

# Dopravní obslužnost měst a regionů

15. dubna 2015, Magistrát hl. města Prahy

## Technologie a financování elektrobusesů v návaznosti na čerpání dotací

Jakub Slavík

**Consulting  
Services**



  
**proelektrotechniky.cz**  
elektrotechnika pro odborníky

Praha 15. 4. 2015

# Nové a rozšířené poznatky

- Aktualizovaná verze studie „E-mobilita v MHD“ – volně ke stažení na [www.proelektrotechniky.cz](http://www.proelektrotechniky.cz)



- Činnost v Pracovní skupině pro e-mobilitu při SDP ČR



# Obsah

1. Současný stav a trendy technologií pro elektrické autobusy
2. Efektivní využití e-busů
3. Elektrobuses jako projekt
4. Zdroje financí pro pořízení e-busů
5. Shrnutí a závěr

# **1. Současný stav a trendy technologií pro elektrické autobusy**

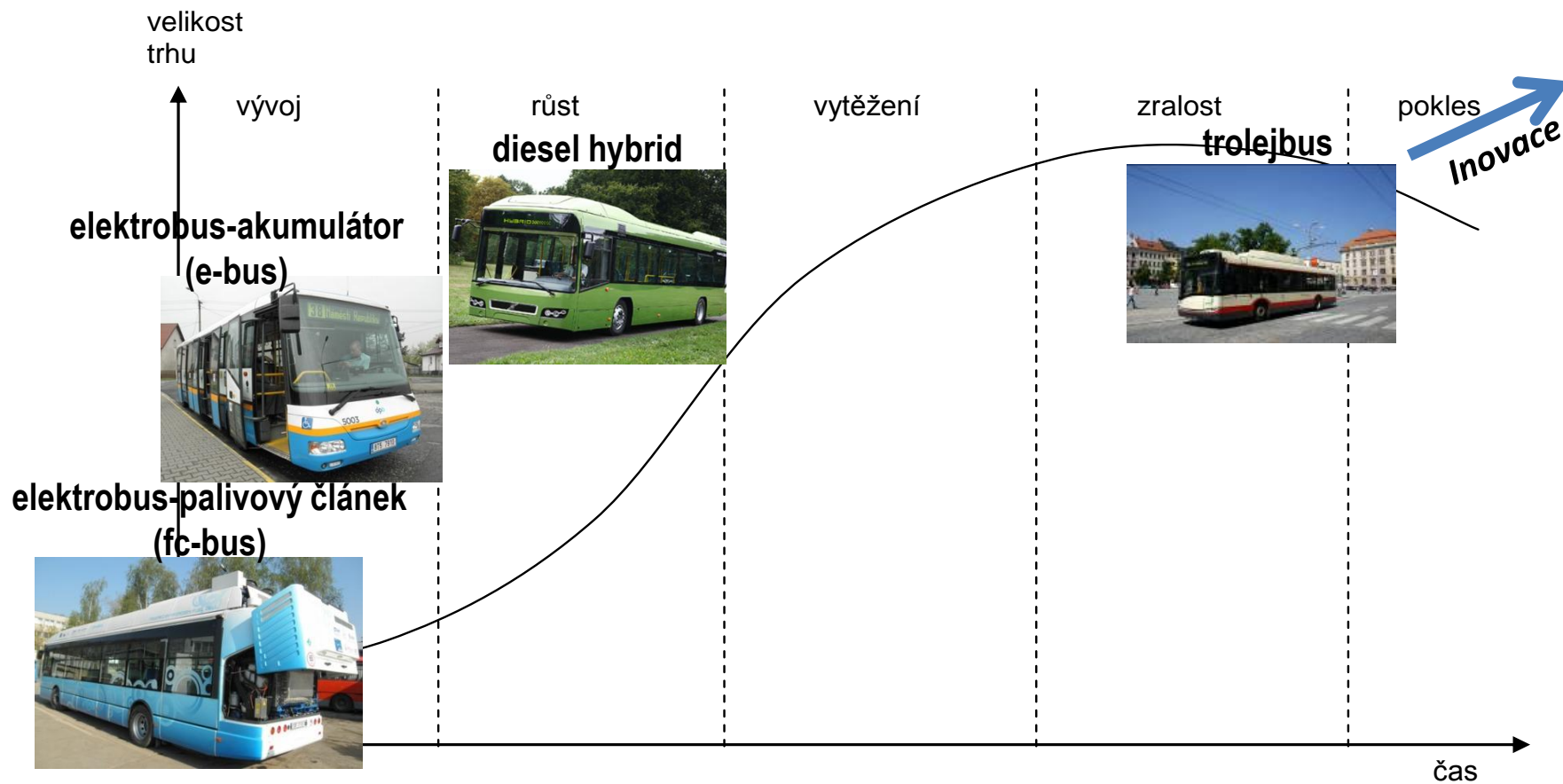
2. Efektivní využití e-busů

3. Elektrobuses jako projekt

4. Zdroje financí pro pořízení e-busů

5. Shrnutí a závěr

# Elektrické autobusy a životní cyklus trhu



# Charakteristické znaky (1)

- **Trolejbusy**
  - Vývojově nejstarší, dlouhá tradice používání
  - Zatížené nákladnou infrastrukturou, nabízejí však velkou kapacitu
  - Vhodné jako páteřní síť („tramvaj na pneumatikách“)
  - Prodlužovače dojezdu snižují závislost, baterie výhodnější než spalovací motor
  - Nový fenomén: **parciální trolejbusy** – 60–90 % proběhu nezávisle z baterií
- **Akumulátorové (bateriové) e-busy**
  - Vhodné jako doplněk ostatní elektrické dopravy i jako samostatná trakce
  - Nedostatečný dojezd lze řešit průběžným dobíjením
  - Rychlý vývoj technologií, parky až desítek vozidel

# Charakteristické znaky (2)

- **Palivočláňkové autobusy**

- Kombinace palivového článku a zásobníků elektrické energie (baterie, superkapacitory)
- Závislost na vodíkové infrastruktuře
- Dojezd srovnatelný se spalovacím motorem, a navíc nulové lokální emise
- V ČR podceňované, jediný projekt TriHyBus
- V zahraničí značná podpora (HyER, USA-NREL), desítky vozidel

- **Diesel-hybridní autobusy**

- Výhody i nevýhody kombinace dieselu a elektropohonu (viz dále)
- Uplatnění zejména ve V. Británii a Skandinávii
- Nový fenomén: **plug-in hybridní** (též **elektrické hybridní**) **autobusy** – kombinace e-busů a diesel-hybridních autobusů, určeno zejména pro plynulé projíždění bezemisních zón; stejná dobíjecí infrastruktura jako e-busy

# Zdroje energie elektrických autobusů (1)

- Akumulátor: zpravidla lithium-iontové trakční baterie
  - Kapacita na celý den provozu: „noční e-busy“
  - Reálný dojezd v provozních podmínkách: cca 140–160 km
  - Proto koncept průběžně dobíjených („oportunitních“) elektrobusů
- Různé technologie dobíjení nabízené průmyslovými výrobci
  - Zásuvka – nejjednodušší, ale nejméně pohodlná a bezpečná
  - Pantograf na vozidle: dvoupólový (Siemens), čtyř- a vícepólový (např. Schunk)
  - Vertikální výsuvná konzole pantografového typu na dobíjecím stojanu (Siemens, ABB – viz foto)
  - Jiné typy výsuvných konzol: vertikální (např. ABB), horizontální (Stäubli)
  - Indukční dobíjení (IPT Charge, Bombardier PRIMOVE)



Foto © Volvo

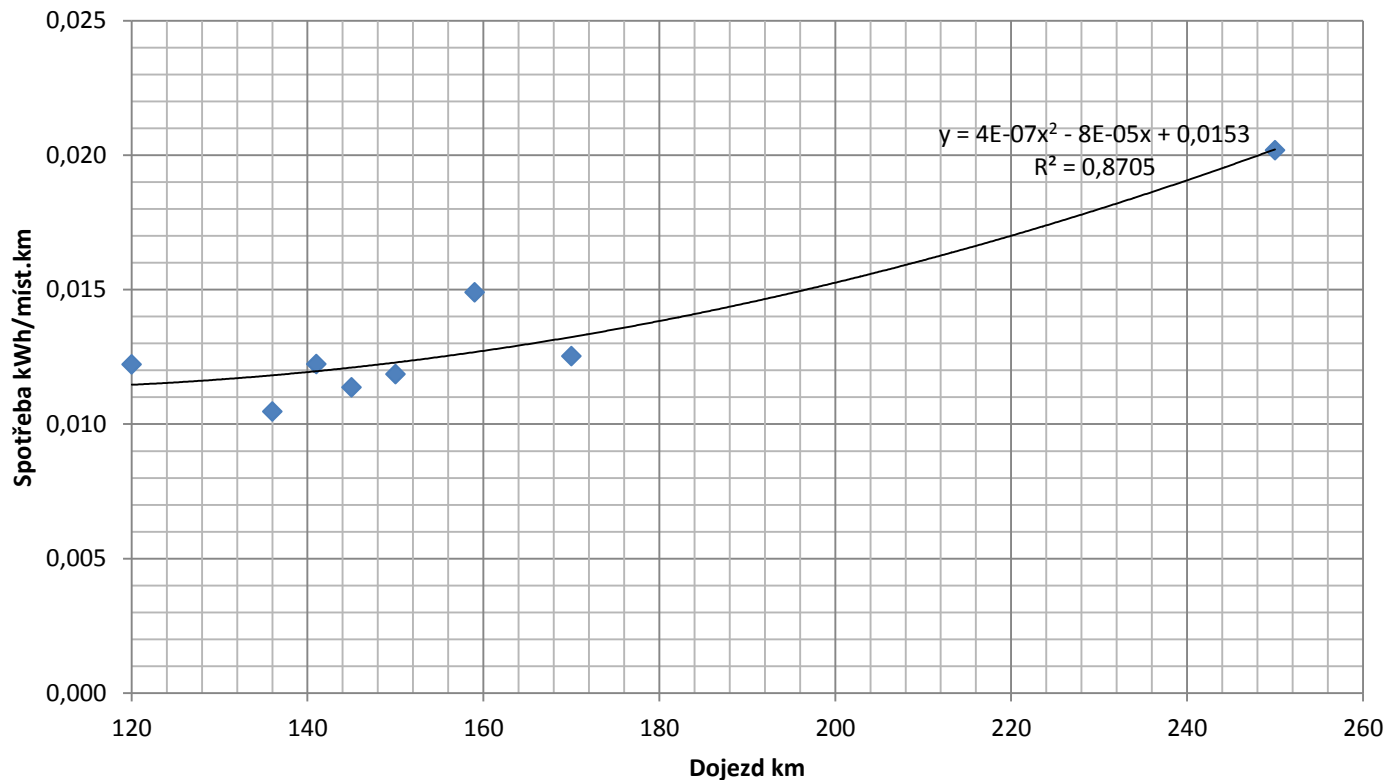


# Zdroje energie elektrických autobusů (2)

- Systémové rozhraní u průběžně dobíjených e-busů:
  - buď mezi vozidlem včetně elektrické výzbroje a dobíjecí infrastrukturou
  - nebo mezi mechanickou částí vozidla jako jedním celkem a jeho elektrickou výzbrojí a dobíjecí infrastrukturou jako druhým celkem
- Odpověď dá provozní definice projektu a studie proveditelnosti
- Užitečné podporovat otevřenou architekturu systémů nabíjení (tj. odvolávající se na obecné standardy nebo na systémové/produktové specifikace zveřejněné výrobcí) – předcházení riziku závislosti na jednom dodavateli a právním problémům

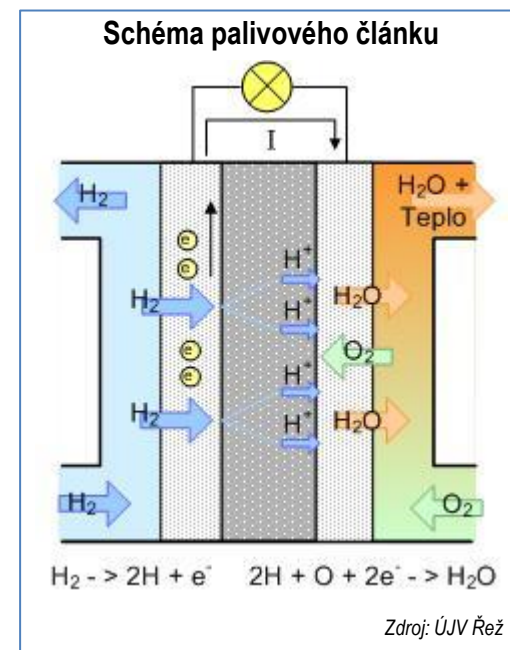
# Zdroje energie elektrických autobusů (3)

Dojezd e-busu vs. jednotková spotřeba energie na místokilometr



# Zdroje energie elektrických autobusů (4)

- Palivový článek (fuel cell – FC):
  - Převládá PEM technologie
  - Dojezd fc-busu srovnatelný se spalovacím motorem
  - Zdrojem vodíku elektrolýza z obnovitelných zdrojů nebo odpadní produkt z chemické výroby (uhlíkově náročná, ale nesouvisí s provozem FC-busů)
- Hybridní diesel:
  - Paralelní: diesel nebo elektromotor
  - Sériový: elektromotor, diesel dobíjí baterii
  - Plug-in hybrid: bateriový elektrobuses doplněný dieslovým pohonem
- Další dočasné zdroje elektrické energie: superkapacitor (sám nebo v kombinaci s bateriemi)



1. Současný stav a trendy technologií pro elektrické autobusy
- 2. Efektivní využití e-busů**
3. Elektrobuses jako projekt
4. Zdroje financí pro pořízení e-busů
5. Shrnutí a závěr

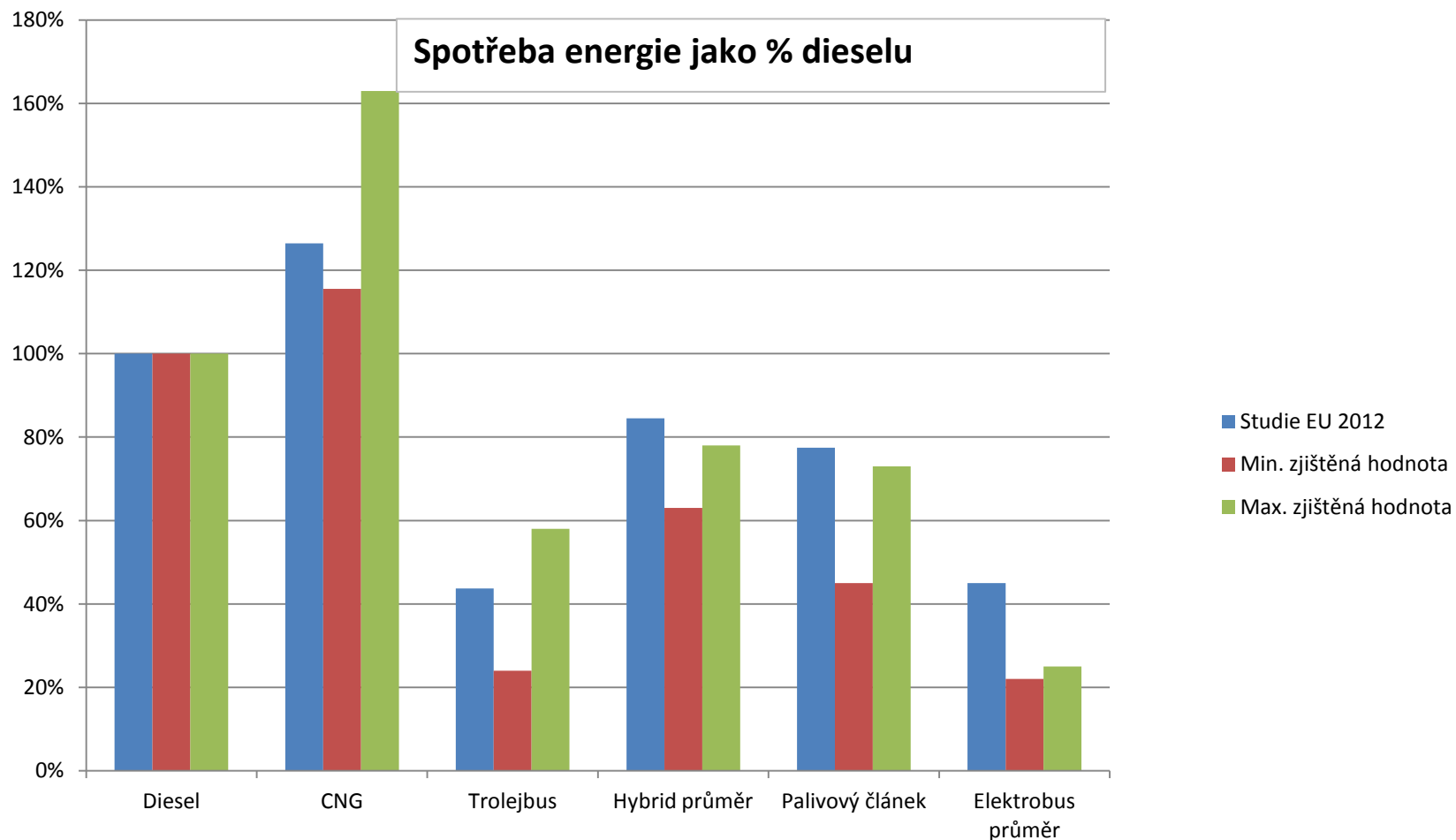
# Praktické uplatnění e-busů (1)

- Převažující způsoby uplatnění
  - Krátké okružní linky v historických centrech (např. Vídeň, Turín, francouzská města)
  - Kyvadlová přeprava mezi nádražím/P+R a centrem (francouzská města)
  - Standardní městské linky (např. Hamburk, Ostrava, Londýn, Braunschweig)
  - Přírodní parky (Alpy, Jeseníky)
- Zahraničí
  - Větší rozvoj cca od roku 2005 (různé typy akumulátorů), hlavní rozmach s nástupem Li-ion baterií
  - Celodenní provoz e-busů/plug-in hybridních autobusů s různými druhy bezobslužného průběžného dobíjení (např. Vídeň: pantograf na střeše; Ženeva: střešní konzole; Hamburk, Stockholm, Göteborg: pantograf ve stojanu; Turín, Braunschweig: indukční dobíjení)
  - Úspěšný marketing BYD (noční e-bus), ale velmi specifický produkt
  - Palivočlánkové autobusy tam, kde je zdroj vodíku

# Praktické uplatnění e-busů (2)

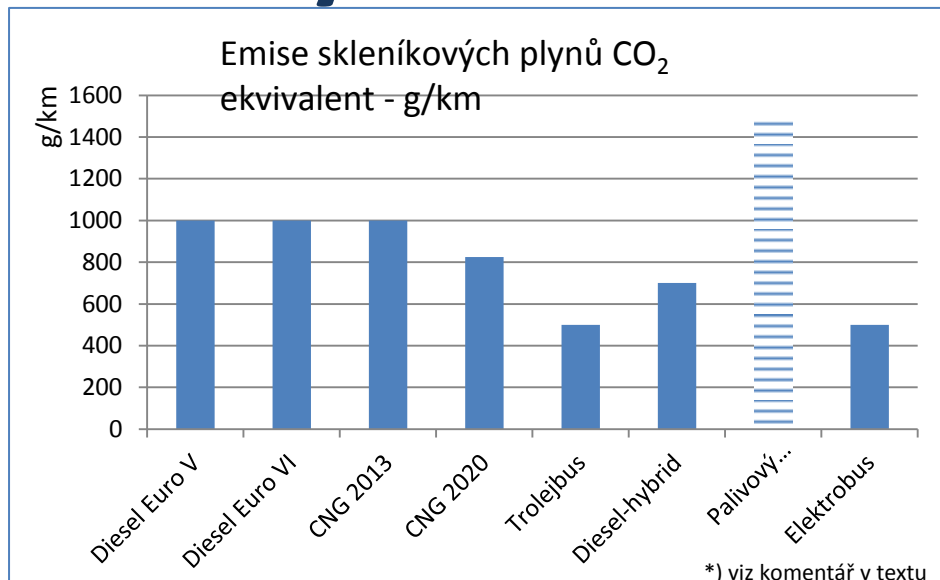
- Provoz v ČR
  - Průkopníkem Ostrava (od roku 2010 provozuje 4 e-busy SOR EBN 10,5 s kapacitou standardního autobusu); omezený dojezd – e-busy v dělených směnách se zásuvkovým dobíjením přes poledne
  - Zkušební provoz e-busu SOR na linkách v Hradci Králové
  - Rutinní provoz e-busu SOR v Jeseníkách (problém městského e-busu na horské lince)
- Další zkušební provoz e-busů (SOR, Siemens, Škoda, Stratos, EVC, AMZ, BYD) – praktický důkaz zájmu
- Pracovní komise pro e-mobilitu při SDP ČR podporuje rozvoj e-busů a jejich dobrovolné standardizace v ČR
- Účast některých českých dopravců v projektech EU/UITP: Trolley, CIVITAS/2MOVE2, ZeEUS

# E-busy vs. autobusy ve městech (1)

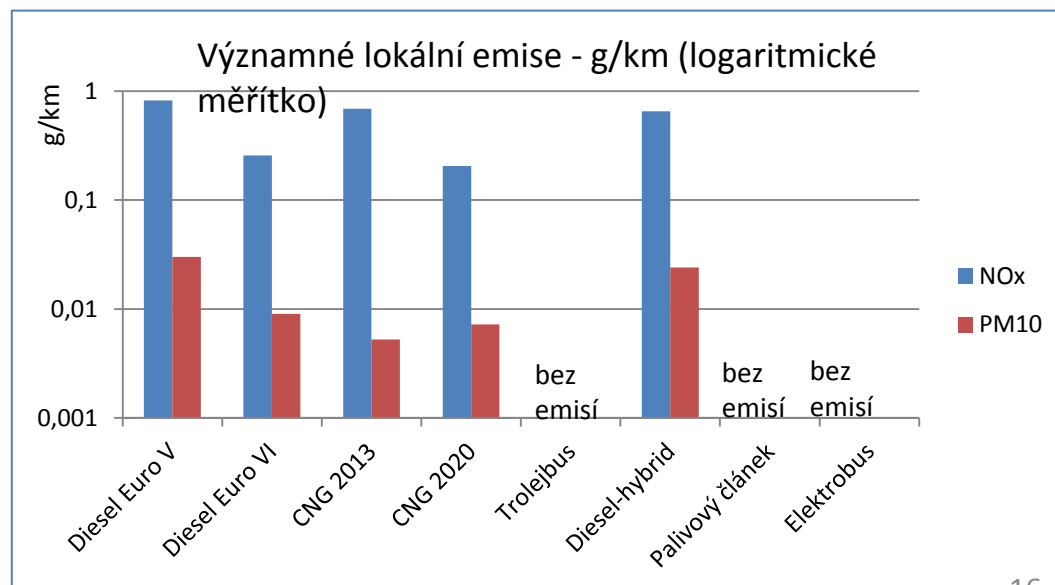


Zdroj: FCH JU, ostatní, vlastní výpočty

# E-busy vs. autobusy ve městech (2)



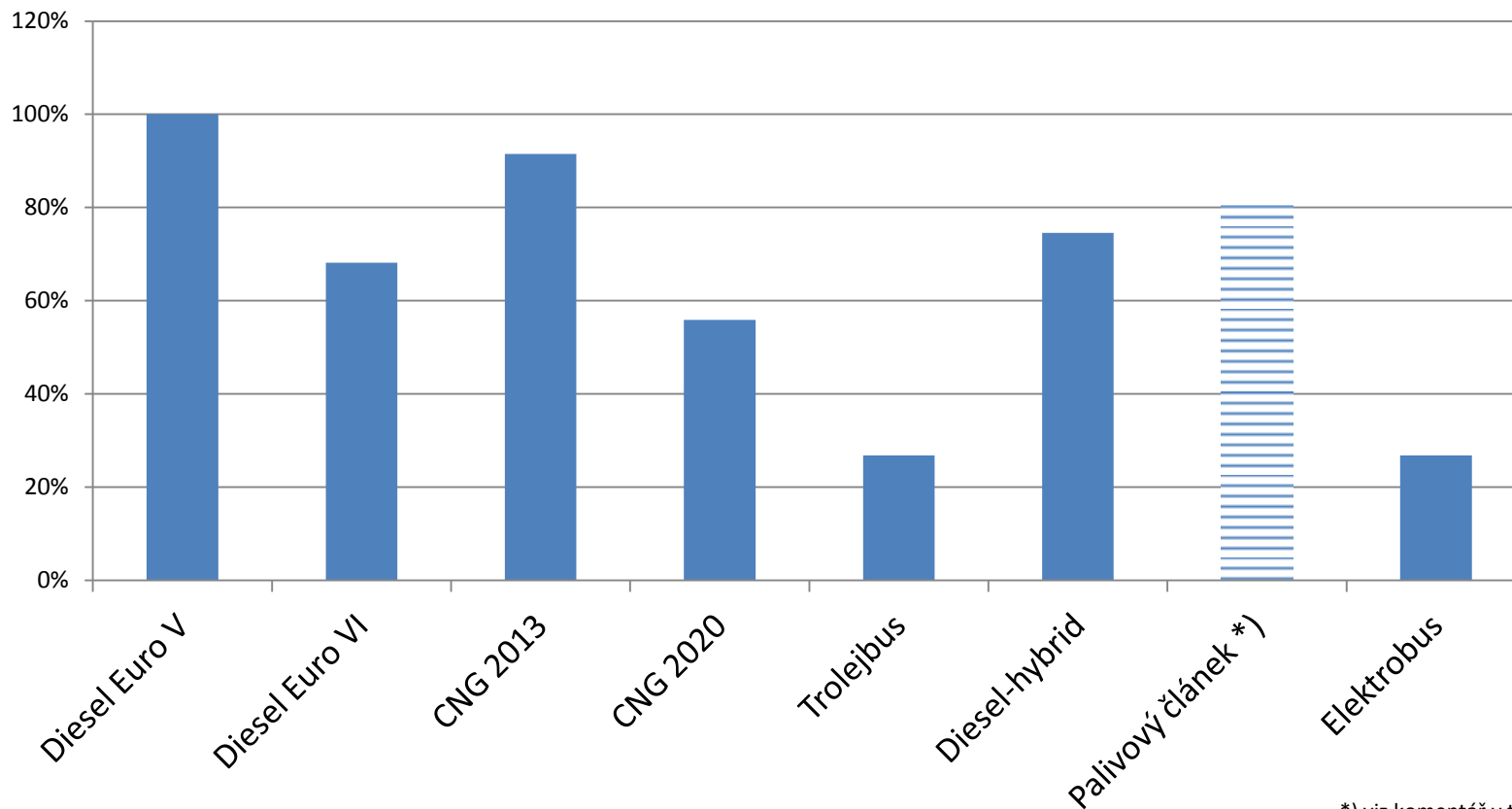
Zdroj: CIVITAS 2013





# E-busy vs. autobusy ve městech (3)

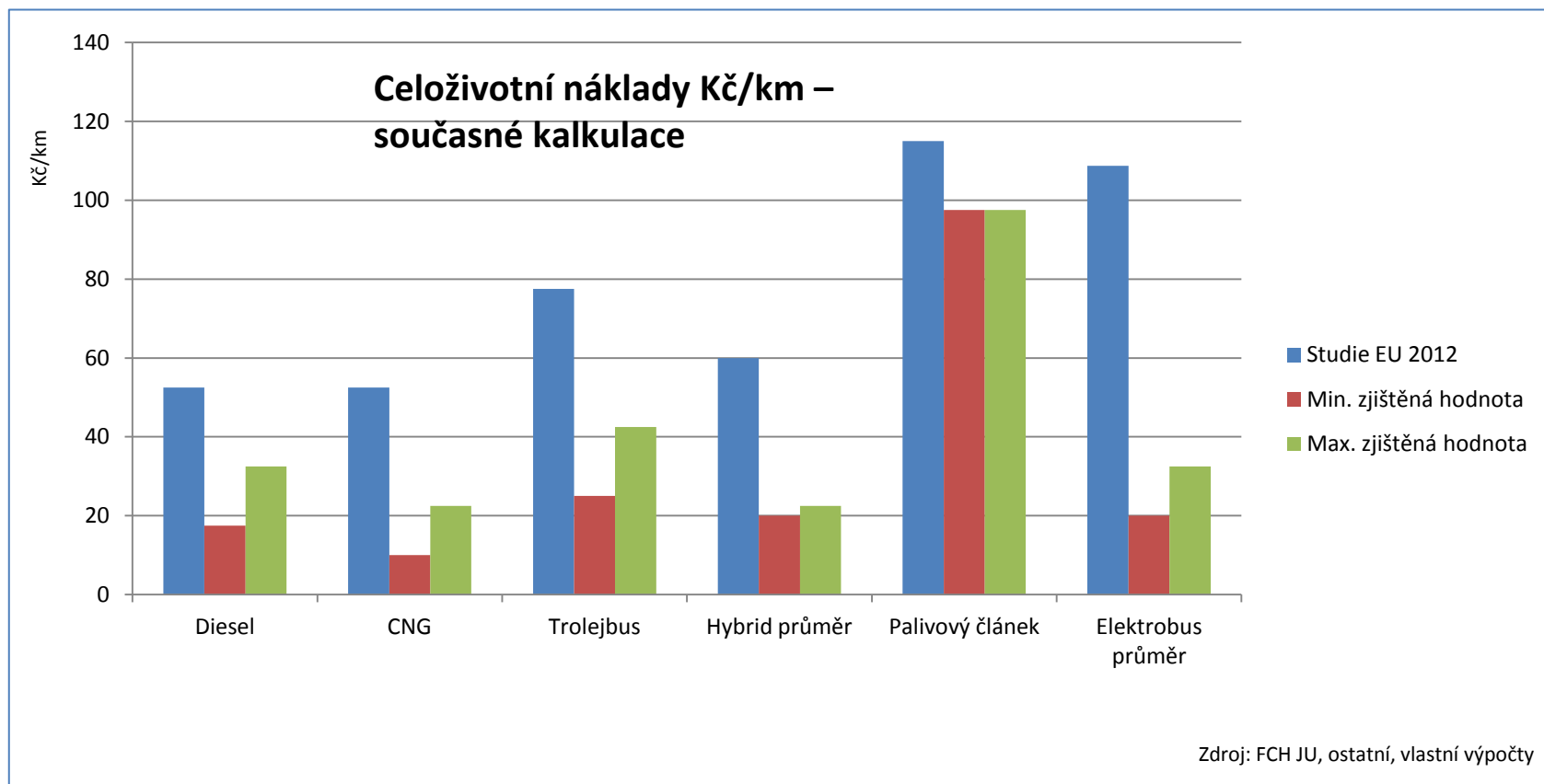
Národohospodářské škody z emisí Kč/km jako % dieselu Euro V



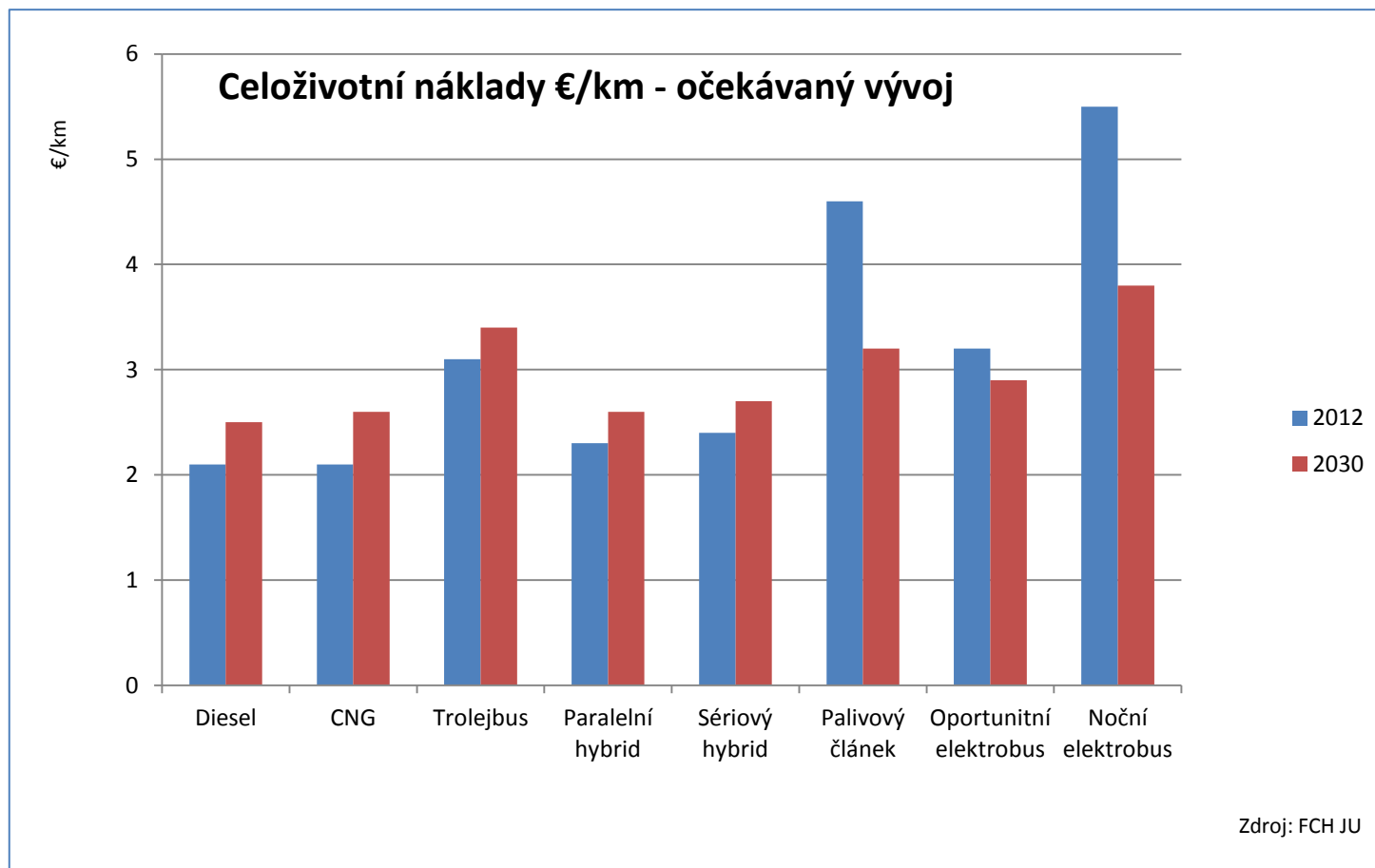
\*) viz komentář v textu

Zdroj: CIVITAS 2013 a vlastní výpočty

# E-busy vs. autobusy ve městech (4)

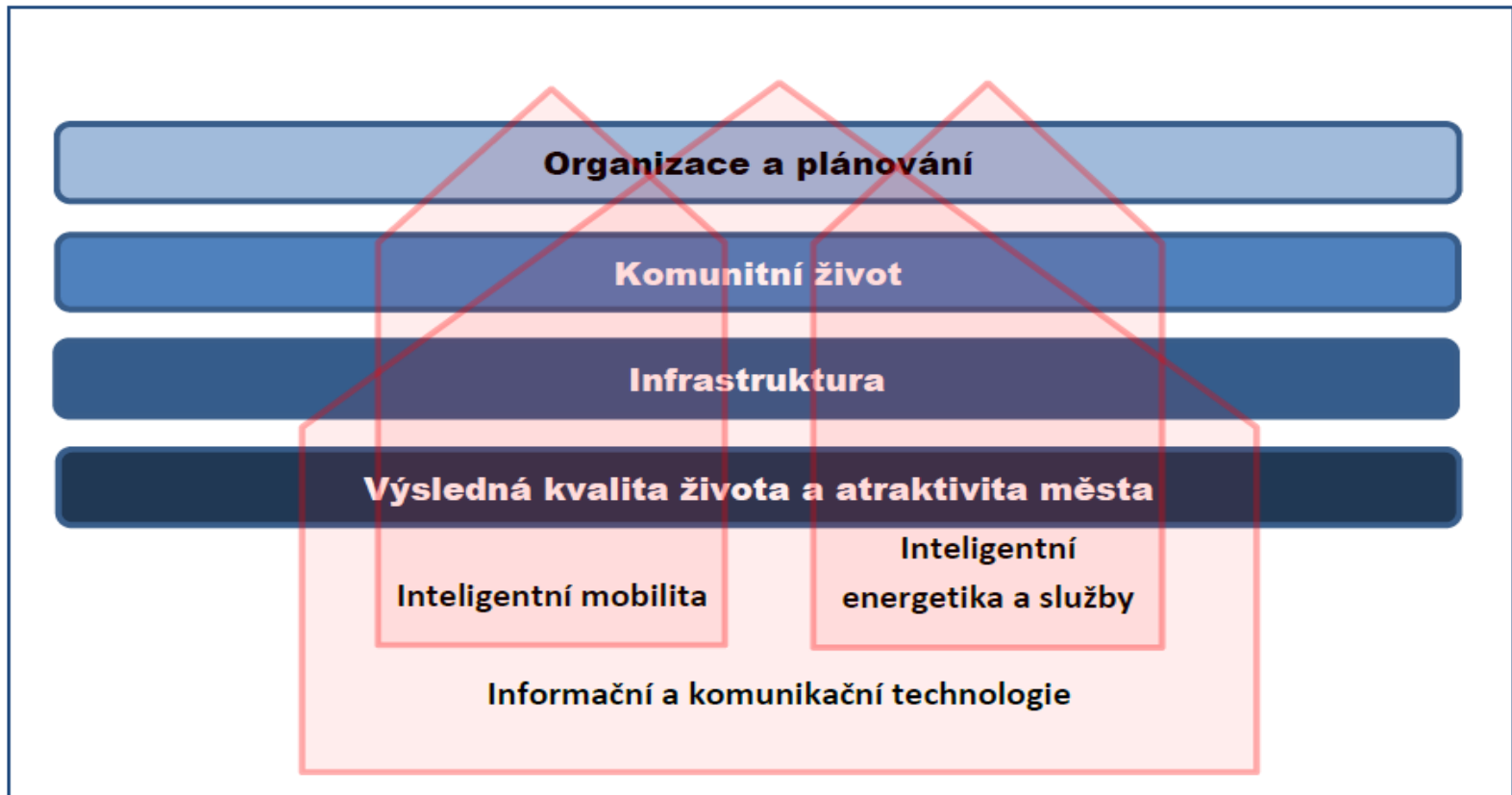


# E-busy vs. autobusy ve městech (5)



# Elektrobusy a smart city (1)

- Smart city: využití moderních technologií pro ovlivňování kvality života ve městě skrze synergické efekty mezi různými odvětvími (doprava, logistika, bezpečnost, energetika, správa budov, atd.)



# Elektrobusy a smart city (2)

- Ekologické přínosy elektrického pohonu
- Atraktivní hromadná doprava – protiváha regulaci individuální dopravy
- Synergie mezi závislou a nezávislou elektrickou trakcí – ekologické a obchodní aspekty
- Příklad Smart City Vídeň: e-busy součástí projektu „e-mobility on demand“, zkoumajícího praktické využití moderních technologií v městské mobilitě

1. Současný stav a trendy technologií pro elektrické autobusy
2. Efektivní využití e-busů
- 3. Elektrobuses jako projekt**
4. Zdroje financí pro pořízení e-busů
5. Shrnutí a závěr

# Projekt = nutnost, ne rozmařilost

- Nutno pečlivě vybrat vhodné řešení pro dané konkrétní využití – nejméně šťastný přístup: pořídme si elektrobus, ať jsme světoví
- Rozhodování technologická i ekonomická, právní aspekty
- Dotace: posun od samotných „čistých“ pohonů k udržitelné městské mobilitě – důraz na strategický kontext
- Multidisciplinární projektový tým: technologická, provozní a ekonomická odbornost; vhodné propojit vlastní a externí odborníky

# Fáze projektu (1)

## a) Definování projektu a jeho cílů

- vymezení společenské potřeby – národohospodářského, ekologického aj. problému (např. nedostatečná dopravní obsluha, přetížené dopravní komunikace, problém s ekologickými dopady dopravy aj.)
- vymezení cílů, které reagují na tuto potřebu (například zkvalitnění dopravní obsluhy, snížení ekologických dopadů dopravy)
- definování základního technického řešení, které uspokojí tyto cíle, ve variantách přicházejících v úvahu (např. nová tramvajová trať, elektrobus či trolejbus)

## b) Technické, finanční a ekonomické zhodnocení projektu a výběr nejlepší varianty

- vypracování studie proveditelnosti a cost-benefit analýzy
- rozhodnutí o optimální variantě realizování projektu



# Fáze projektu (2)

## c) Příprava realizace projektu

- zpracování a vyřízení příslušné žádosti o financování a spolufinancování
- příprava realizační fáze projektu podle zvoleného obchodního modelu – příslušná výběrová řízení a uzavření smluv

## d) Dodání a zprovoznění vozidel a infrastruktury

## e) Pilotní provoz a jeho vyhodnocení

## f) Přejít na rutinní provoz a jeho průběžné vyhodnocování

# Studie proveditelnosti a CBA

- **Studie proveditelnosti** postupně vymezují projekt z hlediska jeho cílů a technického řešení a zhodnotí jeho realizovatelnost po technické a finanční stránce
- **Cost-benefit analýza (CBA)** následně do hloubky hodnotí finanční a společenské efekty preferovaných variant řešení z pohledu možného spolufinancování z veřejných zdrojů
- Hlavním cílem CBA je tedy
  - zjistit a v penězích vyjádřit veškeré možné dopady projektu,
  - na tomto základě vyvodit závěry, zda je projekt žádoucí a zda má význam jej provádět a financovat z veřejných zdrojů
- CBA může a nemusí být součástí studie proveditelnosti

# Realizace projektu

- **Prostý nákup vozidel a pořízení dobíjecí infrastruktury a jejich systémová integrace a provozování vlastními silami dopravce**
  - administrativně nejjednodušší
  - riziko problémů v oblasti systémové integrace mezi vozidlem a dobíjecí infrastrukturou, která je tím plně přenesena na dopravce
- **Řešení vozidel a dobíjecí infrastruktury jako dodávka na klíč a její zprovoznění podle pravidel řízení bezporuchovosti, pohotovosti, udržitelnosti a bezpečnosti (RAMS)**
  - u drážních systémů upravuje řízení RAMS norma ČSN EN 50126, kterou lze přiměřeně využít i pro tento případ
  - výhodou tohoto řešení je především přenesení systémové integrace vozidlo-infrastruktura na jednoho finálního dodavatele celého systému

1. Současný stav a trendy technologií pro elektrické autobusy
2. Efektivní využití e-busů
3. Elektrobuses jako projekt
4. Zdroje financí pro pořízení e-busů
5. Shrnutí a závěr

# Spolufinancování investic

- IROP, Specifický cíl 1.2: Zvýšení podílu udržitelných forem dopravy
  - prostředky na nízkoemisní vozidla
  - vazba na SUMP
  - podrobnosti viz přednáška MMR ČR
- OPD, Specifický cíl 1.4: Vytvoření podmínek pro zvýšení využívání veřejné hromadné dopravy ve městech v elektrické trakci
  - prostředky na drážní infrastrukturu, včetně tramvajové a trolejbusové
  - podrobnosti viz přednáška MD ČR

# Další veřejné zdroje (1)

- Horizon 2020
  - Priority a podporované aktivity vždy na dvouleté období, nyní běží 2014-2015
  - Společenské výzvy „Zajištěná, čistá a účinná energie“ a „Inteligentní, ekologická a integrovaná doprava“ podporují e-mobilitu v MHD
  - Města jako „živé laboratoře“, e-mobilita v kontextu ostatních „tvrdých“ a „měkkých“ opatření
  - Důraz na mezinárodní spolupráci – kvalitní tým napříč EU
  - Pro města a městské dopravce spolufinancování 100 % způsobilých výdajů, mj. náklady na vybavení, infrastrukturu a další aktiva
  - Nyní běží výzva „Smart Cities and Communities solutions integrating energy, transport, ICT sectors through lighthouse (large scale demonstration - first of the kind) projects“; mj. financování cenového rozdílu mezi emisním a bezemisním vozidlem
- TAČR Epsilon – jeden z cílů zvýšení využití elektrické energie pro pohony vozidel
  - První výzvy 2014
  - Pro podniky spolufinancování 25-60 % výdajů na vývoj

# Další veřejné zdroje (2)

- ELENA
  - Program EIB
  - Granty na technickou podporu – až 90 % nákladů na technickou přípravu
  - Investice nad 30 mil €; možno sdružovat projekty
  - Příklad: projekt „The Zero Emission Buses in Netherlands“; investice 587 mil. €, podpora z ELENA 2,45 mil. €
- Další zdroje: DANUBE, Central Europe – spíše podpora individuální e-mobility

# Alternativní zdroje financování

- Energy performance contracting – EPC
  - Financování investice z dosažených úspor energie – vztah: výrobce-banka-uživatel
  - Osvědčené u energetického hospodářství budov a staveb
  - U dopravních systémů se teprve zavádí
- Různí formy zapůjčení, leasingu
- Veřejně-soukromé partnerství (PPP)
  - Soukromý partner investuje, dodá a provozuje/udrží po stanovenou dobu
  - Platby od veřejného zadavatele postupně umořují investici
  - Rozmanité finanční a organizační formy s různou mírou vhodnosti
  - V zahraničí osvědčené, v ČR se teprve zavádí



1. Současný stav a trendy technologií pro elektrické autobusy
2. Efektivní využití e-busů
3. Elektrobuses jako projekt
4. Zdroje financí pro pořízení e-busů
5. Shrnutí a závěr

# Závěry

- Elektrobuses – perspektivní druh ekologické MHD
  - Perspektivy praktického uplatnění jako doplněk další elektrické MHD nebo samostatně
  - Parciální trolejbusy jako samostatný fenomén; legislativní problém
  - Domácí a zahraniční zkušenosti, zájem u českých dopravců
- Rychlý vývoj technologií; třeba vyvíjet tlak na otevřenou architekturu nabíjecích systémů (obecné standardy nebo zveřejněné specifikace soukromých dodavatelů)
- Zavádění e-busů: projekt v kontextu strategie městské mobility
  - Důkladná příprava chrání před neúspěchem
  - Nutnost pro získání dotace
- Různé způsoby financování
  - Pro investice a pro přípravu projektů
  - Standardní vs. alternativní
  - Třeba průběžně sledovat
- Neexistuje univerzální recept, ale lze nalézt optimální řešení pro dané podmínky

**Děkuji za pozornost! 😊**

# Další informace

**Otázky a komentáře k tématu, spolu s analýzami, studii a průzkumy v MHD a kolejové dopravě:**

Ing. Jakub Slavík, MBA – Consulting Services  
K podjezdu 596/18, 251 01 Říčany u Prahy

Tel. +420 323 631 119

E-mail: [slavik.jakub@volny.cz](mailto:slavik.jakub@volny.cz);  
[info@proelektrotechniky.cz](mailto:info@proelektrotechniky.cz)

**Aktuální situace a vývoj elektromobility a automatizace v dopravě:**

[www.proelektrotechniky.cz](http://www.proelektrotechniky.cz)