

Integracija EV – izazovi i prilike –

dr.sc. Damir Jakus



Sadržaj prezentacije:

Uvod + projekt mEPS

Problemi u integraciji EV u elektroenergetske mreže

Rješenja i prilike za bržu integraciju EV

Zaključak



Uvod

Prednosti EV

- Niži operativni troškovi (troškovi vožnje + troškovi održavanja)
- Veći ugođaj vožnje
- Energetska samodostatnost -> smanjenje ovisnosti o uvozu fosilnih goriva primarno naftnih derivata
- Smanjenje emisija stakleničkih plinova
- Općenito niži utjecaj na okoliš (buka , vibracije ,...)
- Porast konzuma električne energije zbog električnih vozila doprinosi razvoju sektora OIE
- Moderni „pametni“ jednosmjerni/dvosmjerni pretvarači omogućavaju fleksibilno punjenje

Nedostaci EV

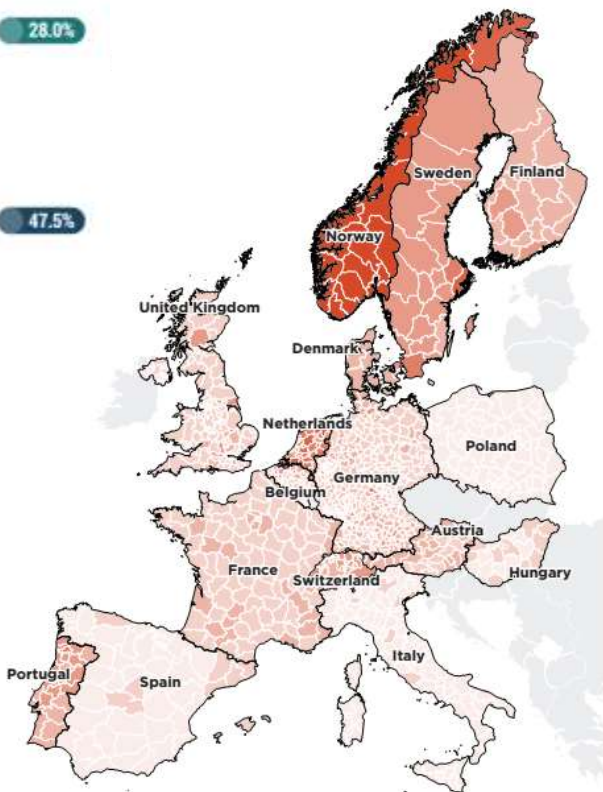
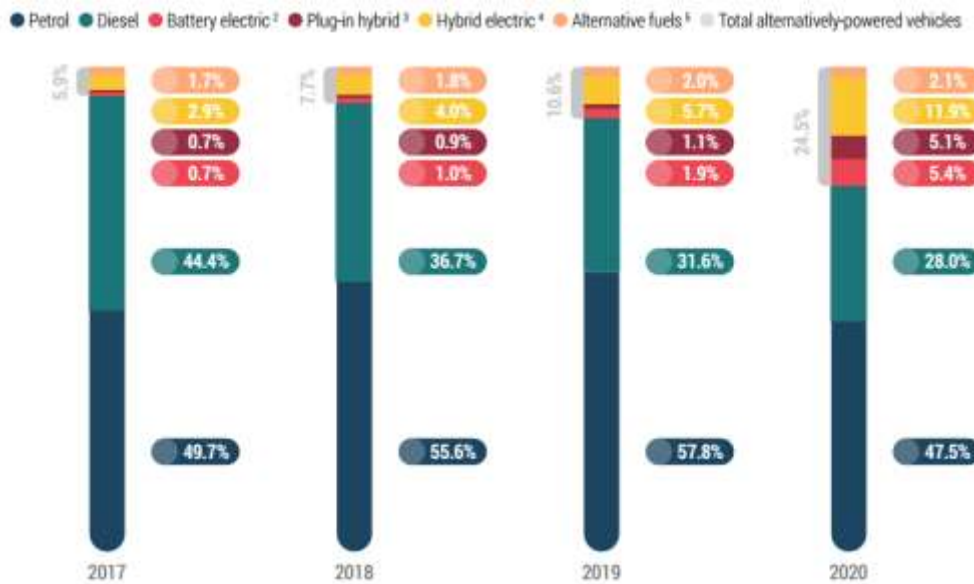
- Još uvijek znatno veći investicijski troškovi u odnosu na klasična vozila s motorom na unutrašnje sagorijevanje
- Ograničen domet vozila s obzirom na trenutne tipske snage baterija
- Nedovoljno razvijena mreža punionica električnih vozila
- Ovisno o tipu i načinu punjenja vrijeme punjenja baterije može biti dugo
- Potencijalno značajan utjecaj na elektroenergetsku mrežu





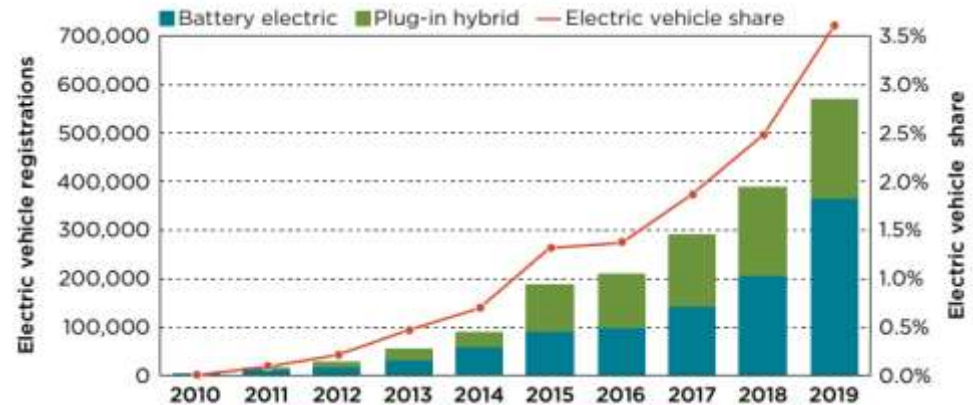
Uvod

New cars market share by fuel type

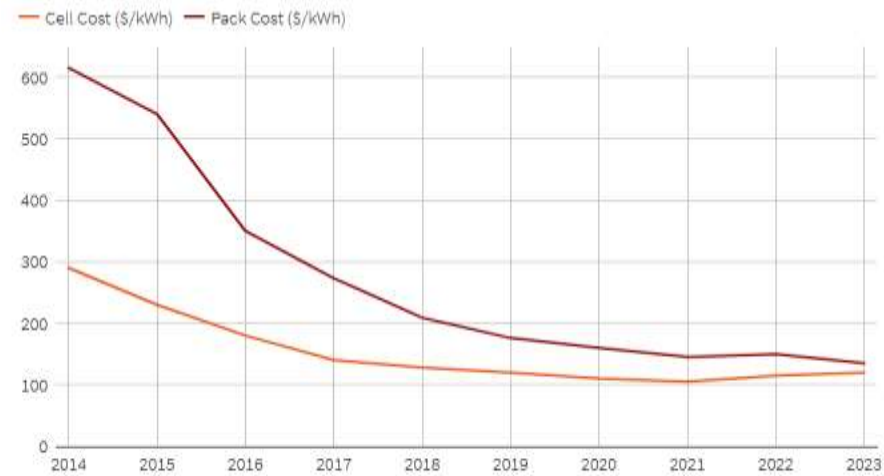


Source: ICCT

EV new registration and share



Price of lithium-ion battery cells

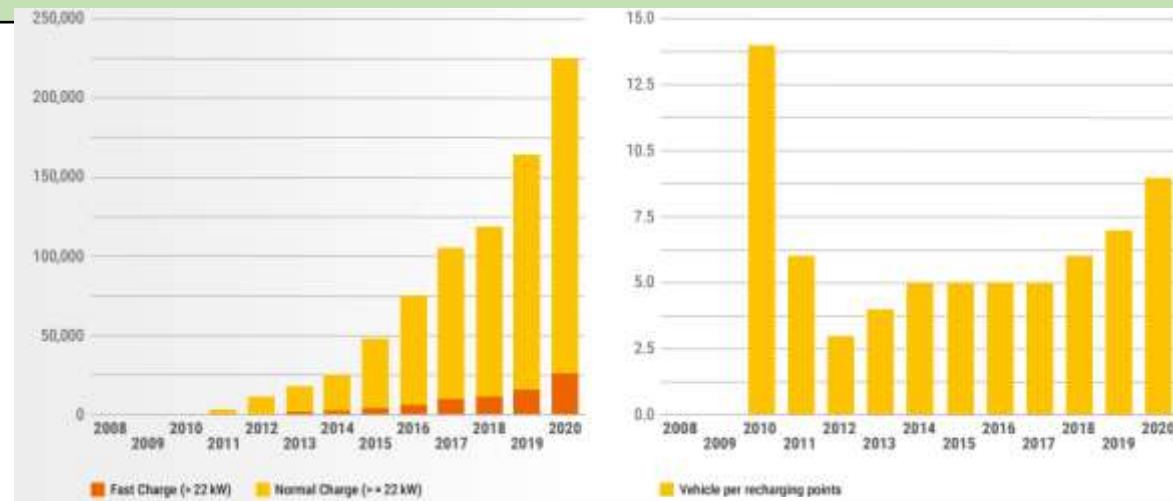


The price per kilowatt-hour of lithium-ion battery cells with nickel-manganese-cobalt (NMC) cathodes. Prices for 2022-2023 are estimates.
Sources: Benchmark Mineral Intelligence, AlixPartners



Uvod

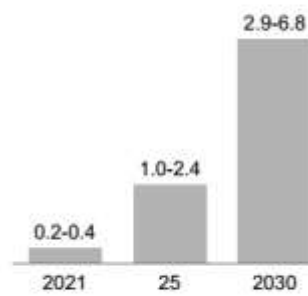
- udvostručenje broja punjača kroz ~4 godine
- većina su spori punjači ~90%, dok je udio brzih punjača znatno manji ~10%
- Direktiva AFI preporuča barem jedan punjač na 10 automobila, ali navedeni odnos ovisi o području i implementiranoj strategiji punjenja.



- prijedlog EU 2035. zabrana prodaje novih automobila s unutrašnjim izgaranjem => do 2050.g. nulta emisija u prometnom sektoru.
- U 2020.g. na razini EU oko 285.800 stanica za punjenje EV
- za 2025.g. postavljen cilj od 1.000.000 stanica za punjenje 13mil EV
- za 2030.g. postavljen cilj od 3.000.000 stanica za punjenje 30mil EV

EV charging infrastructure

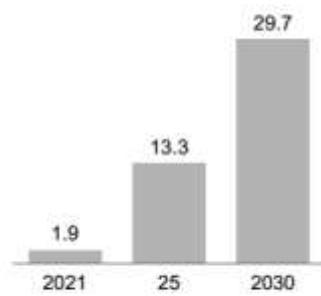
Million public charging points



€30-70 bn Investments until 2030

Grid implications

Grid upgrade investments, € billions

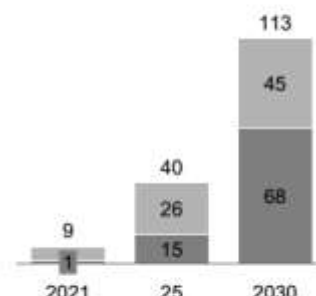


€30 bn Investments until 2030

Energy implications¹

EV charging energy demand, TWh

Public Nonpublic



€49 bn Investments until 2030

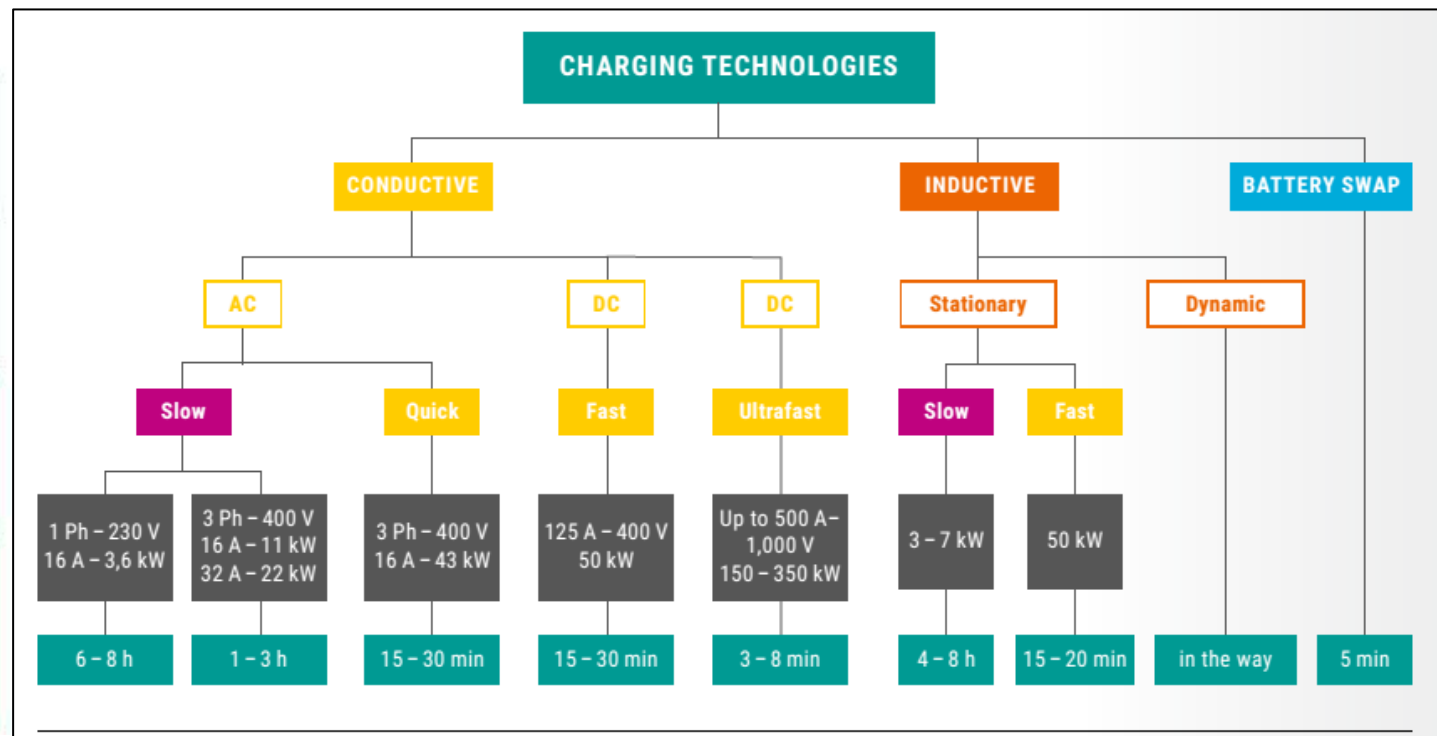
¹ National governments with combustion-engine passenger car phase-out targets until 2040



Načini punjenja električnih vozila



Charging mode	Benefits	Drawbacks
Plug-in charging	Slow charging (AC): <ul style="list-style-type: none"> High efficiency in charging, Ease of installation, Low installation costs, Allows vehicle-to-everything solutions. 	Slow charging (AC): <ul style="list-style-type: none"> Up to 8 hours charging, The electric grid may need to be adapted.
	Fast charging (DC): <ul style="list-style-type: none"> High efficiency in charging, Up to 20 minutes charging, Allows vehicle-to-everything solutions. 	Fast charging (DC): <ul style="list-style-type: none"> Expensive, Business models may not be profitable, Adequation of the electric grid.
Inductive charging	<ul style="list-style-type: none"> Ease of use. Low maintenance costs as users are unable to deteriorate the infrastructure. 	<ul style="list-style-type: none"> Very expensive. Existing standards limit the technology. For vehicle-to-everything solutions, additional hardware is needed. Adequation of the electric grid.
Battery swapping	<ul style="list-style-type: none"> Ease of use. The whole process operation takes between 2 to 5 minutes. 	<ul style="list-style-type: none"> Cost-intensive as it requires to have many batteries. Management of batteries can be harsh, as state of charging needs to be carefully supervised. It does not allow for vehicle-to-everything solutions by itself.



Problemi

- Integracija električnih vozila predstavlja na samo izazov za elektroenergetski sustav već je i izazov za prostorno planiranje
- porast ukupnog broja registriranih vozila (u nekim zemljama/regijama bilježi se pad)
- sve manje prostora za parking
- otprilike 30 posto svih automobila na cesti cirkulira tražeći parking.

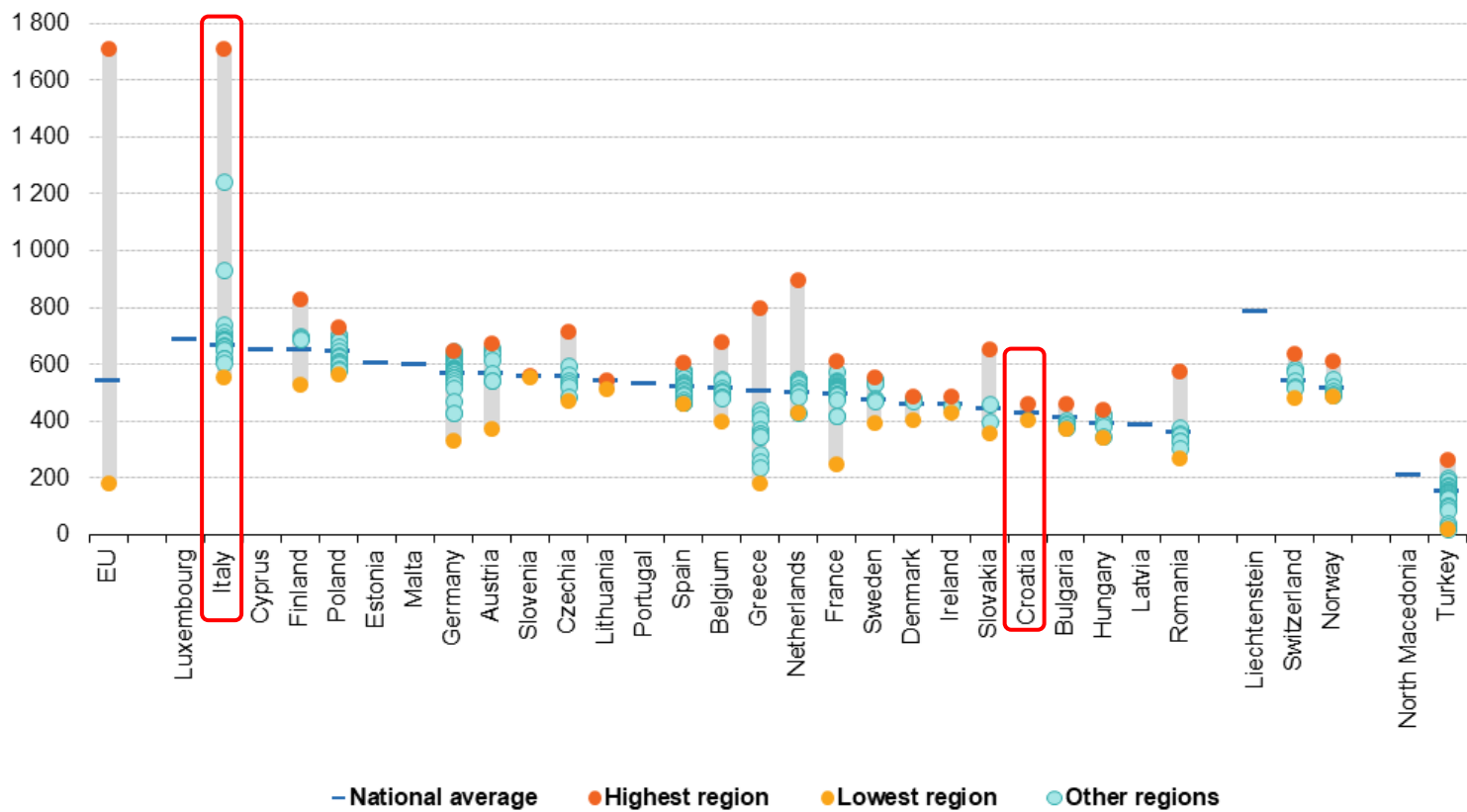


Number of vehicles per 1000 inhabitants



Motorisation rate, 2019

(number of passenger cars per 1 000 inhabitants, by NUTS 2 regions)

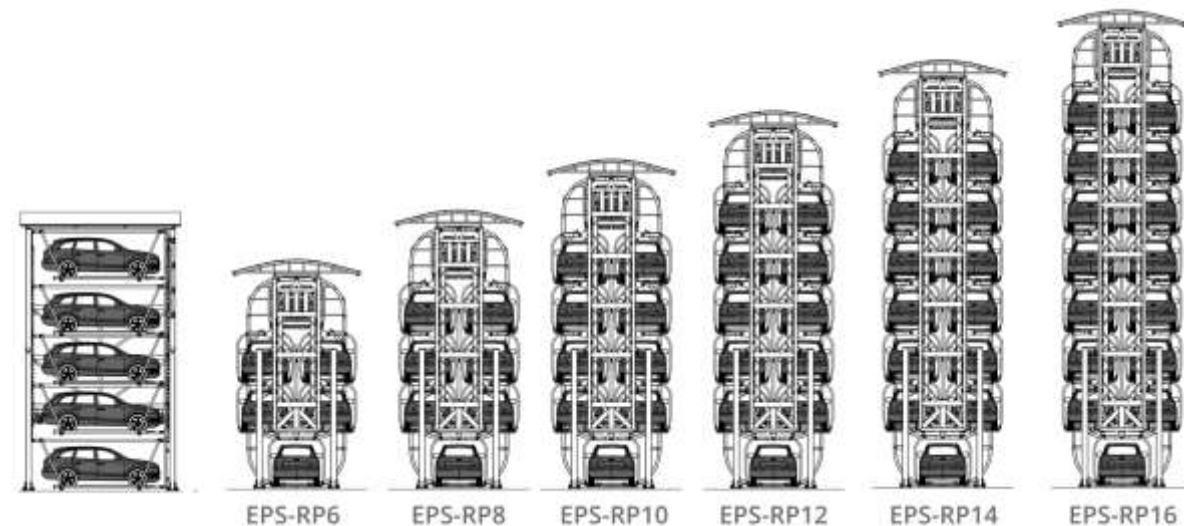


Source: *European Automobile Manufacturers' Association*



Projekt mEPS

Model	EPS-RP06	EPS-RP08	EPS-RP10	EPS-RP12	EPS-RP14	EPS-RP16
Kapacitet parkiranja	6 vozila	8 vozila	10 vozila	12 vozila	14 vozila	16 vozila
Dimenzije	Dužina	6450 mm	6450 mm	6450 mm	6450 mm	na upit*
	Širina	5420 mm	5420 mm	5420 mm	5420 mm	na upit*
	Visina	9315 mm	11450 mm	13585 mm	15720 mm	na upit*
Maksimalne dimenzije parkiranih vozila	Dužina	5300 mm	5300 mm	5300 mm	5300 mm	-
	Širina	2250 mm	2250 mm	2250 mm	2250 mm	-
	Visina	1950 mm	1950 mm	1950 mm	1950 mm	-
	Težina	2500 kg	2500 kg	2500 kg	2500 kg	-
Motor	7,5 kW	9,2 kW	9,2 kW	11 kW	na upit*	na upit*
Kontrola motora	Inverter	Inverter	Inverter	Inverter	Inverter	Inverter
Brzina	5-5,5 m/min	5-5,5 m/min	5-5,5 m/min	5-5,5 m/min	5-5,5 m/min	5-5,5 m/min
Buka	65 dB - 75 dB	65 dB - 75 dB	65 dB - 75 dB	65 dB - 75 dB	65 dB - 75 dB	65 dB - 75 dB





Projekt mEPS – fleksibilnost EV/punionica

V1G (Unidirectional Smart Charging)

-jednosmjerno punjenje u svom najjednostavnijem obliku. **Usmjereno interesu vlasniku vozila** koje omogućuje da eventualno dinamički mijenjaju stope punjenja EV te određuje vrijeme budući da povezuje EV sa stanicom koristeći podatkovnu vezu.

V2B/V2H (Vehicle-to-Building, Vehicle-to-Home)

-slični koncepti koji omogućavaju bolje balansiranje proizvodnje/potrošnje na razini objekta. Pohrana viškova energije iz OIE te isporuka energije u objekt iz EV u slučaju manjka. Strategije punjenja uvažavaju **interese vlasnika EV i objekta** ali indirektno i interese EES.

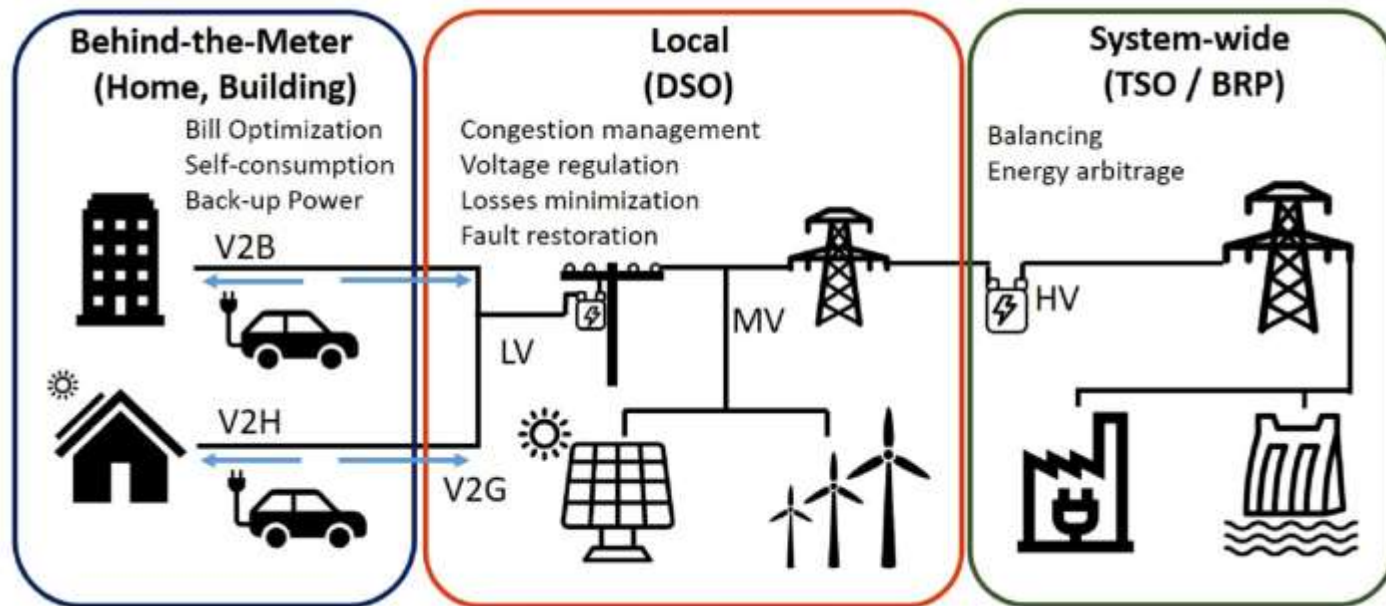
V2G (Vehicle-to-Grid, Bi-Directional Smart Charging)

- U kombinaciji s ispunjenjem prethodnih ciljeva strategija punjenja **uvažava i ograničenja i potrebe operatora EES** (upravljanje zagušenjima u mreži, regulacija frekvencije, regulacije napona.).

V2X (Vehicle-to-Everything)

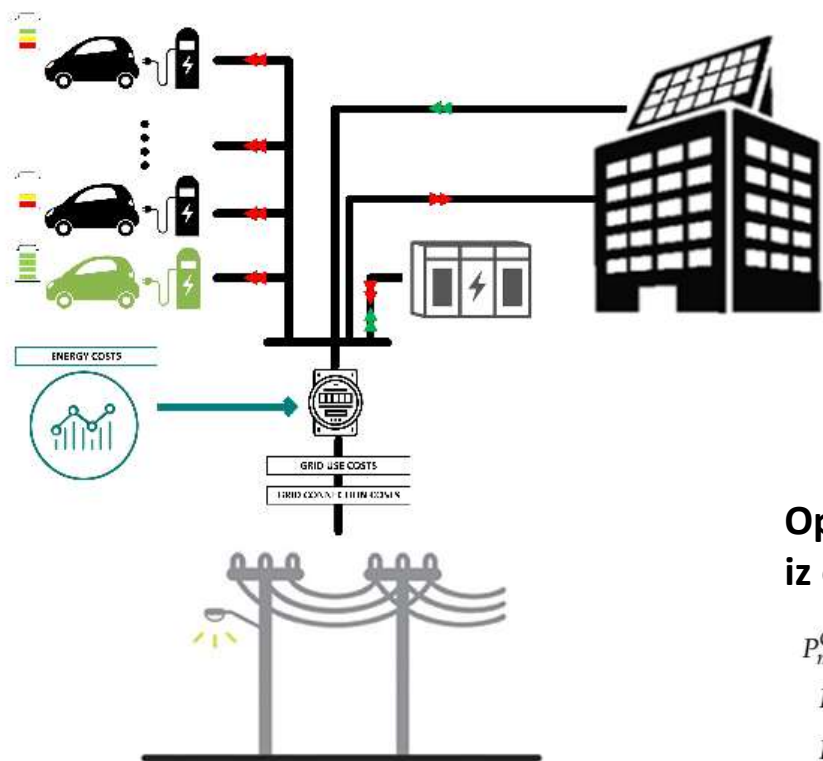
– Koncept usmjeren na ostvarivanje komunikacije ili razmjenu energije između EV i drugih objekata/potrošača.

V2B/V2H +V2G





Projekt mEPS - optimizacija napajanja rotacijskog parkinga za EV



$$\min_{\Psi} T_{uk}^{PV} = T_{inv}^{PV} + T_{main}^{PV} + T_{oper}^{PV} + T_{loan}^{PV} + T_{repl}^{PV} - T_{prof}^{PV}$$

$$T_{inv}^{PV} = (c^{PL} N^{PL} + c^{PV} P_{inst}^{PV} + c^{bat} E_{cap}^{bat} + c^{conn} P_{contracted})(1 - f)$$

$$T_{annuities} = \frac{T_{inv} \cdot f \cdot k}{1 - (1 + k)^{-N}} \quad \text{Troškovi financiranja}$$

$$T_{loan}^{PV} = \sum_{n \in N} \frac{T_{annuities}}{(1 + d)^n}$$

Troškovi investicije + održavanja + elek.energije + financiranja + zamjene opreme – profit od viška energije

Troškovi održavanja

$$T_{main}^{PL} = c^{PL} \cdot N^{PL} \cdot O^{PL}$$

$$T_{main}^{PV} = c^{SE} \cdot P_{inst}^{PV} \cdot O^{PV}$$

$$T_{main}^{BAT} = c^{BAT} \cdot E_{cap}^{BAT} \cdot O^{BAT}$$

$$T_{main}^{PV} = \sum_{n \in N} \frac{T_{main}^{PL} + T_{main}^{PV} + T_{main}^{BAT}}{(1 + d)^n}$$

Optimalno punjenje EV

$$E_{t,j}^{LOT} = 0$$

$$E_{t,j}^{LOT} = E_{on_arrival}^{LOT} + \eta_{ch} \cdot P_{t,j}^{EV} \Delta t$$

$$E_{t,j}^{LOT} = E_{t-1}^{LOT} + \eta_{ch} \cdot P_{t,j}^{EV} \Delta t$$

$$E_{t,j}^{LOT} \leq E_t^{LOT, cap_i}$$

$$SOE_t^{LOT} = \frac{E_{t,j}^{LOT}}{E_t^{LOT, cap_i}}$$

$$SOE_t^{LOT} = req_t^{LOT}$$

$$P_{t,j}^{EV} = 0$$

$$P_{t,j}^{EV, max} = \begin{cases} P_{max}^{EV} & 0 \leq SOE_t^{LOT} \leq E_{limit}^{CC_CV} \\ P_{max}^{EV} \frac{1 - SOE_t^{LOT}}{1 - E_{limit}^{CC_CV}} & E_{limit}^{CC_CV} \leq SOE_t^{LOT} \leq 100\% \end{cases}$$

$$P_{t,j}^{EV} \leq \min \{ P_{inst}^{ch}, P_{t,j}^{EV, max} \}$$

Optimizacija napajanja iz elek. mreže

$$P_m^{Gmax} \leq P_{contracted}$$

$$P_t^{grid} \leq P_m^{Gmax}$$

$$P_t^{grid} = P_t^{grid+} - P_t^{grid-}$$

$$0 \leq P_t^{grid+} \leq M \cdot b_t^{grid}$$

$$0 \leq P_t^{grid-} \leq M \cdot (1 - b_t^{grid})$$

$$P_t^{grid-} \leq P_t^{PV}$$

Rad stac. baterijskog skladišta

$$0 \leq E_{cap}^{BAT} \leq E_{cap}^{BAT, max} \cdot b^{BAT}$$

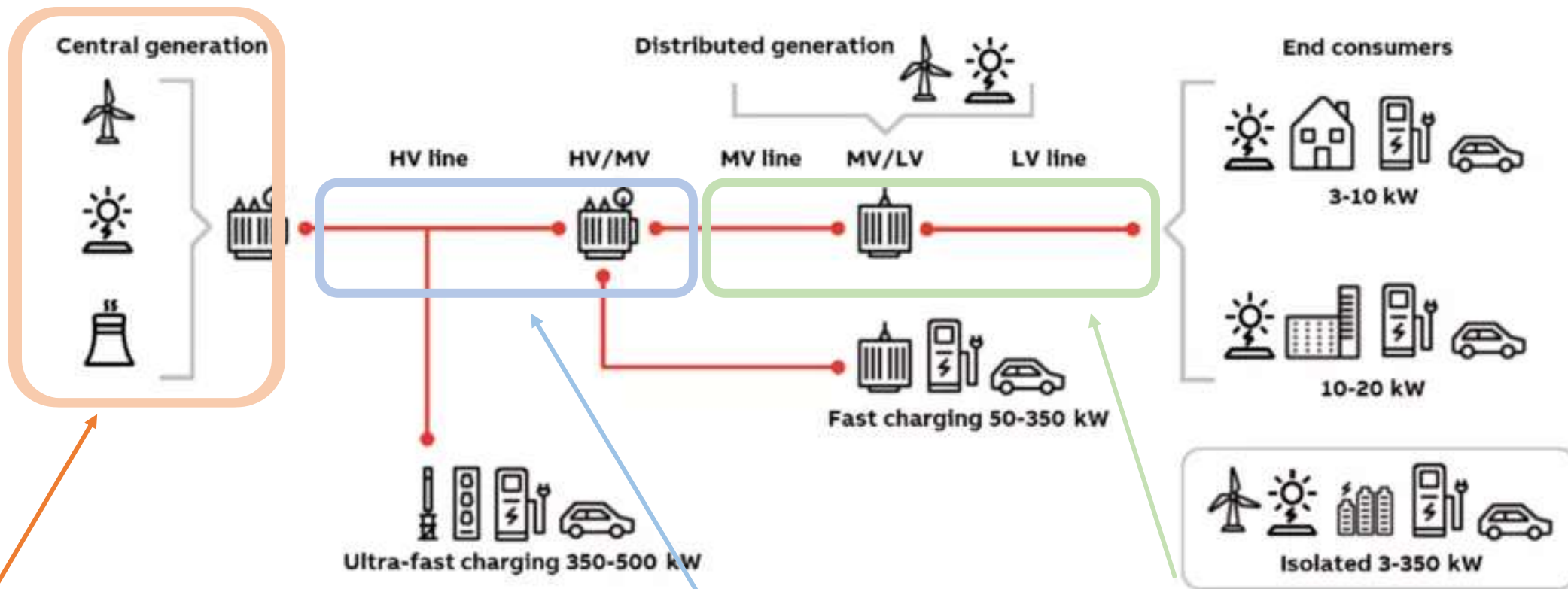
$$E_1^{bat} = E_{int}^{bat} + \left(P_1^{ch} \cdot \eta_{ch} - \frac{P_1^{ds}}{\eta_{ds}} \right) \Delta t$$

$$E_t^{bat} = E_{t-1}^{bat} + \left(P_t^{ch} \cdot \eta_{ch} - \frac{P_t^{ds}}{\eta_{ds}} \right) \Delta t$$

$$DoD \cdot E_{cap}^{BAT} \leq E_t^{bat} \leq E_{cap}^{BAT}$$

$$0 \leq P_t^{ch} \leq x_t \cdot M$$

$$0 \leq P_t^{ds} \leq (1 - x_t) \cdot M \quad \forall t \in T$$



Proizvođači

- Promjena krivulje opterećenja
- Porast potrošnje elek. energije i vršne snage
- Potreba za novim elektranama

TSO

- Povećanje opterećenja mreže (TS 110/x kV, vodovi 110-400 kV)
- Potencijalna zagušenja u prijenosnoj mreži
- Potreba za pojačavanjem prijenosne mreže

DSO

- Potencijalno značajan utjecaj na opterećenja u mreži (TS SN/SN, SN/NN, vodovi 35-0.4kV)
- Utjecaj na naponske prilike
- Potencijalno značajna nadogradnja dist.mreže

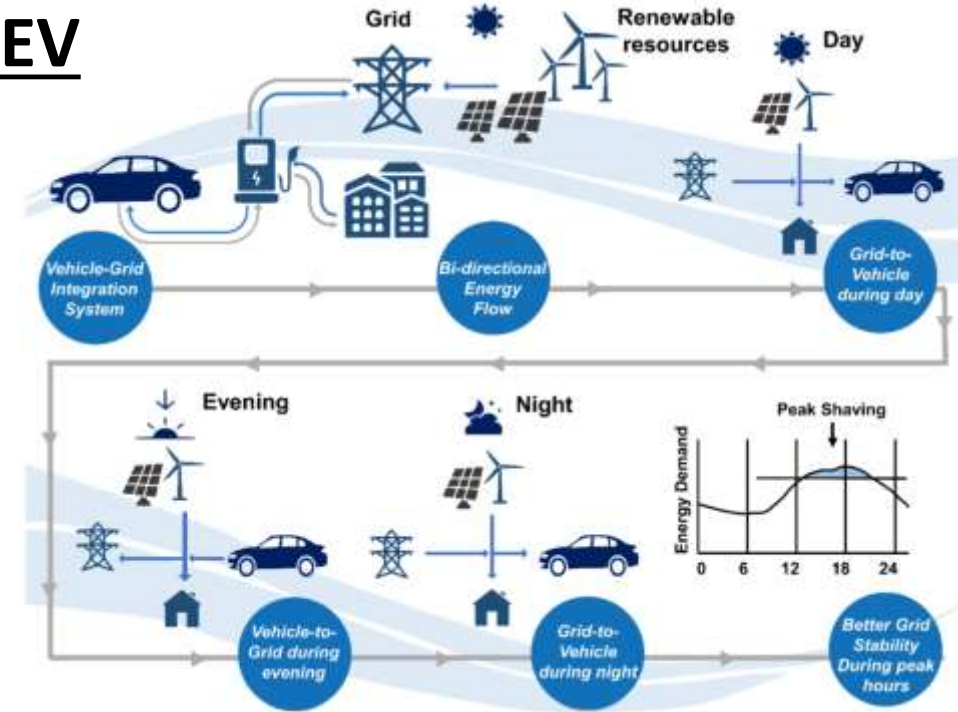


Rješenja i prilike za bržu integraciju EV

Glavne prilike ostvarive kroz napredno punjenje EV

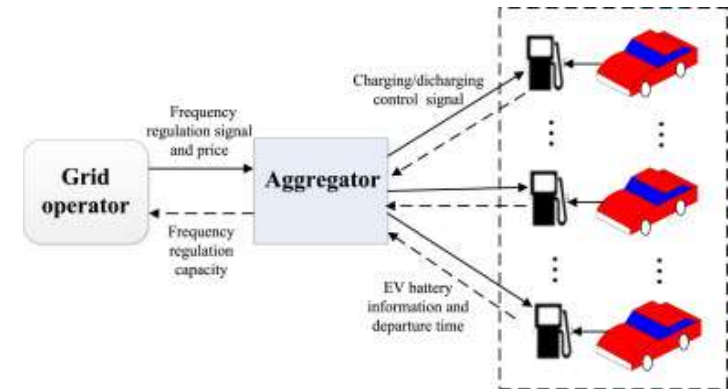
Promjena krivulje potrošnje električne energije

Punjenje EV u trenucima kada je potrošnja električne energije niska ili je proizvodnja nekontroliranih izvora energije visoka (solara, vjetra, ...) => doprinosi smanjenju potreba za novim vršnim elektranama (tradicionalno plinskim elektranama s visokim marginalnim troškovima proizvodnje električne energije). Dodatni pozitivni efekti u pogledu smanjenje potreba u slučaju implementacije V2G koncepta punjenja.



Pružanje pomoćnih usluga OPS

Kontroliranim punjenjem EV mogu doprinijeti regulaciji frekvencije i regulaciji napona na razini prijenosnih mreža. S obzirom na brzinu odziva li-ion baterija mogu sudjelovati u pružanju usluge aFRR i mFRR te uravnoteženja sustava.

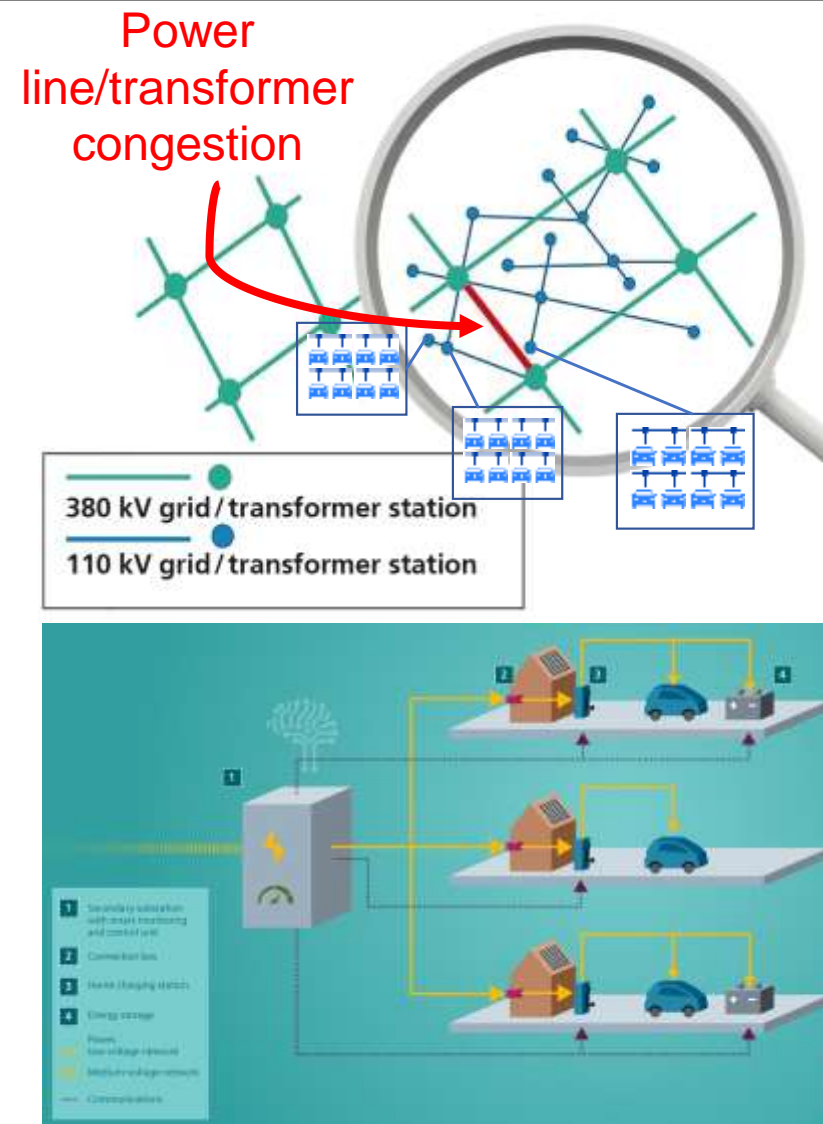


Upravljanje zagušenjima u elektroenergetskoj mreži

- Kroz optimalno punjenje/praznjenje energije iz EV moguće je utjecati na raspodjelu tokova snaga u prijenosnoj mreži te time doprinijeti rasterećenju mreže odnosno eliminaciji zagušenja. Ovime se nadalje smanjuje potreba za redispečingom elektrana te se omogućava zaključivanje transakcija na tržištu uz niže cijene energije.
- Smanjuju se troškovi razvoja prijenosne mreže.
- Potencijalno se omogućava brža integracija OIE ukoliko se na optimalan način pozicioniraju lokacije elektrana i zone s velikim brojem punionica EV

Izbjegavanje preopterećenja u distribucijskoj mreži

- Izbjegavanje punjenja električnih vozila u trenucima koji koincidiraju s vršnim opterećenjem kućanstava
- Prebacivanje punjenja EV u kasno noćna razdoblja ili dnevna razdoblja
- Dosadašnji tarifni modeli mogu biti problematični=> uvođenje naprednijih dinamičkih tarifnih modela u kojima cijena reflektira stanje u sustavu



Regulacija napona u distribucijskim mrežama:

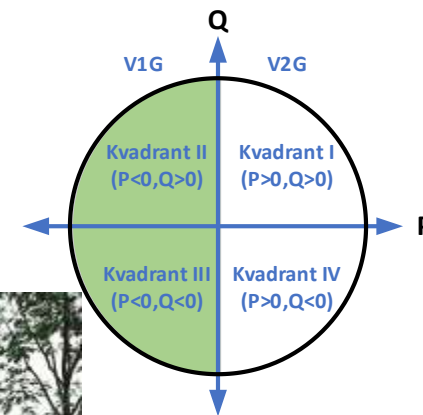
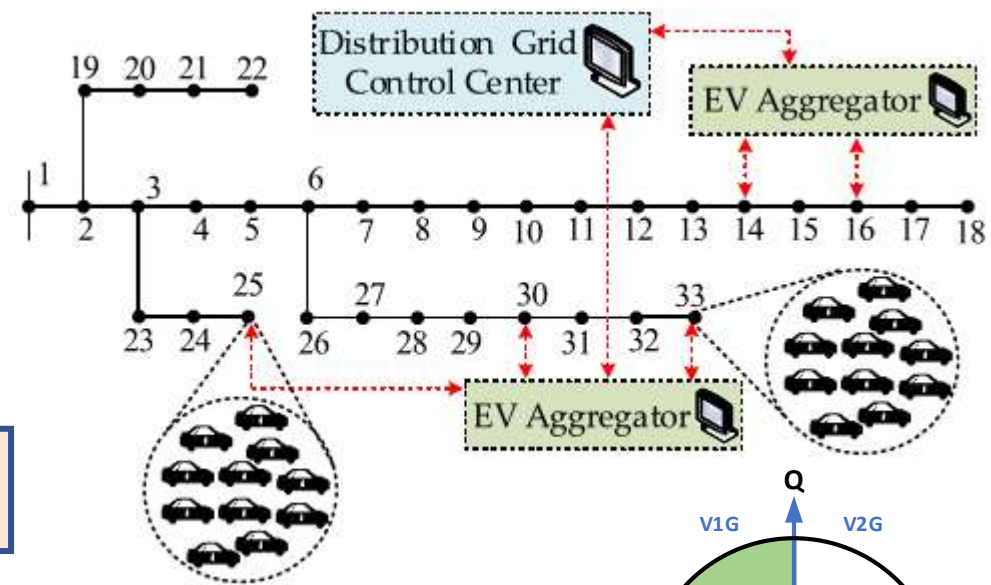
- Dvosmjerni pretvarači omogućavaju proizvodnju/potrošnju radne/jalove energije unutar V2G paradigme
- Upravljanjem radnom/jalovom snagom, EV mogu doprinijeti rješavanju problema loših naponskih prilika u DM
- Omogućiti bržu i jeftiniju integraciju OIE u DM
- Smanjenje troškova razvoja DM

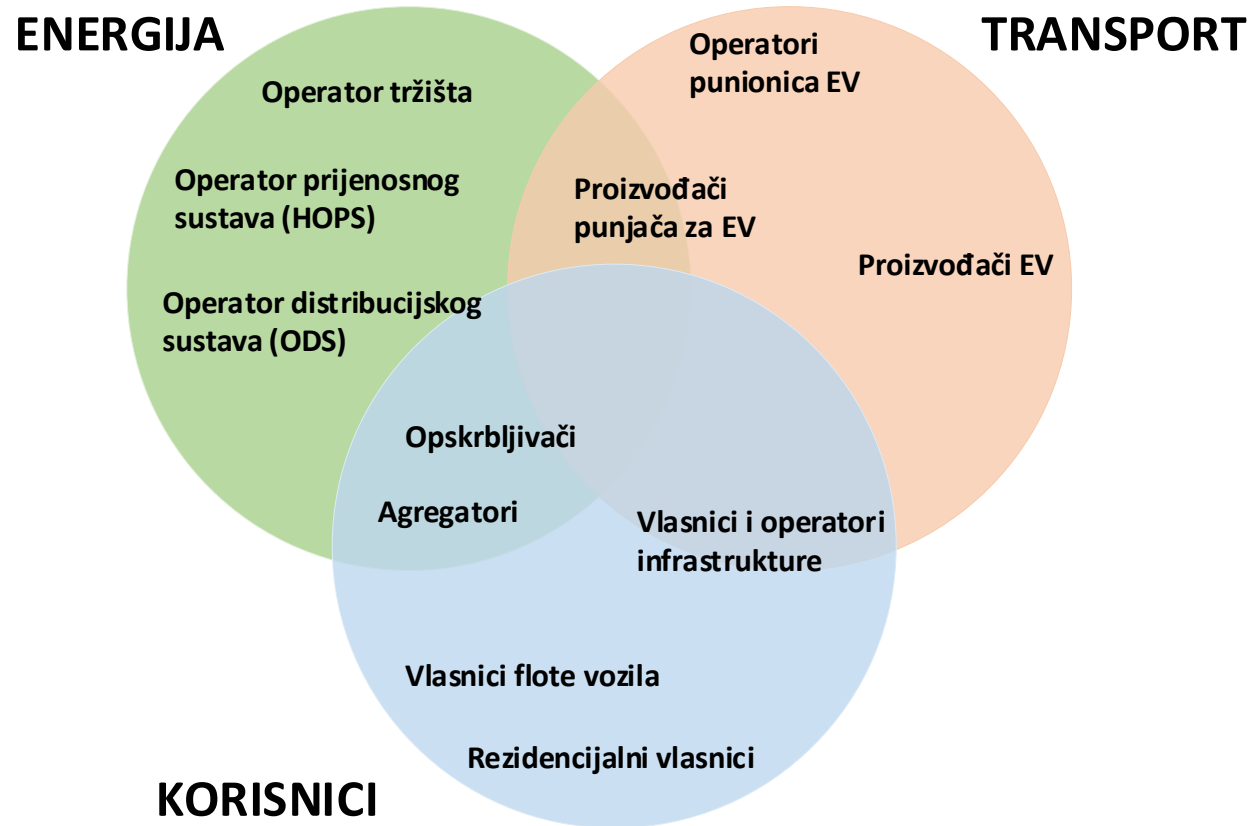
Povećanje inteziteta punjenja EV za vrijeme velike proizvodnje OIE na razini sustava:

- Automatska koordinacija punjenja EV i proizvodnje OIE na razini sustava
- Brža + jeftinija integracija OIE
- Stabilizacija cijena na tržištu električne energije (povećanje prihoda za OIE) + niži troškovi električne energije za vlasnike EV u slučaju dinamičkih tarifa

Smanjenje troškova napajanja kućanstava/uslužnih objekata

- Kroz implementaciju V2H, V2B koncepta
- Smanjenje troškova električne energije + vršne snage





- Definirati strategiju razvoja infrastrukture za punjenje električnih vozila uvažavajući potrebe transportnog sektora, mogućnosti elektroenergetskoga sustava te prostorne specifičnosti;
- Studijskim podlogama sagledati realne mogućnosti na određenom području te definirati dinamiku razvoja elektroenergetske infrastrukture;
- Omogućiti implementaciju „pametne” V1G+V2G paradigme kroz standardizaciju tehnologijskih rješenja te komunikacijskih protokola;
- Izmijeniti zakonske i podzakonske akte koji limitiraju mogućnosti sudjelovanja, ulogu i dužnosti (uloga EV kao proizvođača, odgovornost za odstupanje,...);
- Omogućiti pružateljima usluga stimulativne nagrade kroz izmjene tarifnih sustava / tržišnih pravila ;
-

HVALA NA PAŽNJI !



damir.jakus@fesb.hr