



Infrastruktura za električna vozila u distribucijskoj mreži Hrvatske

Ninoslav Holjevac

Fakultet elektrotehnike i računarstva (FER)

Završna diseminacija projekta

FER, Zagreb, 27. rujna 2018

O projektu EVBASS

- Financira Hrvatska zaklada za znanost
- Budžet 748 tisuća kn
- Pridruženi partneri:
 - Sveučilište Aalborg
 - HEP Operator distribucijskog sustava
 - Ekonomski fakultet, Zagreb
- Listopad 2015 – rujan 2018



Sadržaj

1. Uvod
2. Električni automobili i distribucijski sustav
3. Međuovisnost transportnog i energetskeg sustava
4. Case-study 1 – Velika Gorica
5. Case-study 2 - Karlovac
6. Zaključak

Potrošnja električne energije EV

- Na distribucijskoj razini
- Prometni sektor trenutno zauzima mali udio u ukupnoj potrošnji **električne energije (<1%)**

Nova ulaganja u proizvodne kapacitete!

Nova ulaganja u mrežnu infrastrukturu!

Poskupljuje integraciju EV!

Rješenje: strateško planiranje integracije!

- Elektrifikacija prometa kao pasivnog potrošača:
 - uzrokuje daljnji porast opterećenja
 - zahtjeva dodatna ulaganja u elektroenergetsku infrastrukturu

Više OIE, više EV...

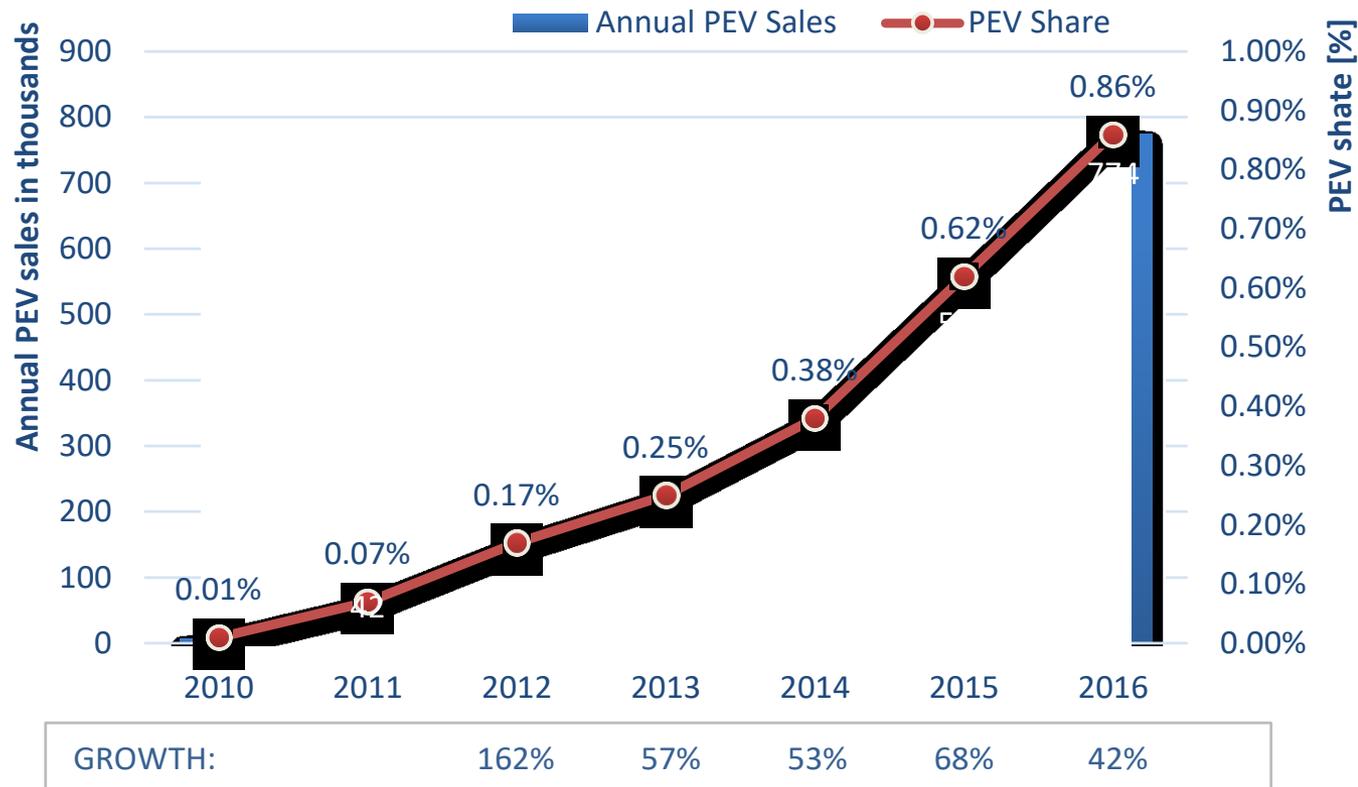
- ...više problema u distribucijskom sustavu:
 - Veća varijabilnost i nepredvidivost
 - Veći skokovi u neto opterećenju
 - Kraći trajanje vršnog opterećenja, niže bazno opterećenje
 - Veći zahtjevi za fleksibilnosti, rezervom

...više potencijala

- Korištenje OIE kao sredstva za uravnoteženje:
 - Stvara se „lost opportunity” trošak → cilj je omogućiti prihvat što veće količine OIE
- **Korištenje mreža punionica električnih vozila**
 - Izvori fleksibilnosti
 - Spremnik energije
- **Korištenje električnih vozila**
 - Izvor fleksibilnosti
 - Potencijalna rezerva sustavu

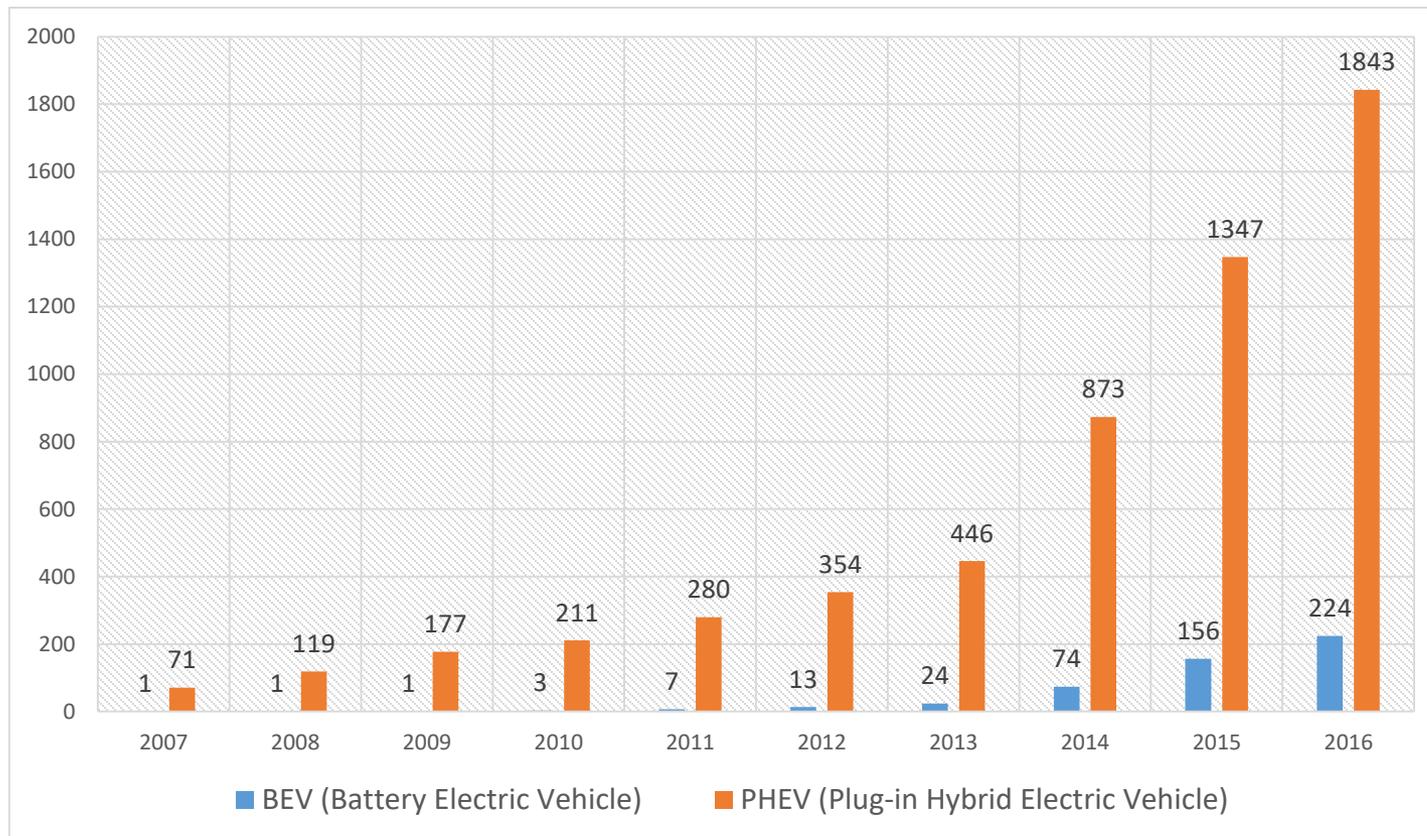
Trend porasta – udio EV

- Na globalnoj razini



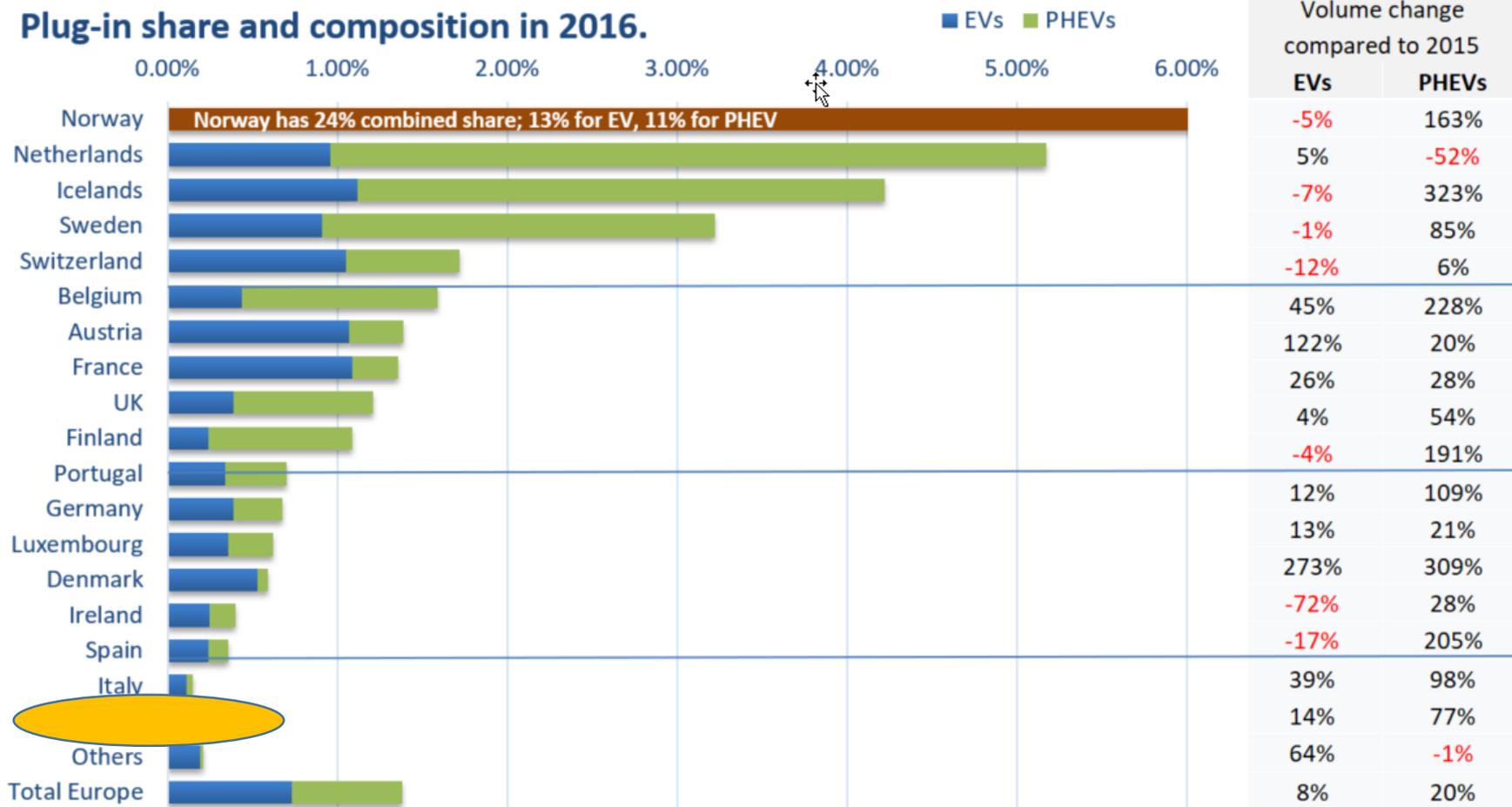
Trend porasta – broj EV

- U Hrvatskoj

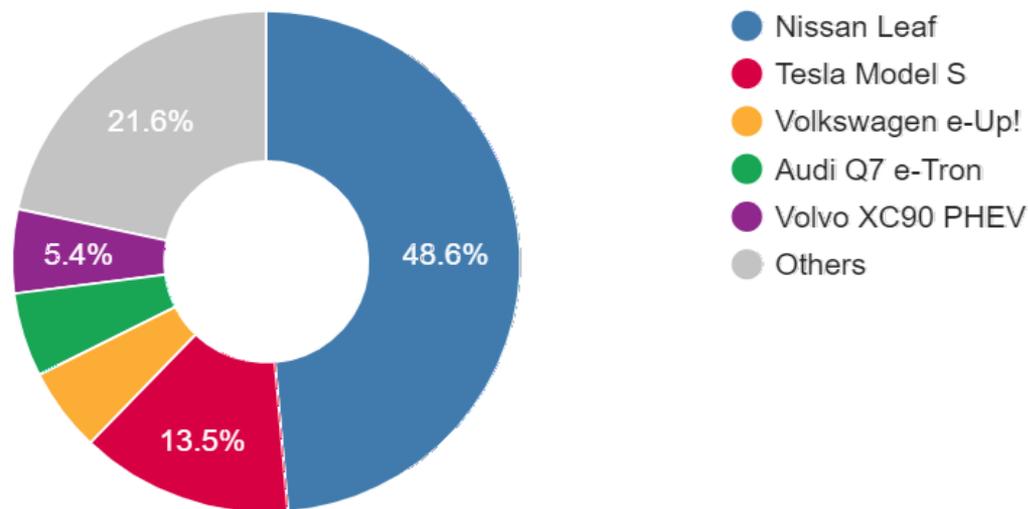
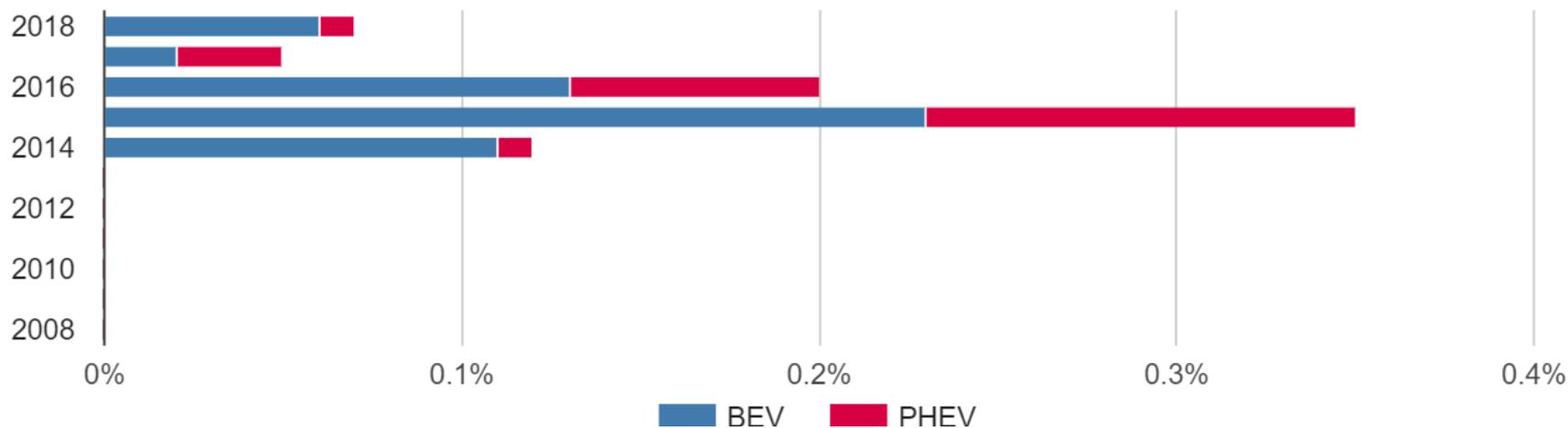


Trend porasta – ukupni udio

Plug-in share and composition in 2016.

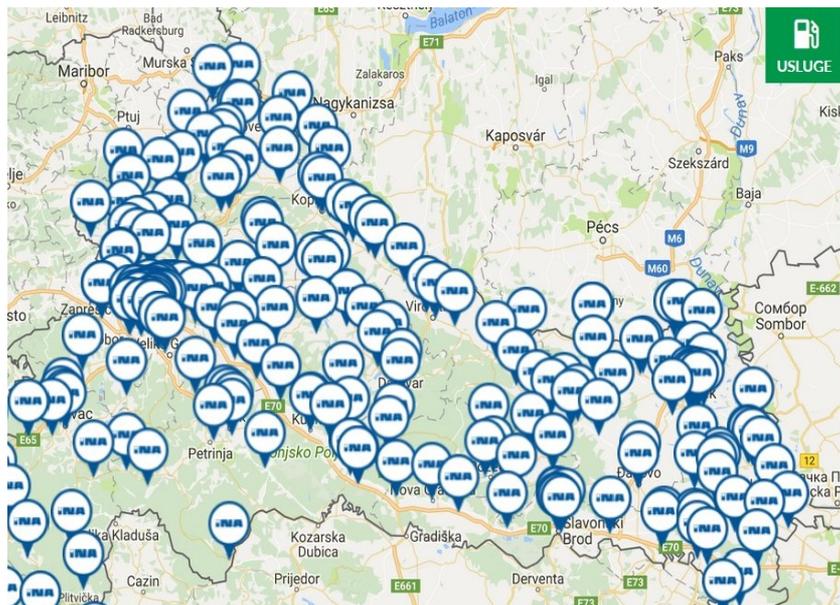


Trend porasta – market share



EV je super... ali gdje ga „natočiti“?

- Korisnici konvencionalnih vozila na raspolaganju imaju razgranatu mrežu benzinskih postaja
- Nadopuna goriva nije problem → nema „range anxiety“
- Mobilnost osigurana
- Nema potrebe za detaljnim planiranjem puta



Infrastruktura dostupna

- Razne su mogućnosti

Charging modes

„on-road”

drive & charge

„stop-by”

stop 2 charge

„parked”

park & charge

Conductive
Charging
Lanes

Inductive
Charging
Lanes

Battery
Swapping
Station

Fast Charging
Station

Medium
Charging Lot

Slow
Charging Lot

Demonstracijska faza

Komercijalna
upotreba

Komercijalna
upotreba

Komercijalna
upotreba

Parkirna mjesta za srednje-brzo punjenje

„parked” charging

Medium Charging Lots



Parkirna mjesta za sporo punjenje

„parked” charging

Slow Charging Lots



Stanice za brzo punjenje

„stop-by” charging

Fast Charging Stations



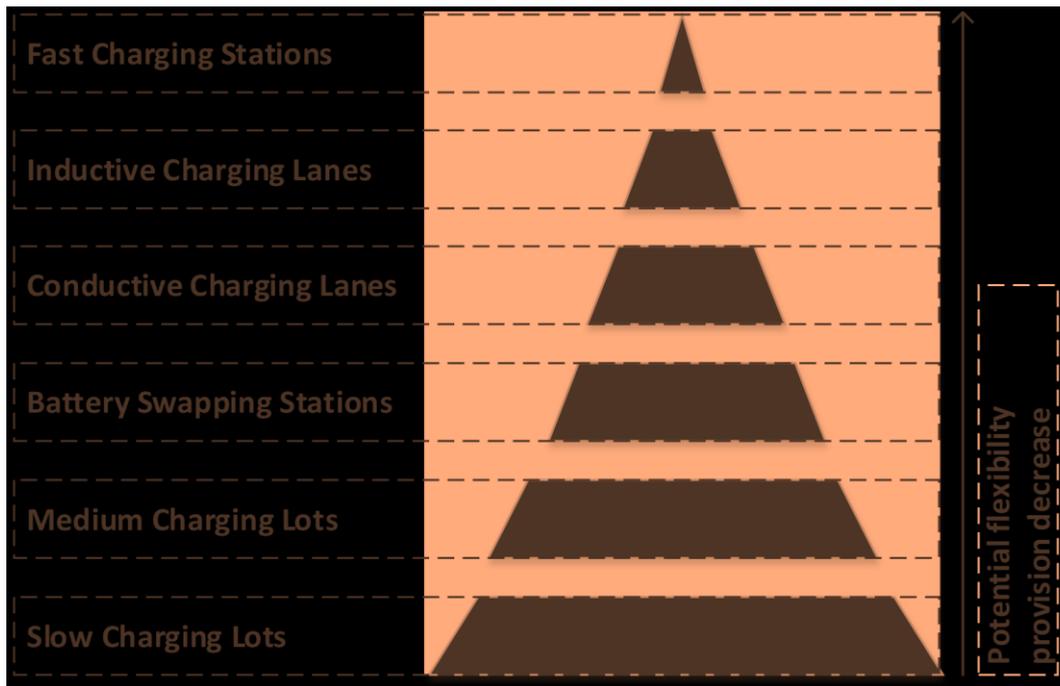
Stanice za zamjenu baterije

„stop-by” charging

Battery Swapping Stations



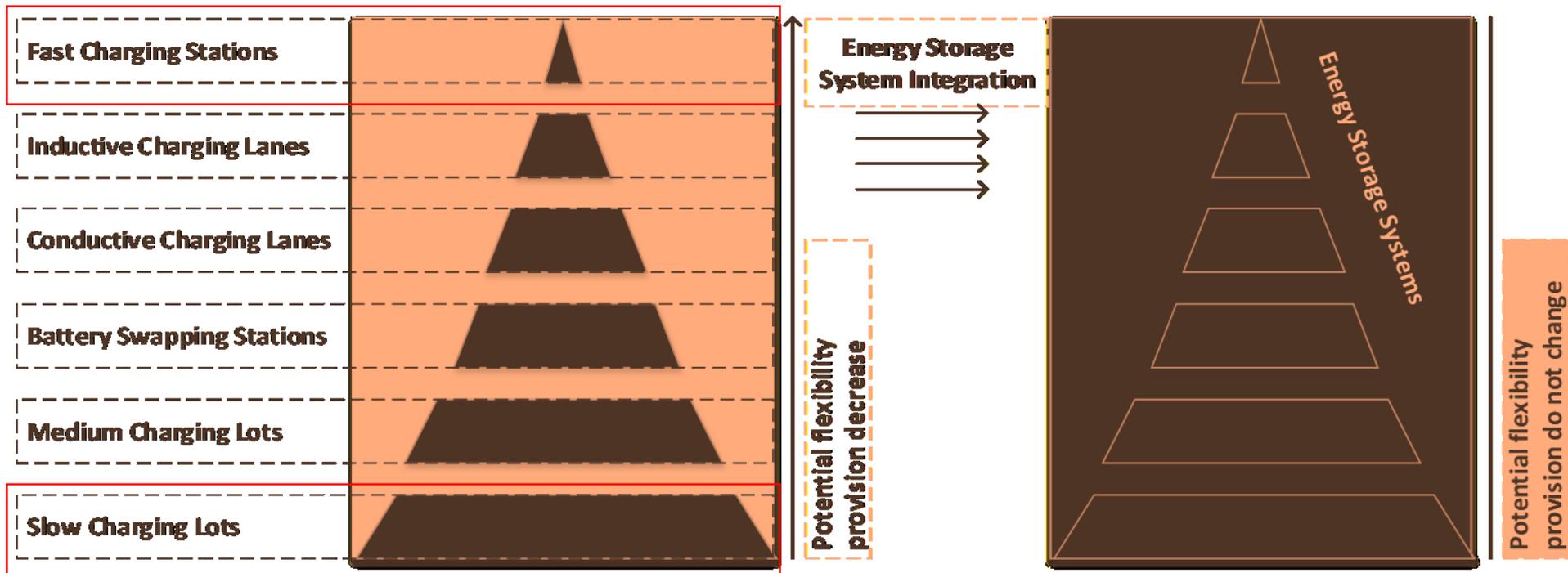
EV i potencijalna fleksibilnost distribucijskom sustavu



- Utjecaj načina punjenja na distribucijski sustav sustav je velik
- Najveću fleksibilnost donosi sporo punjenje
- Najmanje fleksibilan način su stanice za brzo punjenje EV



Integracija spremnika

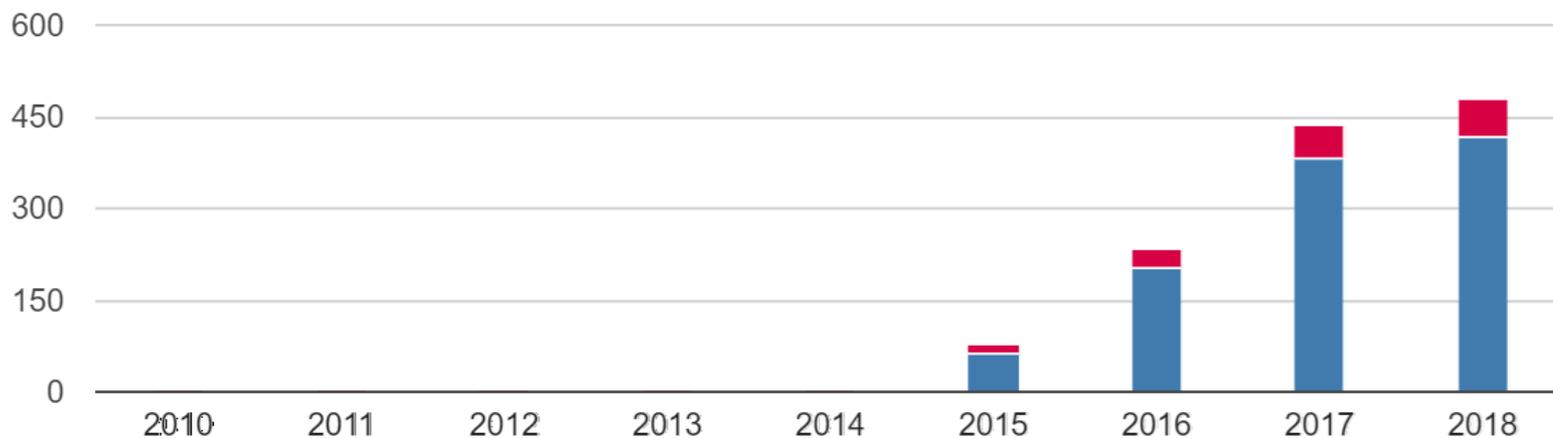


- Dodavanjem spremnika energije rješava se problem:
 - neelastičnog opterećenja punjenja EV
 - visokih snaga potrebnih za punjenje EV
 - neravnoteže plana i stvarno isporučene energije



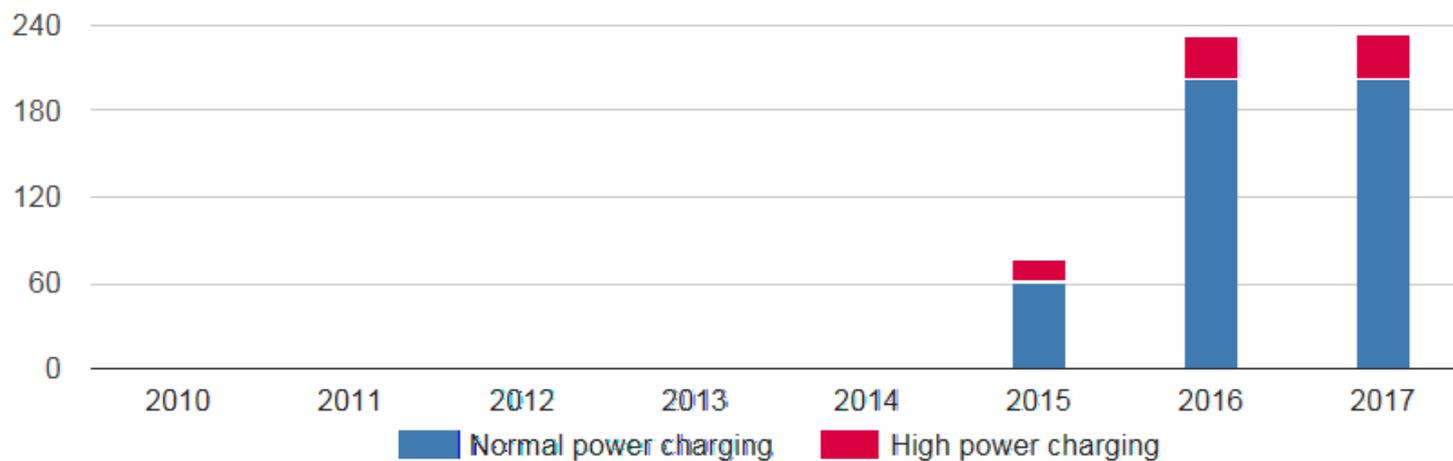
Broj mjesta za punjejne u Hrvatskoj (1)

- Broj mjesta za punjenje:
418 “slow” + 63 “fast”
- Nema stanica za zamjenu baterija
- Očekuje se značajniji rast broja dostupnih mjesta za



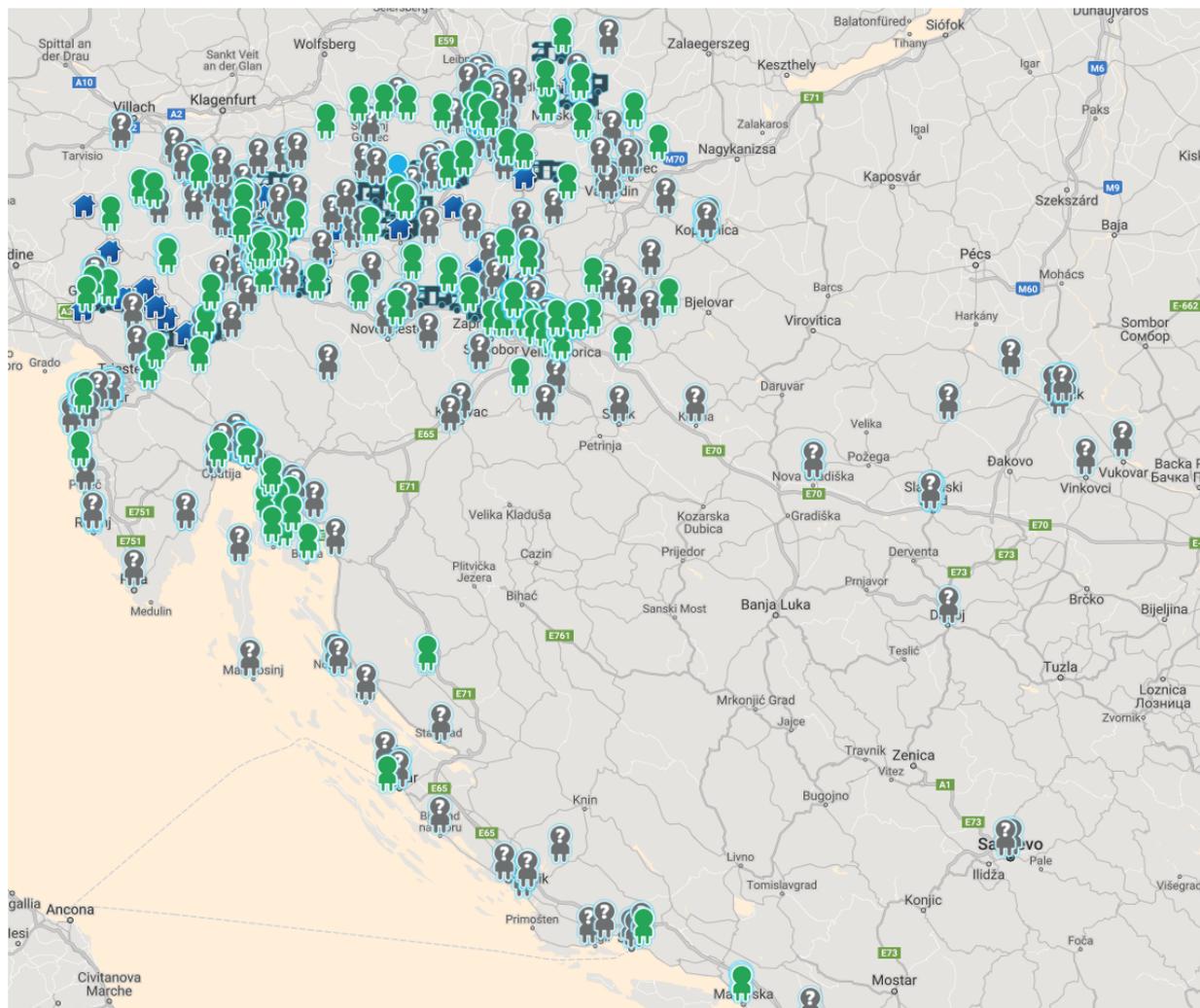
Broj punionica u Hrvatskoj (2)

- **Javno dostupna mjesta za punjenje**
- HEP (ELEN) i T-com
- ≈50 punionica HEP-a (od planiranih 345 do 2020.) i T-com
- 5 Tesla punionica



Broj punionica u Hrvatskoj (3)

- Sve veća mreža
- Istok slabije pokriven



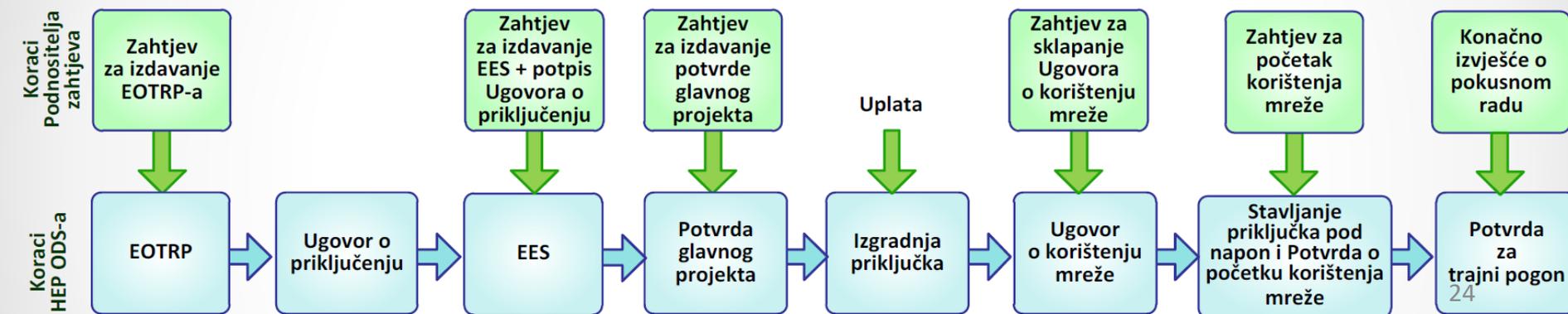
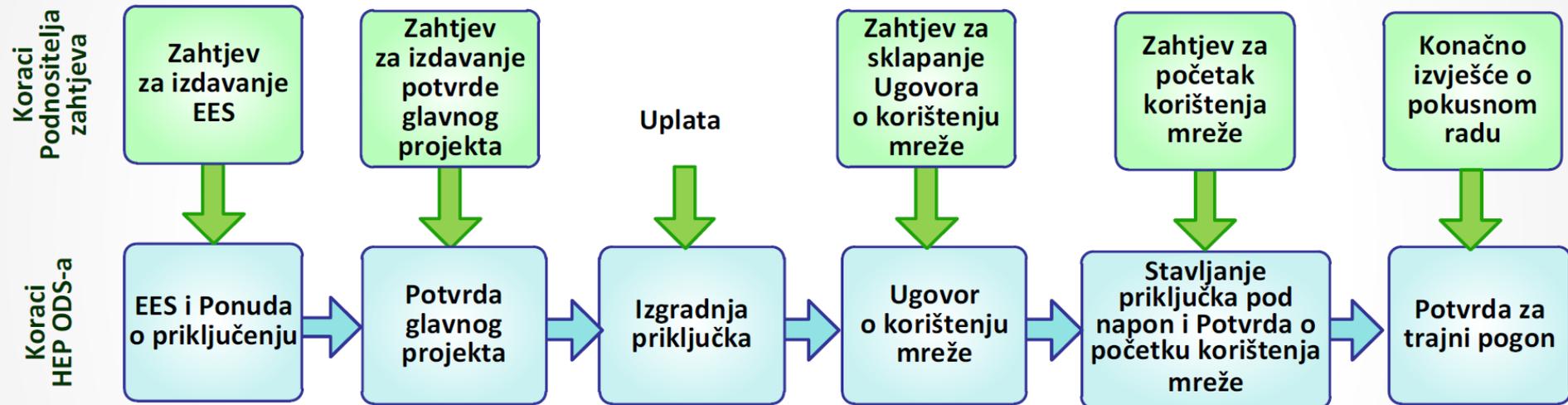
Pravila o priključenju na distribucijsku mrežu (1)

- Stupila na snagu 8. travnja 2018.
- *Uredba o izdavanju energetske suglasnosti i utvrđivanju uvjeta i rokova priključenja na elektroenergetsku mrežu*
- *Opći uvjeti za korištenje mreže i opskrbu električnom energijom*
- *Metodologija utvrđivanja naknade za priključenje na elektroenergetsku mrežu novih korisnika mreže i za povećanje priključne snage postojećih korisnika mreže*
- *Mrežna pravila elektroenergetskog sustava*

Pravila o priključenju na distribucijsku mrežu (2)

- **Jednostavan** i složeni priključak
- Obaveza izrade *Elaborata optimalnog tehničkog rješenja priključenja (EOTRP)* - složeni priključak
- Kontrolni proračuni na NN i SN
- Ukidanje *Prethodna elektroenergetska suglasnost (PEES)*
- *Ostaje samo Elektroenergetska suglasnost (EES)*
- **Uvodi se posebna vrsta Ugovora o priključenju za priključenje jednostavnim priključkom** → **Ponuda o priključenju**
- propisuje se izdavanje *Posebni uvjeta* prije izdavanja EES kada se za građevinu ishodi lokacijska dozvola
- definira se posebna procedura priključenja proizvodnog postrojenja na instalaciju postojećeg kupca kategorije kućanstvo

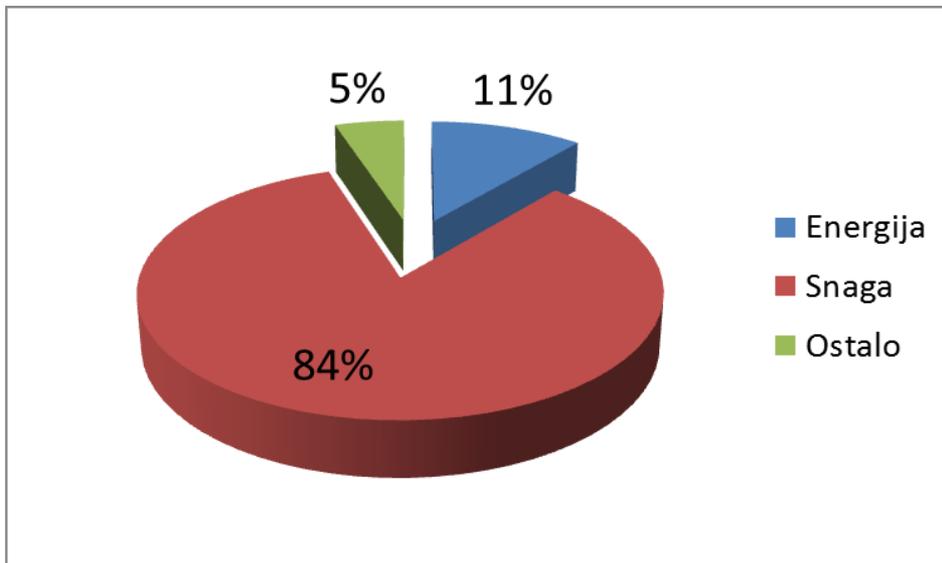
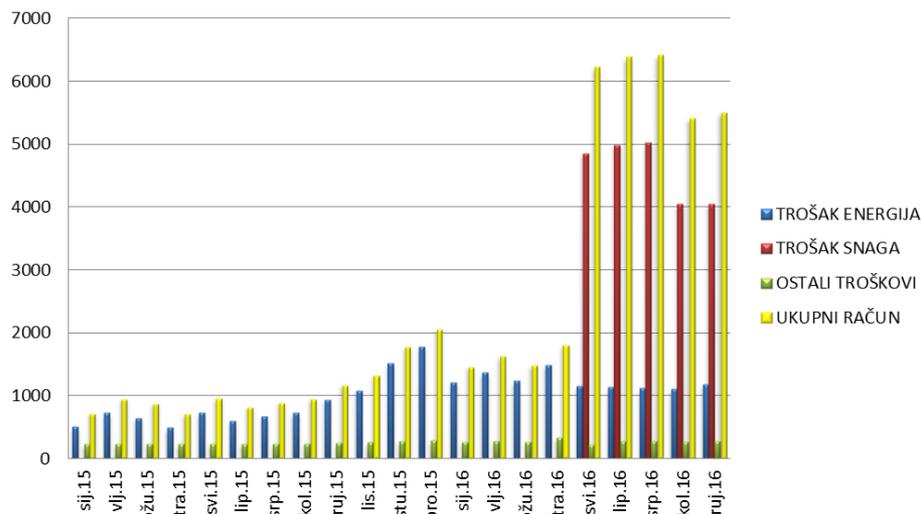
Pravila o priključenju na distribucijsku mrežu (3)



Pravila o priključenju na distribucijsku mrežu (4)

- Ne postoji odgovarajuća tarifa za punionice
- Velika snaga – malo energije
- Javno dostupne ELEN punionice na trošak HEP-a

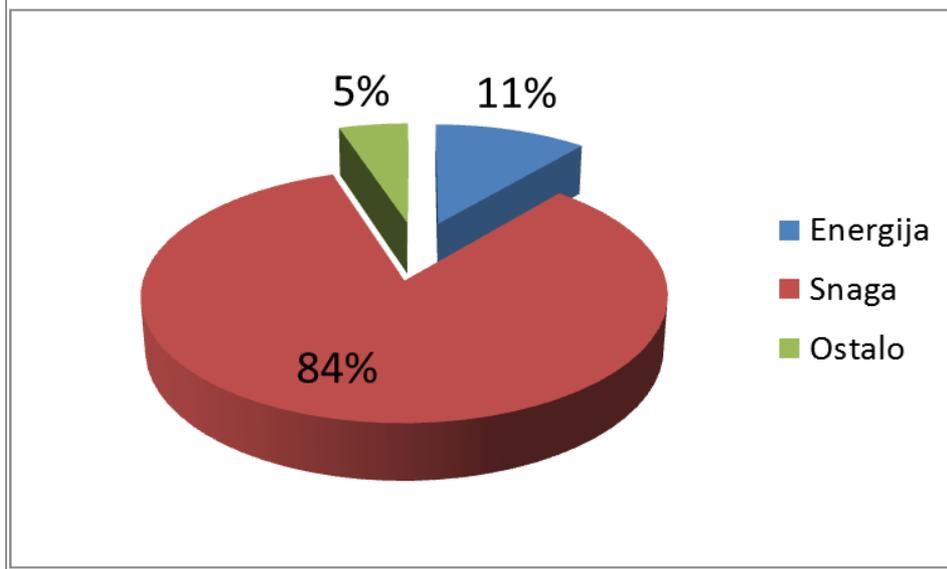
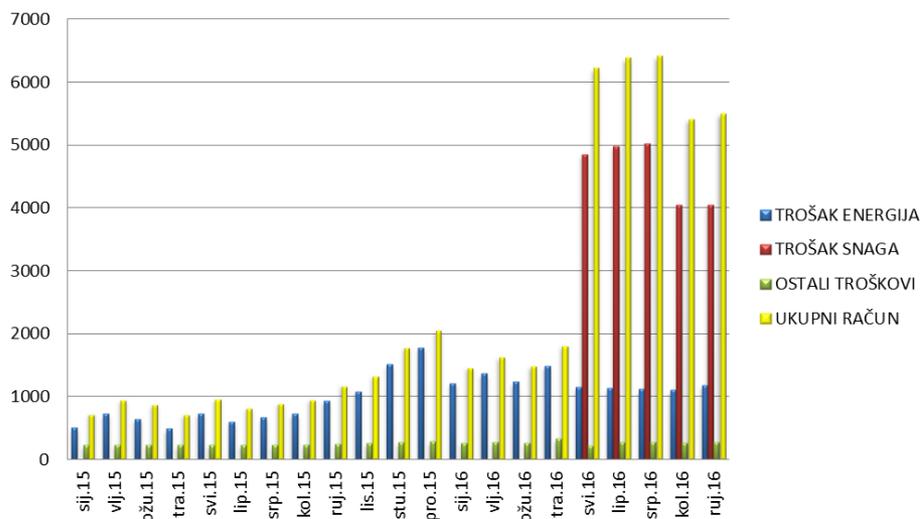
Trošak (kn) punionica u Koprivnici



Pravila o priključenju na distribucijsku mrežu (4)

- Novi opći uvjeti za korištenje mreže i opskrbu električnom energijom sve punionice iznad 20 kW stavljaju u crveni model
- Angažirana snaga (uz višu i nižu tarifu)

Trošak (kn) punionica u Koprivnici



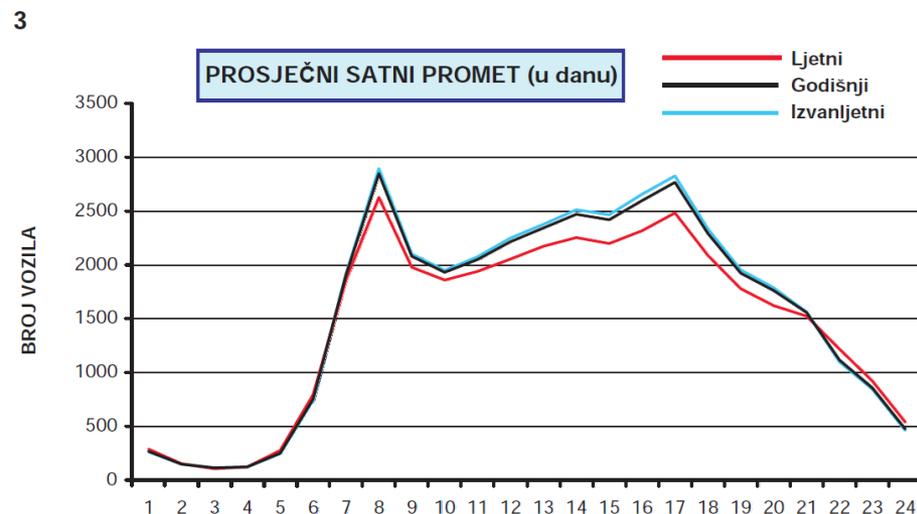
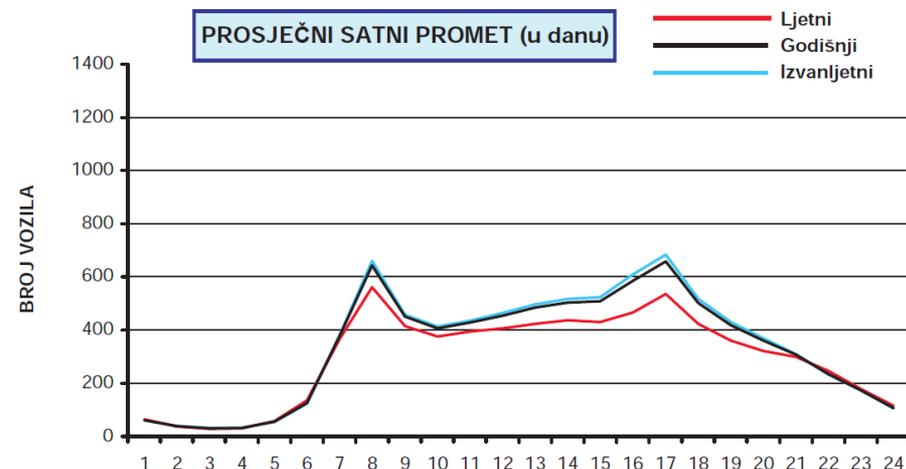
Promet i energetska sustava?

Case study 1: Zagreb – V. Gorica

- Ustaljeni način korištenja
 - Velik domet i brzo točenje
- Brze punionice i stanice za zamjenu
 - Konkurentna brzina
 - **Utjecaj na elektroenergetski sustav**
- **Potencijalni zahtjevi za punjenje**
 - Ovisi o prometu na pojedinim dionicama

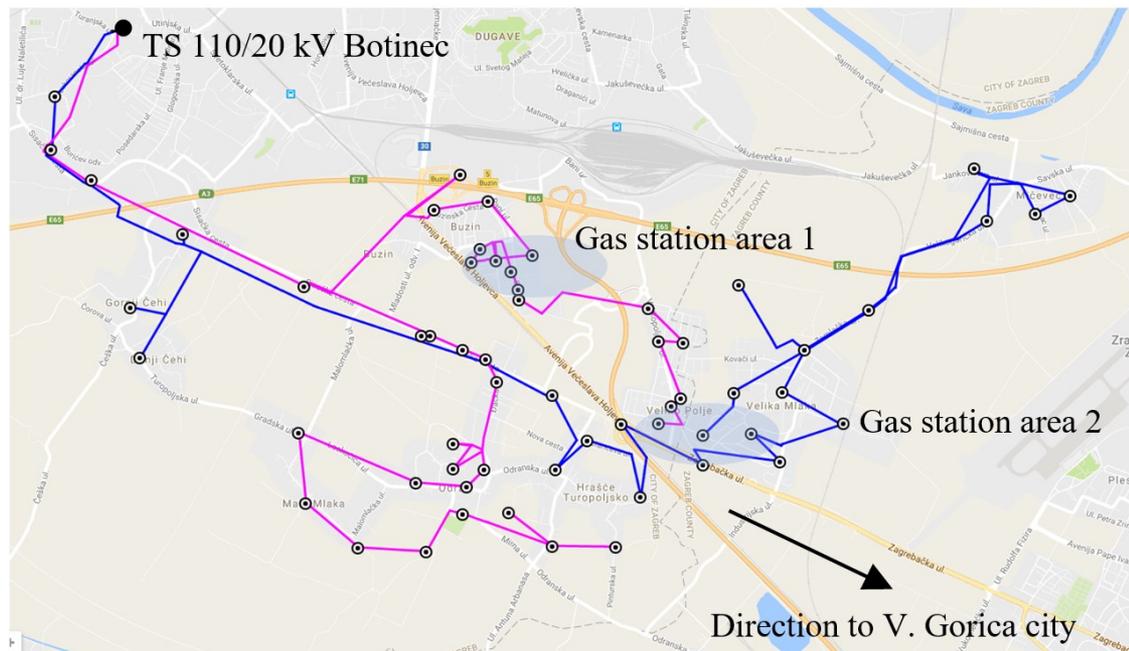
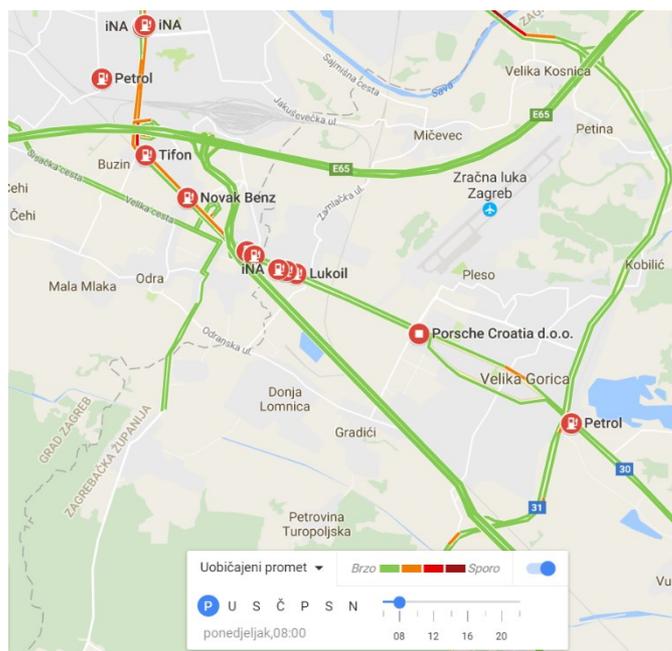
Zagreb – Velika Gorica (1)

- Brojači prometa



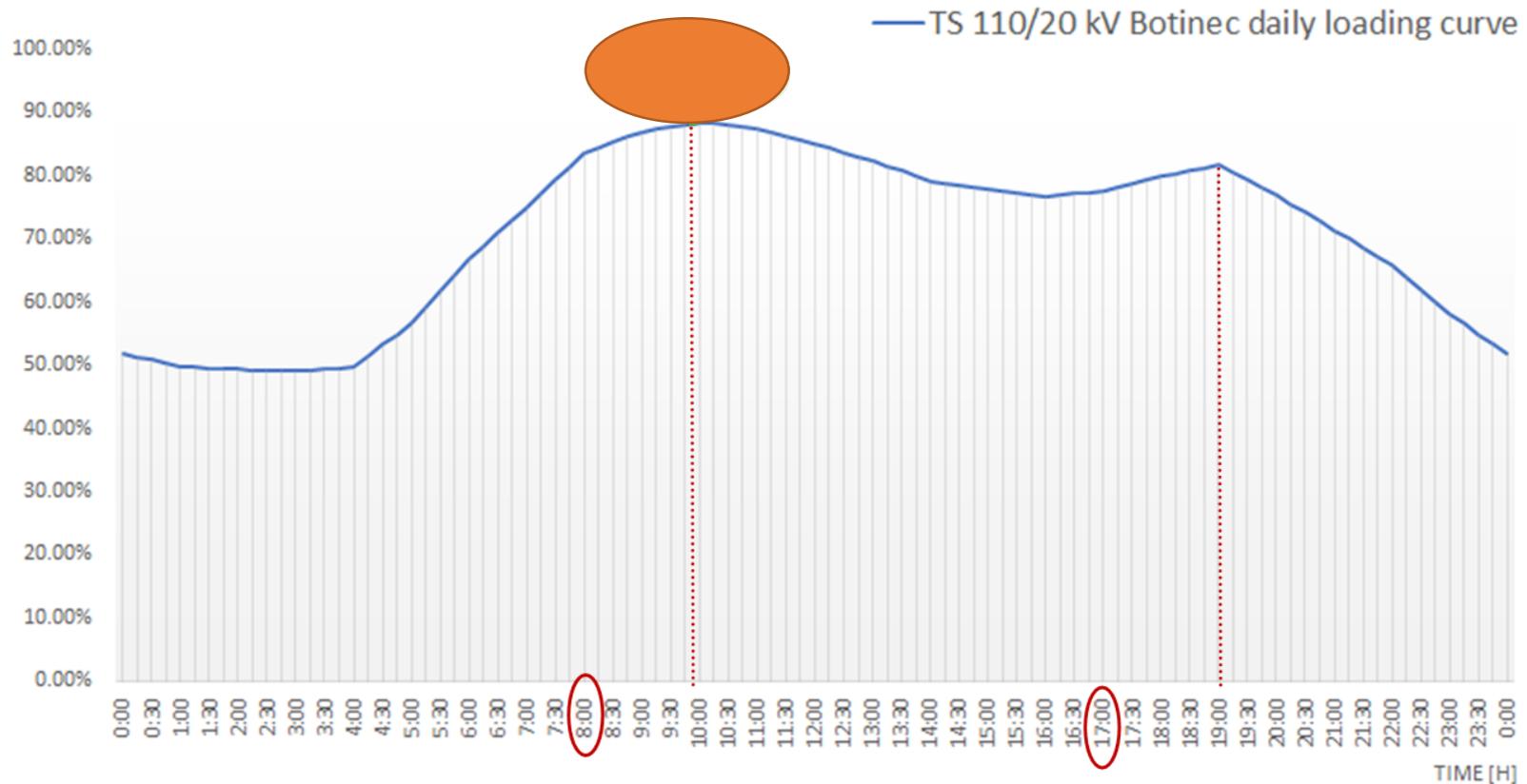
Zagreb – Velika Gorica (2)

- Postojeća infrastruktura – benzinske postaje
 - Najbolje lokacije za integraciju punionica
- Elektroenergetski sustav
 - Ograničeni kapacitet



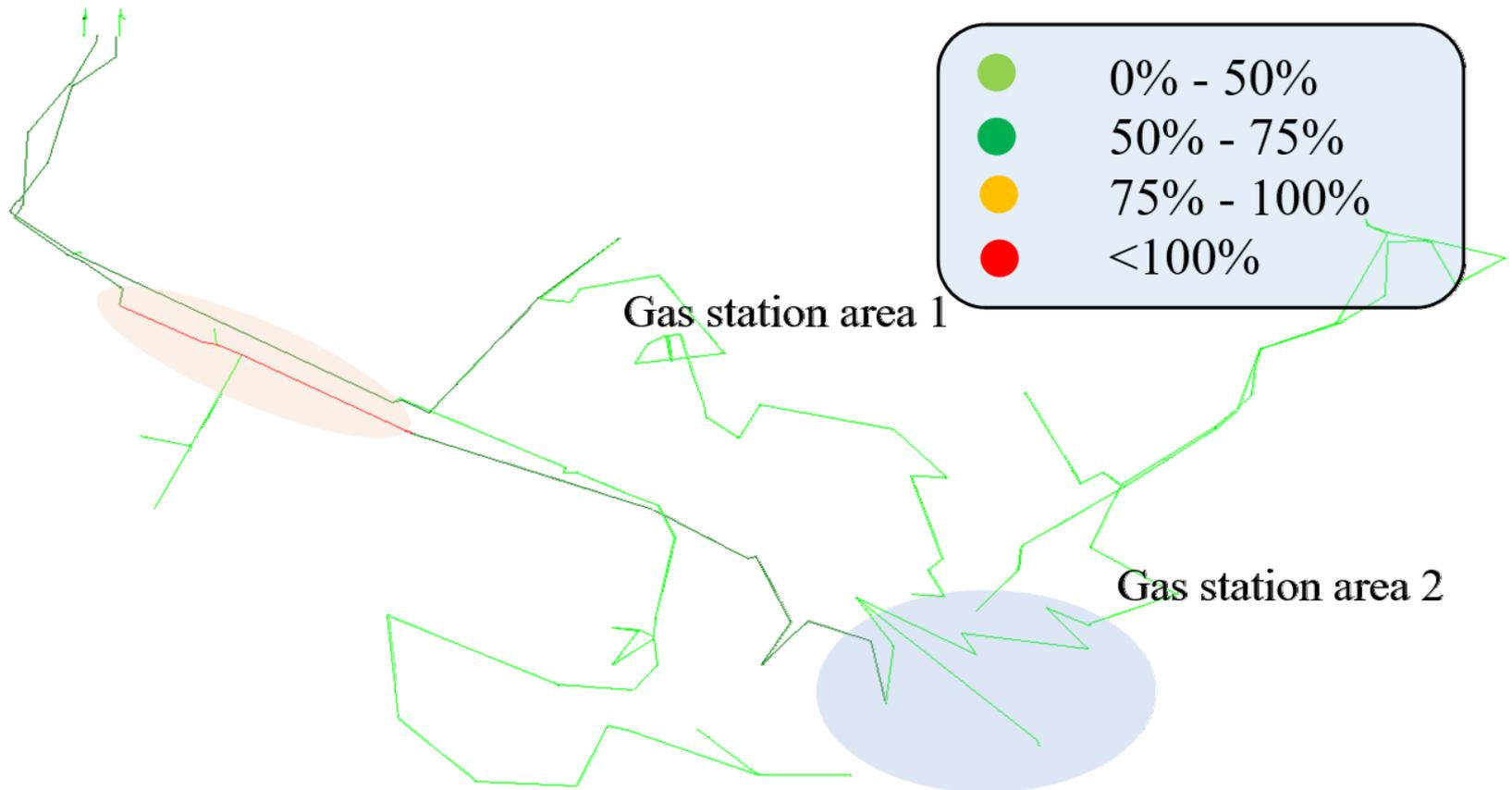
Ograničenja distribucijskog sustava(1)

- **Međuviznost energetskeg i transportnog sustava**



Ograničenja distribucijskog sustava (2)

- Opterećenja pojedinih stanica i opterećenja vodova



Analiza Case study 1

- Zahtjevani kapacitet punjenja
VS
dostupni kapacitet mreže

Table 2 Required number of charging spots on the locations of gas stations for the “V. Gorica Northern Bypass” road

Traffic hourly peak	Average hourly traffic	Number of charging spots + BSS	Power system available capacity
650 vehicles with increase potential	500 vehicles	6x120 kW + 150 kW	2250 kW

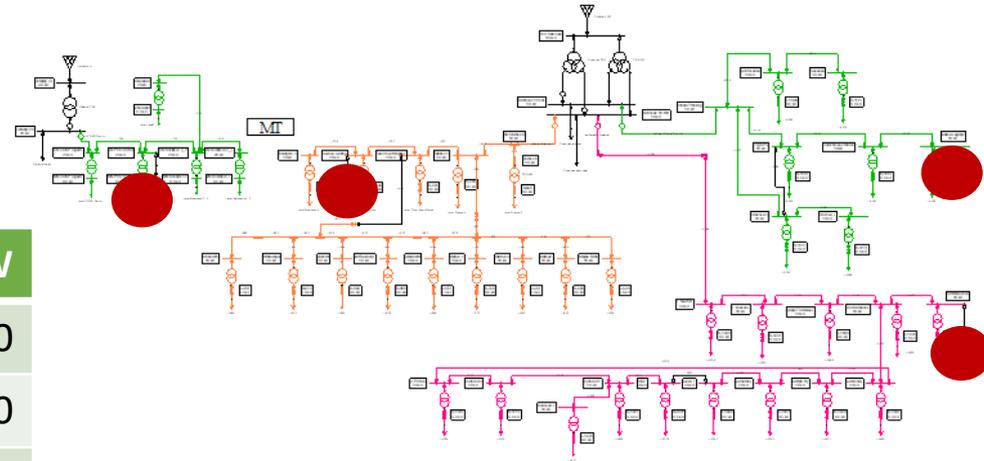
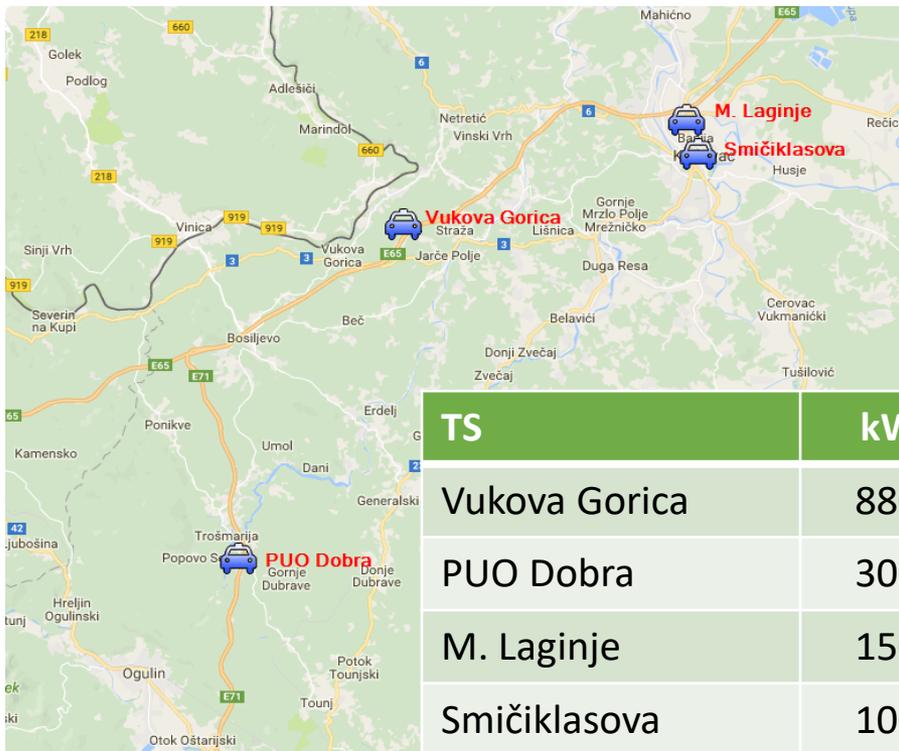
- Dovoljno kapaciteta i zalihosti u mreži
- Manje investicije (zamjena dionice voda)



Promet i energetska sustava?

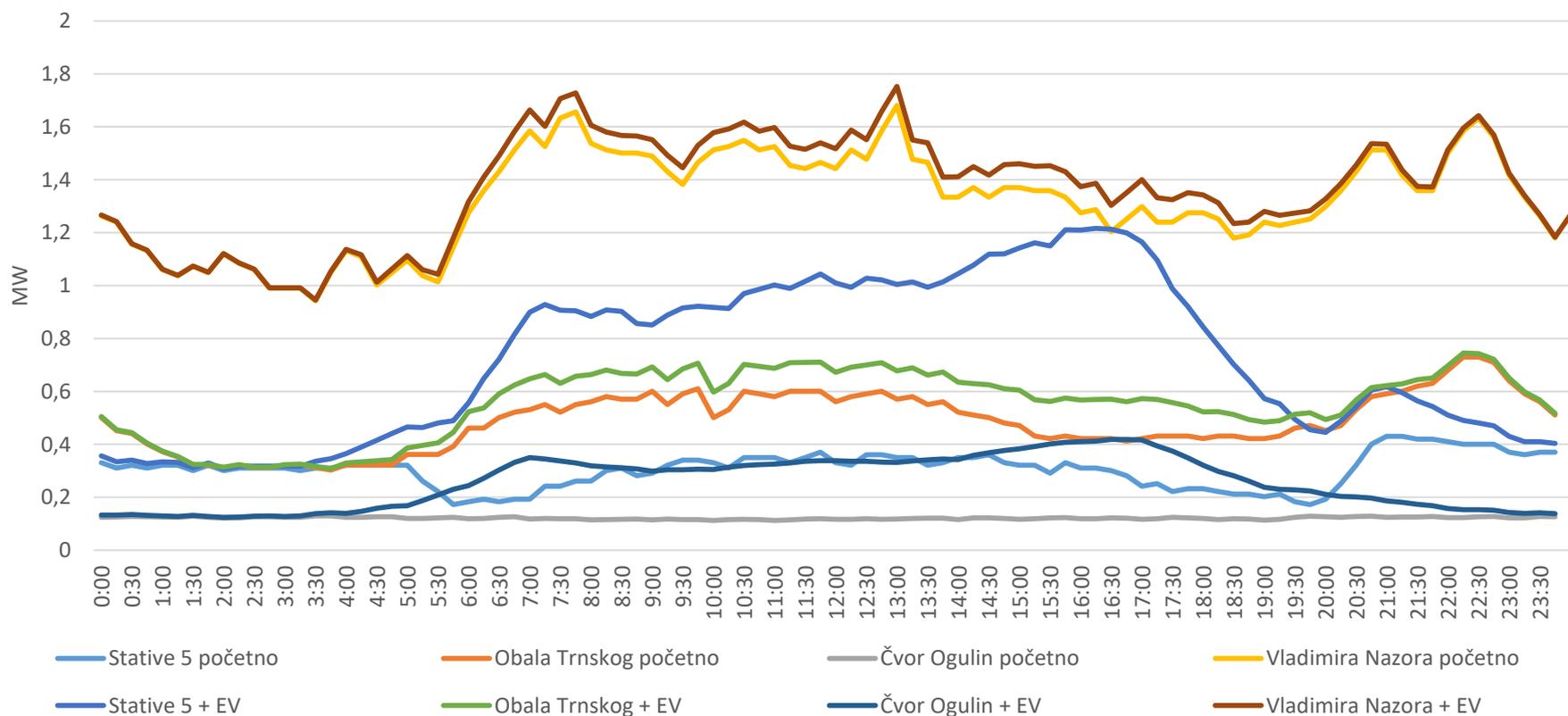
Case study 2: Karlovac

- Postojeća infrastruktura za punjenje



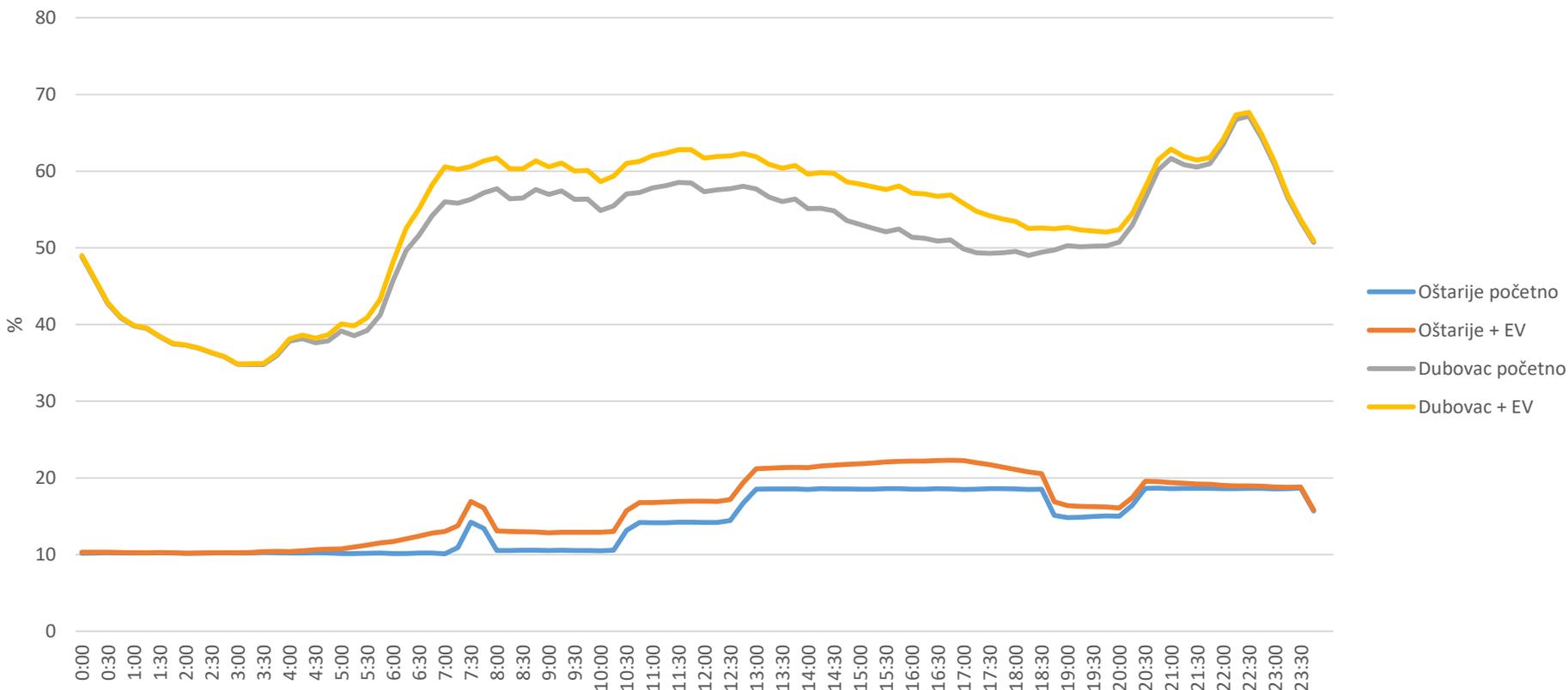
Utjecaj na distribucijsku mrežu (1)

- Utjecaj na strujno-naponske prilike



Utjecaj na distribucijsku mrežu (2)

- Utjecaj na pojnu točku



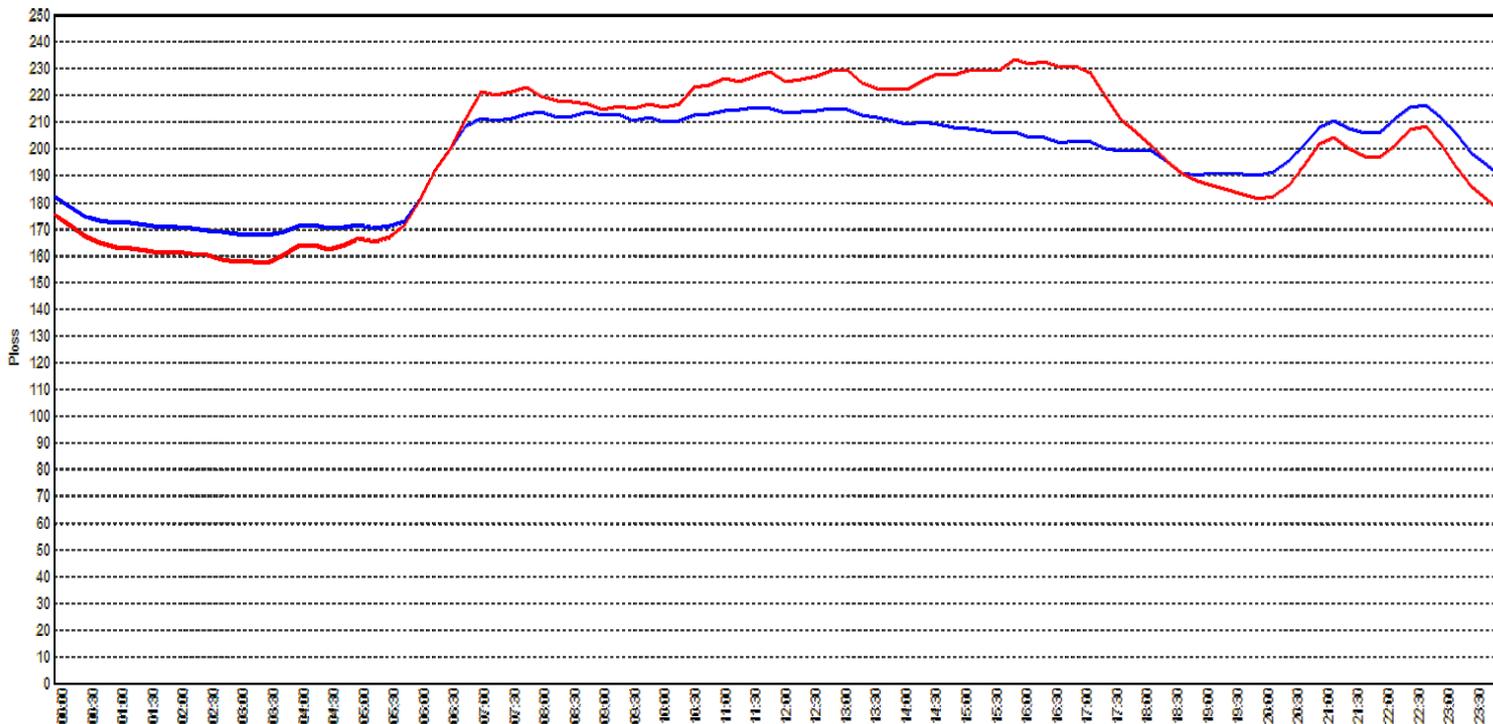
Utjecaj na distribucijsku mrežu (3)

- Podopterećena mreža (zbog kvadratne ovisnosti gubitaka i opterećenja) spremnicima energije nisu se postigle značajne uštede
- Punionica pozitivno djeluje na dnevnu varijaciju napona iako je ionako unutar dopuštenih granica

	Dnevni gubici Početna mreža [kWh]	Dnevni gubici Samo EV [kWh]	Dnevni gubici EV + spremnik energije [kWh]
Modelirana mreža	4254	<u>4748</u>	<u>4690</u>
Izvod Čvor Ogulin	692	692	691
Izvod Stative 5	214	593	540
Izvod Vladimira Nazora	561	575	574
Izvod Obala Trnskog	187	195	194

Utjecaj na distribucijsku mrežu (4)

- Utjecaj na gubitke
- Premiještanje iz sredine dana (crvena) u jutarnje i večernje sate (plava)



Karlovac – optimiranje (1)

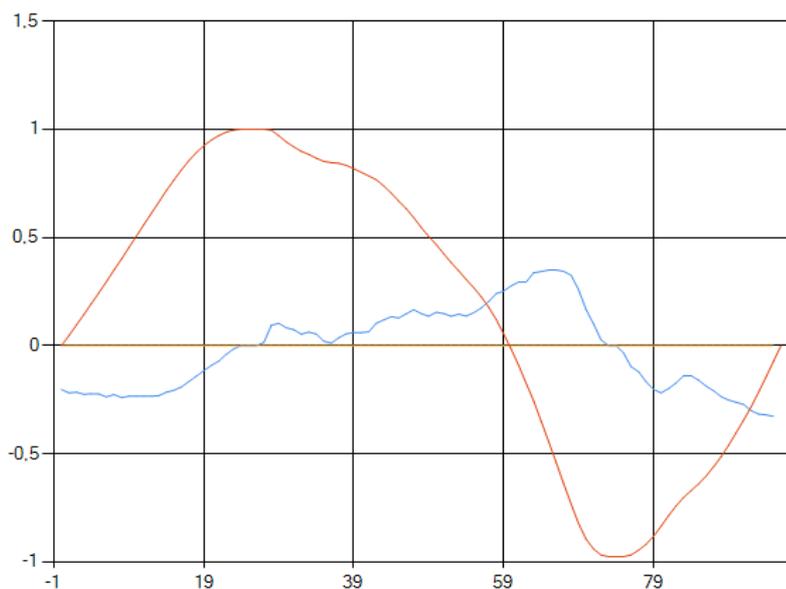
- S aspekta distribucijske mreže, stanica za zamjenu baterija može se modelirati kao korisnik (punionica) sa spremnikom energije.
- U trenutcima niskog opterećenje (ili niske cijene) puniti baterije, a u periodima visokog opterećenja može ih čak i prazniti u mrežu
- Optimizacija lokacije i dimenzija punionice spremnika energije u distribucijskoj mreži

Karlovac – optimiranje (2)

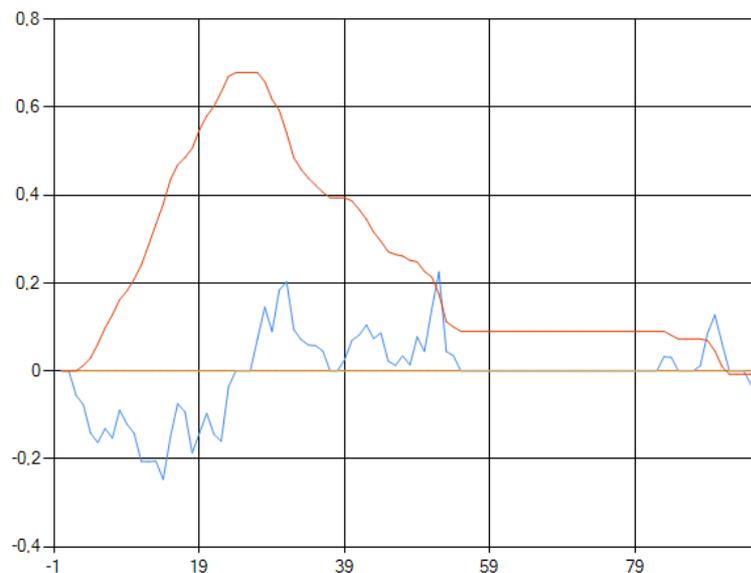
- Mješovito cjelobrojna metoda stožastog programiranja i tokova snaga po granama koja je prilagođena radijalnim distribucijskim mrežama
- Funkcija cilja koja se optimira je minimizacija gubitaka u srednjenaponskoj mreži
- Za punionicu električnih vozila napajanu iz TS 10/0,4 Smičiklasova, optimalna lokacija je odbrana u obližnjoj TS 10/0,4 Kurelčeva
- Za sve ostale slučajeve je optimalna lokacija upravo ona od punionice

Karlovac – optimiranje (3)

- Optimalno ponašanje punionice (stanje napunjenosti te snaga) kroz dan temeljeno na zadovoljenju krivulja potrošnje i zahtjeva za punjenjem



Vukova Gorica - autoput

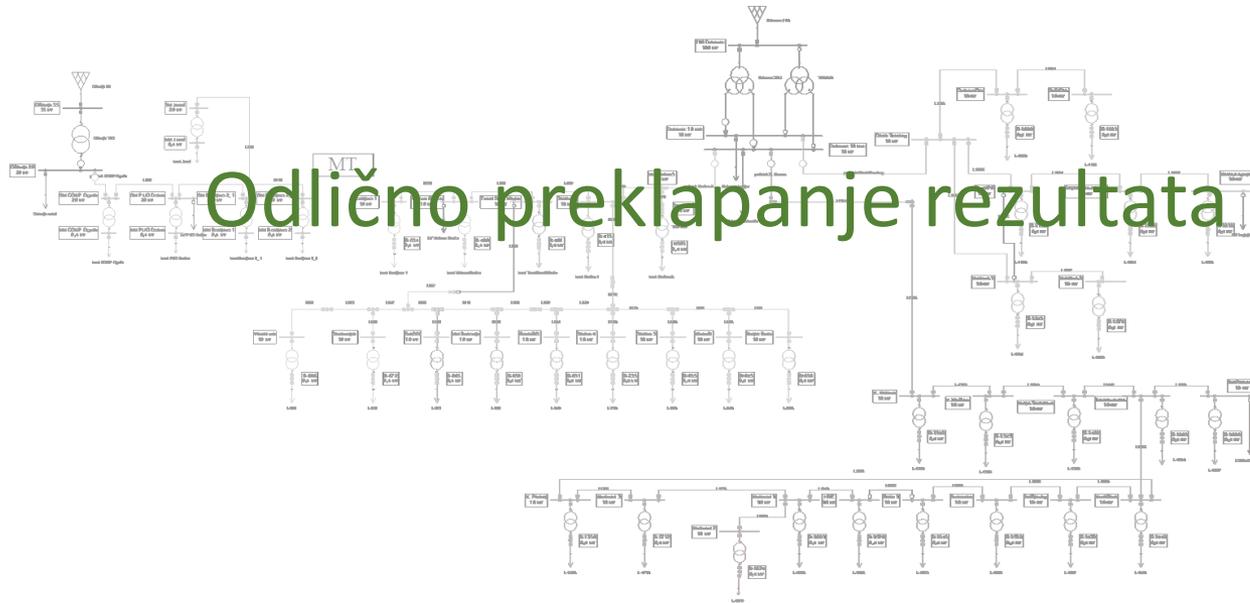


Kurelčeva - gradska



Analiza Case study 2

- Postojeće lokacije punionica
VS
optimalne lokacije punionica



- Dodana vrijednost algoritma – optimalni plan pogona ako postoji izvor el. energije na punionici

Zaključno

- Električni automobili imaju veliki potencijal
 - Fleksibilnost
 - Učinkovitost
 - Udobnost
- Potrebno pametno planirati infrastrukturu
 - Brze punionice i stanice za zamjenu baterija
 - Ograničenja transportnog sustava
 - Ograničenja energetskog sustava
- Distribucijski sustav Hrvatske
 - Podopterećen te ima kapaciteta prihvatiti na mnogo lokacija dodatni teret
- Pametnim punjenjem i spremnicima energije negativni utjecaj značajno smanjen

Što slijedi?

- EV-BASS – O projektu
Hrvoje Pandžić
- Kvantifikacija rizika u postizanju strateških ciljeva integracije električnih vozila
Tomislav Capuder
- Infrastruktura za električna vozila u distribucijskoj mreži Hrvatske
Ninoslav Holjevac
- **Pauza za kavu**
- **10:30 Agregator baterija električnih vozila**
Ivan Pavić
- **11:00 Laboratorijsko testiranje značajki litij-ionskih baterija**
Vedran Bobanac
- **11:30 Poboljšanje modela baterija na temelju laboratorijskih mjerenja**
Hrvoje Pandžić
- **12:00 Domjenak**

Publikacije

- I. Pavić, N. Holjevac, M. Zidar, I. Kuzle, and A. Nešković. Transportation and Power System Interdependency for Urban Fast Charging and Battery Swapping Stations in Croatia. MIPRO, Opatija, 2017.
- I. Pavić, T. Capuder, and I. Kuzle. Fast Charging Stations - Power and Ancillary Services Provision. PowerTech 2017.
- M. Zidar, I. Pavić, N. Holjevac, D. Jakšić, T. Radočaj, and I. Kuzle. Integracija infrastrukture za punjenje električnih vozila u distribucijsku mrežu Karlovca. HRO CIGRE, Šibenik, Croatia, 2017.





Hvala na pažnji!

University of Zagreb
Faculty of Electrical Engineering and Computing

www.fer.hr

Ninoslav Holjevac

ninoslav.holjevac@fer.hr