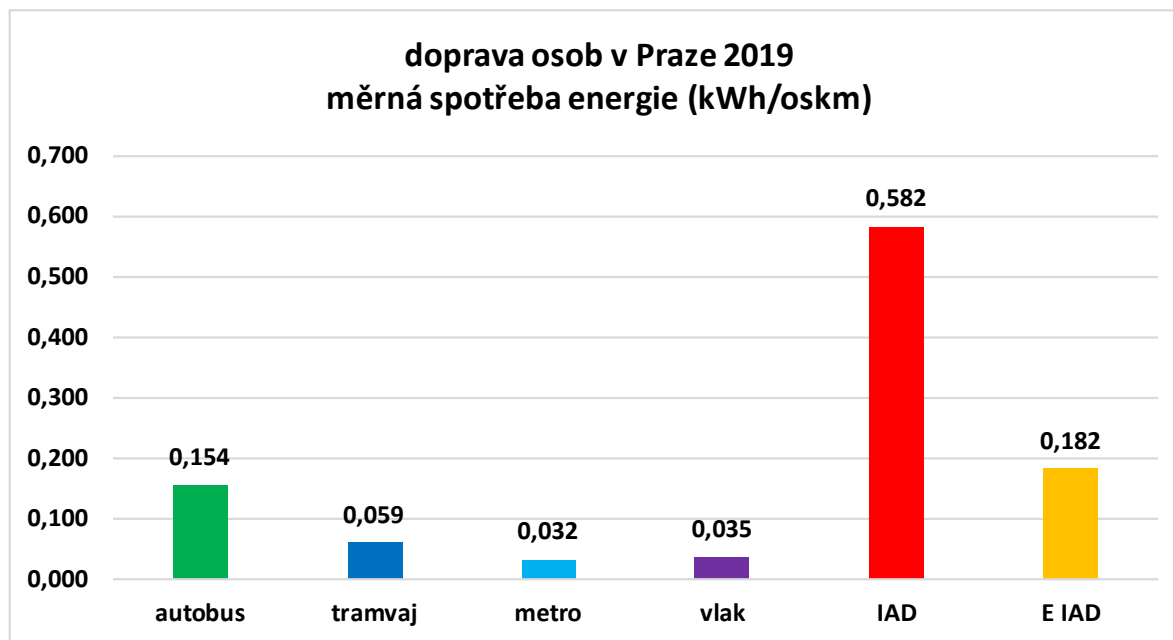
struktura přepravních výkonů dopravy v ČR



# Doprava osob v Praze – skutečnost roku 2019 (1)

Na přepravních výkonech dopravy osob v Praze se přibližně rovným dílem (50 % a 50 %) podílí veřejná hromadná doprava a individuální automobilová doprava.

Energeticky je veřejná hromadná doprava velmi efektivní – na celkové spotřebě energie pro dopravu osob se podílí jen 11 %, zatím co individuální automobilová doprava 89 %.

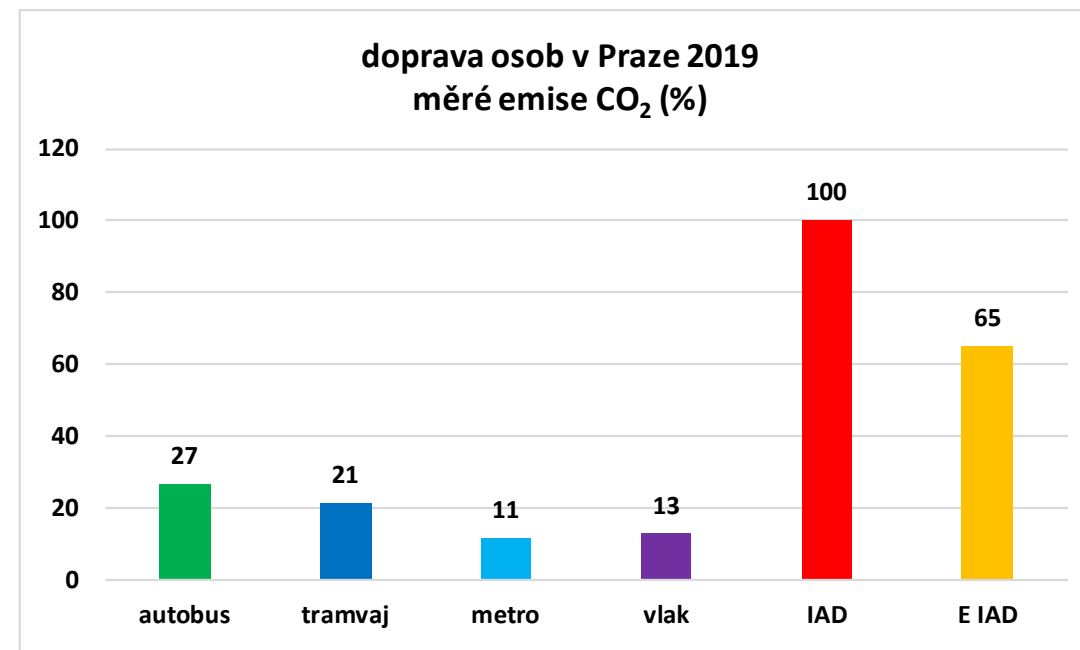
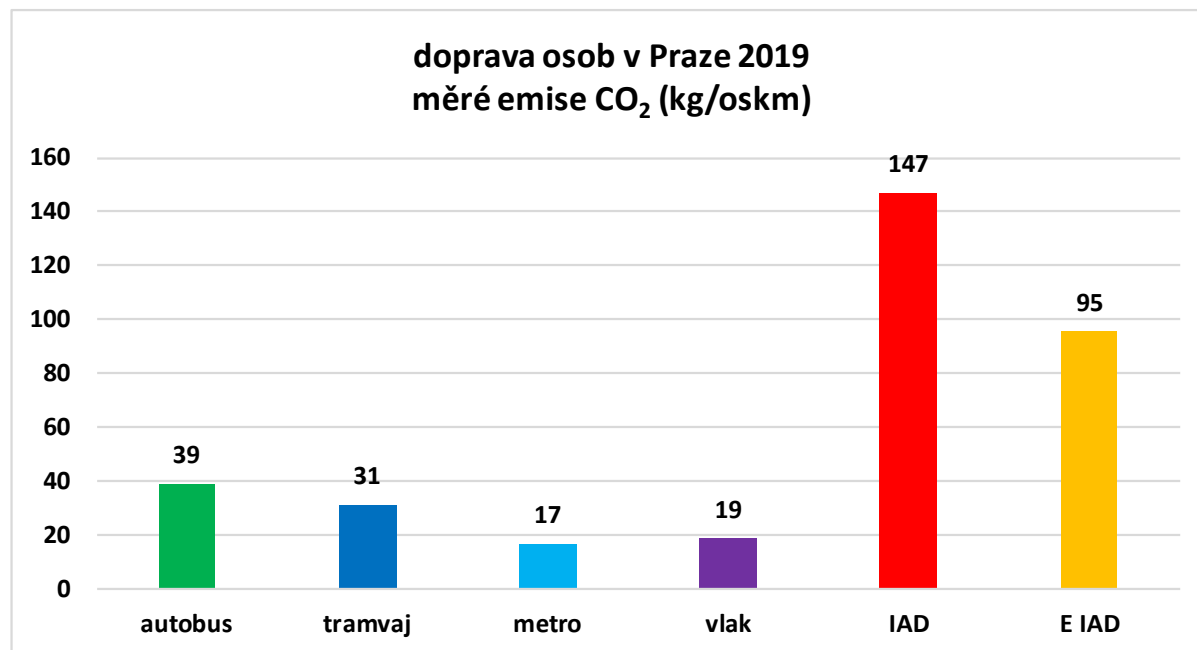


## Doprava osob v Praze – skutečnost roku 2019 (2)

**Veřejná hromadná doprava se v porovnání s automobily též vyznačuje výrazně nižšími emisemi oxidu uhličitého.**

**Zásadní rozdíl mezi veřejnou hromadnou dopravou a individuální automobilovou dopravou je i v produkci zdraví škodlivých látek (NO<sub>x</sub>, PM, PAH, ...).**

**Znečištění ovzduší vytváří v Praze ze zhruba 90 % doprava. Proto je významné, že veřejná hromadná doprava (metro, tramvaje, železnice) přepravuje v Praze 71 % osob elektrickými vozidly, tedy bez znečišťování ovzduší emisemi zdraví škodlivých látek.**

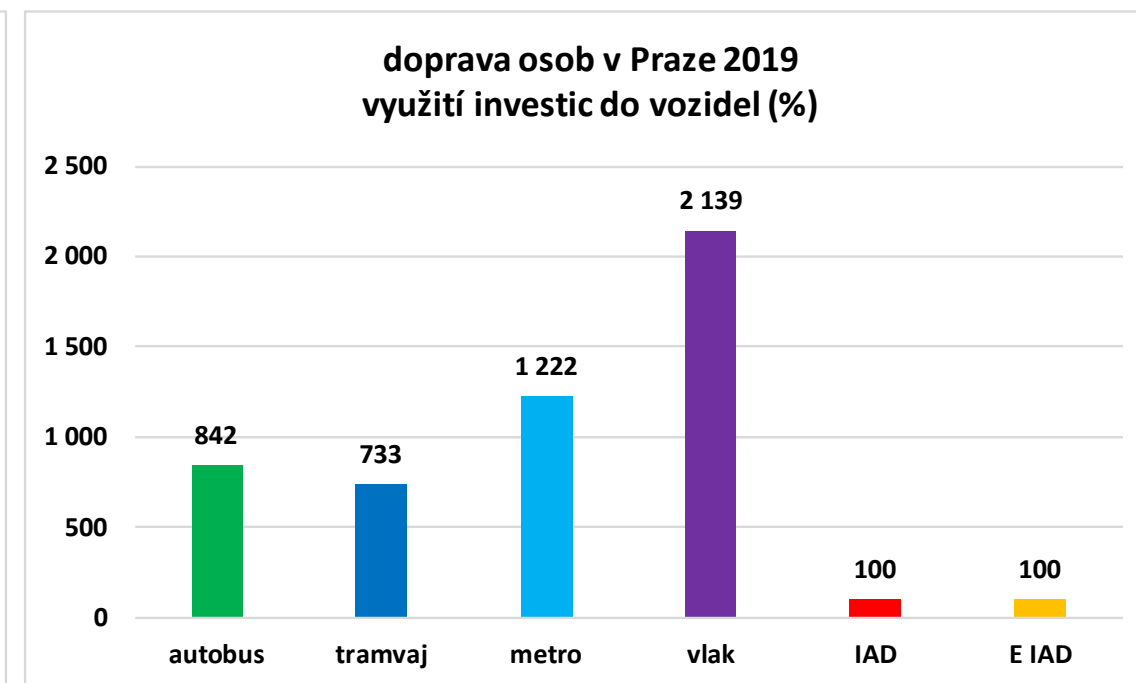
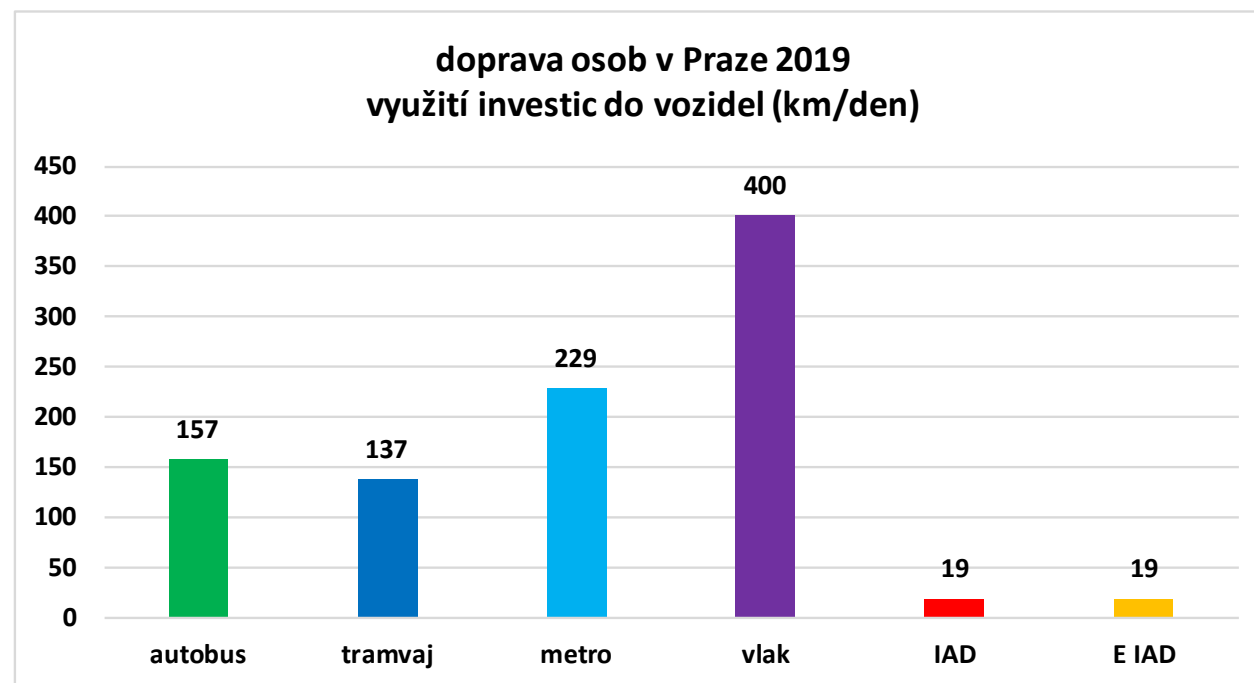




## Doprava osob v Praze – skutečnost roku 2019 (3)

Efektivnost investic do pořízení osobních automobilů je velmi nízká, v průměru připadá na jeden v Praze registrovaný automobil denní proběh všech (i mimopražských) osobních automobilů po pražských ulicích jen 19 km. Téměř celý den někde parkují.

Využití vozidel veřejné hromadné dopravy je řádově vyšší. Proto má logiku podpořit zavádění moderních bezemisních vozidel zejména v oboru veřejné dopravy, neboť jsou mnohem více využívána než individuálně vlastněná vozidla a tedy přinášejí vyšší úsporu energie a emisí.



## Vodíková vozidla

### Výhoda:

**Vysoká výhřevnost vodíku (33 kWh/kg)**

### Vlastnosti:

- **vodík je velmi lehký (měrná hmotnost 0,09 kg/m<sup>3</sup>, 1 kg vodíku má za normálního tlaku objem 11 000 litrů), proto se stlačuje. Při tlaku 350 bar má 1 kg vodíku objem 32 litrů.**
- **ocelová válcová nádoba pro uskladnění 1 kg vodíku má (nezávisle na jmenovitém přetlaku) hmotnost cca 50 kg.**
- **kompozitová válcová nádoba pro uskladnění 1 kg vodíku má (nezávisle na jmenovitém přetlaku) hmotnost cca 20 kg.**

### Nevýhody:

- **vodík nelze v přírodě těžít, je nutno jej vyrábět:**
  - a) **z fosilních paliv (uhlí, ropa, zemní plyn) - neperspektivní,**
  - b) **z elektřiny elektrolýzou (účinnost moderních elektrolyzérů cca 65 %),**
- **pro vodík (na rozdíl o metanu) není vybudována distribuční síť, spotřebiče a úložiště,**
- **vodík se obtížně dopravuje potrubím (jeho malá molekula uniká i velmi drobnými netěsnostmi),**
- **vodík se obtížně a drazo transportuje (kamion o hmotnosti desítek t veze jen několik set kg vodíku a zpět jede prázdný),**
- **nebezpečí výbuchu.**

**Využití vodíku k přeměně na elektřinu**

**Princip: slučování vodíku se vzdušným kyslíkem – protony prostupují membránou, elektrony protékají elektrickým obvodem**

**Nevýhody :**

- nízká účinnost (60 %),
- drahé (platinová konstrukce),
- vyžaduje velmi čistý vodík 99,97 % viz ISO 14687-2 (ne z běžné chemické výroby),
- nízký výkon,
- obtížná regulace („běží stále jako atomový reaktor“),
- neumí rekuperovat brzdovou energii.

⇒ vyžaduje vyrovnávací akumulátor (princip hybridního automobilu).

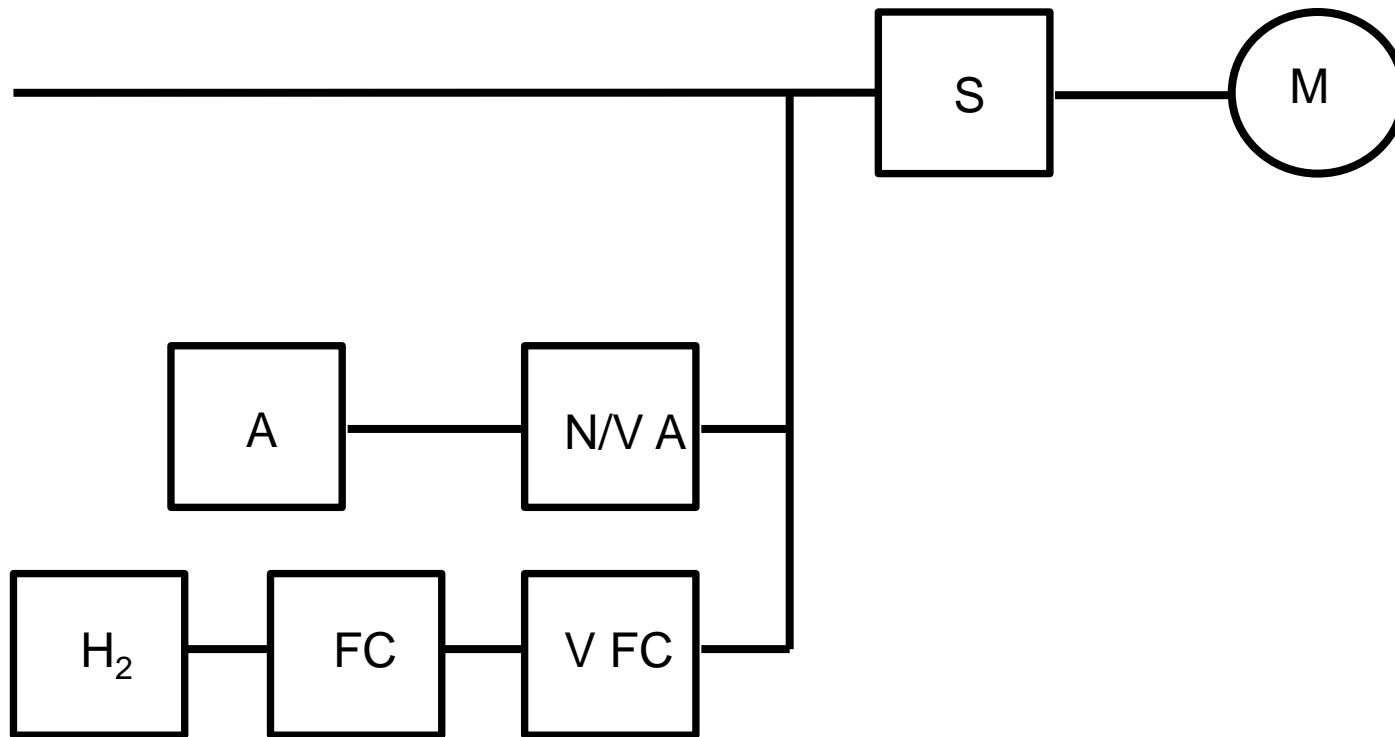
**Řetězec elektrolýza – palivový článek lze vnímat jako akumulátor s otevřeným cyklem**

(„po nabití je přelit elektrolyt z jednoho článku do druhého“).

**Nevýhodou je nízká výsledná účinnost (cca 33 %), dále případně snižovaná spotřebou energie na dopravu mezi místem výroby a místem užití vodíku:**

$$\eta = \eta_E \cdot \eta_K \cdot \eta_{FC} \cdot \eta_{VA} = 0,65 \cdot 0,93 \cdot 0,60 \cdot 0,90 = 0,33$$

**=> použití vodíkového cyklu zvyšuje spotřebu elektrické energie na 3 násobek. Aplikace vodíkové technologie má logiku jen při využití jinak nepotřebných přebytků elektřiny z obnovitelných zdrojů, což průvodním znakem přechodu z fosilních na obnovitelné zdroje.**



**Palivové články optimálně pracují stálým výkonem. Proto jsou na vozidle (podobně spalovací motor s generátorem u hybridních pohonů) doplněny zásobníkem energie v podobě lithiového akumulátoru.**

**Akumulátor slouží k vyrovnaní energetické bilance vozidla včetně ukládání rekuperované energie při elektrodynamickém brzdění.**

## Vodíkové plnící stanice

Z důvodu limitů daných termodynamickými změnami při kompresi a expanzi, je výkonnost (kg/h) plnicích zařízení omezena přípustnými mezemi teplot vodíku.

Proto není snadné dosáhnout u vodíkových vozidel velké rychlosti obnovy zásob energie, intenzita plnění (kg/h) má své limity).

Aktuálně je v ČR budováno několik prvních vodíkových plnicích stanic pro silniční vozidla.

Mají jeden univerzální výdejní stojan s koncovkami jak pro 350 bar, tak i pro 700 bar.

Jejich výkonnost je kolem 30 kg/h, což v ekvivalentu elektrický výkon cca 600 kW.

vodíková plnící stanice		
určení		silnice
výkonnost H <sub>2</sub>	kg/h	30
výhřevnost	kWh/kg	33,2
výkon tepelný	kW	996
účinnost FC	%	60
výkon elektrický	kW	598
cena	mil.Kč	50
měr. cena	mil. Kč/kW	0,08
účinnost NM	%	40
výhřevnost nafty	kWh/litr	10
ekv. výkonnost nafta	litr/h	149



**Většina technických plynů se vyznačuje kladným Joule – Thompsonovým koeficientem (K/MPa):**

- uvolňuje teplo a zahřívá se při kompresi,
- odebírá teplo a ochlazuje se při expanzi.

**Vodík se chová opačně, vyznačuje se záporným Joule – Thompsonovým koeficientem (K/MPa):**

- uvolňuje teplo a zahřívá se při expanzi,
- odebírá teplo a ochlazuje se při kompresi.

**Ve zásobní jímce vodíkové plnící stanice je vyšší tlak (více než 35 Mpa, respektive 70 MPa), než v nádrži na vozidle (podle stavu zásob v rozmezí několika MPa až 35 Mpa, respektive 70 MPa). Při průtoku vodíku z nádoby v plnící stanici do nádoby ve vozidle dochází k expanzi. Z bezpečnostních důvodů nesmí být tato expanze prudká, to by bylo spojeno s nežádoucím růstem teploty vodíku.**

**Při tradičním postupu plnění je volen průtočný stálý průřez tak, aby při nízkém protitlaku na počátku plnění prázdné vozidlové nádrže nepřevýšil průtok stanovenou mez. To však vede, vlivem postupného růstu tlaku ve vozidlové nádrži, k jejímu pomalému plnění.**

**Rychlé plnění je založeno na datové komunikaci mezi zásobní nádrží na vozidle a plnicím zařízením. Průtok vodíku z plnící stanice do nádrže vozidla je regulován podle okamžitých hodnot tlaku a teploty vodíku v nádrži vozidla.**

## Systémové souvislosti

**Snaha aplikovat vodík v dopravě vznikla jako průvodní jev při přeměně energetiky od používání fosilních paliv v elektrárnách a její orientací na obnovitelné zdroje elektrické energie, zejména fotovoltaické a větrné elektrárny. A to z pěti důvodů:**

### **1) Čistota vodíku**

**Palivové články jsou mimořádně citlivé na čistotu vodíku. Jde o zařízení, které odděluje hmotu (protony), jež vytvoří spolu se vzdušným kyslíkem vodní páru, a energii (elektrony), kterou v podobě elektřiny odvedou vodiče proudu.**

**Veškeré příměsi v palivovém článku zůstanou a degradují jej, zkracují dobu jeho technického života. Proto ISO 14 687-2 předepisuje pro palivové články čistotu vodíku 99,97 %.**

**Tuto čistotu má vodík vyráběný elektrolýzou, moderní elektrolyzéry s protonovou membránou produkují vysoce čistý vodík 99,999 %, vhodný pro aplikaci v palivových článcích.**

**V ČR je v současnosti k dispozici především.**

- **vodík vyráběný parním reformingem ze zemního plynu,**
- **vodík vyráběný destilací ropných zbytků.**

**Těmito technologiemi produkováný vodík má čistotu jen 98,5 % až 99 %, tedy obsahuje 50 až 30krát více nečistot, než je pro aplikaci v palivových článcích přípustné. Bylo by nutno jej pečlivě dočišťovat.**

### 2) Původ vodíku

Vodíkové technologie nejsou cílem, ale nástrojem k naplnění cílů. Cílem je dekarbonizace. Proto nemá logiku aplikovat k náhradě fosilních paliv v dopravě (ropných produktů a zemního plynu) vodík vyráběný z fosilních paliv (z ropných produktů a zemního plynu), ale výhradně jen vodík z obnovitelných zdrojů. Tedy zejména vodík produkovaný s využitím elektrické energie z obnovitelných zdrojů (z fotovoltaických a větrných elektráren).

### 3) Doprava vodíku

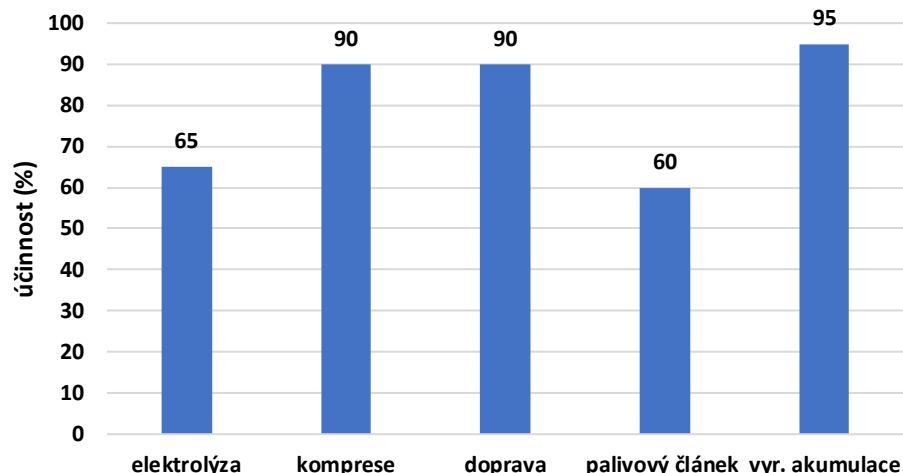
Vodík má sice vysokou výhřevnost (33,2 kWh/kg), ale je velmi lehký, má měrnou hmotnost jen 0,09 kg/m<sup>3</sup> (proto jim byly plněny vzducholodě). Stlačením na přetlak 35 MPa klesne jeho objem na 32 litrů, avšak příslušná vysokotlaká silnostěnná nádoba má hmotnost 50 kg (netto 1 kg, tara 50 kg, brutto 51 kg). Dopravuje ji automobil o hmotnosti cca 2 kg vozidla na 1 kg lahví a zpět jede prázdný. Tedy na 1 čistý tunový kilometr přepravní práce je potřebné vykonat dopravní práci 300 hrubých tunových kilometrů a spotřebovat tomu úměrné množství energie. Vodík se chová podobně jako písek – při dopravě na větší vzdálenosti jsou dopravní náklady větší než cena přepravované komodity. Proto je rozumná orientace nikoliv na centralizovanou, ale na decentralizovanou výrobu (v místě užití). Tomu vyhovují elektrolyzéry, které jsou k distribuční elektrické síti připojitelné kdekoliv.

## 4) Výroba vodíku

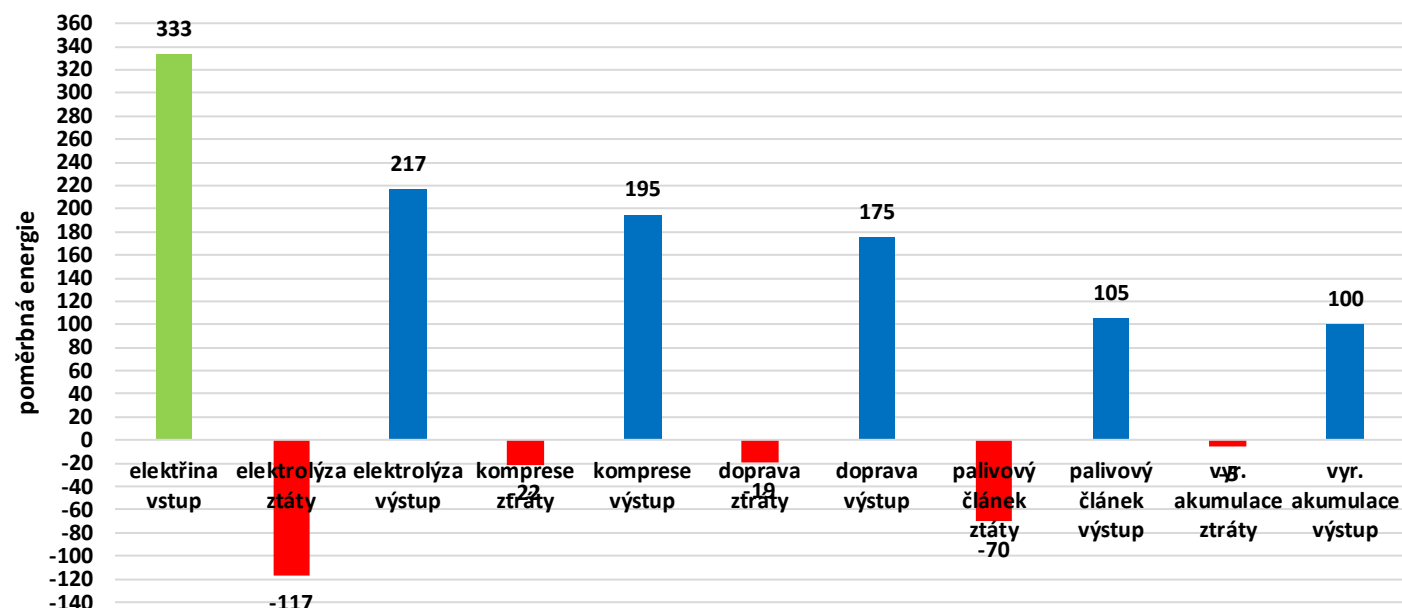
Účinnost energetického řetězce elektřina / vodík / elektřina je zhruba 30 %, tedy třikrát méně než ukládání elektrické energie do lithiového akumulátoru s účinností kolem 90 %.

Proto má logiku používat tuto technologii pro ukládání přebytků levné elektrické energie, pro kterou není aktuální poptávka ze strany spotřeby, a proto je její okamžitá cena velmi nízká až záporná. Tedy v noci z větrných elektráren či v poledne z fotovoltaických elektráren.

Účinnosti jednotlivých komponent



Tok energie



### 5) Energetický mix

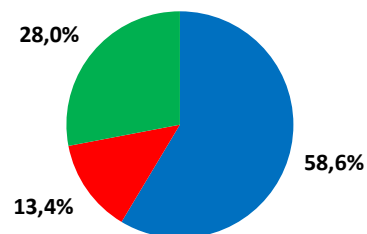
Produkce vodíku s cílem využít a uskladnit aktuální přebytky výroby elektrické energie nad její spotřebou je bytostně spjata s přeměnou elektrárenství z dominantního podílu elektráren, jejichž výkon lze řídit (zejména elektráren uhelných), na dominantní podíl obnovitelných zdrojů, jejichž výkon se mění nahodile (slunce, vítr).

Toto téma je již nyní aktuální v zemích s vysokým podílem obnovitelných zdrojů na výrobě elektřiny (například Německo: 34 % v roce 2019 s tendencí dynamického růstu, meziročně o 5,5 %), nikoliv ještě v ČR, kde je dosud tento podíl 10x nižší (3,4 %) a stagnuje.

Avšak rostoucí tržní cena emisních povolenek vede i v ČR k postupnému útlumu činnosti uhelných elektráren. Nahradí je obnovitelné zdroje a téma akumulace přebytků elektrické energie do vodíku bude řešeno i u nás – viz záměr vybudování energetického parku Podkrušnohoří náhradou za končící uhelné elektrárny.

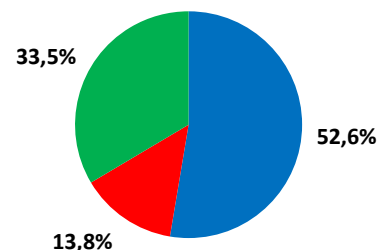
struktura zdrojů výroby elektrické energie v  
Německu v roce 2018

■ říditelné (uhelné, plynové, vodní, ...)  
■ fixní (jaderné)  
■ náhodné (slunce, vítr)



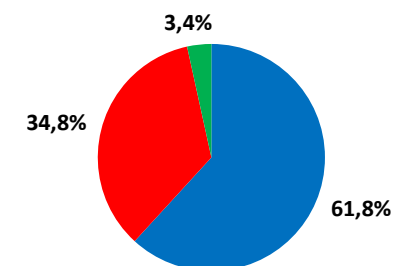
struktura zdrojů výroby elektrické energie v  
Německu v roce 2019

■ říditelné (uhelné, plynové, vodní, ...)  
■ fixní (jaderné)  
■ náhodné (slunce, vítr)



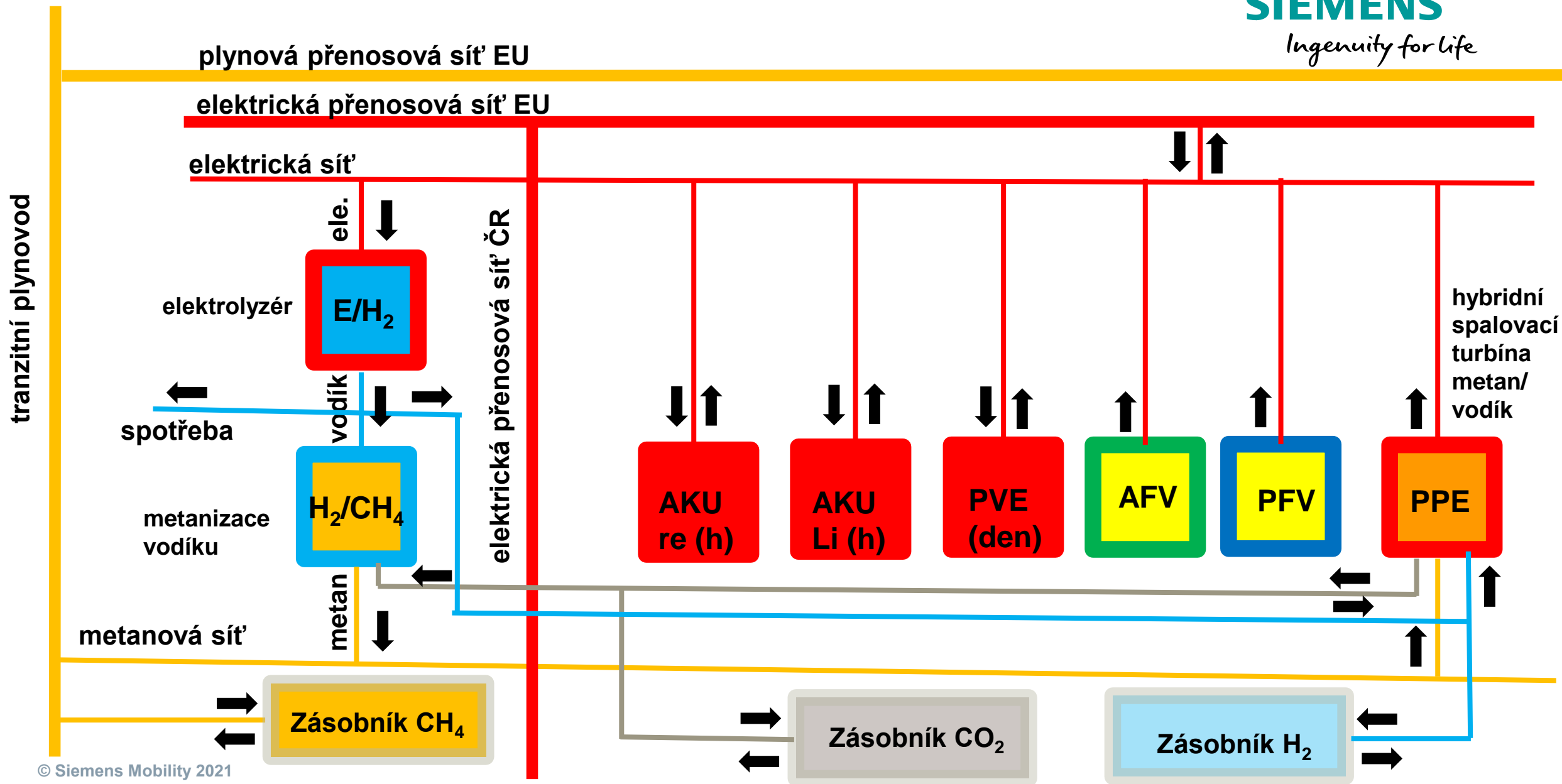
struktura zdrojů hrubé výroby elektrické energie  
v ČR v roce 2019

■ říditelné (uhelné, plynové, vodní, ...)  
■ fixní (jaderné)  
■ náhodné (slunce, vítr)



# Aplikace vodíku v energetice (příklad: Energetický park Podkrušnohoří)

**SIEMENS**  
*Ingenuity for life*





## Přímé využití vodíku v dopravě

**SIEMENS**

*Ingenuity for life*

**Potenciál přímého využití vodíku v dopravě v ČR není velký:**

- **osobní železniční doprava je z 82 % dopravních výkonů zajišťována elektricky, liniová elektrifikace dalších tratí intenzivně pokračuje, k dispozici jsou i dvouzdrojová vozidla trolej/akumulátor,**
- **nákladní železniční doprava je z 87 % dopravních výkonů zajišťována elektricky, liniová elektrifikace dalších tratí intenzivně pokračuje,**
- **v městské hromadné dopravě jsou páteřové linky (metro, tramvaje, trolejbusy) elektrifikovány a dále rozvíjeny, na navazují na ně elektrické autobusy se statickým či dynamickým nabájením (parciální trolejbusy),**
- **75 % silniční nákladní dopravy má být podle Green deal převedeno na železnici, zbývajících 25 % bude spíš první a posední míle v rámci kombinované přepravy. Tedy jízdy na nevelkou vzdálenost zvládnutelné elektrickými logistickými automobily,**
- **v silniční osobní dopravě se úspěšně etablují elektrické automobily, které zvládají běžné použití. Pro jízdy na delší vzdálenosti je automobil pomalý a nepohodlný, nahrazuje jej železnice.**

**Velký potenciál má nepřímé využití vodíku v dopravě, a to prostřednictvím aplikace vodíkových technologií v energetice. A to v akumulaci elektrické energie z obnovitelných zdrojů k vyrovnaní okamžité výkonové bilance výroby a spotřeby pro všechny spotřebitele elektřiny včetně dopravy.**

**Vodíkové technologie mohou v energetice propojit dva velmi aktuální (v zásadě bezodkladné) protichůdné trendy:**

- útlum provozu uhelných elektráren pro jejich nerentabilitu (růst tržní ceny emisních povolenek),
- rostoucí spotřeba elektrické energie jako nástroj ke snížení celkové spotřeby energie
  - doprava: náhrada spalovacích motorů elektrickými trakčními pohony s násobně vyšší účinností,
  - vytápění: náhrada kotlů tepelnými čerpadly s násobně vyšší výslednou účinností.

## **1. Konverze uhelných elektráren na bimodální paroplyn (dvojitý pracovní cyklus)/fotovoltaika**

- využití již existujících elektrických přenosových sítí a zařízení,
- zvýšení účinnosti spalování (ze 40 % na 60 %), snížení uhlíkové stopy vstupního paliva (uhlí 0,36 kg CO<sub>2</sub>/kWh<sub>t</sub>, metan 0,20 kg CO<sub>2</sub>/kWh<sub>t</sub>) => snížení nákladů na nákup emisních povolenek na 37 %,
- vyžití současné technologie elektrárny („náhrada kotle spalovací turbínou“) a kvalifikovaných pracovních sil,
- bimodalita: společná výstupní část elektrárny, společné využití elektrických přenosových sítí a zařízení pro paroplynovou i fotovoltaickou výrobu elektrické energie (z ekonomických důvodů vždy pracuje jen jedna z nich, v době slunečního svitu bude nadbytek výroby elektřiny nad spotřebou, není důvod spalovat plyn),
- možnost využití odpadního tepla pro teplárenství

## **2. Vodíková akumulace**

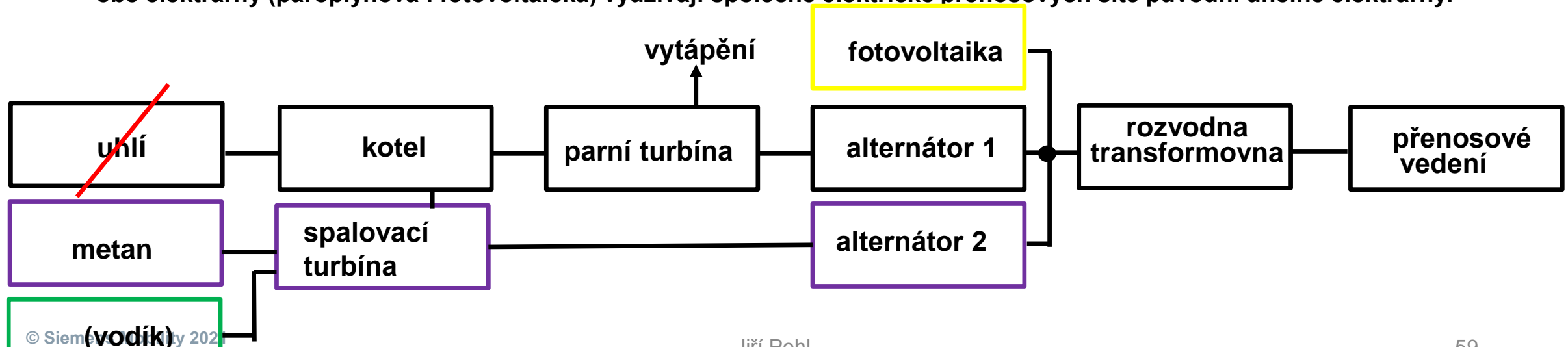
**Doplnění bimodální elektrárny paroplyn/fotovoltaika o elektrolýzer (vyžití nadbytečné elektrické energie z FV) a zásobník vodíku. Plus aplikace hybridní spalovací turbíny metan/vodík.**

**Jde o existující technologie, účinnost kumulace (cca 40 %) je srovnatelná s uhelnou elektrárnou.**

# Konverze uhelných elektráren na bimodální dvojitý paroplynový cyklus - fotovoltaika s vodíkovou akumulací (1)

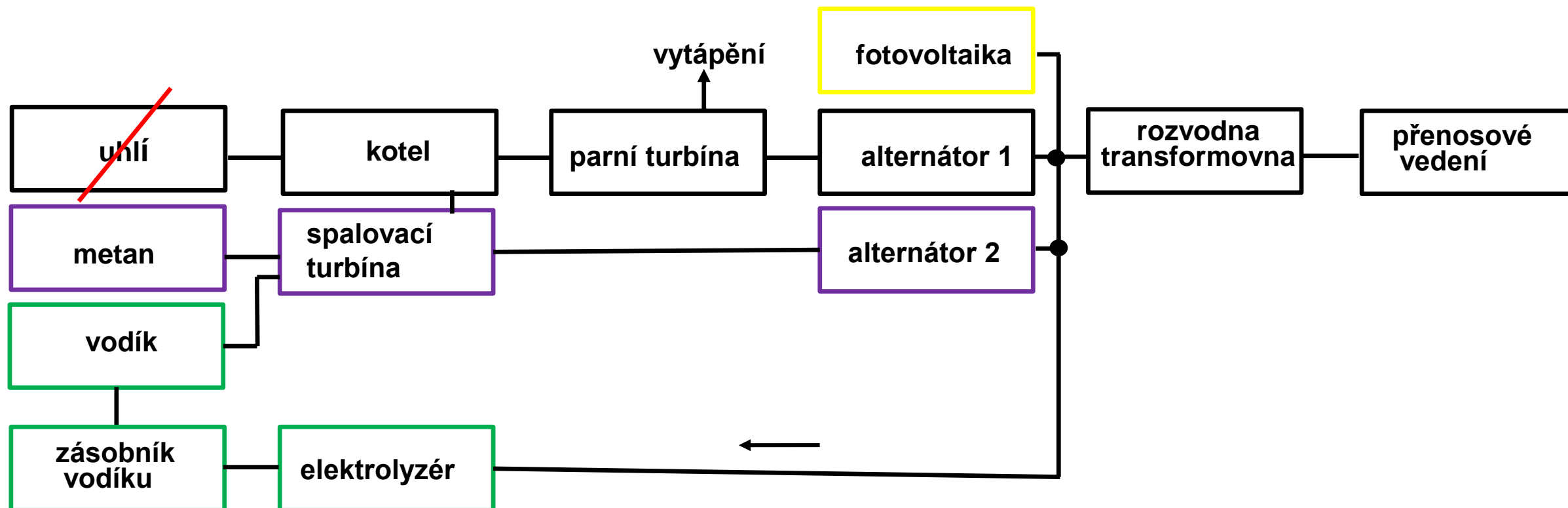
První krok - konverze uhelných elektráren na bimodální (dvojitý pracovní cyklus)/fotovoltaika

- využití již existujících elektrických přenosových sítí k uhelným elektrárnám,
- využití částí existujících zařízení uhelných elektráren (parní turbína s alternátorem, transformovna, rozvodna),
- princip: náhrada uhelného kotle spalovací turbínou s dalším alternátorem,
- aplikace hybridní dvoupalivové spalovací turbíny, schopné využívat metan i vodík,
- využití existujících ploch a využití kvalifikovaných pracovních sil,
- zvýšení účinnosti spalování (ze 40 % na 60 %),
- snížení uhlíkové stopy vstupního paliva (uhlí 0,36 kg CO<sub>2</sub>/kWh<sub>t</sub>, metan 0,20 kg CO<sub>2</sub>/kWh<sub>t</sub>), tedy snížení nákladů na nákup emisních povolenek na 37 %,
- vybudování fotovoltaické elektrárny v těsné blízkosti elektrárny (v rámci rekultivace uhelného dolu: agrofotovoltaická, biodiverzní, plovoucí na jezeře, ...),
- možnost využití odpadního tepla pro teplárenství,
- synergický efekt bimodality - z ekonomických důvodů vždy pracuje jen jedna z obou elektráren, v době slunečního svitu bude nadbytek výroby elektřiny nad spotřebou, není důvod spalovat plyn:
  - obě elektrárny (paroplynová i fotovoltaická) využívají společně výstupní části původní uh. elektrárny (transformovna, rozvodna),
  - obě elektrárny (paroplynová i fotovoltaická) využívají společně elektrické přenosových sítě původní uhelné elektrárny.



### Druhý krok - Vodíková akumulace

- doplnění bimodální elektrárny paroplyn/fotovoltaika o elektrolyzátor (vyžití nadbytečné elektrické energie z FV) a zásobník vodíku.
- Využití vodíku náhradou za metan jako palivo pro hybridní dvoupalivové spalovací turbíny metan/vodík. Jde o existující technologie (elektrolyzéry i hybridní spalovací turbíny jsou dostupným stavem techniky), výsledná účinnost akumulace (cca 65 % · 60 % = 40 %) je srovnatelná s uhelnou elektrárnou.



## Závěr

**Náhrada spalovacích automobilů elektrickými automobily je přirozeným a správným trendem.**

**Je založena na dvou paralelně probíhajících procesech:**

- ukončení vývoje a výroby spalovacích automobilů a jejich náhrada automobily elektrickými,**
- zřízení infrastruktury pro energetické zásobování automobilů a zajištění energie pro ni.**

**Avšak náhrada uhlovodíkových paliv obnovitelným zdroji energie není cílem, ale jedním z nástrojů při přechodu z mobility minulosti k mobility budoucnosti.**

**Všude tam, kde jsou silné a pravidelné přepravní proudy, má smysl nahradit individuální automobilovou dopravu energeticky efektivnější a k životnému prostředí vlídnější veřejnou hromadnou dopravou, zejména kolejovou.**

**V multimodální mobilitě mají automobily nezastupitelný významnou roli zejména v oblasti slabších a nepravidelných přepravních proudů, tedy všude tam, kde není ekonomicky efektivní zřizovat pravidelnou veřejná hromadnou dopravu. Spalovací motory budou nahrazeny elektrickými automobily s převažujícím podílem levného pomalého nabíjení v průběhu parkování.**

**Aplikace vodíkových technologií v dopravě bude zejména nepřímá, a to v elektrárenství, v oblasti zajištění elektrické energie pro spotřebitele včetně dopravy. Půjde o uplatnění vodíku v oblasti akumulace elektrické energie k vyrovnaní okamžité výkonové bilance mezi výrobou elektrické energie z obnovitelných zdrojů a její spotřebou v distribuční síti.**



**Děkuji Vám za Vaši pozornost!**



**Jiří Pohl**  
**Senior Engineer**  
**Enginnering**  
**Siemens Mobility, s.r.o.**

Siemensova 1  
155 00 Praha  
Česká republika

Mobilit: +420 724 014 931

E-mail:

[jiri.pohl@siemens.com](mailto:jiri.pohl@siemens.com)