



www.unizg.hr



www.fsb.hr/acg



www.fsb.hr

O upravljanju električnim vozilima, sustavima e-mobilnosti i autonomnim vozilima

Sveučilište u Zagrebu

Fakultet strojarstva i brodogradnje

prof. dr. sc. Joško Deur

Elektromobilnost i autonomna vozila

Okrugli stol u organizaciji Znanstvenog vijeća za tehnološki razvoj
Hrvatske akademije znanosti i umjetnosti

Zagreb; 6. studenog, 2020.

Zahvala

Adaptive and Predictive Control of
Plug-in Hybrid Electric Vehicles
([ACHIEVE](#))



Qualifying and Implementing a user-centric
designed and Efficient electric vehicle
([QUIET](#))



Napredne metode i tehnologije u znanosti
o podacima i kooperativnim sustavima
([DATACROSS](#))



Safe Speed Anticipating for Encountering
Pedestrian Crossing ([PIBSS](#))



Smart Solutions supporting Low Emission
Zones and other low-carbon mobility
policies in EU cities ([SOLEZ](#))



Za doprinos u izradi prezentacije (abecednim redom):

mag. ing. **I. Cvok**, mag. ing. **F. Maletić**, dr. sc. **B. Škugor**, mag. ing. **J. Topić** ([FSB ACG](#))

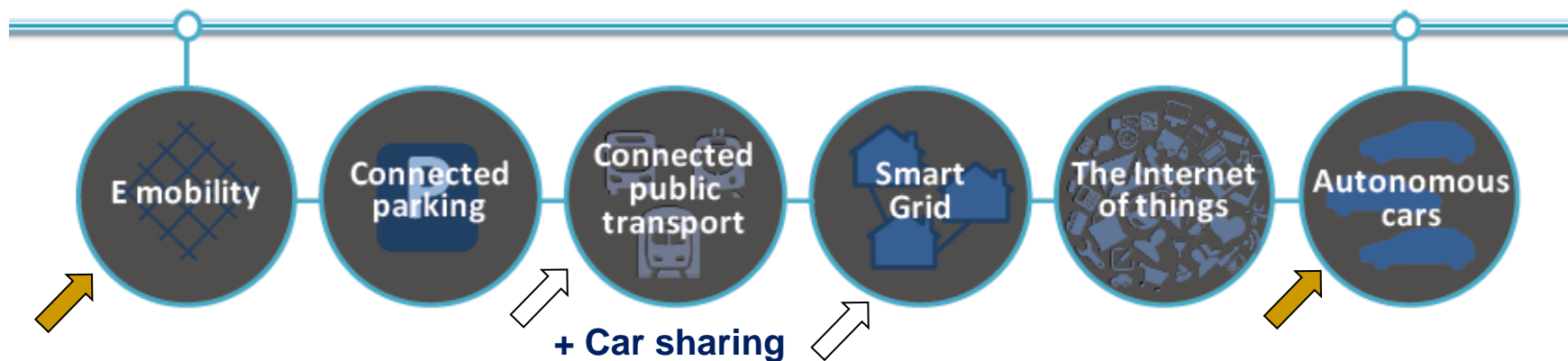
prof. dr. sc. **I. Petrović**, prof. dr. sc. **D. Žarko** (FER, Zagreb)

Umjesto uvoda - pametni gradovi i uloga EV i AV

➤ Temeljni pokazatelji udjela (velikih) gradova do 2025. g.



➤ Temeljne funkcionalnosti pametnih gradova



Source: *Zero Carbon Futures: „Smart Solutions for Sustainable Tomorrow”, e-Mobility conference, Zagreb, November 2015.*

Dio I:

Općenito o električnim vozilima i sustavima elektromobilnosti

Vrste električnih vozila (EV)



*Hibridno električno vozilo
(HEV)*



*Utično hibridno električno vozilo
(PHEV)*

EV evolucija



*Baterijsko električno vozilo
(BEV)*



*Električno vozilo proširenog dometa
(EREV)*

Tekuće stanje tržišta u EU

THE LEADERS

Europe's top-selling hybrids

| Model | Sales (Jan.-Aug. 2020) | % change (Jan.-Aug. 2019) |
|-------------------|------------------------|---------------------------|
| 1. Toyota Corolla | 73,300 | 13% |
| 2. Toyota C-HR | 45,665 | -20% |
| 3. Toyota RAV4 | 45,665 | -20% |
| 4. Toyota Yaris | 44,911 | -36% |
| 5. Kia Niro | 20,835 | -12% |
| 6. Hyundai Kona | 17,578 | New model |
| 7. Lexus UX | 9,844 | -1.6% |
| 8. Honda CR-V | 7,943 | -22% |
| 9. Toyota Prius+ | 7,442 | -0.5% |
| 10. Lexus NX | 7,174 | -29% |

Source: JATO Dynamics

THE LEADERS

Europe's top 5-selling plug-in hybrids, January-July

| Model | Sales |
|------------------------------|--------|
| 1. Mitsubishi Outlander PHEV | 16,211 |
| 2. Ford Kuga | 13,963 |
| 3. VW Passat GTE | 10,905 |
| 4. BMW 330e | 10,742 |
| 5. Volvo XC60 Recharge | 10,384 |
| 6. Volvo XC40 Recharge | 9,255 |
| 7. Volvo V60 Recharge | 9,012 |
| 8. Peugeot 3008 Hybrid4 | 8,276 |
| 9. Audi A3 | 7,292 |
| 10. BMW X5 xDrive45e | 7,048 |

Source: JATO Dynamics

Hibridno električno vozilo (HEV)

Utično hibridno električno vozilo (PHEV)

EV evolucija

THE LEADERS

The Renault Zoe helped the segment grow 34% in the half

| Model | Sales H1 2020 | % change H1 2019 |
|--------------------|---------------|------------------|
| 1. Renault Zoe | 36,573 | 53% |
| 2. Tesla Model 3 | 31,949 | -14% |
| 3. VW e-Golf | 17,535 | 39% |
| 4. Peugeot e-208 | 13,304 | New |
| 5. Nissan Leaf | 12,629 | -21% |
| 6. Audi e-tron | 12,449 | 90% |
| 7. Hyundai Kona EV | 11,414 | 2.2% |
| 8. Kia e-Niro | 8,455 | 38% |
| 9. BMW i3 | 8,339 | -47% |
| 10. VW e-Up | 7,298 | 509% |
| SEGMENT TOTAL | 217,495 | 34% |

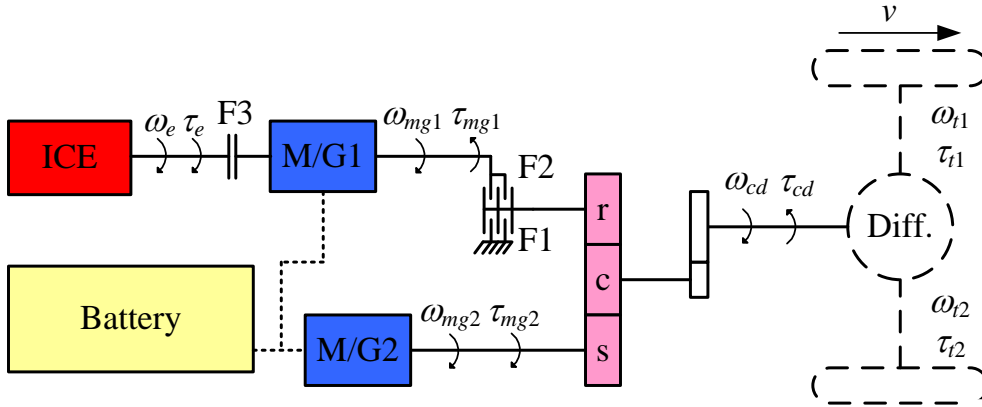
Source: JATO Dynamics

Baterijsko električno vozilo (BEV)

| Segment | Market share (segment / total sales) |
|--------------------------------------|--------------------------------------|
| HEVs 2020 up to Oct. | 335k / 8.4m ~3.9% |
| PHEV Q1-Q3 2020 | ~4.1% |
| BEV Q1-Q3 2020 | ~4.9% |
| BEV+PHEV, Q1-Q3 2020 | ~772k/8.472m --> ~9.1% |
| Toyota HEVs share, Q1-Q3 2020 | 62% (JATO Dynamics) |

"Toyota's command of the technology has pushed the hybrid share of its overall European sales to 62 percent, up from 20 percent in 2014, according to JATO. Sister brand Lexus counts on hybrids for 94 percent of its European sales."

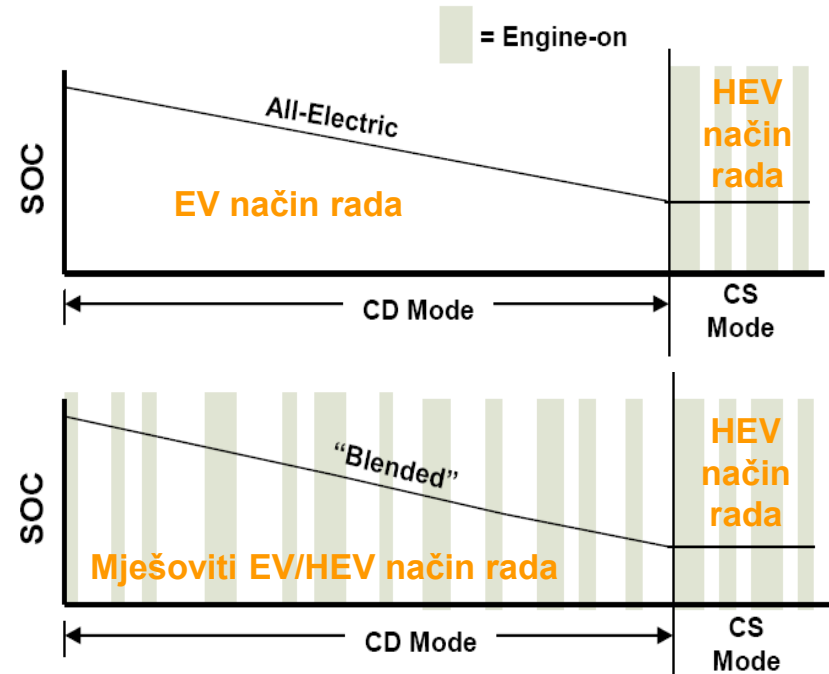
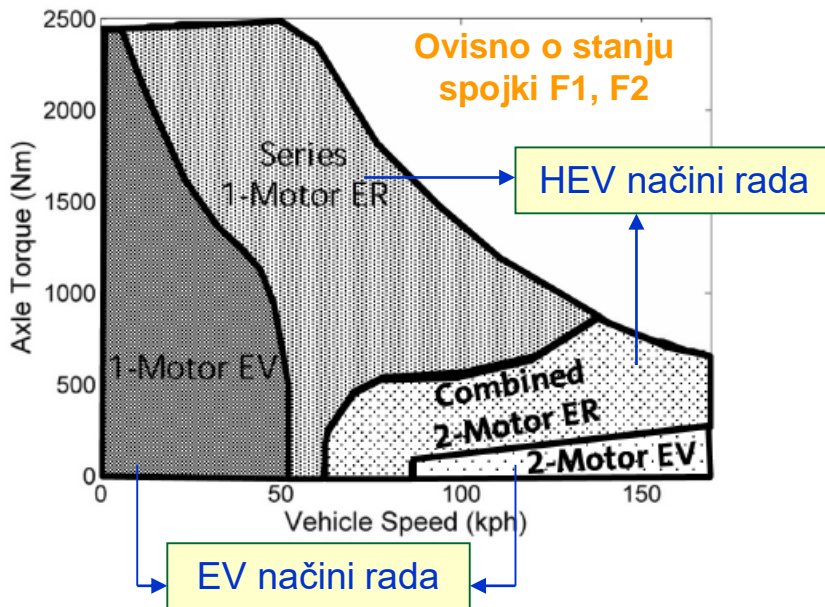
Načini rada EV (primjer EREV-a)



- 80km: EV
- 560km: HEV
- 16 kWh Li-Ion
- M/G2: 111 kW
- M/G1: 55 kW
- ICE: 64 kW

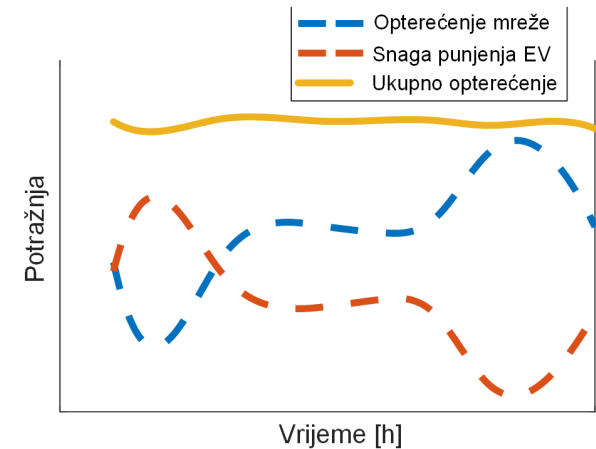


EREV: Chevrolet Volt/
Opel Ampera



Pametno punjenje EV

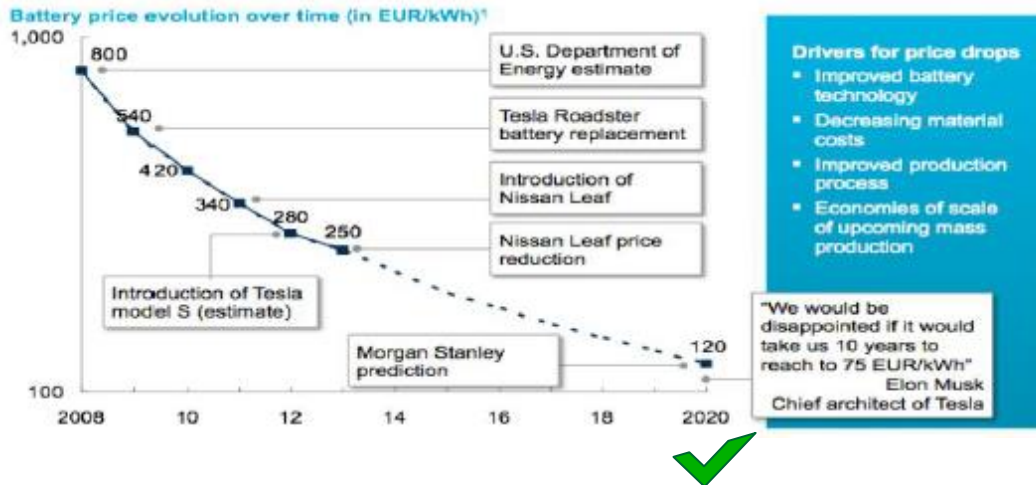
- **“Tupo”/neupravljanje punjenje.** Vozilo se puni na mrežu samim spajanjem. Veliki broj EV može **destabilizirati mrežu** (npr. ispad transformatorskih stanica i šire).
- **Noćno punjenje.** Punjenje se pomiče u noćne sate - **poravnanje opterećenja mreže.** EV umjesto ugroze postaju prilika za mrežu (npr. smanjenje rezerve/kapacitiranosti).
- **Pametno punjenje. Umreženi sustav** s više dionika gdje se **predviđa** potrošnja i cijene električne energije, proizvodnja iz obnovljivih izvora energije (OIE), vrijeme spajanja EV i donos SoC-a mrežu itd., te se **optimalno i prediktivno upravlja** punjenjem EV.
- **V2G koncept (vozila na mreži).** EV, koji je u preko 90% vremena parkiran, ima mogućnost te dopušta pražnjenje baterije u mrežu (**dvosmjerni tok energije**). Ovo osigurava **dodatne prednosti** poravnanja opterećenja mreže, iskorištenja potencijala OIE, stabilizacije mreže (regulacija frekvencije i napona), besprekidnog napajanja i sl. Zauzvrat se dobiva **popust na cijenu energije** za punjenje.



Prednosti električnih vozila (BEV)

- Virtualno nula emisija CO₂ i štetnih plinova
- 5-10 puta manji trošak za energiju (prosječna ušteda od 1000 – 1500 EUR/god.) i 50% manji troškovi održavanja
- Potpora elektroenergetskom sustavu
- Smanjena razina buke, posebno na malim brzinama
- Brži odziv pogona – zadovoljstvo dinamične vožnje
- Viši stupanj dinamičke stabilnosti vozila, zbog bolje raspoređene mase i nižeg težišta (baterija)
- Viši stupanj komfora: npr. hlađenje ili grijanje vozila dok je parkirano, energijom iz mreže (ne baterije)
- Visok stupanj informatizacije i konektivnosti

Otklanjanje nedostataka BEV (domet, cijena, vrijeme punjenja)



Chevrolet Bolt: 55 Pre-Production Cars Made And Exceeding 200 Mile Range Target (2015)

- 300+ km range (EPA): 2016 – 2018, \$ 30 – 40k

→ 2020, Chevrolet Bolt 400+ km (EPA) ✓

FEV luxury cars ("Tesla fighters") (2015) (2020)

- Audi R8 e-tron, 2016, 450 km, 92 kWh; → discontinued
- Audi Q6 e-SUV → Audi e-Tron 55 quattro, 436 km (WLTP)
- BMW i5, 2019 → i5 cancelled? iX3 in 2021, 460 km (WLTP)
- Jaguar (SUV) → I-Pace since 2018, 470 km (WLTP)
- Landrover → After 2021
- Porsche 717 → Taycan launched in 2020, 495 km (WLTP)
- Volkswagen (500 km range by 2020) → ID.3 launched in 2020, 550 km (WLTP) ✓

Audi says its E-tron Quattro, planned for 2018, will be able to charge at 150 kW, and Porsche says its Mission-E concept can handle 300 kW (Tesla's Superchargers, the fastest publicly available today, deliver up to 135 kW at some locations).



... Porsche Taycan omogućava i snagu punjenja od 350 kW (do 80%)

„There's a **cost gap** of about \$12,000 between electric vehicles and internal-combustion-engine vehicles today (small to mid-size car segments). Our analysis shows that EVs have potential to reach **cost parity by around 2025.**"

McKinsey & Company 2019

Punionice

➤ Mod 3

- AC;
- 250 V jednofazno, 480V trofazno;
- 63A (44 kW);
- Sporo ili brzo punjenje;
- Specijalne utičnica na strani punionice i punjača
- Punjač na vozilu



IEC61851-1 (MODE 3)



Priključak TIP 2



AC



Priključak TIP 1



DC



➤ Mod 4

- DC;
- 1000 V; 400A (tipično 125A);
- Brzo punjenje;
- Specijalne utičnica na strani punionice i punjača
- Punjač u punionici



IEC61851-1 (MODE 4)

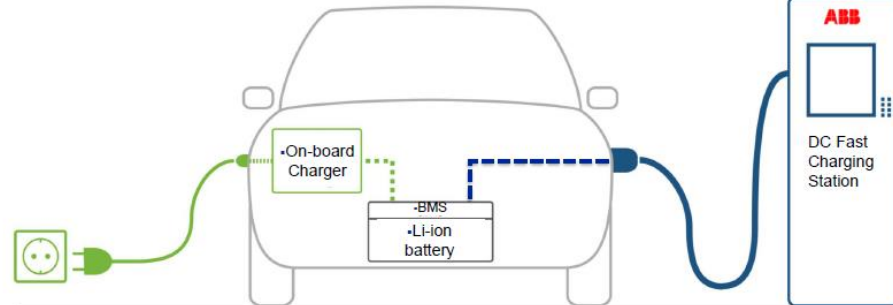


CHAdeMO



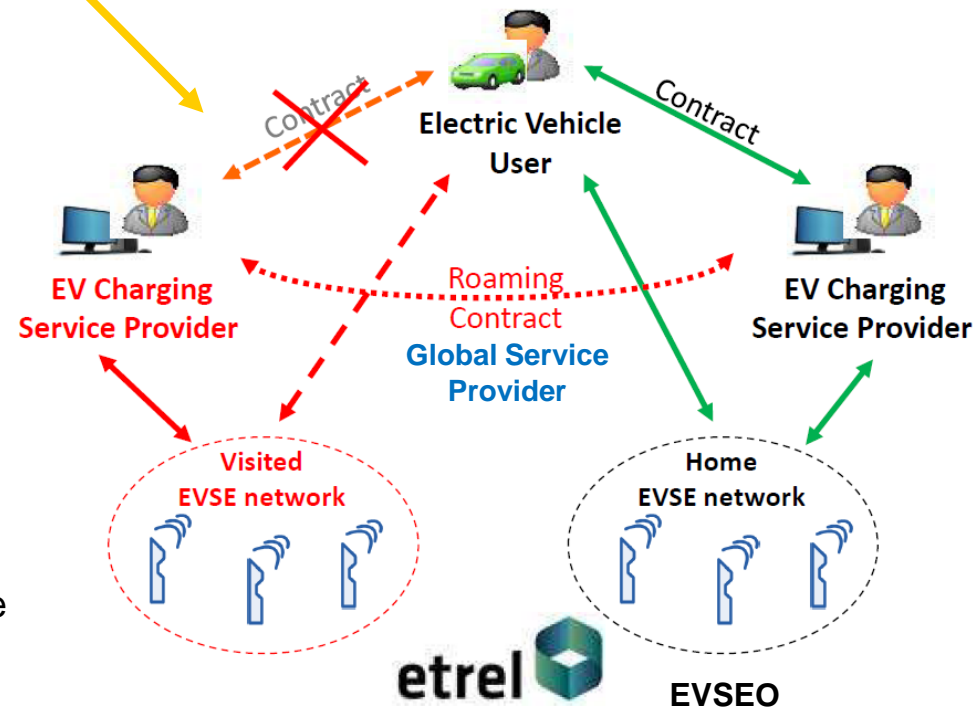
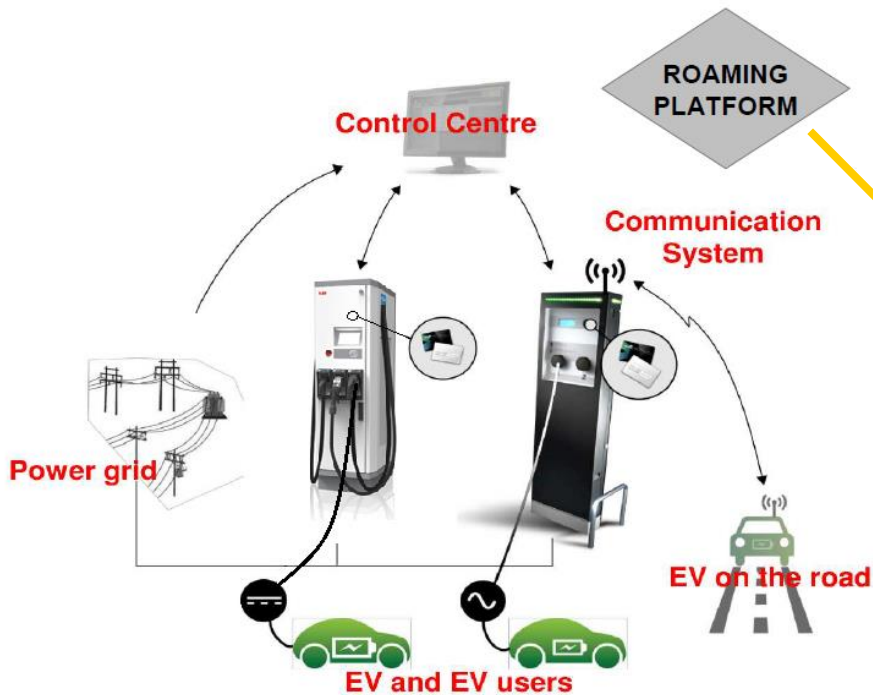
AC Charging
120 V / 240 V

DC Charging
480 V



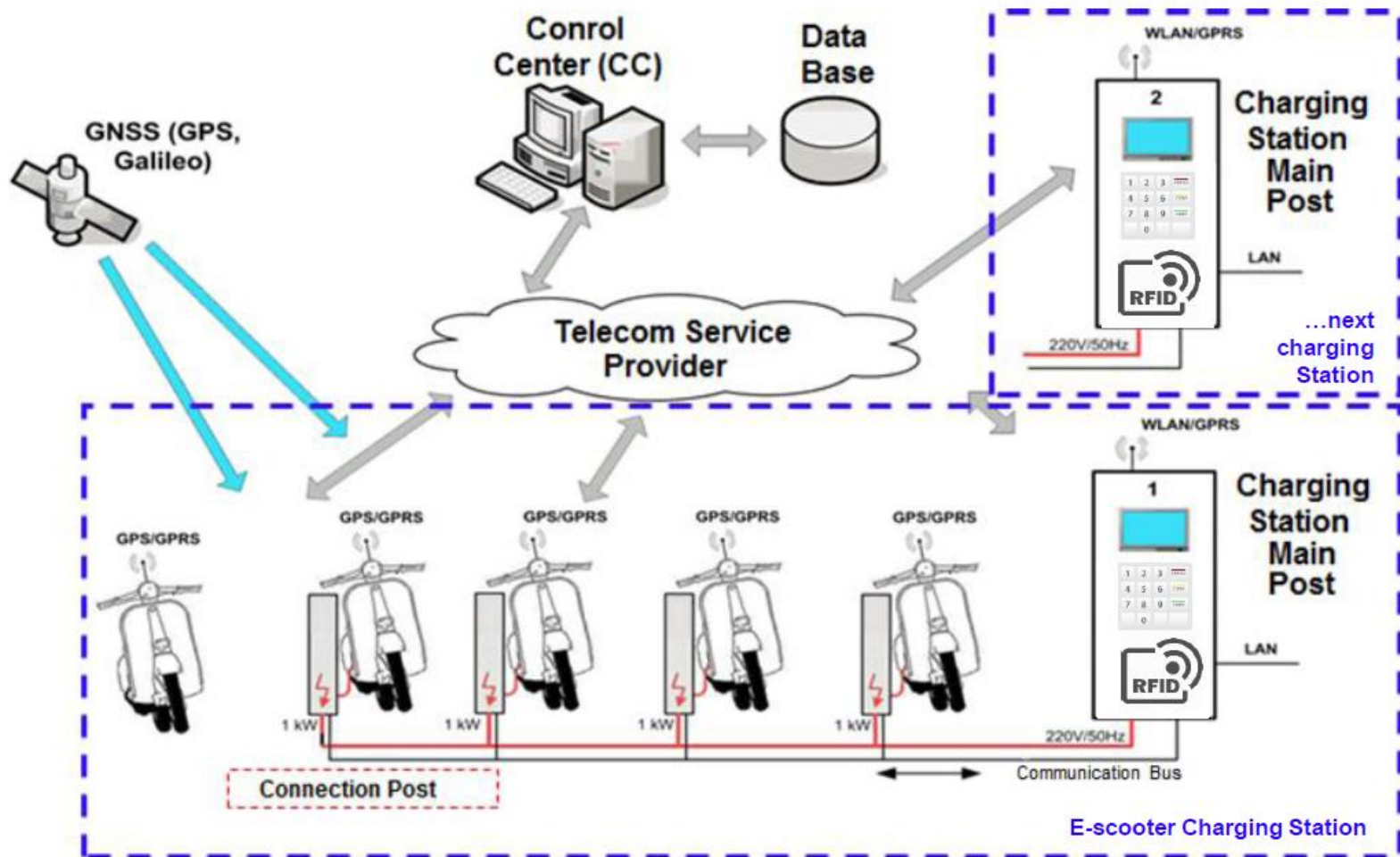
Interoperabilnost

- Pojednostavljeni prikaz odnosa u sustavu uklj. roaming opciju
- Mogući dodatni akteri u kompleksnijim sustavima: npr. Global Service Provider (GSP) preko kojeg se vežu odnosi više davatelja usluga punjenja (EVCSP) i operatora punionica (EVSEO) putem npr. OCPI protokola.



- Više aktera u sustavu – potreba za interoperabilnošću uklj. standardizaciju
- EV registracija i prijava za punjenje (front-end)
- Konzultiranje tarifa el. energije i pametno punjenje
- Naplata (izravna ili roaming) – back-end

Sustavi dijeljenja EV



Primjer: Sustav dijeljenja e-mopeda (GreenGo Dubrovnik)

Dio II:

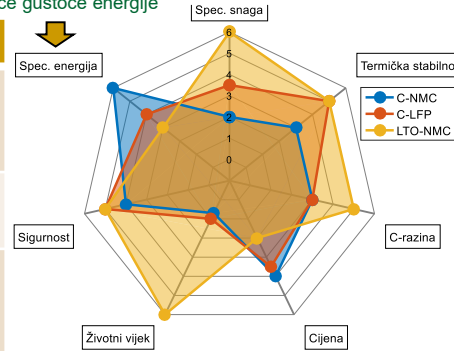
**O ključnim komponentama i
sustavima električnih vozila i
elektromobilnosti s naglaskom na
upravljanje**

Litij-ionske baterije električnih vozila

Najčešći tipovi litijevih baterija

| Katoda | Anoda | Oznaka | Primjena |
|----------------------------|--------------|----------------|-------------------------------|
| Nikal-mangan-kobalt-oksidi | Grafit | C-NMC | Putnička EV šire namjene |
| Željezo-fosfat-oksidi | Grafit | C-LFP | Sportska i teretna EV |
| Nikal-mangan-kobalt-oksidi | Titan-oksidi | LTO-NMC | Teretna EV specijalne namjene |

NMC ipak sve dominantniji godina zbog najveće gustoće energije

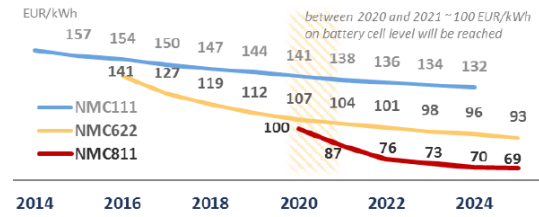
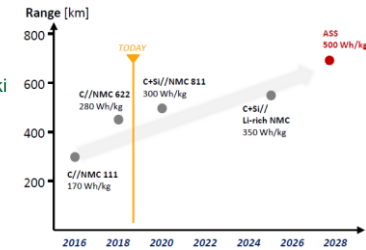


Trendovi:

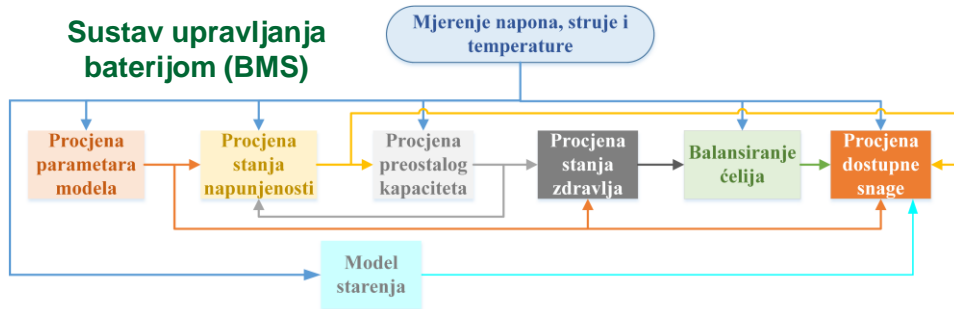
- Nastavak razvoja NMC kemija -> smanjenje udjela kobalta (cijena, etički upitan lanac nabave – 90% iz Konga)
- Anoda ojačana silicijem

Budućnost:

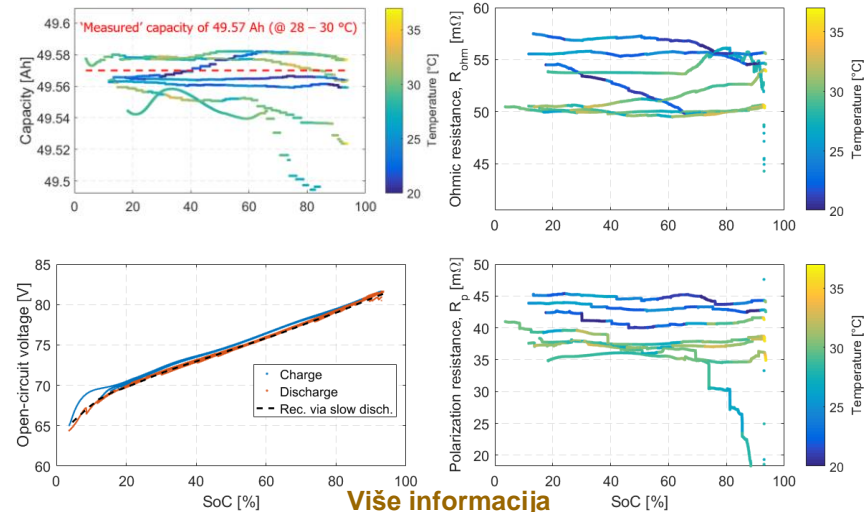
- All-solid-state (ASS) baterija – čvrsti elektrolit (performance, sigurnost)



Sustav upravljanja baterijom (BMS)



Estimacija stanja i parametara modela baterije električnog mopeda (4,1 kWh, 72 V)



[Više informacija](#)

Balansiranje ćelija: izjednačavanje naboja u ćelijama unutar baterijskog paketa: višak energije se disipira (pasivno balansiranje) ili prosljeđuje u slabije napunjene ćelije (aktivno balansiranje).

Estimatori: pouzdana procjena stanja napunjenosti u svakoj radnoj točki, praćenje starenja kroz estimate otpora i kapaciteta

Model starenja: omogućava upravljanje baterijom na optimalan način u smislu pružanja maksimalnih performansi uz očuvanje zdravlja baterije

Procjena dostupne snage: informacija nadređenom sustavu upravljanja o snazi koju baterija može isporučiti

Trendovi u razvoju i primjeni elektromotora i pretvarača za elektromobilnost

Trenutno stanje

- **Dominira IPM** (Interior permanent magnet) motor
- P: visoka gustoća momenta i korisnost, momentna karakteristika pogodna za vuču (visok početni moment, široko područje konstantne snage)
- N: visoka i nestalna cijena magneta na bazi rijetkih zemalja (dominacija Kine kao glavnog svjetskog proizvođača – 84% [1])
- **Alternativno rješenje: asinkroni motor** (Tesla S) – lijevani bakreni kavez, vodeno hlađenje statora i rotora
- P: niža proizvodna cijena, robusnost
- N: gubici i odvod topline iz rotora, niža korisnost



M
o
t
o
r

Trendovi razvoja

- **Motori s jeftinijim magnetima** koji nisu na bazi rijetkih zemalja (feritni magneti)
- **Motori bez magneta:** prekidačko-reluktantni (SRM), sinkroni reluktantni (SynRM)
- **Povećanje maks. brzine vrtnje** ($>18000 \text{ min}^{-1}$) – problem mehaničkih napreznja
- **Sinkroni motor s namotanim rotorom**

Feritni IPM [3]



- P: dostupnost i niska cijena magneta
- N: niska remanencija magneta -> veći volumen magneta, manja gustoća momenta motora

SRM [4]



- P: robusan rotor pogodan za velike brzine vrtnje, jeftin i jednostavan za izradu
- N: komplicirano upravljanje, posebna izvedba pretvarača, buka, valovitost momenta

- SynRM



- P: niska proizvodna cijena, stator i pretvarač isti kao za IPM
- N: nizak faktor snage (veća struja pretvarača), manja gustoća momenta (veći volumen i masa motora), meh. napreznja rotora na maks. brzini

[1] U.S. Geological Survey, 2014 Mineral Yearbook, <http://www.usgs.gov/>.
 [2] David Staton, Challenges and Practical Solutions for EV Traction Motor Design, CoilTech, September 2017, Pordenone, Italy
 [3] M. Kimiabeigi, J. D. et al. Selection of Rotor Support Material for a Ferrite Magnet Spoke Type Traction Motor, IEMDC 2015, USA
 [4] J. W. Jiang, et al., Three-phase 24/16 switched reluctance machine for a hybrid electric powertrain, IEEE Trans. on Transp. Electrifi., 3(1), 2017.
 [5] Thomas M. Jahns and Bulent Sarlioglu, The Incredible Shrinking Motor Drive, IEEE Power Electronics Magazine, September 2020

P
r
e
t
v
a
r
a
č

- Poluvodičke sklopke na bazi silicija (najčešće **IGBT** – Insulated Gate Bipolar Transistor)
- Trofazni autonomni **izmjenjivač s naponskim ulazom** (VSI – Voltage Source Inverter)
- **Motor i pretvarač u odvojenim kućištima** povezanim kabelima ili je pretvarač montiran neposredno uz motor bez vanjskih spojnih kabela (npr. Nissan Leaf, BMW i3) **sa zasebnim ili povezanim sustavima hlađenja**

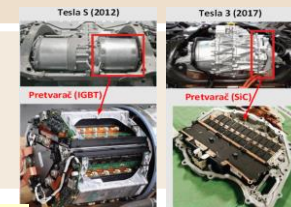
- **Poluvodičke sklopke na bazi SiC**

P: za red veličine veća sklopna frekvencija nego IGBT, manji gubici motora, manje dimenzije izlaznog filtra, manje dimenzije pretvarača

N: povećana napreznja izolacije motora zbog vrlo brzih impulsa napona, ležajne struje, elektromagnetska interferencija (EMI)

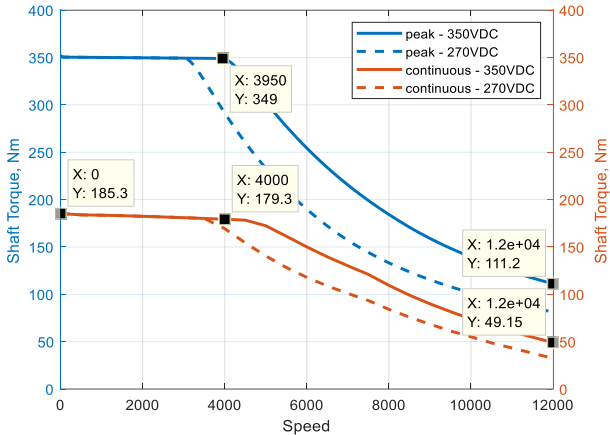
- **Integracija motora i pretvarača u zajedničko kućište** [5]

P: smanjena uk. masa i dimenzije, zajednički sustav hlađenja, eliminacija kabela između motora i pretvarača, moguće povećanje broja faza motora i pretvarača (veća tolerancija na kvar)

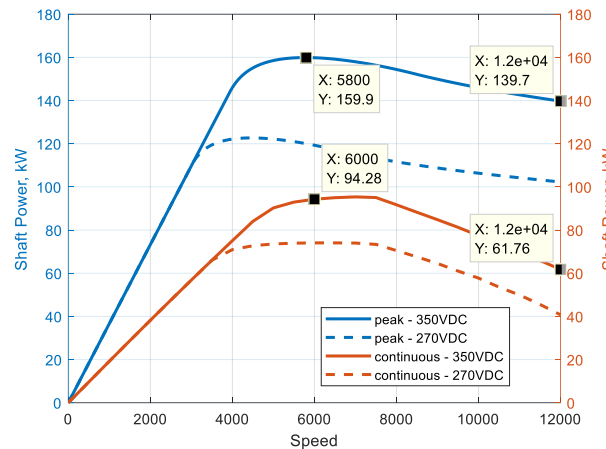


Elektromotor s permanentnim magnetima za pogon električnog automobila

Izračunata karakteristika momenta



Izračunata karakteristika mehaničke snage



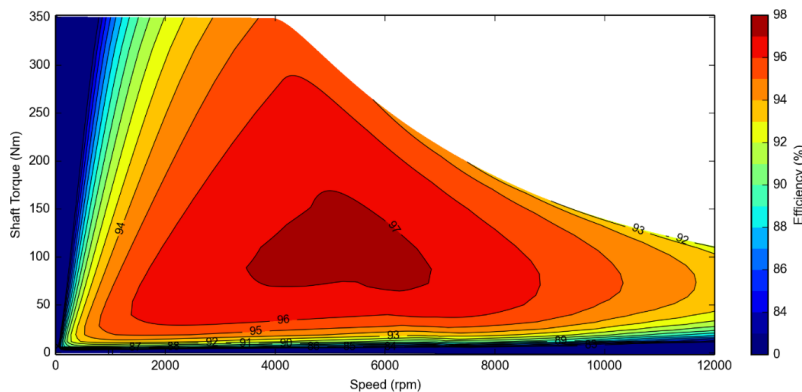
Podaci motora na 350 VDC:

- Kratkotrajna vršna snaga ≥ 150 kW
- Trajna vršna snaga ≥ 80 kW
- Kratkotrajni vršni moment ≥ 350 Nm
- Ukupna masa ≤ 50 kg
- Maksimalna brzina = 12000 min^{-1}

Projektni izazovi:

- visoka gustoća momenta
- niska ukupna masa motora sa što nižim masenim udjelom magneta
- odvod topline iz namota i magneta
- mehanička naprežanja u rotoru
- postizanje traženog minimalnog momenta i snage na 12000 min^{-1}

Mape korisnosti



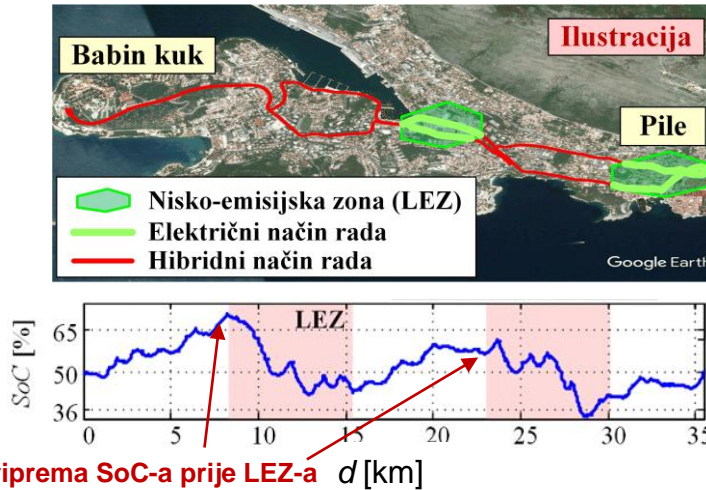
Prototip



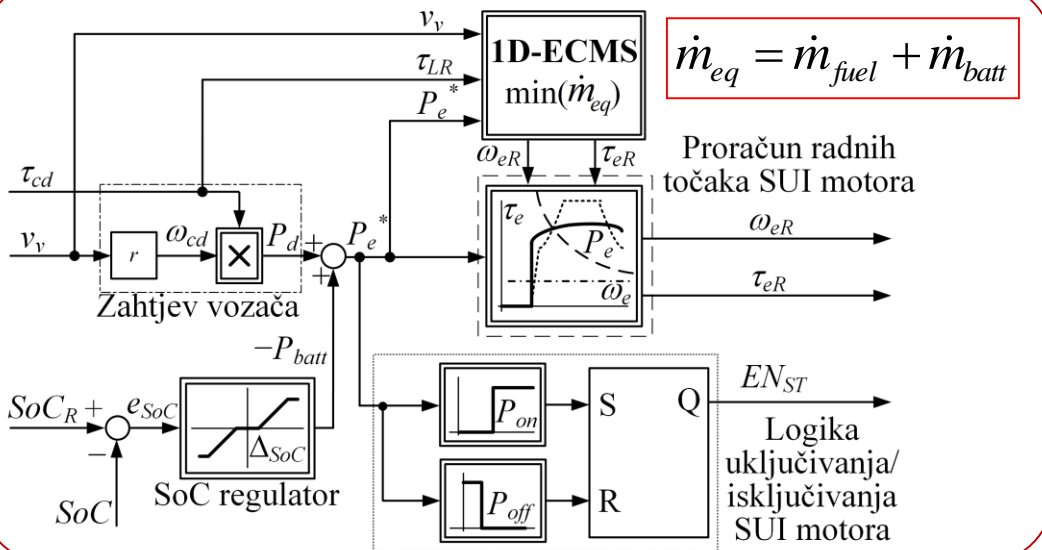
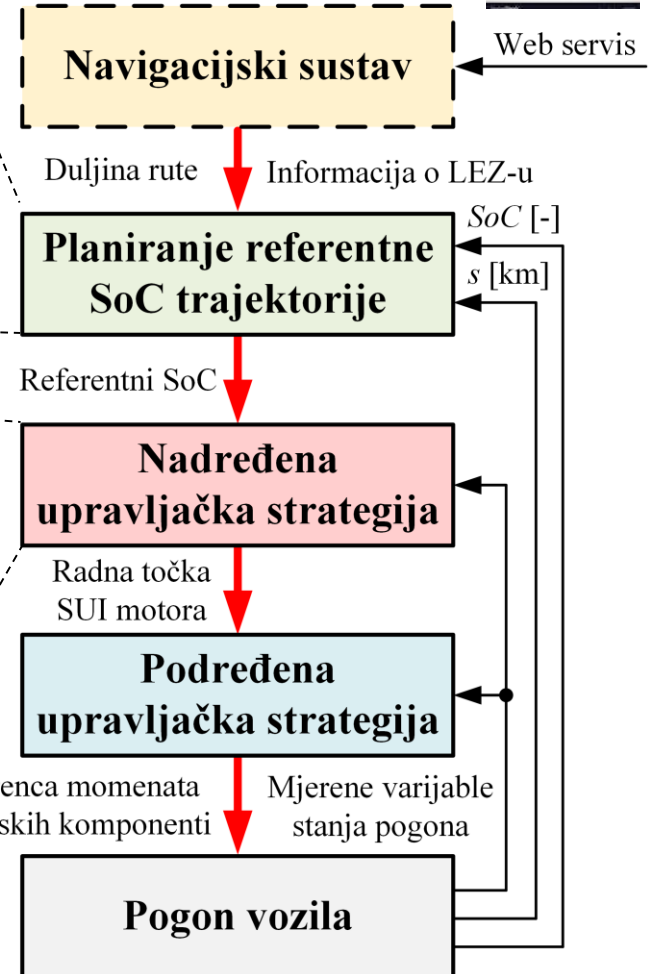
Upravljanje hibridnim pogonom

LEZ = Low Emission Zone; slično vrijedi za značajne NF varijacije nagiba ceste.

Uz poznavanje rute unaprijed, referentna trajektorija SoC-a za **PHEV** može se optimalno odrediti te tako postići značajne uštede u potrošnji goriva

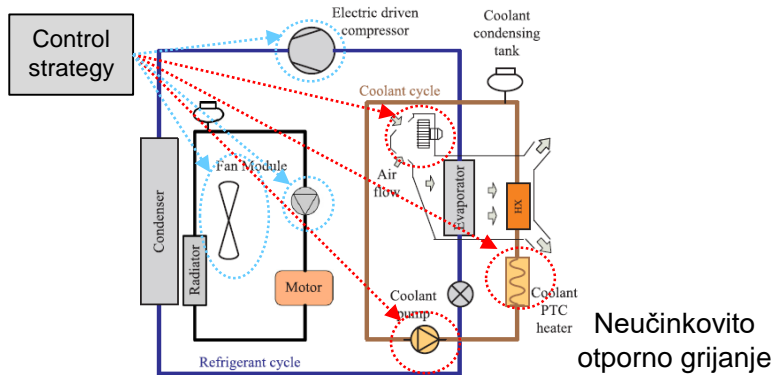


Destinacija

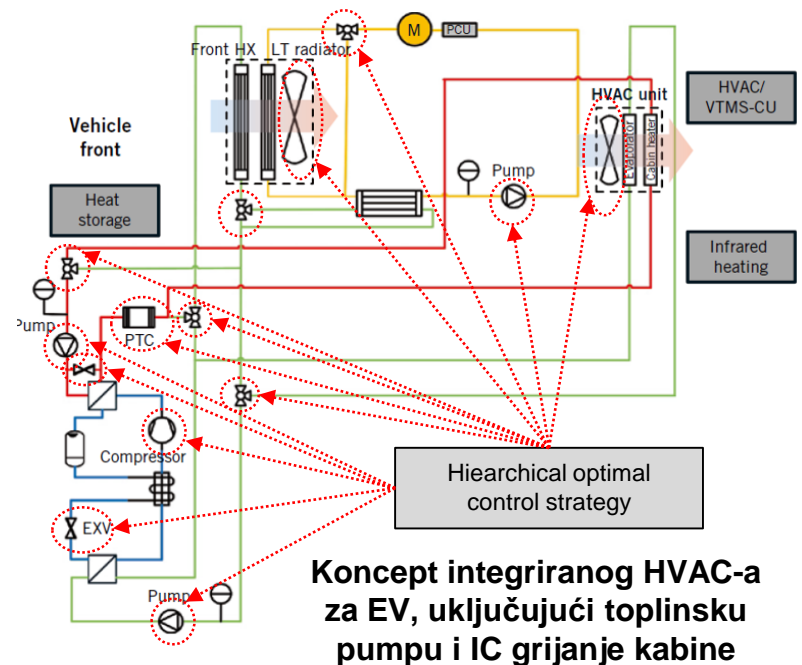
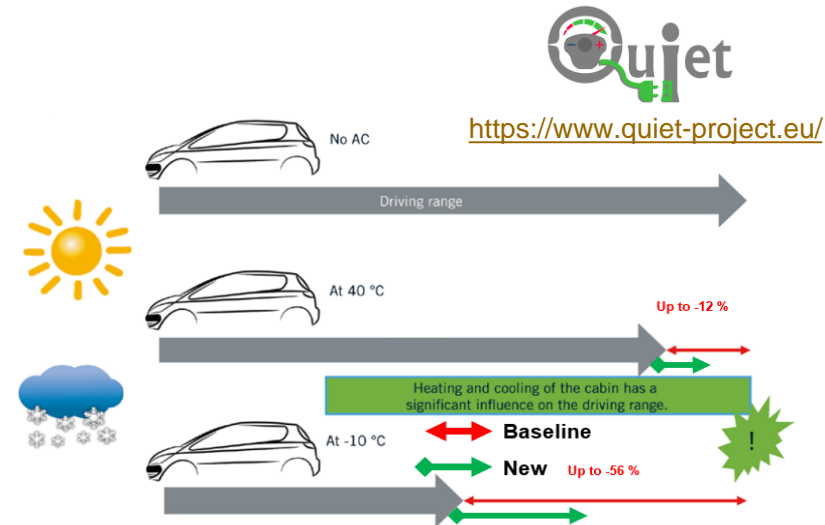


KGH (HVAC) sustavi EV

- HVAC je najveći sporedni potrošač u EV → smanjenje dometa u ekstremnim uvjetima.
- Novi, kompleksniji sustavi temeljeni na integriranom hlađenju (A/C) i grijanju (dizalica topline) imaju cilj povećati učinkovitost, a time i domet BEV-a uz zadržavanje ili poboljšanje termalne ugone.
- Dodatni stupnjevi slobode upravljanja u novim HVAC sustavima zahtijevaju optimalnu koordinaciju redundantnih aktuatora.
- Pogodno za primjenu naprednih metoda upravljanja.
- Uključena integracija s hlađenjem pogona i baterija.



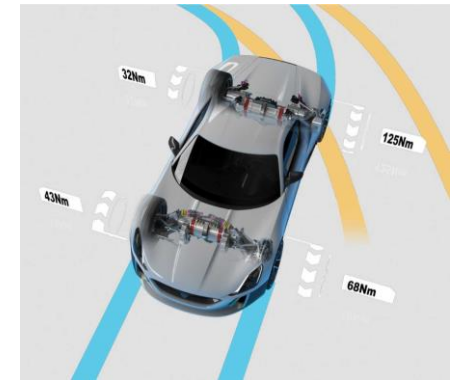
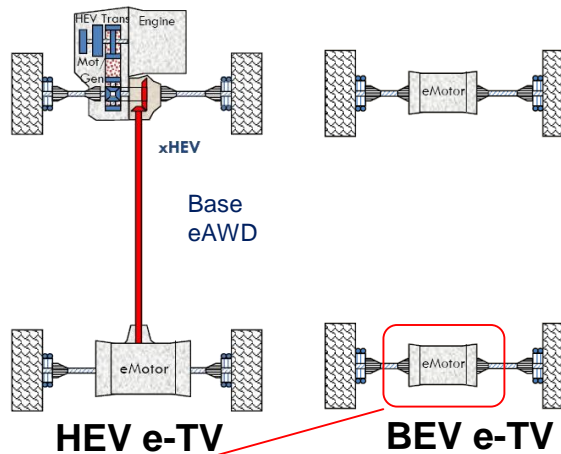
Konvencionalni sustav grijanja i hlađenja BEV vozila



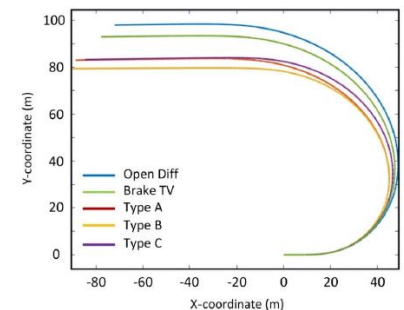
Koncept integriranog HVAC-a za EV, uključujući toplinsku pumpu i IC grijanje kabine

Upravljanje dinamikom EV (e-TV sustavi)

- e-Torque Vectoring (e-TV) distribuira moment na kotačima s ciljem zadržavanja željene putanje pri skretanju.
- Optimalna distribucija momenta povećava sigurnost i stabilnost pri skretanju te kritičnim maneuvrima, npr. dvostruka promjena trake.
- e-TV može biti ugrađen u HEV.
- Kod BEV-a postoji više izvedbi. Nezavisnim pogonjenjem sva četiri kotača moguće je postići proizvoljnu distribuciju momenata na kotačima.



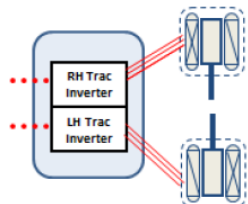
BEV e-TV



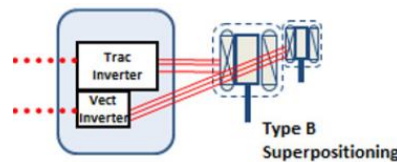
Performanse različitih e-TV konfiguracija pri skretanju

Jiang, H. "Electric Torque Vectoring (eTV) for an Electrified Vehicle", VDI Transmission Congress, 2019.

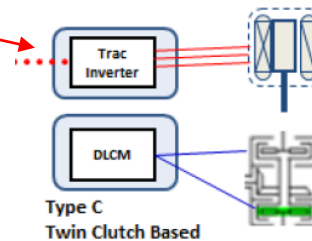
e-TV konfiguracije



Type A – dva zasebno upravljanja EM



Type B – Superponirani pogonski EM i vectoring EM povezani dodatnim planetarnim prijenosnikom



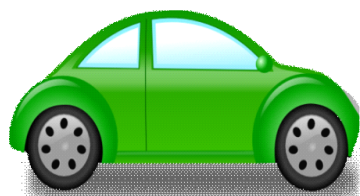
Type C – Pogonski EM s torque vectoring diferencijalnom

Nadogradnja sustava praćenja za EV

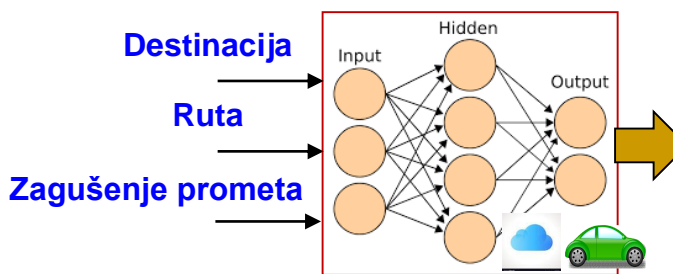
- Vozila u flotama su uobičajeno opremljena **GPS/CAN/GPRS** sustavima za praćenje gibanja i stanja pogona vozila.
- Postojeće telemetrijske sustave praćenja potrebno je unaprijediti za slučaj **flota električnih vozila** (zbog limitiranog dometa, potrebe za punjenjem)



STM telemetrijski modul za praćenje vozila i SkyTrack sustav praćenja tvrtke Artronic, Zagreb



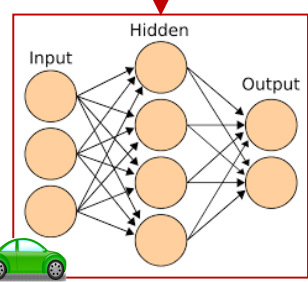
Standardno mjereni GPS i CAN podaci



| | V_1 | V_2 | ... | V_{i-1} | V_i |
|-----------|-------------|-------------|-----|---------------|-------------|
| V_1 | $n_{1,1}$ | $n_{1,2}$ | ... | $n_{1,i-1}$ | $n_{1,N}$ |
| V_2 | $n_{2,1}$ | $n_{2,2}$ | ... | $n_{2,i-1}$ | $n_{2,N}$ |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| V_{i-1} | $n_{i-1,1}$ | $n_{i-1,2}$ | ... | $n_{i-1,i-1}$ | $n_{i-1,i}$ |
| V_i | $n_{i,1}$ | $n_{i,2}$ | ... | $n_{i,i-1}$ | $n_{i,i}$ |

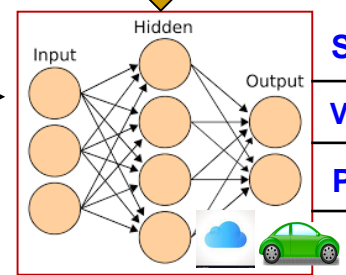
Predviđanje karakteristika vožnje u formi matrice prijelaza između stanja

Izvođenje modela na jedinici praćenja (ili u oblaku)



Velika količina snimljenih podataka omogućava korištenje naprednih alata umjetne inteligencije.

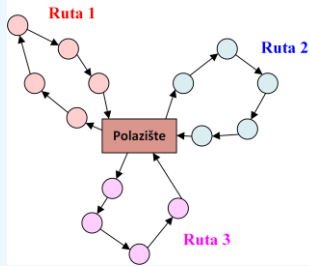
Estimat mase vozila (za potrebe nadzora i upravljanja)



SoC na destinaciji
Vrijeme na destinaciji
Potrošnja goriva

Više informacija

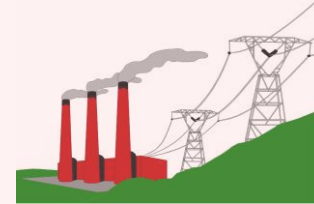
Optimalno punjenje flote električnih vozila



Optimalno rutiranje i praćenje vozila – predviđanje vremena dolaska i SoC-a na destinaciji



Predviđanje interne potrošnje el. energije

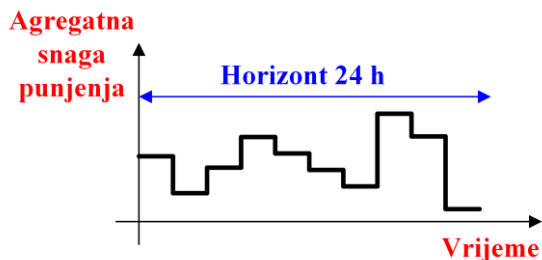


Predviđanje cijene el. energije; ograničenja mreže



Predviđanje proizvodnje el. energije iz OIE

Raspodjela trenutne agregatne snage po pojedinačnim vozilima



OPTIMIRANJE PUNJENJA (na pomičnom horizontu)

Cilj: minimiziranje troškova električne energije iz mreže

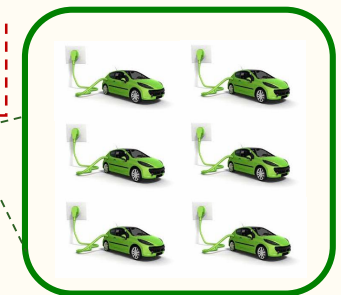
$$J = \sum_{k=0}^{N_t-1} F(\mathbf{x}_{k+1}, \mathbf{u}_k, k)$$

$$\mathbf{x}_{k+1} = \mathbf{f}(\mathbf{x}_k, \mathbf{u}_k, k)$$

Optimiranje se provodi temeljem agregatnog modela flote

$$\mathbf{u}_{\min} \leq \mathbf{u}_k \leq \mathbf{u}_{\max}$$

$$\mathbf{x}_{\min} \leq \mathbf{x}_k \leq \mathbf{x}_{\max}$$



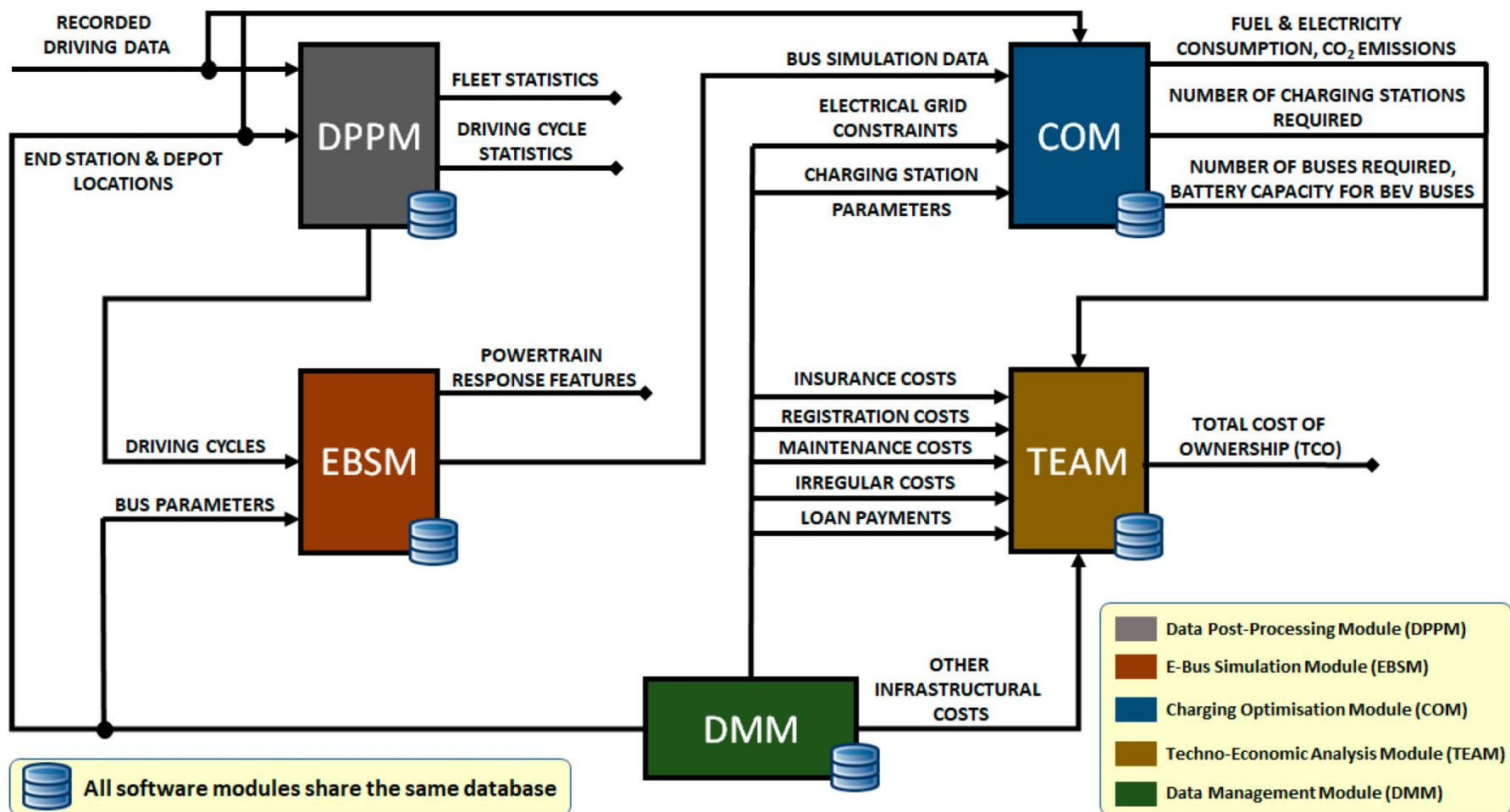
Trenutni SoC vozila (mjerjenje)



Planiranje elektrifikacije transportnog sustava

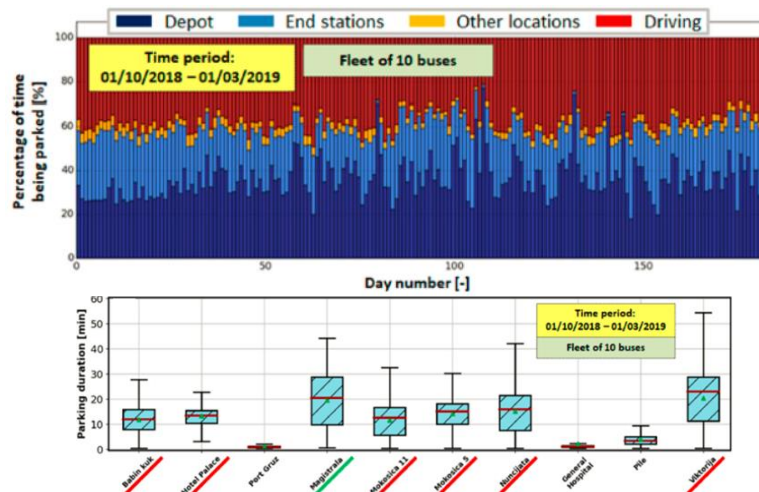
- Ilustracija strukture softverske aplikacije razvijene u sklopu SOLEZ projekta

[Za više informacija](#)

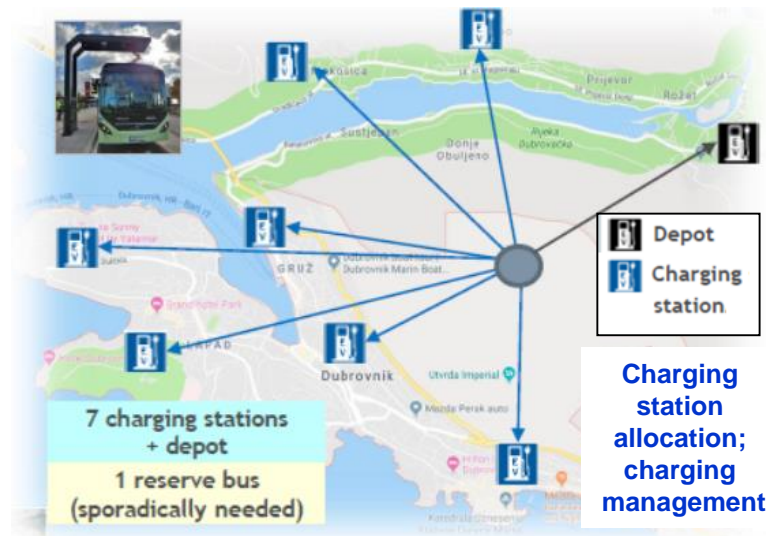


Rezultati planiranja elektrifikacije gradskog autobusnog prijevoza u Dubrovniku

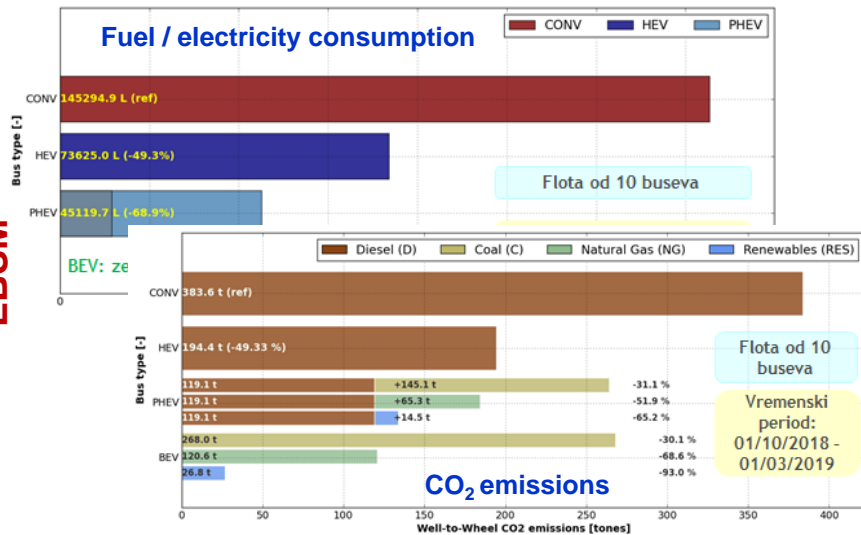
DPPM



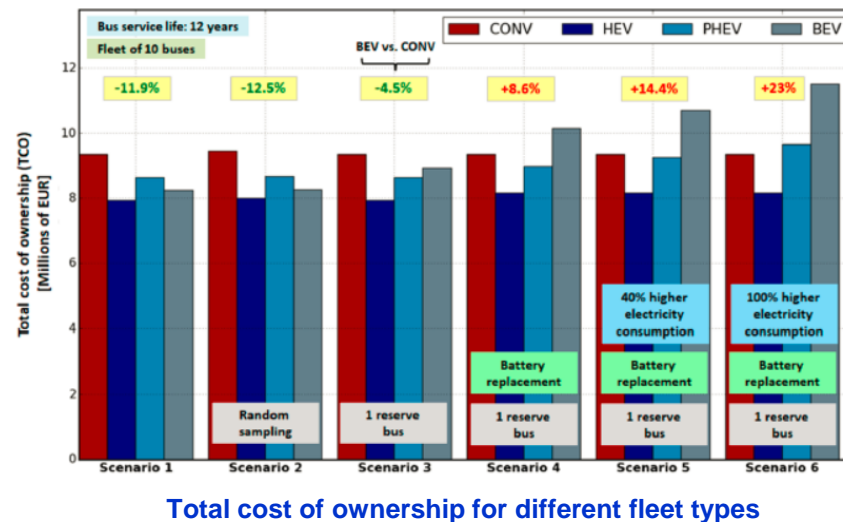
COM



EBSM



TEAM



Dio III:

O osnovama autonomnih vozila s naglaskom na sustave upravljanja

Autonomna vozila (AV) - uvodno

Razine (LVL) autonomnih vozila prema SAE

0 – Nema autonomije



Nema autonomnih funkcionalnosti, samo upozorenja

1 – DAS



Autonomno bočno (centriranje u traci) **iii** uzdužno kretanje (adaptivni tempomat)

2 – Djelomična autonomija



Autonomno bočno (centriranje u traci) **i** uzdužno kretanje (adaptivni tempomat)

3 – Uvjetna autonomija



Autonomna vožnja u **pojedinih uvjetima** pod nadzorom vozača

4 – Visoka autonomija

2020-2030



Autonomna vožnja u **pojedinih uvjetima** bez nadzora vozača (trenutno u fazi testiranja)

5 – Puna autonomija



Autonomna vožnja u **svim uvjetima** bez potrebe za vozačem

SOURCE: SAE International

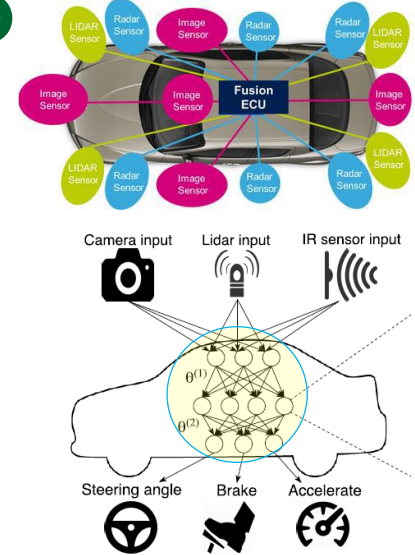
BUSINESS INSIDER

- Osim razvoja samog vozila, ključan je i razvoj infrastrukture.

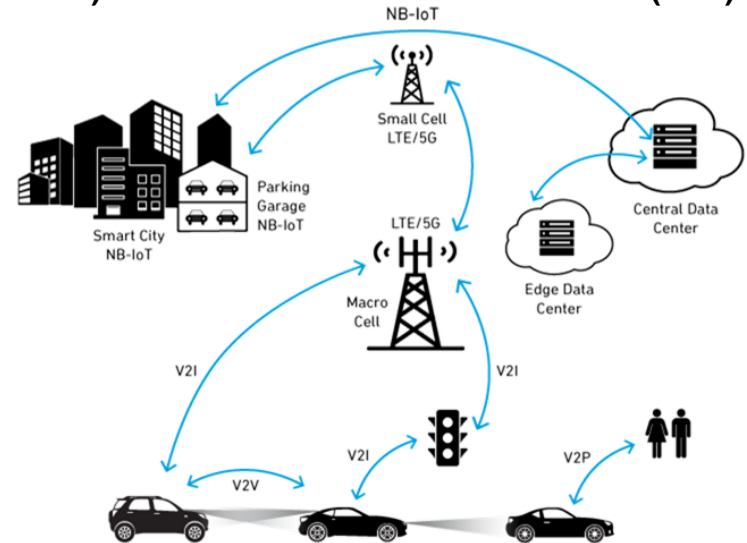


CAV only lanes – Michigan: Rješenje za LVL 4?

- Srž autonomije je **fuzija senzora** percepcije okoline i **umjetna inteligencija** koja zamjenjuje vozača.



Te, napredna komunikacija vozila s okolinom (C-V2X) → Connected Autonomous Vehicle (CAV)



SafeTRAM - Sustav za povećanje sigurnosti vožnje javnog urbanog tračničkog prometa

- ERDF - IRI projekt (10/2016-12/2020)
 - Korisnik: KONČAR - Institut za elektrotehniku d.d.
 - Partner: FER
- Ciljane funkcije:
 - **Vizualna lokalizacija** tramvaja visoke točnosti
 - **upozorenje na sudar** - podrška vozačima tramvaja u kritičnim situacijama
 - **automatsko usporavanje ili automatsko kočenje tramvaja u kritičnim situacijama** (u slučaju da vozač ne reagira na upozorenje)

SAFETRAM)))

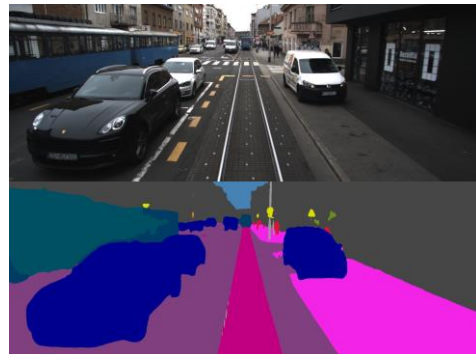
Kamere

Radari



Semantička segmentacija objekata u sceni

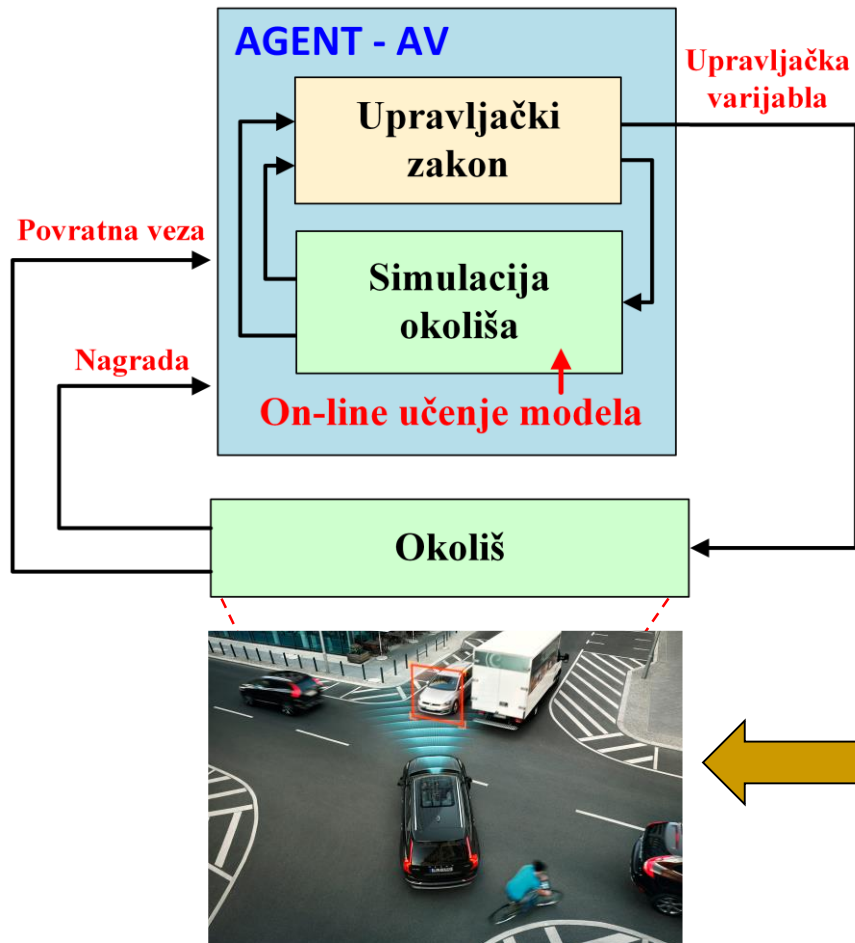
Predikcije trajektorije tramvaja na tračnice



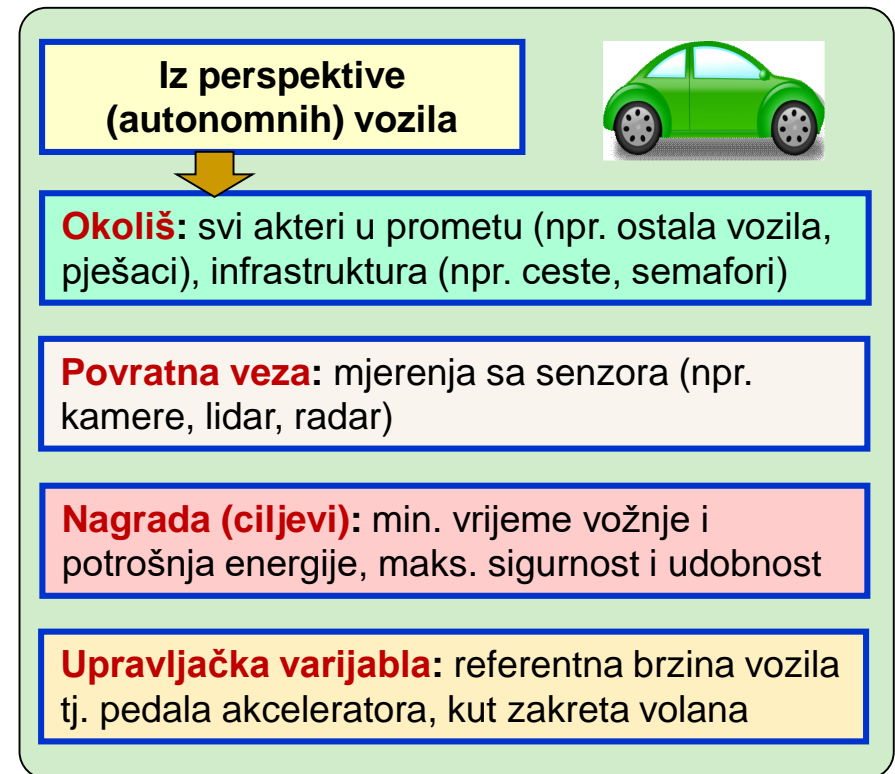
Napredno upravljanje AV

Tehnike umjetne inteligencije

Opći koncept pojačanog učenja temeljenog na modelu okoliša



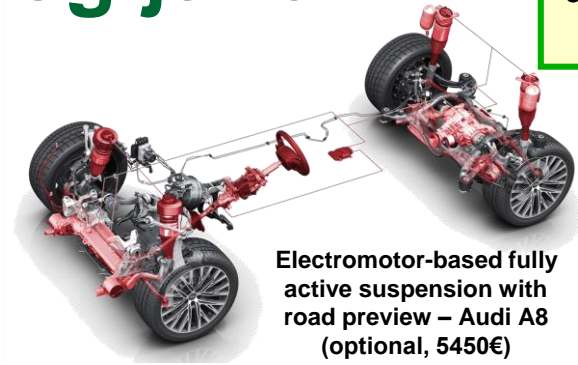
- **Pojačano učenje** (engl. Reinforcement Learning, RL) je vrsta strojnog učenja u kojoj **agent** uči iz **interakcije s okolinom**; robusniji i fleksibilniji od standardnog RL pristupa; prikladan upravljački zakon **Modelsko prediktivno upravljanje (MPC)**



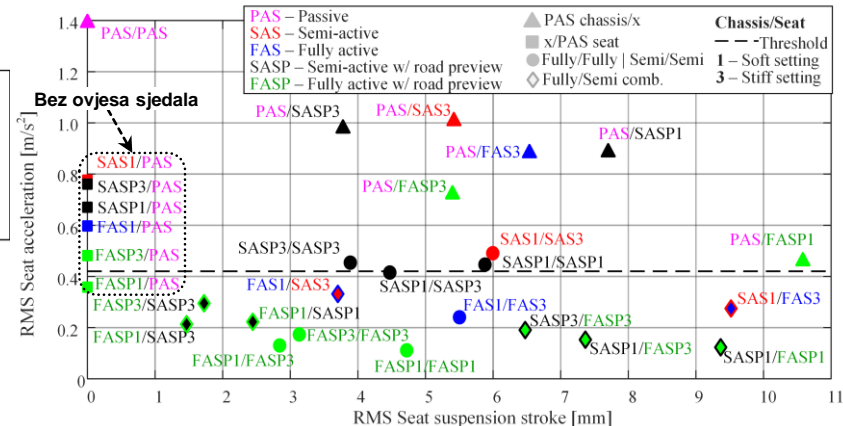
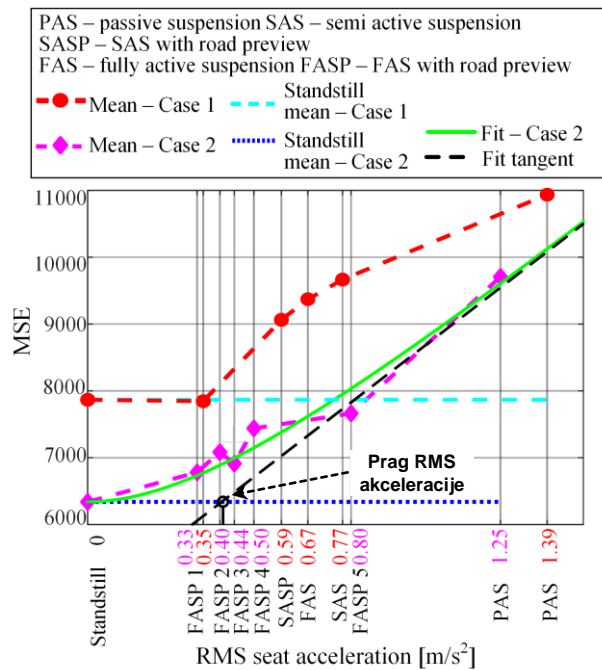
Nove mehatroničke tehnologije za AV

Primjer aktivnih ovjesa

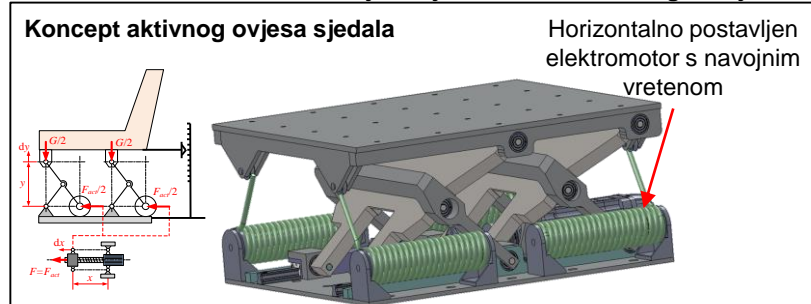
- Aktivni ovjes vozila može omogućiti putniku ugodniju vožnju (smanjiti *motion sickness*) ili okruženje za efikasniji rad (čitanje, pisanje, crtanje,...).
- Eksperimentalnim istraživanjem je određen prag RMS vertikalne akceleracije ispod kojeg je obavljanje zadatka jednako kao u mirovanju.
- Isti (i bolji) učinak moguće je postići aktivnim ovjesom sjedala.



Laboratorijski postav za ispitivanje udobnosti vožnje (© FSB-ACG)



Udobnost vs. hod ovjesa sjedala za razne konfiguracije



Umjesto zaključka

- **Napori ka elektrifikaciji i autonomiji stubokom mijenjaju automobilsku industriju i promet**, te otvaraju **nemjerljivu priliku** i nizu srodnih industrija poput ICT sektora, elektroindustrije, strojarstva, energetike, procesne tehnike, elektronike, senzoričke, materijala, tehnologije, elektrokemije itd.
- Područje je time vrlo **multidisciplinarno i interdisciplinarno**, izravno se veže na **značajnu promjenu i nadogradnju infrastrukture** (npr. prometne, energetske, telekomunikacijske) te zahtjeve **široku suradnju** istraživačke i industrijske zajednice te javnog i regulatornog sektora.
- U smislu **domaćih prilika** ključno je iskoristiti tekuću **priliku izdašnjih EU fondova** za potporu naporima istraživačke zajednice i industrije na području elektromobilnosti i autonomnih vozila, dodatno **poticati suradnju** istraživačke zajednice i industrije inače (npr. poreznom politikom), **ulagati u razvoj infrastrukture te jačati međunarodno umrežavanje i suradnju**.
- Uz takav pristup te **snažan trenutni zamah na ovom području** (v. npr. naredna predavanja okruglog stola), ove čiste i pametne industrije mogu donijeti **značajnu komparativnu prednost** Hrvatskoj kroz cijelo stoljeće.

Hvala na pažnji!

josko.deur@fsb.hr

www.fsb.hr/acg/jdeur