

## **Svet za konkurenčnost:**

### **Slovenske predispozicije in predlog poslovnih priložnosti na področju energetike in električnih vozil**

Gorazd Lampič

#### **Uvod**

Energetika in transport postajata s prodorom novih tehnologij električnih pogonskih sistemov še bolj povezana kot v preteklem obdobju kjer so povezovalno vlogo igrala v veliki meri le tekoča fosilna goriva. Temeljni namen razvoja, proizvodnje in uporabe električnih vozil je znižanje porabe energije za vožnjo, znižanje emisij in hrupa med vožnjo, znižanje porabe materiala za izgradnjo vozil in zagotavljanje boljših vozniških lastnosti, varnosti ter zanesljivosti delovanja. Še nadalje so električna vozila fleksibilnejša pri izboru primarnih virov energije, saj so kompatibilna z vsemi načini pridobivanja električne energije in vodika ter tako kot taka omogočajo večjo neodvisnost okolja, ki zagotavlja polnilno infrastrukturo, posledično pa tudi samih končnih uporabnikov.

Med novimi tehnologijami električnih vozil, ki so v fazi uvajanja na trg ali razvoja prototipov, spadajo hibridna vozila, akumulatorska električna vozila in električna vozila na vodik. Hibridi predstavljajo v že visoki meri ekonomsko opravičljivo in na trg plasirano rešitev za prehodno obdobje na področju osebnih avtomobilov in večjih vozil, v prihodnjih letih lahko pričakujemo njihov nadaljnji vzpon. Akumulatorska električna vozila so trenutno prisotna predvsem na področju lahkih dvokolesnih vozil kot so električna kolesa in skuterji, delno pa se uveljavljajo tudi na področju majhnih mestnih avtomobilov. Vozila na vodik prehajajo iz prototipnih izvedb na trg, pri čemer prednjači japonski proizvajalec Honda, ki ima na trgu že vozilo na vodik Honda FCX za končne kupce. Skladno z razvojem vozil na vodik se po svetu in tudi v Sloveniji postavlja tudi že mreža polnilnih mest za vodik.

Tržne priložnosti na tem področju so praktično neomejene, saj povpraševanje precej presega ponudbo, z zaostrovanjem dostopnosti fosilnih goriv in izganjanjem motornega prometa iz mestnih središč pa se bo po pričakovanjih povpraševanje še povečevalo. Vprašanje je le, kdo ima dovolj znanja in sposobnosti, da se lahko novih projektov učinkovito loti. Največje težave pri želji po zagotavljanju ponudbe izhajajo na eni strani iz nezadovoljivih razvojnih rezultatov v smislu tehničnih karakteristik vozil in na drugi strani iz previsokih stroškov posameznih komponent. Največja trenutna ponudba na področju lahkih vozil je v Aziji, predvsem na Kitajskem za dvokolesnike in na Japonskem za osebne avtomobile. Razloga za to sta zelo poučna. Tehnologija električnih pogonov je na dovolj visoki ravni, da je na primeru dvokolesnikov v vseh pogledih presegla klasične fosilne tehnologije, Kitajci pa so to sposobni cenovno učinkovito implementirati. Na drugi strani so japonski proizvajalci trenutno v svetu najnaprednejši tako v tehnološkem kot tržnem smislu in diktirajo smer razvoja v za njih najustreznejše področje. Tudi pristop k delu je v obeh državah primernejši za ambiciozno, hitro in učinkovito delo, kar vodi do izrazito prevladujočega položaja na trgu.

Kje je na tem področju priložnost Slovenije? Vsekakor je priložnost vezana na realizacijo kompetenc, ki jih imamo kot dediščino preteklih in stranski produkt tekočih aktivnosti v razvoju in proizvodnji elektro ter avtomobilske industrije, ki predstavljata poleg farmacije tudi največji del domačega izvoza. Te kompetence so prepoznavne ali pa tudi še skrite v posameznih večjih podjetjih (primeri: Iskra Avtoelektrika, Hidria, Domel...), manjših

podjetjih (primer: Piktronik, Atech, Elaphe) in institucijah (IJS, KI, TECES, Univerza v MB, Univerza v LJ...), kjer proizvajajo posamezne komponente za katere so specializirana. Gre za tradicionalna znanja, ki močno presegajo izdelke na katerih so aplicirana, saj posamezni izdelki, večinoma podsklopi ali le posamezne komponente ne nudijo dovolj velikega prostora za aplikacijo vsega znanja. Zagotavljanje visoke dodane vrednosti je seveda v veliki meri vezano tudi na samo blagovno znamko in celovitost izdelka. Posamezne komponente so na voljo na konkurenčnem globalnem trgu, kjer igra eno izmed največjih vlog končna cena izdelka. Trendi v avtomobilski industriji so usmerjeni na povečevanje pomena komponentašev, ki so sposobni integrirati podkomponente v cel sklop, npr. pogonski sistem ali v nekaterih primerih kar cel avtomobil. Na drugi strani priložnost Slovenije izhaja tudi iz obvladovanja dizajna, predvsem industrijskega dizajna, ki igra vidno vlogo v naših večjih podjetjih (primer: Gorenje). Združitev vsega domačega znanja in integracija industrijskih kapacitet bi lahko zagotovila celovit izdelek – električno vozilo z visoko dodano vrednostjo in primernim položajem na trgu. Glede na trenutno stanje tehnike bi bila najbolj smiselna izdelava štirikolesnega vozila, ki spada po homologaciji v kategorijo L6e ali L8e in je neke vrste zadnja stopnja vozila, ki ponuja lastnosti mestnega avtomobila, po tehnični in pravni zahtevnosti pa je bolj enostaven. In kot zadnji, a seveda ključni dejavnik so sposobnosti promocije in prodaje izdelkov, kjer so nekatera naša podjetja izjemno uspešna tudi na tujih trgih (primer: Studio Moderna).

Vzporedno z najambicioznejšim in celovitim pristopom k izdelavi celega vozila so aktualne tudi mnoge aplikativne raziskave in spodbujanje projektov tržne implementacije na področjih virov električne energije, polnilnih mest za električna vozila, sistemov obojestranskega pretoka informacij in energije med vozili in omrežjem, sami podsklopi električnih vozil ter ostala področja sodobnih tehnologij v energetiki, ki bodo nudila trdno zaledje in konkurenčnost posameznim akterjem na globalnem trgu.

Slika 1: Primer vizualizacije majhnega mestnega avtomobila [Uroš Pavašovič]



Majhen gibčen električni avto bo najbolj uporaben v mestnih vožnjah. Njegova poraba primarne energije bo nekajkrat manjša od porabe primarne energije klasičnih bencinskih avtomobilov. S tem bo povzročal bistveno manj emisij kot jih povzročajo obstoječi avtomobili. Ta aplikacija po našem mnenju predstavlja največjo poslovno priložnost za Slovenijo.

## 1. Tržni potencial

Električna vozila predstavljajo široko področje, ki ga je potrebno analizirati po posameznih aplikacijah, katerih implementacija se bo odvijala z različno intenziteto. V podporo pri ocenah nam je služila raziskava Electric Vehicle Market Statistics 2005-2015 in osebno poznavanje dogajanja na posameznih trgih. Po ocenah raziskovalca je trg prevoznih sredstev na električni pogon v letu 2005 obsegal kar **20 milijard EUR**. Do leta 2015 naj bi trg po predvidevanjih zrasel za **7.3 krat** kar znaša skoraj **150 milijard EUR**. Gonilna sila te rasti naj bi bile nove tehnologije za električni pogon vozil.

V spodnji tabeli predstavljena projekcija proizvodnje vozil za leta 2006, 2010 in 2020.

**Tabela 1:** Predvideno število električnih vozil in predviden delež električnih pogonov

Aplikacija	Letna Proizvodnja	Delež in število potencialnih električnih pogonov					
		2006		2010		2020	
Avtomobili	40.000.000	0.5%	200.000	3%	1.200.000	20%	8.000.000
Avtobusi	500.000	0.06%	300	36%	180.000	90%	500.000
Dostavna vozila	1.000.000	0.1%	1000	2%	20.000	10%	100.000
Skuterji in motorji	30.000.000	33%	10.000.000	50%	15.000.000	80%	24.000.000
Kolesa	100.000.000	5%	5.000.000	10%	10.000.000	20%	20.000.000
Električni viličarji	260.000	100%	260.000	100%	350.000	100%	500.000
Invalidski vozički	5.000.000	10%	500.000	20%	1.000.000	50%	2.500.000

Vir: raziskava »Fuel Cell Transportation Market«

Glede posameznih tipov tehnologij se ocenjuje, da bodo v avtomobilski industriji do leta 2015 prevladovali hibridi, od tam naprej pa bo intenzivna tudi rast vozil na vodik. Glede pogonskih sklopov dr. Peter Harrop napoveduje znatno rast prevoznih sredstev, ki bodo imele »in-wheel« tehnologijo električnega pogona. Tako naj bi leta 2020 kar 20% vseh proizvedenih avtomobilov imelo pogon na električni motor v kolesu. V nekaterih primerih (Avtobusi, viličarji) naj bi bil ta odstotek še višji (90%, 100%), električni skuterji in kolesa pa so taki že sedaj v celoti.

Prihodnja gibanja trga prevoznih sredstev na električni pogon bo zelo odvisen od naslednjih ključnih dejavnikov:

### a) CENE NAFTE

Zelo pomemben dejavnik je cena nafte in hitrost njenega spreminjanja. Visoka cena nafte spodbuja hitrejši razvoj novih tehnologij in podprt razvoj teh tehnologij s strani politike. **Visoke cene nafte** »dražijo« klasičen prevoz in uvedba energijsko varčnejše tehnologije je vse bolj zanimiva. Zelo **hitre spremembe cene** nafte pa povzročajo negotovost na trgu, zato imajo pomemben pozitiven vpliv na razvoj novih tehnologij.

### b) TEHNOLOŠKI NAPREDEK

Zelo pomemben bo tehnološki napredek alternativnih pogonov, saj bodo postali konkurenčni obstoječi tehnologiji predvsem takrat, ko bodo dosegali tehnične lastnosti (poraba energije, hitrost, pospeški, vzdržljivost in zanesljivost) motorjev na notranje izgorevanje. Predvsem gre za napredek na področju shranjevanja električne energije na vozilih (akumulatorji, tehnologije vodika)...

### c) STROŠKOVNA KONKURENČNOST

Alternativna tehnologija lahko uspe s prodorom na trge v odvisnosti stroškov uvajanja. Tu ni pomembna samo cena tehnologije, ampak tudi stroški proizvodnje, napajanja in celotne dograditve infrastrukture ter ostalih stroškov vpeljave nove tehnologije.

### d) RAZVOJ TEHNOLOGIJE ZA NAPAJANJE

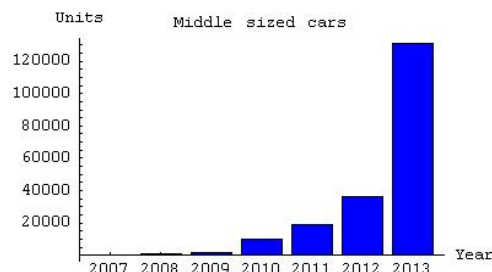
Pomemben bo tudi napredek pri razvoju tehnologij vodika in gorivnih celic ter ostalih energijskih virov (akumulatorji, sončne celice, kondenzatorji). Tudi pri teh tehnologijah je izrednega pomena, da je **tehnologija stroškovno zanimiva**, zanesljiva ter bo zadostila **ostalim pogojem** (teža, prostornina,...)

## Segmentacija trga

### ELEKTRIČNI POGONI ZA AVTOMOBILSKO INDUSTRIJO

Predstavlja zaradi svoje velikosti največji potencial. Napovedana rast po letu 2010 je zelo visoka. Že sedaj veliko avtomobilskih koncernov napoveduje po letu 2010 pričetek serijske proizvodnje avtomobilov na električne pogone, Honda pa je to storila že letos. V naslednjih nekaj letih pa se pričakuje preusmeritev v razvoj in prototipno proizvodnjo manjše količine vozil. Leta **2012** pričakujemo, da bo delež **hibridnih vozil** porasel na **3,5% vse proizvodnje (vir: GM)**.

**Graf 1:** Projekcija števila proizvedenih avtomobilov srednjega razreda na električen pogon brez hibridnih vozil Vir: raziskava »Fuel Cell Transportation Market«



### ELEKTRIČNA VOZILA – MAJHNI MESTNI AVTOMOBILI

Manjši mestni avtomobili imajo enako zahtevno tehnologijo kot večji avtomobili za večje razdalje. Razlika je v zmogljivosti baterije, ki je pri manjših mestnih avtomobilih nižja. To pomeni, da z enim polnjenjem naredite manjše število kilometrov. Vendar pa je kvaliteta kljub temu brezhibna. Primerni so predvsem za vožnjo po mestu, za manjše opravke, pot do službe, trgovine itd. Uporaba je ekonomična in med vožnjo vam ni potrebno skrbeti, da bi vam zmanjkalo energije.

Na tem področju so prisotna predvsem podjetja kot so Indijska Reva, Norveški Think, Ameriški Tesla ter vzhajajoči novi proizvajalci električnih vozil.

### DVOKOELSNIKI

Trenutno je letna proizvodnja električnih dvokolesnikov na kitajskem ocenjena na med **deset in dvajset milijonov** izdelkov. Ta trg je zapolnjen z izdelki preko celega kakovostnega razpona, od najcenejših do tudi najkvalitetnejših izdelkov.

## JADRNICE

Jadrnice potrebujejo majhne, lahke in zmogljive motorje in vse več je povpraševanja po električnih pogonih. Na tem področju so aktivna tudi slovenska podjetja.

### **OBSTOJEČA PONUDBA**

Na trgu že obstajajo različne oblike električnih vozil, vendar je to bolj opazno v tujini kot doma. Toyota Prius predstavlja na področju hibridov revolucionarni promocijski preboj v širši javnosti in izdaten napredek pri analizi uporabe tehnologij električnih pogonov v realnih okoliščinah. Že z dolgo poznanimi tehnologijami je Toyota uspela sestaviti avtomobil, ki je po voznih zmogljivostih primerljiv s klasičnimi vozili, obenem pa ima manjšo porabo goriva. Kupce je pri Prius prepričal predvsem z okolju prijaznejšim delovanjem in s tem povezanim prestižem. Vendar Prius še ne predstavlja resnih prednosti, ki jih ponuja električni pogon, saj so vir energije še vedno fosilna goriva.

Honda je letos začela s prodajo osebnih vozil Honda FCX prvim izbranim kupcem, ki so medijsko dovolj zanimivi, obenem pa živijo v okolju, kjer je infrastruktura polnilnih mest dovolj razvita. V naslednjih letih se pričakuje nadaljnji razcvet tega trga.

Tudi Renault letno nameni ogromno sredstev za razvoj električnega avtomobila, ki pa bo na trgu že čez par let.

Volkswagen je začel preizkušati 20 hibridno gnanih golfov z oznako twindrive, ki jih poganja sklop dizelskega in električnega motorja. Ta ob moči 60 kilovatov (82 konjskih moči) omogoča hitrost okoli 120 kilometrov na uro in doseg 50 kilometrov, baterije je mogoče polniti tudi iz hišnega električnega omrežja, skupaj z dizelskim motorjem pa moč celotnega pogonskega sklopa znaša okoli 125 kilovatov oziroma 170 konjskih moči.

Rezultati nemške raziskave so pokazali, da naj bi od leta 2025 vsi novi avtomobili v Evropi imeli bodisi hibridni bodisi električni pogon. Zaradi izboljšanih baterij naj bi električni avtomobili že do leta 2010 zavzemali precej večji delež na trgu.

Obstoječa ponudba obsega večje in manjše avtomobile. Zaradi enostavnosti in tehnološko-ekonomskih prednosti predlagamo, da se Slovenija v prvi fazi osredotoči na manjše avtomobile, poznati pa moramo tudi dogajanje na področju večjih električnih avtomobilov.

## **2. Zaveze**

Slovenija se je zavezala k ciljem evropskim ciljem 20/20/20 in pripravila nekaj strateških podlag za njihovo doseganje. Te podlage so nacionalni razvojni program, Akcijski načrt za povečanje učinkovitosti rabe energije ter drugi dokumenti. V vseh teh strategijah igra promet in prehod k električnim prevoznim sredstvom eno ključnih vlog.

### 3. Tehnologija

#### Sodobna električna vozila

Najpomembnejši raziskovalni poudarek na področju vozil v zadnjih desetletjih posega na področje novih električnih pogonskih sistemov. Med najsodobnejšimi vozili bomo obravnavali predvsem akumulatorska električna vozila, hibridna električna vozila in električna vozila na vodik. Vse vrste novih pogonskih sistemov se pojavljajo v kopenskih, vodnih in zračnih aplikacijah.

#### Vrste vozil

Električni pogoni so uporabni v različnih tipih vozil, npr. v električnih in hibridnih osebnih avtomobilih, električnih skuterjih, električnih kolesih, električnih viličarjih, električnih invalidskih vozičkih, električnih letalih, raznih novih vrstah vozil kot je npr. Segway, v robotski industriji, beli tehniki in drugod.

Slike 2 do 7: Različna električna vozila



Električno kolo



Električni skuter



Segway



Električna avtomobila na vodik in na sodobne akumulatorje



Električno jadralno letalo

#### Primerjava s klasičnimi vozili

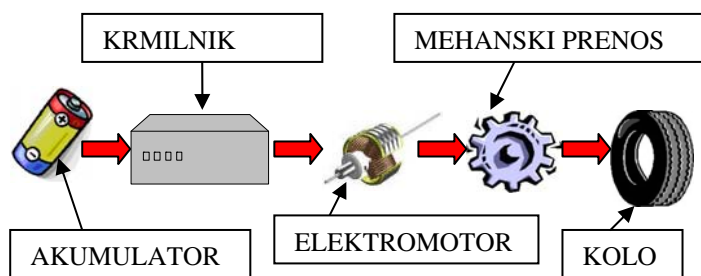
Osnovna razlika med električnimi in klasičnimi vozili je v pogonskem sistemu. Vsa električna vozila poganja elektrika, klasična pa motor z notranjim izgorevanjem. Prednost klasičnih vozil je predvsem v veliki energijski gostoti goriva in urejeni infrastrukturi bencinskih črpalk, kar omogoča nemotene dolge vožnje. Obstoječa električna vozila pa so bistveno boljša pri izkoristku pogonskega sistema in manj škodijo okolju. Največji tehnični problem električnih vozil je avtonomija, saj kilogram bencina ali dizelskega goriva vsebuje približno stokrat več energije kot kilogram najsodobnejše litijeve baterije. Problem avtonomije se v električnih vozilih rešuje s kombiniranjem klasičnega in električnega pogona (hibridna vozila), z uporabo

naprednih tehnologij vodika in gorivnih celic, v vozilih, ki so namenjena predvsem kratkim vožnjam pa zadostujejo tudi akumulatorji.

### Arhitekture električnih pogonov

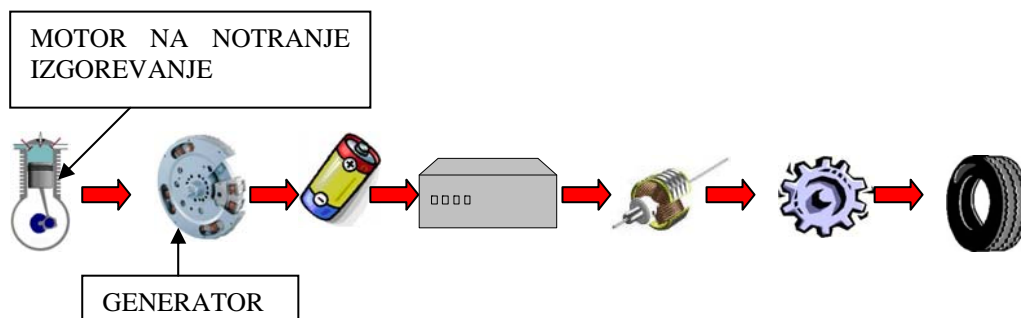
Med najpomembnejše pogonske arhitekture v električnih vozilih spadajo klasična akumulatorska električna vozila, vzporedni in zaporedni hibridni pogoni ter direktni pogon, ki se uveljavlja v električnih vozilih nove generacije.

Sliki 8 in 9: Klasični električni pogon (primer: GEM)



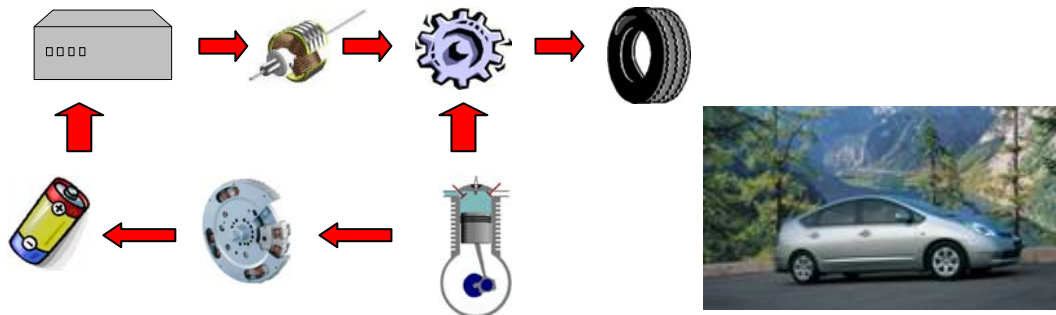
Električna energija je shranjena v akumulatorju in preko krmilnika napaja centralni elektromotor. Vrtenje elektromotorja se preko mehanskih prenosov prenaša do koles. Pri zaviranju lahko tok energije obrnemo, elektromotor deluje kot generator, s tem pa del energije spet vrnemo v akumulator. Klasični električni pogon je enostaven, vendar je zaradi majhne energijske gostote akumulatorjev neprimeren za premagovanje večjih razdalj.

Slika 10: Zaporedni hibridni pogon



Hibridno vozilo z zaporedno vezanim pogonskim sistemom izkorišča veliko specifično energijo tekočih ogljikovodikov, saj motor na notranje izgorevanje, ki deluje v optimalnem delovnem območju, preko generatorja polni akumulator. Slabost sistema je večje število komponent, izkoristek je nekoliko boljši kot pri bencinskih vozilih.

Sliki 11 in 12: Vzporedni hibridni pogon (primer: Toyota Prius)



Vzporedni hibridni pogon ima podobne značilnosti kot zaporedni, le da motor na notranje izgorevanje neposredno poganja mehanske prenose v vozilu, kadar je potreba po moči manjša pa še polni akumulator.

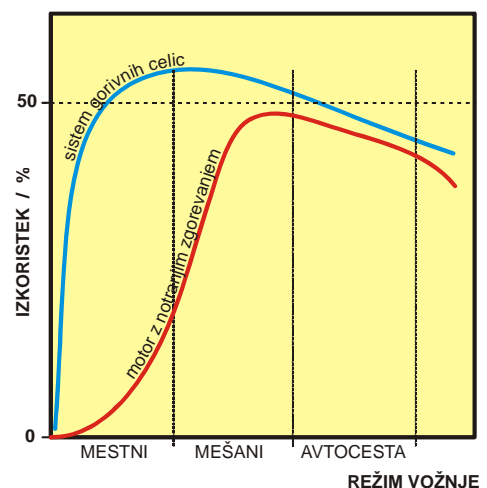
Sliki 13 in 14: Nove generacije električnih vozil - direktni pogon (primer: GM Opel Zafira)



Gorivne celice na vodik se v vozilih uveljavljajo kot izboljšava za električne generatorje na fosilna goriva. V najnaprednejših električnih vozilih so elektromotorji vstavljeni direktno v kolesa vozila. Pogon s tako imenovanimi »in-wheel« elektromotorji imenujemo direktni pogon in je med vsemi najbolj učinkovit in predstavlja velik preskok na področju transporta.

Slika 15: Primerjava izkoristka pogona z gorivnimi celicami in klasičnimi vozili.

Pogon z gorivnimi celicami, ima v primerjavi z drugačnimi viri električne energije največje prednosti pri mestni vožnji. Sama uporaba gorivnih celic ne povzroča nobenih emisij, za proizvodnjo vodika pa obstaja več možnosti tudi iz obnovljivih virov. Primerjava celega življenjskega cikla vodikovih tehnologij in klasičnih fosilnih tehnologij pokaže bistvene okoljske prednosti za prvo, ob zaostrovanju dostopnosti fosilnih goriv in višanju njihove cene pa je vodik bistveno ugodnejši tudi iz ekonomskega stališča.



Med najbolj zanimivim aplikacijami za električne pogone so lahka štirikolesna električna vozila. Razlogi zato izhajajo iz

- specifik obstoječih virov energije, ki ne zagotavljajo tako velike zaloge na enoto mase ali prostornine kot fosilna goriva in

- tržnih trendov, ki namigujejo na povečanje povpraševanja za majhna mestna štirikolesna vozila in

Pravno gledano gre za dve zanimivi kategoriji:

**Kategorija L6e:** "lahka štirikolesna vozila" z maso neobremenjenega vozila manjšo od 350 kg, brez mase baterij pri električnih vozilih, katerih največja konstrukcijsko določena hitrost ne presega 45 km/h, in

(i) katerih delovna prostornina motorja ne presega 50 cm<sup>3</sup> pri motorjih na prisilni vžig, ali

(ii) katerih največja nazivna moč motorja ne presega 4 kW pri drugih motorjih z notranjim zgorevanjem, ali

(iii) katerih največja trajna nazivna moč ne presega 4 kW pri elektromotorjih;

**Kategorija L7e:** "štirikolesna vozila", z maso neobremenjenega vozila, ki ne presega 400 kg (550 kg za vozila za prevoz blaga), brez mase baterij pri električnih vozilih, katerih največja nazivna moč motorja ne presega 15 kW. (vir: [www.drsc.si](http://www.drsc.si) )

#### **4. Okoljski in ekonomski vidiki**

Električna vozila se v svetu intenzivno uveljavljajo predvsem zaradi dveh razlogov. Prvič zaradi dvigovanja cene in zaostrovanja dostopnosti do fosilnih goriv, drugič pa zaradi okolju prijaznejšega delovanja. Težave pri uvajanju električnih vozil na trg pa so povezane z nekaterimi pomanjkljivimi karakteristikami v primerjavi s klasičnimi vozili na fosilna goriva, višjo ceno in vprašljivo življenjsko dobo.

Energija, ki jo različna vozila porabijo za vožnjo je odvisna od dejavnikov kot so njihova masa, dimenzije, koeficienta zračnega upora in trenja ter dinamike vožnje. Upoštevajoč tipične podatke za vozila in predvideno število potnikov v vsakem vozilu, se lahko izračuna, da je za vožnjo s skirojem ali kolesom potrebnih 10Wh energije na kilometer, za vožnjo s skuterjem 20Wh/km, z avtobusom ali majhnim mestnim avtomobilom 50Wh/km, z osebnim avtomobilom pa med 100 in 200 Wh na kilometer (podrobneje v poglavju 5). Sorazmerne s temi vrednostmi so tudi emisije toplogrednih plinov in cene vožnje.

Električni pogonski sistemi so varčnejši, okolju in ljudem prijaznejši, njihov absolutni vpliv pa zaradi nizke porabe energije, tudi ne bi presegel 5% obremenitve slovenskega električnega omrežja celo v primeru široke uporabe. Ob najneugodnejših predpostavkah s stališča obremenjenosti omrežja torej, da bi v Sloveniji polnili 200.000 električnih avtomobilov s porabo 200 Wh/km in da bi ta vozila prevozila letno 30.000 km je energija, ki jo letno porabijo 12000 GWh, to je energija ki jo naše omrežje zagotovi v 600 urah in to torej predstavlja 7% obremenitve omrežja. Ob pametni politiki, da bi večino vozil polnili ponoči, ko je poraba energije manjša, bi izrazito izboljšali izkoriščanje električnega omrežja. Iz teh podatkov lahko tudi ocenimo, da bi taka uporaba električnih vozil prihranila približno en milijon ton emisij CO<sub>2</sub>. Še dodatni prihranki energije bi nastali s širšo uporabo javnega transporta in lažjih električnih vozil kot nadomestil za avtomobile.

Med ekološkimi vplivi prometa so najpomembnejše emisije človeku in drugim živim bitjem škodljivih snovi kot so ogljikov monoksid, dušikovi oksidi, žveplov dioksid, svinec, majhni mikronski trdi delci (pm<sub>10</sub>) in reaktivni organski plini ter ogljikov dioksid kot največji krivec za globalno segrevanje. Vozila na fosilna goriva proizvedejo približno tri kilograme ogljikovega dioksida ob vsakem kilogramu porabljenega goriva, električna vozila pa manj tudi v primeru, če je električna energija vzeta iz mešanice v slovenskem omrežju, ki je obremenjeno s približno 0,6kg CO<sub>2</sub>/kWh. Za osebni avtomobil so izračunane emisije 91g/100km, pri lažjih dvokolesnih vozilih pa tudi le 6g/km.

Energija, ki se porabi ob proizvodnji vozil je vsaj za en velikostni razred manjša od energije, ki jo vozila porabijo tekom uporabe v predvideni življenjski dobi. Ključno je torej strmenje k izdelavi čim bolj varčnih vozil, po možnosti pa seveda uporabljati reciklirane materiale.

#### **Primerjava porabe energije**

Osnovne tehnične značilnosti pogonskega sistema nam bodo skupaj s podatki o stanju tehnologije služile za ovrednotenje možnosti vpeljave električnih pogonov v različne vrste vozil. Med najpomembnejše parametre štejmo predvsem največjo in povprečno moč, celotni doseg in doseg brez emisij. Razmerje med povprečno močjo in največjo močjo,

povečanje dosega z vpeljavo regenerativnega zaviranja ter največji navor pa nam lahko služijo za boljšo predstavbo in detajlne izračune. Poglejmo si teoretične izračune za različna vozila.

Tabela 2: Primerjava osnovnih parametrov vožnje različnih vrst vozil:

	Največja moč [kW]	Trajna moč [kW]	Razmerje med največjo in trajno močjo***	Energija vsak prevožen kilometer** [Wh]	Energija za cel zahtevan doseg* [kWh]	Izboljšanje z regenerativnim zaviralnim sistemom [%]	Največji navor [Nm]
Mestni avtobus	243,6	43	5,67	1200	852	32,7	13341
Osebni avto	89,8	24,0	3,74	151	125	16,7	1619
Mestni avto	38,7	4	9,68	69	40,8	15,3	485
Skuter	7,8	1,4	5,57	21	2,5	7,7	99
Kolo	1,2	0,22	5,5	10	0,49	14	70
Skiro	1,1	0,25	4,5	12	0,36	10	22

\*Zahtevani dosegi se pri različnih aplikacijah močno razlikujejo

\*\*Upoštevamo regenerativno zaviranje

\*\*\*Razmerje med največjo in povprečno močjo predstavlja potencialne pridobitve vpeljave hibridnih sistemov, kjer lahko za kratkotrajno povečanje moči uporabimo sekundarni pogon.

Če upoštevamo še pričakovano povprečno število potnikov, lahko dobimo primerjavo za dejansko porabo energije za vožnjo posameznih vozil. Pri mestnem avtobusu vzemimo v povprečju trideset potnikov, pri osebni in mestni avtomobilu optimistično oceno en potnik in pol, pri lažjih dvokolesnih vozilih pa je prisoten le voznik.

Tabela 3: Poraba energije na potnika na prevožen kilometer je tako:

Vozilo	Avtobus	Osebni avto	Mestni avto	Skuter	Kolo	Skiro
Količina						
Poraba energije na km [Wh]	1200	151	69	21	10	12
Povprečno število potnikov	30	1,5	1,5	1	1	1
Poraba energije na prevožen kilometer na potnika [Wh]	40	100	47	21	10	12

Na osnovi tabele lahko vozila razporedimo v razrede, pri katerih je vsak naslednji razred dvakrat bolj potraten. V najbolj ekološki razred spadajo skiroji in kolesa, v drugem razredu so skuterji, v tretjem lahki mestni avtomobili in vožnja z avtobusom, daleč najslabše pa se obnesejo običajni osebni avtomobili. Če bi izračunali tudi podatke za velike enoprostorne avtomobile, predvidevamo, da bi spadali še en razred višje, torej bi bili od koles kar 20 krat manj ekološki.

## Ekološki kriteriji

Iz porabe energije lahko izračunamo tudi emisije CO<sub>2</sub>. Slovenska omrežna elektrika je obremenjena približno z 0,6kg emisij CO<sub>2</sub> za vsako proizvedeno kWh. Emisije vozil so tako odvisne od njihove porabe energije in sicer:

Tabela 4: Emisije ogljikovega dioksida

Vozilo	Avtobus	Osebni avto	Mestni avto	Skuter	Kolo	Skiro
Količina						
Poraba energije na km [Wh]	1200	151	69	21	10	12
Emisije CO <sub>2</sub> omrežne elektrike v Sloveniji [kg/kWh]	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Emisije CO <sub>2</sub> od vozil [g/km]	720	91	41	12	6	7

Vidimo, da so vsa električna vozila kar se tiče emisij CO<sub>2</sub> bistveno boljše kot obstoječi bencinski avtomobili, ki se ne spustijo pod 100g/km.

## Ekonomski kriterij

Cena električne energije tekom dneva niha med približno 0,05 EUR/kWh in 0,12 EUR/kWh. Vzemimo vrednost 0.1 EUR/kWh in pogledimo kakšni so stroški vožnje z različnimi vozili. Ceno preračunamo na 100km prevožene razdalje.

Tabela 5: Cena vožnje različnih vozil

Vozilo	Avtobus	Osebni avto	Mestni avto	Skuter	Kolo	Skiro
Količina						
Poraba energije na km [Wh]	1200	151	69	21	10	12
Cena [EUR/kWh]	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Cena vožnje [EUR/100km]	12	1,5	0,69	0,21	0,1	0,12

Stroški vožnje so v primerjavi s stroški vožnje bencinskega avtomobila, s porabo 6l/100km, bistveno manjši. Električni osebni avto se pelje nekajkrat ceneje, mestni avto približno desetkrat ceneje, lahki dvokolesniki pa tridesetkrat do skoraj stokrat ceneje. To so lahko glavni razlogi na osnovi katerih bodo posamezniki bolj pripravljeni uporabljati električna vozila.

Pri uporabi vozil moramo upoštevati poleg cene prevozov še ostale stroške. Npr. v letih 1992 in 1993 je bilo v Angliji okoli 21 milijard funtov investiranih v nakupe vozil (večina za cestna vozila) in 7 milijard za infrastrukturo. 11 do 22 milijard funtov pa je okvirni ocenjen strošek škode na okolje, od tega 7 milijard zaradi prometnih nesreč [Bryan Cartledge]. Sami stroški goriva bi bili v tem primeru okoli 50 milijard funtov, torej precej več kot so ostali stroški.

## Globalno segrevanje

Poglejmo si še znanstveno potrjena dejstva o vplivih globalnega segrevanja, torej segrevanja nad temperaturo, ki je posledica naravnega pojava tople grede. Električna vozila

predstavljajo eno izmed ključnih možnosti za zmanjšanje tega perečega problema. Če upoštevamo naravne koncentracije plinov, ki prispevajo k absorpciji IR svetlobe in s tem k segrevanju ozračja, in njihove povečane deleže zaradi vpliva človeka lahko izračunamo koliko posamezni plini pripomorejo k pojavu tople grede in nezaželenemu globalnemu segrevanju.

Tabela 6: Vpliv različnih plinov na naravno toplo gredo in globalno segrevanje.

Spojina	Sedanji troposferski volumski delež [ppm]	Naravni delež trenutnega volumskega deleža [%]	Umetni delež trenutnega volumskega deleža [%]	Vpliv na naravni pojav tople grede [%]	Vpliv na pojav globalnega segrevanja [%]
Vodna para	10000	>99	<1	88,9	0
Ogljikov dioksid	370	75,7	24,3	7,5	46,6
Črni ogljik	0,15-0,3 ppt	10	90	0,2	16,4
Metan	1,8	39	61	0,5	14
Ozon	0,02-0,07	50-100	0-50	1,1	11,9
Didušikov monoksid	0,314	87,6	12,4	1,5	4,2
Metil klorid	0,0006	100	0	0,3	0
CFC-11	0,00027	0	100	0	1,8
CFC-12	0,00054	0	100	0	4,2
HCFC-22	0,00013	0	100	0	0,6
Ogljikov tetraklorid	0,00010	0	100	0	0,3

Iz tabele 6 lahko razberemo, da so umetne emisije ogljikovega dioksida največji vzrok za globalno segrevanje planeta. Ravno emisije ogljikovega dioksida pa so najbolj izdatne pri transportu. To je ena izmed glavnih motivacij za razmišljanju o novih virih energije za vozila.

## 5. Kompetentnost Slovenije

### 5.1 Zgodovina

Na področju razvoja električnih vozil imamo Slovenci bogato zgodovino. Dve zgodbi segata v pozna osemdeseta leta prejšnjega stoletja. Na eni strani je bil v tistem času razvit popolnoma delujoč električni pogonski sistem za vozilo Renault 5, za katerega so bili potrjeni tudi že dogovori o polni industrializaciji v Renaultovi proizvodnji liniji s proizvodno kapaciteto nekaj deset tisoč vozil. Projekt se žal ni realiziral. Na drugi strani pa se je takrat začel tudi razvoj elektromotorjev za direktni pogon, ki se je v začetku tega stoletja realiziral žal ne v vozilih, ampak v japonski tovarni robotov, ki je odkupila intelektualno lastnino projekta. Dediščina obeh projektov je bogato znanje in nova podjetja ter skupine, ki nadaljujejo raziskovalno in praktično delo na tem področju. Poleg teh dveh projektov je tudi večja industrija pripravila nekaj prototipov električnih vozil, ki pa so žal tudi ostala na nivoju prototipov.

### 5.2 Bazične in aplikativne raziskave

Elektroindustrija ima po dr. Vidmarju močno zaledje v slovenskih znanstvenih, izobraževalnih in posledično tudi industrijskih institucijah. Tovrstne raziskave so solidno podprte tudi s strani države in zato naši industriji omogočajo solidno dodano vrednost pri posameznih komponentah.

### 5.3 Proizvodnja

Naša elektro in avtomobilska industrija je usmerjena predvsem v proizvodnjo posameznih komponent za večje zahodne in Japonske kupce. To stanje je trenutno zadovoljivo za lastnike teh podjetij. Trenutno tudi tehnološki nivo in stopnja zanesljivosti ter kvalitete proizvodnje omogoča sodelovanje z zahtevnejšimi partnerji, ki se sicer postopoma selijo v cenejšo Azijo. V bližnji prihodnosti lahko zaradi hitrega razvoja Kitajske in Indije pričakujemo, da bo imela evropska elektroindustrija ter industrija vozil vse več težav pri konkuriranju na globalnem trgu. Po drugi strani pa se z razvojem Azije ta trg odpira tudi za evropske proizvajalce. Večje težave na tem področju lahko pričakujemo pri industriji, ki ne bo sposobna uspešno promovirati svoje blagovne znamke in bo neprepoznavna ter odvisna predvsem od cenovne ugodnosti svojega izdelka. Trg komponent je s tega stališča zelo zahteven.

### 5.4 Poslovna priložnost

Slovenija ima vse predispozicije, da na področju razvoja, proizvodnje in prodaje električnih vozil uspe v globalnem vidiku. Združitev raziskovalnega znanja, inovacij in kvalitete industrije lahko omogoči zasnovo izdelavo in prodajo električnega vozila, ki bi bilo primerno za globalni trg.

Izdelki nizkega cenovnega razreda ne pridejo v poštev, ker je ta trg že povsem zasičen s strani aktivnih azijskih proizvajalcev. Zanimive so le aplikacije na področju visoke dodane vrednosti v smislu, tehnologije, dizajna in tržnega pristopa.

Aplikacije kot so najkvalitetnejša električna kolesa, skuterji ali jadrnice lahko pomagajo povečati prepoznavnost Slovenije, ne morejo pa zagotoviti dela večjemu številu

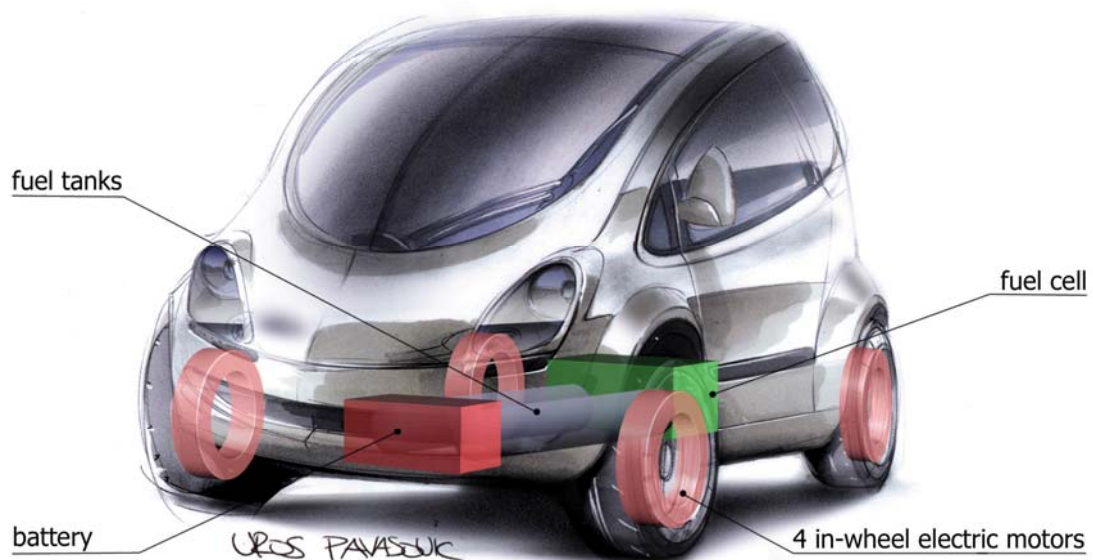
delavcev v proizvodnji. Tovrstni projekti so strateškega pomena za šolanje novih kadrov in zaradi drugih stranskih učinkov.

Sama avtomobilska industrija pa je prezahteven zalogaj za sam start, saj je izredno zahtevno postaviti celotno mrežo kooperantov in tržne kanale. To lahko ostane poslovna priložnost za kasneje.

Strateško priložnost Slovenije za naslednje desetletje predstavljajo majhni avtomobili kategorije L6e in L7e za evropski in japonski trg.

Za vizualizacijo si lahko predstavljamo nekaj podobnega spodnjim vizualizacijam avtomobilskega oblikovalca Uroša Pavasoviča, ki že več let snuje tudi dizajne električnih avtomobilov:

Slika 16: Vizualizacija pogona majhnega mestnega avtomobila [Uroš Pavasovič]



Pogonski sistem lahko sestoji samo iz akumulatorja ali pa iz akumulatorja in gorivne celice. Pogonski elektromotorji so lahko štirje ali pa tudi le dva. Odvisno od podrobnih tehničnih zahtev za vozilo.

Parametri pogona vozila in metodologija optimizacije posameznih komponent za cel sistem so že izdelani v okviru magistrske raziskave.

## 5.5 Interes in potencial

Za razvoj, izdelavo in prodajo takega vozila in pogonskega sistema vlada v Sloveniji že zelo velik interes strokovno kompetentnih partnerjev. Vmesni rezultati osnovne študije, ki jo podjetje Elaphe d.o.o. izvaja v okviru projekta »Analiza optimalnega uvajanja električnega prometa v slovenska mesta« so prinesli preko dvajset potencialnih partnerjev, ki so pripravljeni vstopiti v projekt izdelave slovenskega mestnega avtomobila.

Poleg iskrenega poslovnega interesa in strokovne usposobljenosti partnerjev je razveseljivo dejstvo, da partnerji pokrivajo vsa potrebna strokovna področja in organizacijska področja za

projekt. Edina pomanjkljivost je področje sodobnih akumulatorjev, ki jih bo konzorcij izbral v tujini.

Konzorcij je še v fazi nastajanja in je odprt za nove člane, ki se ali še niso odločili za sodelovanje ali pa o nastajanju konzorcija še niso bili obveščeni. Zainteresirani partnerji za konzorcij izdelave najsodobnejšega električnega vozila so:

- AiP d.o.o.
- Atech d.o.o.
- Berton d.o.o.
- ELEKTRONA d.o.o.
- Geodetski inštitut Slovenije
- HIDRIA D.D.
- Impol R in R d.o.o. in Alureg-PIN d.o.o.
- Magneti d.d.
- MI ELEKTRONIKA d.o.o.
- Orkom d.o.o.
- Piktronik d.o.o.
- Prevent Global d.d.
- RLS d.o.o.
- RTC zavod za avtomobilsko ind.
- Simuteh
- Sinteza d.o.o.
- Sistemi IN ES d.o.o.
- SM - Strojoplast
- Smarteh d.o.o.
- Strojna tovarna Trbovlje d.d., STT
- TECOS, Razvojni center orodjarstva Slovenije
- Terming termografija d.o.o.
- Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo
- ZE-EN d.o.o

Pričakujemo, da se bodo po potrebi pokritja določenih področij v prihodnjem obdobju partnerjem v konzorciju pridružili še novi člani, ki bodo pokrili morebitne manjkajoče potrebe.

## 5.5 Sinergijski učinki z drugimi sektorji

Izdelava slovenskega električnega mestnega avtomobila bi v veliki meri vplivala na večji del našega gospodarstva v zelo različnih sektorjih.

## **6. Priporočila vladi RS**

Slovenija je na področju transportne industrije dobro razvita in organizirana, kar sedaj še zagotavlja zanesljivo udeležbo slovenskim podjetjem pri proizvodnji vozil večjih svetovnih proizvajalcev. Na področju električnih vozil se, pričakovano, najbolj udejstvuje elektroindustrija.

Globalni trendi v avtomobilski industriji gredo v smeri vse večjega pomena dobaviteljev. Predvsem dobavitelji prvega reda se uveljavljajo tudi že kot sistemski integratorji in ponekod sestavljajo tudi cele avtomobile. Tvrstni trendi prenašanja odgovornosti predstavljajo priložnost za povečan obseg dela tistim podjetjem, ki se bodo prebila v ospredje in nevarnost za manjše dobavitelje enostavnih komponent.

Predlagamo podporo projektu izdelave slovenskega majhnega mestnega avtomobila za kategoriji L6e in L7e. Za ta projekt pripravlja iniciator konzorcija tudi osnutek poslovnega načrta, ki bo na željo vodstva Sveta za konkurenčnost (npr. prof. dr. Žige Turka) v primeru strinjanja članov konzorcija vodstvu Sveta za konkurenčnost tudi predložen.