

ZVEZA INŽENIRSKIH DRUŠTEV

GLASILO

SPLETNI IZVOD ŠT. 10



1946



2017

MARIBOR, DECEMBER 2025



GLASILO
ZVEZE INŽENIRSKIH DRUŠTEV MARIBOR

Glasilo Zveze inženirskih društev Maribor, št. 10

Maribor, december 2025

Izdajatelj	<i>Zveza inženirskih društev Maribor in Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo</i>
Urednica	<i>Katja Hanžič</i>
Uredniški odbor	<i>Peter Planinšič, Boris Tovornik, Ani Hanžič, Marija Sraka, Karl Gotlih, Stanislav Brodnjak, Gerhard Angleitner in Mihael Drevenšek</i>
Kontakt	<u>glasilo.zidmb@gmail.com</u>
Lektoriranje	<i>Marija Sraka</i>
Oblikovanje naslovnice	<i>Gerhard Angleitner</i>
Naklada	<i>digitalna objava na spletu</i>
ISSN	<i>2536-1856</i>



V Glasilu ZID objavljeni avtorski članki in prispevki izražajo mnenja in stališča avtorjev in ne izražajo nujno tudi mnenja uredniškega odbora. Uredništvo ne prevzema odgovornosti za upoštevanje avtorskih in drugih pravic tretjih oseb – odgovornost v zvezi z avtorskimi in drugimi pravicami ter za dosledno upoštevanje uveljavljene metodologije glede citiranja in navajanja virov lastnikov avtorskih pravic je na strani avtorjev prispevkov.



Zveza inženirskih društev Maribor združuje:

Društvo geodetov severovzhodne Slovenije

Elektrotehniško društvo Maribor

Podravsko gozdarsko društvo Maribor

Društvo živilskih in prehranskih strokovnih delavcev SV Slovenije

Društvo tekstilcev Maribor

Društvo za varilno tehniko

Slovensko društvo za geoelektriko, statično elektriko in strelovode

Društvo seniorjev Podravja

Društvo cenilcev in izvedencev Maribor

Društvo ALUMNI Fakulteta za strojništvo

NC SI ENGINEERS EUROPE

UVODNA BESEDA UREDNICE



Spoštovani bralci in bralke,

Pripravili smo že deseto, jubilejno številko Glasila ZID. Tokrat vam z nekoliko manjšo zamudo prinašamo bogato bero strokovnih člankov.

V tej številki objavljamo sedem strokovnih prispevkov. Najprej se lahko seznanite z inženirskim delom na področju medicine in računalniškega simuliranja vstavljanja žilnih opornic, ki ga predstavlja mladi raziskovalec in uspešni športnik Žiga Donik. Nato izveste več o izzivih in težavah pri lokalni oskrbi s hrano ter logistiki, ki je potrebna, da hrana pride od malih, lokalnih pridelovalcev čim hitreje do končnih odjemalcev. Logistična tema se nadaljuje z izzivi medpodjetniškega sodelovanja v logistiki in rezultati raziskave o pogojih, potrebnih za uresničitev sodelovanja v praksi. Da boste razumeli vlogo pametnih pogodb, ki se uporabljajo v logistiki, so vse osnove veriženja blokov in kriptovalut razložene v samostojnem članku. S področja okoljevarstva sta dva prispevka – v prvem je predstavljen izračun okoljskega vpliva evropskih projektov s pomočjo kalkulatorjev ogljičnega odtisa, v drugem pa možnost uporabe rabljenih baterij električnih avtobusov kot stacionarnih hranilnikov za shranjevanje električne energije ter uporaba shranjene energije za zmanjšanje koničnih obremenitev, do katerih prihaja tudi zaradi polnjenja električnih avtobusov. Strokovni del Glasila zaključuje prispevek o obveščanju potnikov z oviranostmi o dostopnosti avtobusnih in železniških postaj, letališč ter pristanišč oziroma o standardizaciji podatkov in njihovi uporabi v spletni platformi.

V poljudnem delu Glasila je tokrat manj prispevkov. ZID Maribor se zahvaljuje za dolgoletno uspešno delo in neprecenljiv prispevek k dejavnostim ZID dolgoletni predsednici Komisije za izobraževanje ZID Maribor. Ana Hanžič je ena izmed pobudnic ustanovitve Glasila ZID, dolgoletna neumorna koordinatorica avtorjev in prispevkov ter članica uredniškega odbora. Za njeno delo se ji zahvaljujemo tudi mi in upamo, da bo z nami še v prihodnje.

Objavljamo tudi poročili Elektrotehniškega društva in Društva seniorjev Podravje o strokovnih ekskurzijah, ki sta ju društvi izvedli v letu 2025.

Tudi tokrat smo Glasilo obogatili s fotografijami mag. Gera Angleitnerja, za kar se mu najlepše zahvaljujemo.

Katja Hanžič
urednica Glasila ZID

KAZALO

UVODNA BESEDA UREDNICE	4
NAGOVOR PREDSEDNIKA ZVEZE INŽENIRSKIH DRUŠTEV MARIBOR.....	6
STROKOVNI ČLANKI	7
RAČUNALNIŠKE SIMULACIJE VSTAVLJANJA ŽILNIH OPORNIC KOT ORODJE ZA RAZUMEVANJE IN NAČRTOVANJE POSEGOV PRI DISEKCIJI AORTE.....	7
<i>asist. dr. Žiga Donik</i>	
ALTERNATIVNE PREHRANSKE MREŽE V SREDNJI EVROPI: METODOLOGIJA, DOBRE PRAKSE IN PLATFORMA ZA PRENOS ZNANJA FOOD4CE.....	20
<i>doc. dr. Maršenka Marksel, višji raz. asist. Nina Pavletič, mag. Danijela Kocuvan</i>	
KRIPTOVALUTE IN TEHNOLOGIJA VERIŽENJA BLOKOV	32
<i>asist. Vid Keršič, asist. dr. Jani Dugonik</i>	
PERSPEKTIVE MEDPODJETNIŠKEGA LOGISTIČNEGA SODELOVANJA V SLOVENIJI	43
<i>asist. Ines Pentek, izr. prof. dr. Tomislav Letnik</i>	
POMEN IN UPORABA KALKULATORJEV OGLJIČNEGA ODTISA: METODOLOGIJA, MERJENJE IN OKOLJSKI UČINKI	57
<i>Polonca Korez, višji strok. raz. asist. Nina Pavletič, doc. dr. Maršenka Marksel</i>	
PONOVA UPORABA BATERIJ ELEKTRIČNIH AVTOBUSOV V BATERIJSKEM HRANILNIKU ZA PODPORO POLNILNI INFRASTRUKTURI MESTNEGA JAVNEGA POTNIŠKEGA PROMETA – PRIMER MARIBOR	70
<i>asist. dr. Danijel Hojski, viš. pred. mag. Mitja Klemenčič, mag. Marijan Španer, viš. pred. mag. Vlasta Rodošek, doc. dr. Marjan Lep, doc. dr. Sergej Težak</i>	
INFORMIRANJE POTNIKOV Z OVIRANOSTMI O DOSTOPNOSTI POTNIŠKIH TERMINALOV	84
<i>višji strok. raz. asist. Katja Hanžič</i>	
POROČILA DRUŠTEV, KOMISIJ IN SEKCIJ ZID	96
ZID MARIBOR PODELIL PRIZNANJE ANI HANŽIČ	96
<i>dr. Karl Gotlih</i>	96
ELEKTROTEHNIŠKO DRUŠTVO V GORIŠKIH BRDIH IN PREKMURJU	98
<i>mag. Gero Angleitner</i>	98
DRUŠTVO SENIORJEV PODRAVJA NA OBISKU PRI SLOVENCIH V PORABJU	100
<i>Dragan Grgić</i>	100

NAGOVOR PREDSEDNIKA ZVEZE INŽENIRSKIH DRUŠTEV MARIBOR



Spoštovane bralke/bralci, članice/člani društev ZID Maribor,

Izšla je nova, 10. številka glasila ZID Maribor. Številka vsebuje prispevke, ki so prispeli in so objavljeni v tej številki v letu 2025. Med njimi so zanimivi strokovni članki in prispevki, ki odražajo delovanje zveze in društev v letu 2025.

V letu 2025 smo imeli tri sestanke UO ZID Maribor, v mesecu aprilu pa občni zbor zveze.

Na volilnem občnem zboru smo sprejeli načrt aktivnosti zveze in drugih aktivnosti društev v sodelovanju z zvezo. Načrt je objavljen na spletni strani zveze. Večino teh aktivnosti smo uspešno izvedli. Na občnem zboru smo potrdili staro vodstvo in organe ter sprožili aktivnosti za dopolnitev članov nekaterih organov zveze. Žal smo morali potrditi tudi izpad nekaterih društev, nekaterih zaradi prenehanja delovanja zaradi upada članstva. Upad članstva je resen problem praktično v vseh društvih zveze in ga bo potrebno nujno, tudi inovativno reševati, da pritegnemo nove člane.

Društva zveze so izvedla v skladu s svojimi programi več zanimivih strokovnih predavanj in strokovnih ekskurzij ter drugih aktivnosti. Več o vsebini teh aktivnosti lahko najdete na spletni strani zveze in društev, nekaj zanimivih pa je podrobneje opisano tudi v prispevkih v tej številki glasila.

V mesecu novembru 2025 smo izvedli že tradicionalno računalniško usposabljanje za seniorje in druge zainteresirane člane zveze, tokrat z naslovom: Kripto-valute in verige blokov. Usposabljanje je bilo izvedeno v sodelovanju s predavatelji UM FERI. Udeležba na tečaju z aktualno temo bi lahko bila številnejša. Smo pa izvajalca usposabljanja uspeli nagovoriti, da sta v tem glasilu na to temo objavila strokovni prispevek, ki ga priporočam vsem, ki jih ta tematika zanima.

Precej truda smo skupaj z urednico posvetili pridobivanju prispevkov in izdaji le teh v tej številki glasila. Upam, da boste bralci zadovoljni pri prebiranju le teh.

Nekaj truda smo posvetili tudi izboljšanju pogojev dela na sedežu zveze. V ta namen smo klimatizirali glavni prostor in obnovili dotrajane preproge. Za večjo varnost obiskovalcev pa smo sanirali stopnice na vhodu zveze in izvedli montažo ograje za stopnice.

Vstopamo v leto 2026, ki je za zvezo jubilejno, 80. leto delovanja. Zato želim društvom in zvezi veliko uspehov pri delovanju in sodelovanju pri skupnih aktivnostih zveze.

izr. prof. dr. Peter Planinšič
predsednik ZID Maribor

STROKOVNI ČLANKI

Računalniške simulacije vstavljanja žilnih opornic kot orodje za razumevanje in načrtovanje posegov pri disekciji aorte

asist. dr. Žiga Donik

Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
Laboratorij za vrednotenje konstrukcij

ziga.donik@um.si

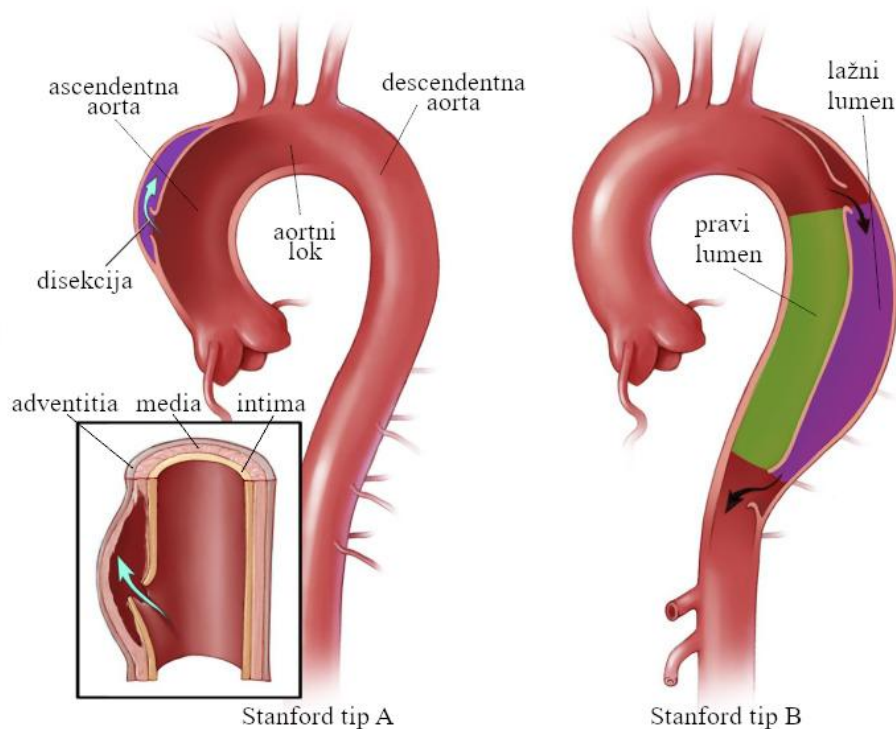
Povzetek

Disekcija aorte je resno in življenjsko ogrožajoče stanje, pri katerem je načrtovanje in izbira ustreznega zdravljenja izjemno zahtevna. Računalniške simulacije omogočajo preučevanje obnašanja aorte in žilnih opornic v virtualnem okolju, kar zmanjšuje tveganje za pacienta in omogoča boljše razumevanje mehanskih procesov. Za potrebe simulacij se iz medicinskih slik izdelajo 3D modeli pacientovo specifične aorte ali idealiziranih arterij, ki se nato pripravijo za numerične analize. Podobno se razvijejo računalniški modeli žilnih opornic, pri čemer se upoštevajo njihova geometrija, materialne lastnosti in način vstavljanja. Simulacije vstavljanja opornic omogočajo preučevanje interakcij med opornico in žilno steno, obnašanja membrane ter hemodinamičnih učinkov, kar je ključnega pomena za optimizacijo načrtovanja posegov in razvoja boljših medicinskih pripomočkov. Računalniške simulacije tako predstavljajo pomembno orodje za raziskave, klinično načrtovanje operacij, razumevanje mehanizmov odpovedi opornic ter razvoj pacientu prilagojenih rešitev, kar lahko dolgoročno prispeva k izboljšanju zdravljenja disekcije aorte.

Ključne besede: računalniške simulacije, žilne opornice, disekcija aorte, znotrajžilni poseg

Uvod

Disekcija aorte je življenjsko nevarno stanje, za katerega je značilno razslojevanje stene aorte, kot prikazuje slika 1. Najprej se v notranji plasti žilne stene, intimi, pojavi razpoka, v katero lahko vstopi kri. Ta nato potuje med plasti stene ter jih razsloji in ustvari nov, navadno slep, lažni kanal (lažno svetlino). Zaradi povišanega krvnega tlaka, ki je poleg starostnih sprememb najpogostejši dejavnik tveganja, se razslojevanje pogosto širi vzdolž pretoka krvi. Kri v lažni svetlini lahko zmanjša pretok v pravi svetlini in ovira oskrbo organov s kisikom in hranili. V najhujšem primeru lahko pride do pretrganja oslabiljene stene aorte, kar ima zelo visoko smrtnost.

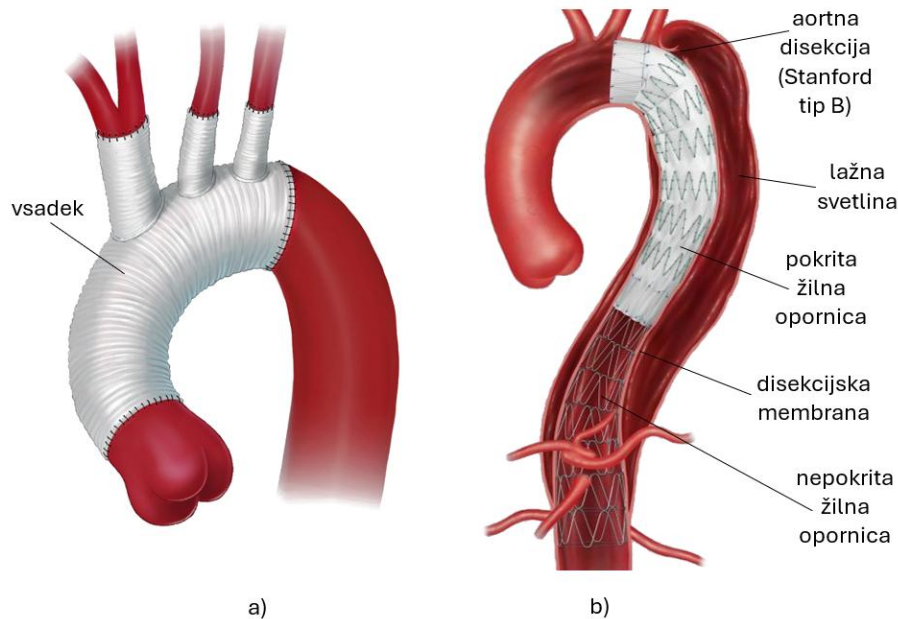


Slika 1: Sestava aorte, nastanek disekcije aorte in tip disekcije po Stanford klasifikaciji.

Zato je ključnega pomena, da se v primeru ugotovljene disekcije aorte čim prej prične zdravljenje, ki v prvi fazi zajema uporabo zdravil za znižanje krvnega tlaka in s tem zmanjšanje obremenitve žilne stene. Naslednja faza je odvisna od obsega in vrste disekcije, ter od bolnikove anatomije in fiziologije. Po najpogostejše uporabljeni Stanford klasifikaciji, ločimo disekcije glede na prizadeti del aorte. Disekcije Stanford tipa B prizadanejo samo descendentno aorto za aortnim lokom, disekcije Stanford tipa A pa zajamejo tudi druge dele aorte – ascendentno aorto in/ali aortni lok.

Disekcije Stanford tipa A so bolj zapletene in nevarne, saj so bližje srcu in lahko vključujejo kritične žile v aortnem loku, ki s krvjo oskrbujejo možgane, vrat in zgornje okončine. Najpogostejši način zdravljenja takšne disekcije je odprt kirurški poseg (slika 2a). Pri odprtem kirurškem posegu se z vsadkom izvede popolna rekonstrukcija obolelega dela aorte [1]. Ta pristop vključuje zamenjavo prizadetega segmenta aorte s sintetično cevko za ponovno vzpostavitev normalnega pretoka krvi, vendar je odprta operacija invazivna in zahtevna ter predstavlja veliko tveganje za bolnika.

Za zdravljenje disekcij Stanford tipa B se vedno pogostejše uporabljajo znotraj žilne (endovaskularne) tehnike, ki predstavljajo manj invazivno alternativo odprtim operacijam [2][3]. Eden takšnih pristopov vključuje uporabo pokritih žilnih opornic (stentov) v postopku, znanem kot torakalno znotrajžilno popravilo aorte (ang. *thoracic endovascular aortic repair* - TEVAR). Žilna opornica se vstavi skozi majhno zarezo v dimljah in s pomočjo katetra vodi do mesta disekcije. Nameščene so tako, da okrepijo oslABLJENO steno aorte, zaprejo lažno svetlino in obnovijo pretok krvi skozi pravo svetlino (slika 2b).



Slika 2: Kirurški posegi za zdravljenje disekcije aorte: a) rekonstrukcija aorte (zamenjava ascendentnega dela aorte in aortnega loka); b) znotrajžilna vstavitev pokrite žilne opornice v descendentnem delu aorte v kombinaciji z nepokrito žilno opornico za stabilizacijo prave svetline v trebušnem delu aorte.

Prednosti znotraj žilnih posegov z uporabo žilnih opornic so predvsem:

- manjša invazivnost – poseg ne zahteva odprte operacije prsnega koša,
- krajše okrevanje in manj bolečin po operaciji,
- manjša začetna smrtnost in tveganje za zaplete v primerjavi z odprto operacijo,
- možnost zdravljenja bolnikov, ki zaradi starosti ali drugih bolezni niso primerni za klasičen kirurški poseg.

Kljub temu, da so znotraj žilni posegi lahko rešitev za mnoge bolnike, ostajajo nekatere pomanjkljivosti. Eden največjih izzivov je, da so standardne žilne opornice zasnovane po povprečnih merah in oblikah aorte. V praksi pa ima vsak pacient svojo, pogosto zelo zapleteno anatomijo – od različnih premerov do posebnih ukrivljenosti in razvejanosti žile. Zaradi tega lahko pride do slabšega prileganja, premikov opornice in s tem do puščanja (ang. *endoleak*), ko kri še naprej pronica v lažno svetlino, čeprav je opornica nameščena.

Veliko raziskav je zato usmerjenih v razvoj orodij, ki bi zdravnikom pomagale pri:

- izbiri najbolj ustrezne standardne opornice,
- določitvi optimalnega mesta postavitve,
- načrtovanju in preizkušanju izboljšav obstoječih konstrukcij opornic,
- ter navsezadnje tudi pri razvoju pacientu prilagojenih žilnih opornic.

Že pred posegom bi lahko kirurgi s pomočjo teh orodij preverili, katera opornica se bo pri določenem pacientu najbolje obnesla in kakšni zapleti bi se lahko pojavili. Prav to omogočajo računalniške simulacije vstavljanja žilnih opornic, ki združujejo podatke iz medicinskega slikanja in računalniškega modeliranja v virtualno operacijo.

Računalniške simulacije

Računalniške simulacije so način, kako lahko s pomočjo računalnika posnemamo pojave iz resničnega sveta na osnovi matematičnih in fizikalnih modelov. V inženirstvu so že dolgo nepogrešljive, saj omogočajo varne in cenovno ugodne virtualne eksperimente. Z njimi preverjamo obnašanje sistemov v različnih pogojih, iščemo optimalne rešitve in zmanjšujemo tveganja, ki bi nastala pri dejanskih preizkusih.

Ker so naravni procesi pogosto preveč zapleteni za enostaven matematični opis, se pri simulacijah uporablja razdelitev problema na manjše in enostavnejše dele. V mehaniki trdnin to predstavlja metoda končnih elementov, v mehaniki tekočin pa metoda končnih volumnov. Za vsak posamezen del lahko določimo ustrezne fizikalne enačbe, računalnik pa nato reši velik sistem teh enačb in tako poda približek obnašanja celotnega sistema.

Znanje in pristopi, ki se že nekaj časa uporabljajo v industriji, se danes vse bolj uveljavljajo tudi v medicini. Tudi tam namreč omogočajo, da kompleksne procese preučujemo v varnem virtualnem okolju. Pri simulacijah vstavljanja žilnih opornic tako postajajo dragoceno orodje za razumevanje poteka posega, varnejše načrtovanje operacij ter razvoj žilnih opornic, ki bodo prilagojeni posameznemu pacientu

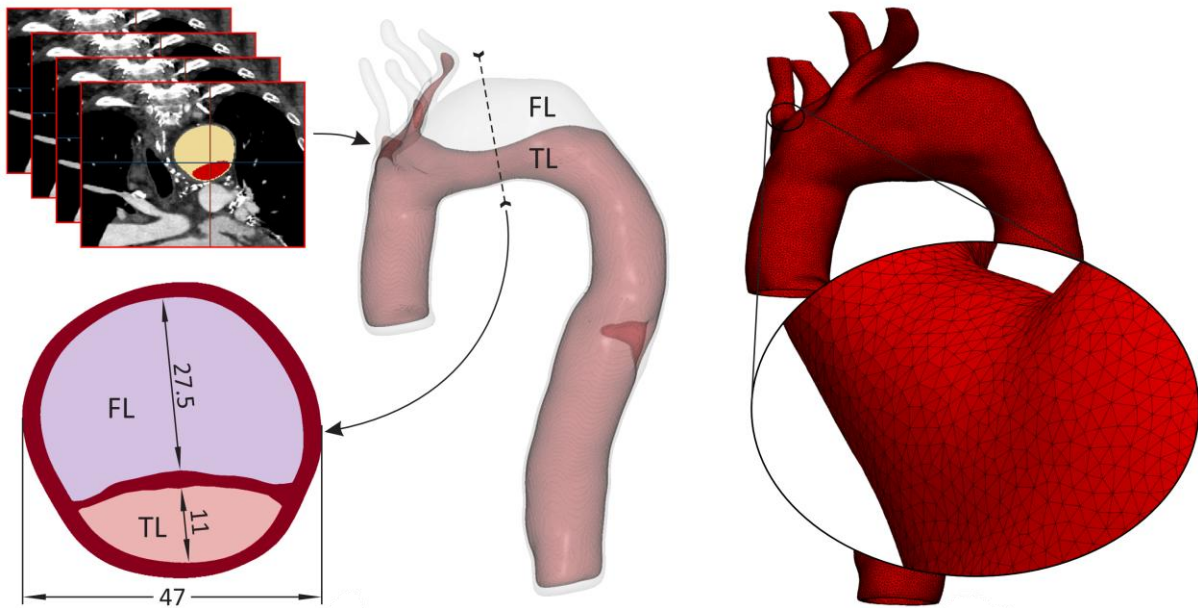
Ustvarjanje 3d geometrijskega računalniškega modela aorte

Za pripravo računalniške simulacije je prvi korak ustvarjanje natančnega geometrijskega modela pacientove aorte. Kot izhodišče se uporabljajo CTA (ang. computed tomography angiography) slike, ki omogočajo zelo dobro ločljivost in kontrast žilnih struktur. Postopek obdelave običajno vključuje več korakov:

1. Segmentacija – na CTA posnetkih se loči aorto od okoliških tkiv in organov. To se lahko izvaja ročno ali polavtomatsko z uporabo specializiranih programskih orodij, ki temeljijo na algoritmih za zaznavo robov in razlik v kontrastu.
2. Rekonstrukcija 3D površine – iz segmentiranih slik se ustvari prostorski geometrijski model aorte. Ta model predstavlja natančno obliko in potek žile, vključno z razvejitvami ter deformacijami zaradi disekcije.
3. Obdelava in glajenje – surovi model vsebuje nepravilnosti zaradi artefaktov slikanja, zato ga je treba obdelati in zgladiti, da dobimo za simulacije primeren kontinuiran geometrijski opis.

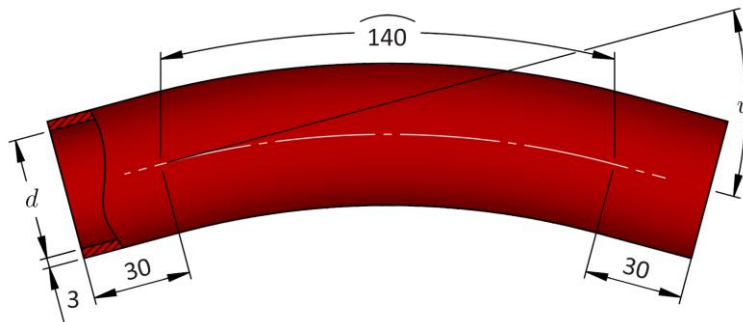
Za potrebe numeričnih analiz geometrijski model ni dovolj – potrebno ga je pretvoriti v računsko mrežo (ang. *mesh*), ki je osnova za metodo končnih elementov ali volumnov. To pomeni, da se geometrija razdeli na veliko število majhnih elementov oziroma celic, znotraj katerih se nato rešujejo fizikalne enačbe. Gostota in kakovost mreže močno vplivata na

natančnost in stabilnost simulacij. Prav tako je potrebno določiti konstitutivni model žile, ki predpisuje, kako se bo ta obnašala pod obremenitvijo.



Slika 4: Prikaz postopka izdelave 3D geometrijskega modela pacienti specifične aorte. Prikazani sta tudi prava (TL) in lažna (FL) svetlina, ter računska mreža računalniškega modela aorte [4].

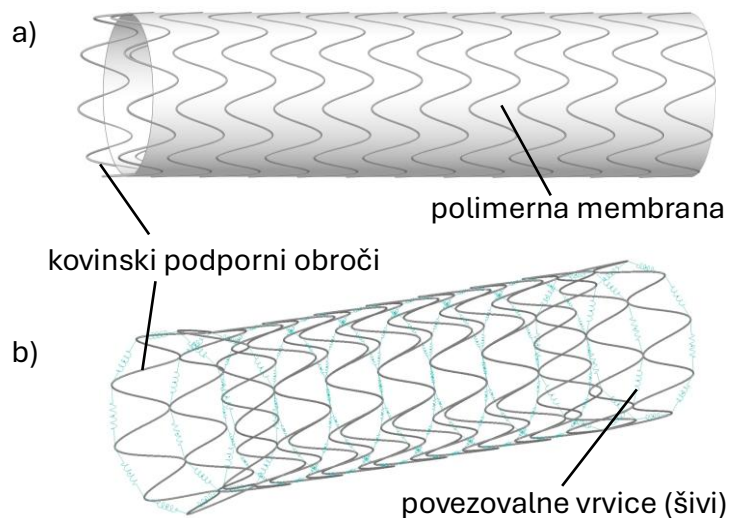
Poleg pacienti specifičnih modelov se pri raziskavah pogosto uporabljajo tudi idealizirane arterije, kjer so žile predstavljene kot enostavne cevke s parametri, kot so premer, ukrivljenost ali kot razvejitve (slika 4). Ti modeli omogočajo bolj sistematično preučevanje vpliva posameznih dejavnikov.



Slika 4: Primer idealiziranega modela žile, ki je bil uporabljen v študiji vpliva ukrivljenosti žile na uspešnost vzpostavitve tesnilnega območja s pokrito žilno opornico.

Računalniško modeliranje žilnih opornic

Za simulacijo vstavljanja opornice je najprej potrebno izdelati 3D geometrijski model opornice. Opornice se delijo na nepokrite in pokrite. Nepokrite so sestavljene iz mreže kovinskih žičk, ki zagotavljajo mehansko oporo žilni steni. Pokrite opornice imajo poleg kovinskega okvirja še tanko polimerno plast, ki zapre lažno svetlino in preprečuje pretok krvi. Računalniški model posnema obliko opornih kovinskih obročev ali mreže in, v primeru pokritih opornic, tudi tanko polimerno membrano. Zaradi kompleksnosti resničnih opornic in računske zahtevnosti se pogosto uporabljajo poenostavitve: žična mreža se lahko predstavi z linijskimi končnimi elementi, medtem ko se membrana ali tkanina pokritih opornic modelira s površinskimi končnimi elementi. Tak pristop omogoča dovolj realistično simulacijo obnašanja opornice, hkrati pa ohranja izvedljivost simulacije. Na sliki 5 sta prikazana primera računalniških modelov nepokrite in pokrite žilne opornice.



Slika 5: Računalniški model žilne opornice: a) pokrita žilna opornica, b) nepokrita žilna opornica.

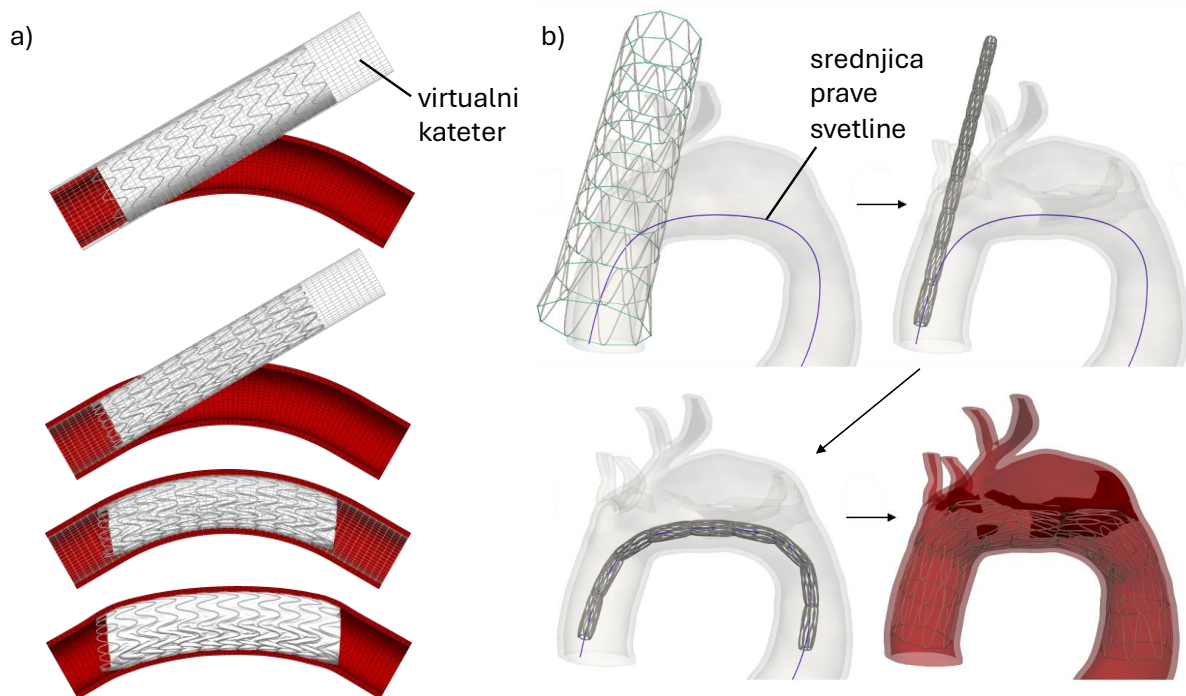
Za numerične simulacije je treba določiti tudi materialni (konstitutivni) model, ki opisuje obnašanje materiala opornice pod obremenitvijo. Za kovinske opornice se običajno uporablja linearno elastičen ali superelastičen model, za polimerne membrane pa linearen ali hiperelastičen model, odvisno od deformacij, ki jih želimo upoštevati.

Posebno pomemben element simulacije je interakcija opornice z aorto, ki se modelira s kontaktnimi pogoji. Ti opišejo, kako se opornica dotika in pritiska na žilno steno, kar je ključno za stabilno vstavljanje in interakcijo med elementi simulacije.

Postopek virtualnega vstavljanja žilne opornice

Ko imamo izdelana 3D modela aorte in opornice, je naslednji korak simulacija vstavljanja opornice. Prvi izziv je pravilno vpetje aorte. To pomeni, da moramo na obeh koncih omejiti gibanje, da model ostane stabilen med simulacijo. To vpetje je ključno, saj napačna omejitev lahko vodi do nerealističnih deformacij in netočnih rezultatov.

Sam postopek vstavljanja opornice poteka v več korakih in je prikazan na sliki 6. Najprej je treba opornico stisniti, da doseže premer, ki omogoča vstavljanje v žilo – podobno kot v realnem postopku, ko je opornica spravljena v kateter. Nato jo je potrebno upogniti, da se poravnava s srednjico žile in se prilagodi ukrivljenosti aorte. Šele ko je pravilno nameščena, se opornica samo-razširi, saj se elastično stisnjena vrne v svojo prednastavljeno obliko.



Slika 6: Postopek vstavljanja žilne opornice z virtualnim katetrom: a) pokrita žilna opornica v idealizirani arteriji, b) nepokrita žilna opornica v pacientu specifični aorti. [5]

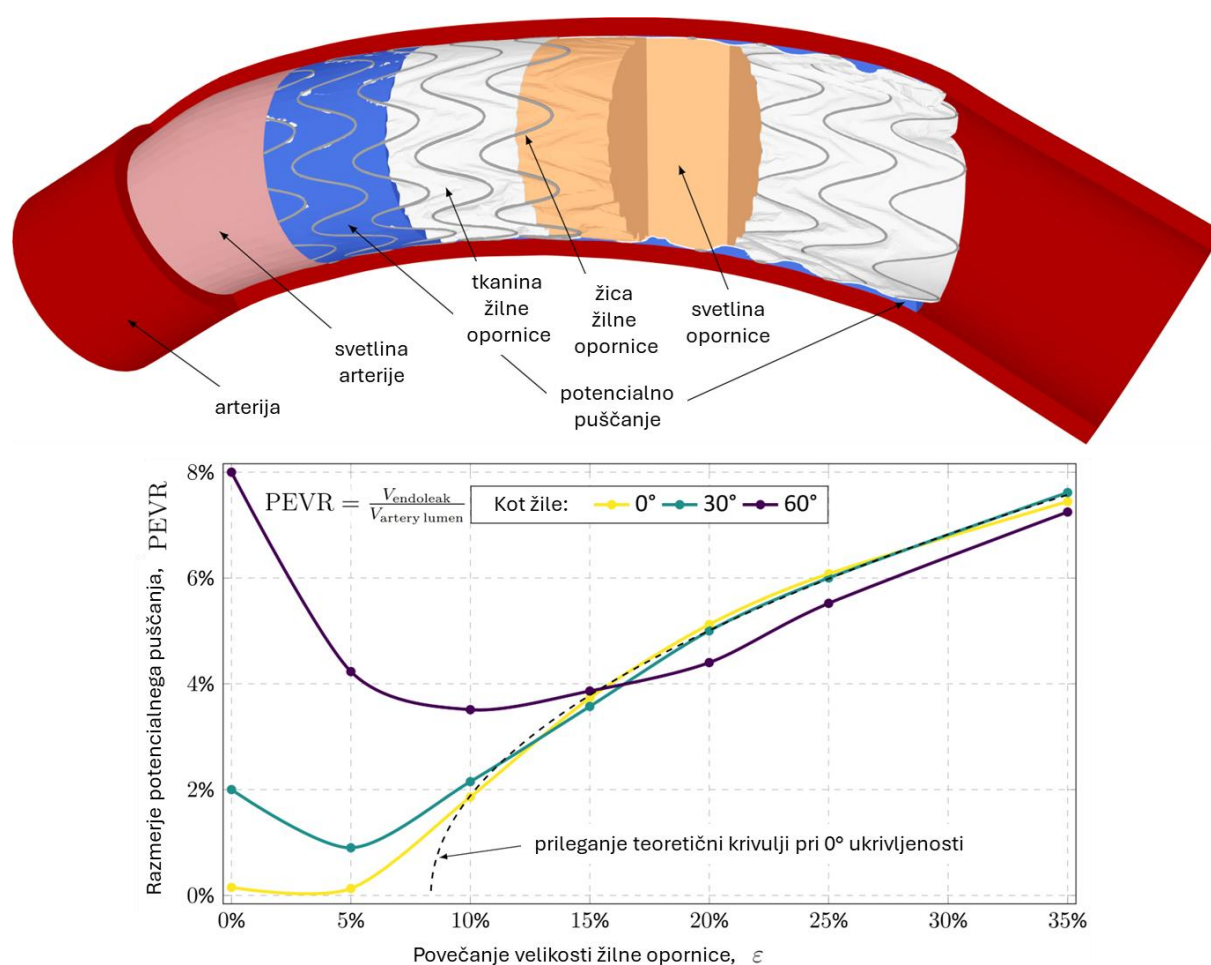
V simulaciji vse te korake izvedemo s pomočjo virtualnega katetra, ki ga modeliramo kot cevko iz površinskih končnih elementov. Vsaki točki katetra predpišemo časovno odvisen pomik, ki stisne, upogne in vodi žilno opornico do ciljne pozicije. Ta pristop omogoča natančno posnemanje celotnega postopka vstavljanja, vključno z deformacijami opornice in interakcijo z žilno steno.

Računalniška simulacija pokrite žilne opornice v idealizirani arteriji

V tej raziskavi smo se osredotočili na pokrito žilno opornico, ki se v klinični praksi uporablja za zapiranje lažne svetline. Da bi bolje razumeli osnovne mehanizme njenega delovanja, smo pripravili simulacije v idealiziranih arterijah, ki so imele različne premere in stopnje ukrivljenosti (slika 6) [5]. Tak pristop nam omogoča, da ločimo vpliv posameznih dejavnikov, ki jih je v realni anatomiji pogosto težko razmejiti.

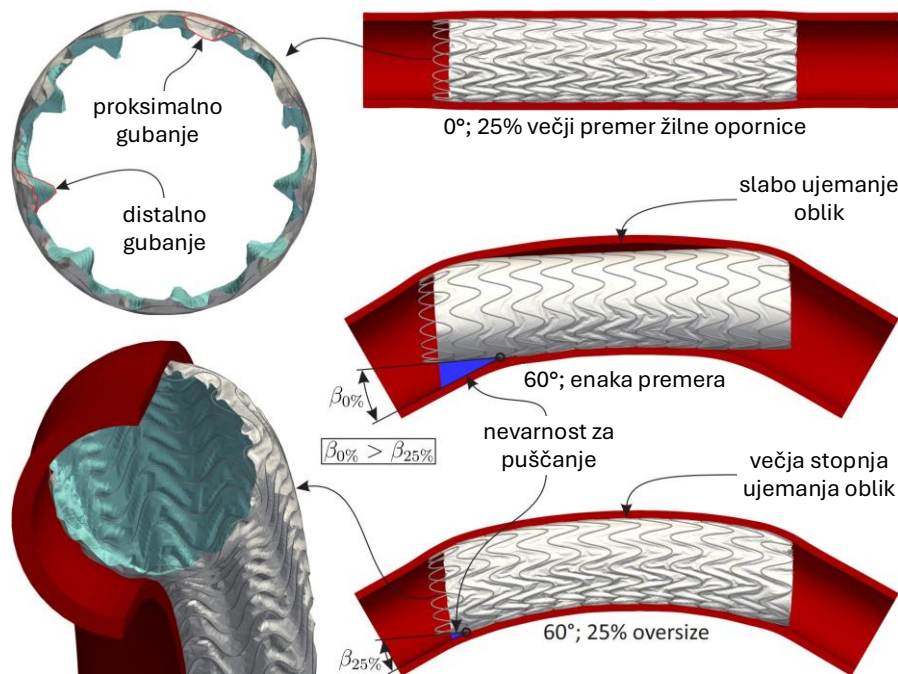
Glavno vprašanje je bilo, kako na stabilnost opornice vpliva razmerje med velikostjo opornice in premerom žile – pojav, ki ga v literaturi poznamo kot *oversizing*. Če je opornica premajhna, tesnilna cona ni stabilna in lahko pride do uhajanja krvi mimo opornice (*endoleak*). Če pa je prevelika, se v steni pojavijo visoke obremenitve, kar lahko vodi v zaplete. S simulacijami smo iskali optimalno razmerje, pri katerem se doseže najboljše tesnjenje ob najmanjšem tveganju za poškodbo tkiva.

Predstavili smo nov parameter (PEVR), ki predstavlja razmerje med potencialnim volumnom, kamor lahko pušča kri (prostor med žilno steno in žilno opornico) ter volumnom svetline (slika 7). Ugotovili smo, da pri različnih ukrivljenostih žile obstaja različna optimalna velikost oz. razmerje premerov žilne opornice in žile, ki je prikazana na grafu na sliki 7.



Slika 7: Analiza volumnov in potencialnega prostora za puščanje pri vstavljanju pokrite žilne opornice v različne velikosti in ukrivljenosti žil.

Poleg tega smo preučevali, kako na tesnjenje vpliva ukrivljenost arterije. Pri večjih ukrivljenostih se namreč membrana pokrite opornice ne more vedno popolnoma prilagoditi notranji steni, zato prihaja do gubanja membrane. Simulacije so nam pomagale razložiti, kdaj in zakaj do tega pride, kar je pomemben podatek za načrtovanje novih opornic in izbiro ustreznih dimenzij pri posegu.



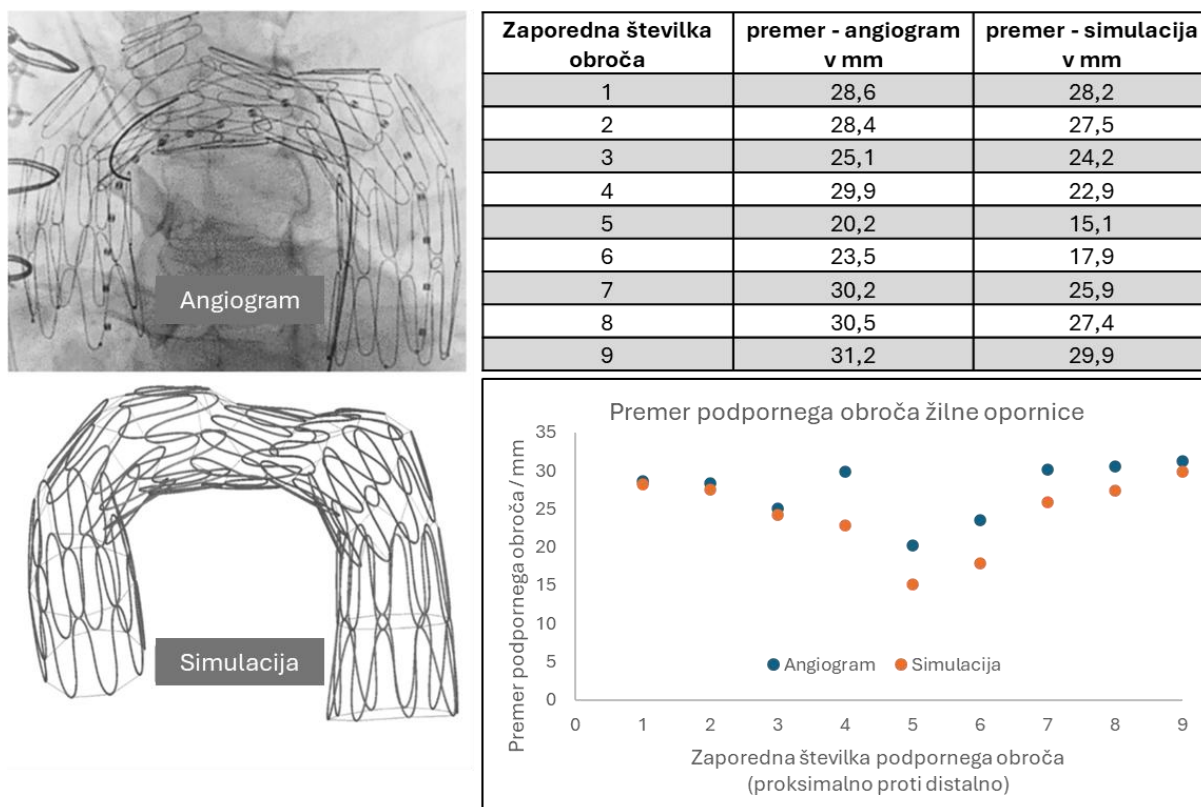
Slika 8: Vpliv ukrivljenosti arterije in izbire premera žilne opornice na tesnilno območje ter obliko gubanja membrane.

Takšne študije, ki razkrivajo osnovne fizikalne procese, imajo velik pomen. Omogočajo nam, da bolje razumemo mehanizme interakcije med opornico in žilno steno, kar vodi do boljšega načrtovanja medicinskih pripomočkov, optimizacije kirurških postopkov in celo razvoja novih konceptov zdravljenja. Gre za primer, kako lahko simulacije prispevajo k temeljnim znanstvenim raziskavam, kjer neposrednih kliničnih meritev pogosto ni mogoče opraviti.

Računalniška simulacija nepokrite žilne opornice v pacientu specifični aorti

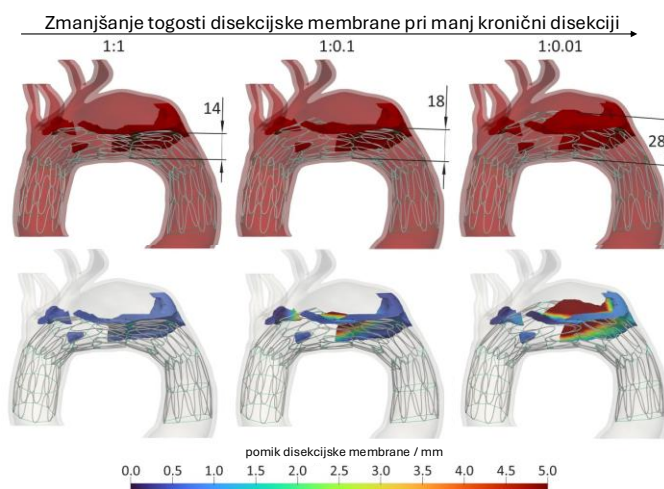
V raziskavi smo se posvetili pacientu specifični aorti, kjer je bila izziv predvsem anatomsko lega – aortni lok. Na tem mestu so pokrite opornice pogosto neuporabne, saj bi s svojo membrano zaprle arterije, ki oskrbujejo zgornje okončine in možgane. Zato smo preučevali možnost uporabe nepokrite opornice, ki omogoča, da kri še vedno prehaja skozi mrežo kovinskih žičk v stranske arterije, hkrati pa mehansko podpira pravo svetlino [6].

V simulaciji smo opazovali, kako se nepokrita opornica prilagodi ukrivljenemu loku in kako se razporedi v pravi in lažni svetlini. Rezultate smo primerjali z dejanskim stanjem med posegom in ugotovili zelo dobro ujemanje – tako glede oblike in deformacij opornice kot tudi glede premerov posameznih segmentov. To kaže, da simulacija lahko zanesljivo napove vedenje opornice pri zahtevnih anatomijah.

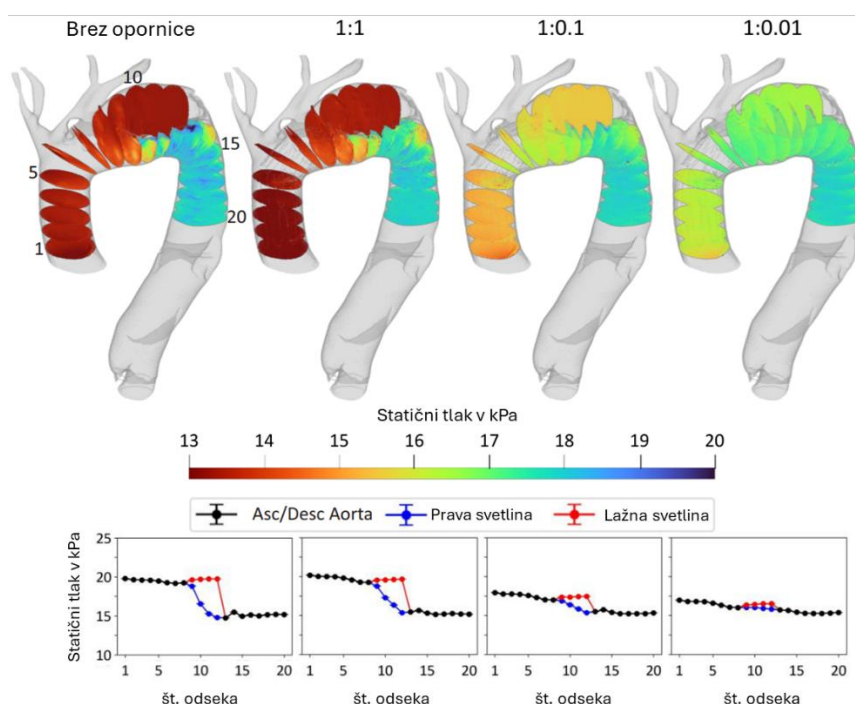


Slika 9: Primerjava stanja žilne opornice med operacijo (Angiogram) in med računalniško simulacijo ter primerjava premerov pri posameznem podpornem obroču žilne opornice.

Posebej smo upoštevali različne togosti disekcijske membrane, ki ločuje obe svetlini (slika 10). Ta se namreč spreminja glede na fazo bolezni – v akutni fazi je tanka in prožna, v kronični pa bolj toga in zadebeljena. Izkazalo se je, da pri večji togosti membrana otežuje popolno razširitev prave svetline, kar lahko vpliva na dolgoročno učinkovitost terapije. Za dodatno preverjanje koncepta smo izvedli še analizo z računalniško simulacijo dinamike tekočin (CFD), s katero smo analizirali pretok krvi in tlak v pravi ter lažni svetlini pred in po vstavitvi opornice (slika 11).



Slika 10: Primerjava vstavljenih žilnih opornic v aorti z različnimi togostmi disekcijske membrane, ki ponazarjajo različne stopnje kroničnosti disekcije. Pri manjši togosti membrane se poveča sposobnost žilne opornice, da razširi pravo svetlino in zapre lažno svetlino.



Slika 11: Primerjava sistoličnega tlaka skozi 20 prereznih ravnin v aorti. Ločeno sta prikazana prava (modro) in lažna (rdeče) svetlina. Pri primerih disekcijske membrane z manjšo togostjo, kjer je sposobna opornica razširiti pravo svetlino v večji meri (1:0.01), je razvidna stabilizacija tlaka skozi celotno aorto.

Rezultati kažejo, da bi ustrezno zasnovana nepokrita opornica, ki dovolj močno pritiska disekcijsko membrano proti steni aorte in zapre lažno svetlino, lahko stabilizirala pretok in tlak v pravi svetlini. S tem bi ne le izboljšala trenutni potek operacije, ampak morda tudi preprečila napredovanje bolezni.

Zaključek

Računalniške simulacije omogočajo, da kompleksne anatomske in fiziološke procese prenesemo v virtualno okolje in jih preučujemo brez tveganja za pacienta. V tem delu smo prikazali pot od slikovne diagnostike do izdelave računalniških modelov aorte in žilnih opornic ter simulacije njihove vstavitve po metodi končnih elementov.

Poseben poudarek je bil namenjen disekciji aorte, ki predstavlja enega najzahtevnejših kliničnih zapletov. Na idealiziranih modelih smo pokazali, kako razmerje med velikostjo opornice in žile ter ukrivljenost vplivata na kakovost tesnjenja in stabilnost membrane. V pacientu specifičnem modelu pa smo prikazali, da lahko simulacije natančno napovejo obnašanje nepokrite opornice v aortnem loku in s tem pomagajo razumeti njene hemodinamične učinke. Rezultati kažejo, da bi ustrezno oblikovane opornice lahko prispevale k stabilizaciji prave svetline in s tem k boljši dolgoročni prognozi bolnikov z disekcijo aorte.

Poleg raziskovalne vrednosti imajo simulacije velik potencial tudi kot klinično orodje. Omogočajo planiranje zahtevnih operacij, kjer lahko kirurg vnaprej preizkusi različne možnosti zdravljenja in oceni tveganja. Prav tako pomagajo pri razumevanju mehanizmov odpovedi obstoječih žilnih opornic ter usmerjajo razvoj novih, bolj učinkovitih rešitev.

V prihodnosti pa se odpirajo tudi možnosti za pacientu prilagojeno oblikovanje opornic, kjer bi bil vsak pripomoček optimiziran za anatomske značilnosti posameznika.

Čeprav metode še zahtevajo dodatno validacijo z eksperimentalnimi in kliničnimi podatki, rezultati potrjujejo, da imajo računalniške simulacije izjemen potencial za povezovanje inženirskega znanja z medicinsko prakso. Pri zdravljenju disekcij aorte se tako lahko uveljavijo kot pomemben most med razumevanjem biomehanike, razvojem medicinskih pripomočkov in izboljšano oskrbo pacientov.

Viri in literatura

- [1] G. N. Levine, Cardiology secrets, 6. izd. Elsevier, 2022.
- [2] C. Țintoiu, A. Ursulescu, J. A. Elefteriades, M. J. Underwood, I. Droc, New Approaches to Aortic Diseases from Valve to Abdominal Bifurcation. Elsevier, 2018.
- [3] L. F. Hiratzka idr., 2010 ACCF/AHA/AATS/ACR/ASA/SCA/SCAI/SIR/STS/SVM Guidelines for the Diagnosis and Management of Patients With Thoracic Aortic Disease, J Am Coll Cardiol, 55, 2010.
- [4] Ž. Donik, The development of patient-specific vascular stents using computational modeling and optimisation : doctoral disertation, Doktorska disertacija, Ž. Donik, Maribor, 2024 [Online]. Dostopno: <https://dk.um.si/IzpisGradiva.php?id=88521>. [Dostopano: 31. avgust 2025.]
- [5] Ž. Donik et al., A computational study of artery curvature and endograft oversize influence on seal zone behavior in endovascular aortic repair, Comput. biol. & med., let. 178, 108745, 2024, doi: 10.1016/j.compbiomed.2024.108745.
- [6] Ž. Donik et al., Bare Metal Stenting for Residual Arch Dissections: A Computational Analysis, Cardiovasc Eng Tech, 2025, doi: 10.1007/s13239-025-00799-6.



mag. Gero Angleitner: Otok ljubezni

Alternativne prehranske mreže v srednji Evropi: metodologija, dobre prakse in platforma za prenos znanja Food4CE

doc. dr Maršenka Marksel¹, višji raz. asist. Nina Pavletič¹, mag. Danijela Kocuvan²

¹Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo, prometno inženirstvo in arhitekturo

²Regionalna razvojna agencija za Podravje – Maribor

marsenka.marskel@um.si

Povzetek

Prispevek se osredotoča na izzive in priložnosti, s katerimi se soočajo kratke prehranske verige in alternativne prehranske mreže, pri čemer je v ospredju vidik logistike in prenosa znanja. Predstavljena je metodologija, razvita v okviru projekta Food4CE, za analizo in vrednotenje dobrih praks, glede na 5 kriterijev in sicer: napredna logistika, digitalizacija, lokalna usmerjenost, trajnostni razvoj in transparentnost. Na osnovi teh kriterijev smo oblikovali katalog dobrih praks, ki je služil kot osnova za vzpostavitev platforme za prenos znanja. Platforma omogoča uporabnikom izmenjavo izkušenj in dostop do podatkov o dobrih praksah, obenem pa spodbuja razvoj novih logističnih rešitev v podporo trajnostnim prehranskim sistemom. Članek predstavi tudi ključne rezultate analize 39 dobrih praks iz petih srednjeevropskih držav. Analiza je razkrila opazne razlike v stopnji digitalizacije in logistični učinkovitosti med preučevanimi praksami, katerim pa je skupen vidik lokalnosti in trajnostnega razvoja.

Ključne besede: kratke prehranske verige, alternativne prehranske mreže, dobre prakse, logistika, trajnost, digitalizacija, platforma za prenos znanja, Food4CE, lokalna oskrba s hrano

Uvod

Kratke prehranske verige v zadnjem desetletju pridobivajo vse večjo vlogo v sodobnih prehranskih sistemih, saj ponujajo odziv na številne pomanjkljivosti globalizirane oskrbe s hrano. Med te sodijo dolge in ranljive dobavne poti, visoke emisije zaradi transporta, odvisnost od uvoza ter izguba neposrednega stika med pridelovalci in potrošniki. Globalizirani prehranski sistemi, ki temeljijo na ekonomiji obsega in centralizirani proizvodnji, pogosto vodijo do nizkih odkupnih cen za proizvajalce, zmanjšane raznolikosti lokalnih pridelkov in postopne homogenizacije prehrane. Takšni sistemi so poleg tega občutljivi na zunanje šoke, od nihanj svetovnih cen do motenj v dobavnih verigah, ki jih povzročajo geopolitične napetosti ali podnebne spremembe. Kratke prehranske verige in alternativne prehranske mreže odgovarjajo na te izzive z vzpostavljanjem trajnostno in lokalno usmerjenih modelov oskrbe. Ti modeli dajejo prednost kakovosti pred količino, spodbujajo lokalno gospodarstvo ter gradijo zaupanje med proizvajalci in potrošniki. Njihov pomen narašča tudi v kontekstu evropskih podnebnih ciljev in prizadevanj za povečanje prehranske varnosti [1].

Medtem ko kratke prehranske verige v ospredje postavljajo logistično bližino med pridelovalci in potrošniki – torej krajše dostavne poti, večjo svežino in manjše emisije, pojem **alternativnih prehranskih mrež (APM)** vključuje širši vrednotni okvir. Poleg omenjenih vidikov zajema tudi trajnost, pravičnost, etiko, lokalno identiteto in družbene inovacije. Takšne mreže pogosto

delujejo kot gibanja ali pobude, ki ponujajo protiutež globaliziranemu modelu preskrbe s hrano in spodbujajo sistemske spremembe. Oba koncepta prispevata k večji samooskrbi, zmanjševanju odvisnosti od globalnih trgov in povečanju odpornosti lokalnih skupnosti na zunanje vplive, kot so, podnebne spremembe, motnje v dobavnih verigah ali energetske krize.

Alternativne prehranske mreže se med seboj razlikujejo glede na stopnjo organiziranosti in razvitosti, od preprostih, neformalnih oblik do kompleksnih sistemov, ki delujejo s podporo digitalnih tehnologij in različnih modelov sodelovanja. Najbolj osnovno obliko predstavljajo **neposredne alternativne prehranske mreže**, v katerih proizvajalci, pogosto manjši kmetje, prodajajo svoje izdelke neposredno potrošnikom. Prodaja poteka na kmečkih tržnicah, na domačem pragu ali prek dostave na dom, pri čemer proizvajalci sami skrbijo za celoten proces prodaje in dostave. Takšen pristop zahteva le minimalne prevozne poti, embalažo in skladiščne zmogljivosti. Posredne alternativne prehranske mreže predstavljajo bolj napredno obliko sodelovanja, saj vključujejo posrednike, ki so zadolženi za zbiranje, pakiranje in distribucijo izdelkov. V to kategorijo sodijo zadruga, ki povezujejo lokalne proizvajalce, usklajujejo dobavo ter zagotavljajo kakovostne standarde in skladnost z zahtevami trga. Distribucija izdelkov poteka prek manjših logističnih mrež, ki uporabljajo namenska dostavna vozila in občasno manjša skladišča ali hladilne prostore. Najbolj kompleksne so **napredne alternativne prehranske mreže**, ki po svoji organizaciji že spominjajo na klasične maloprodajne verige. Takšni sistemi uporabljajo integrirane informacijske rešitve in orodja za upravljanje dobavne verige, kar omogoča sprotno spremljanje zalog, prodaje in dostavnih urnikov. Izdelki več dobaviteljev se obdelajo in shranijo v centralnih skladiščih ter nato razdelijo do trgovin z lastno blagovno znamko ali do spletnih prodajnih platform. Tak pristop zagotavlja enotno nakupovalno izkušnjo in višjo stopnjo učinkovitosti. Napredne mreže pogosto sodelujejo tudi z zunanjimi logističnimi ponudniki ter uporabljajo hladilna vozila in centralizirana središča, kar omogoča pravočasno in zanesljivo dostavo [2].

Najpogostejše organizacijske oblike alternativnih prehranskih mrež vključujejo različne pobude **neposredne prodaje**, ki proizvajalcem omogočajo, da svoje izdelke ponudijo neposredno potrošnikom. Med te oblike sodijo kmečke tržnice, prodajalne z lokalnimi izdelki, samopostrežni prodajni avtomati, prodaja na domačem pragu ter spletne strani za prodajo lokalne hrane [3]. Pomemben delež predstavljajo tudi **zadruga**, v katerih se kmetje in drugi proizvajalci povezujejo zaradi skupnega upravljanja, trženja in dostave svojih izdelkov [4]. Pomembno vlogo imajo še **platforme**, ki delujejo kot digitalna ali fizična infrastruktura za povezovanje proizvajalcev in potrošnikov. Te omogočajo bolj pregledno prodajo izdelkov večjega števila ponudnikov, učinkovitejšo distribucijo, poenostavljajo logistične procese in krepijo sodelovanje znotraj mrež [5]. Med uveljavljene oblike sodelovanja sodijo tudi **partnerstva med proizvajalci in potrošniki**, kot je skupnostno podprto kmetijstvo (CSA). Ta model temelji na medsebojnem zaupanju in sodelovanju, kjer potrošniki vnaprej finančno podprejo kmete v zameno za redno dobavo sezonskih pridelkov. Na ta način kmetje zmanjšajo finančno tveganje in si zagotovijo stabilen dohodek, potrošniki pa dostop do sveže, lokalno pridelane hrane [6]. Posebno mesto med organizacijskimi oblikami imajo **prehranske zadruga**, ki jih upravljajo njihovi člani. Te zadruga predstavljajo alternativo tradicionalni maloprodaji, saj temeljijo na načelih lokalne, trajnostne in etične pridelave ter distribucije hrane. Člani zadrug so pogosto hkrati lastniki in potrošniki, kar krepi občutek skupnosti in soodgovornosti [4]. Zanimiv segment alternativnih prehranskih mrež predstavlja tudi **agro-ekoturizem**, ki obiskovalcem ponuja priložnost, da neposredno spoznajo lokalno pridelavo hrane, kmetijske prakse in podeželski način življenja. Primeri vključujejo kmečke prodajalne in turistične

kmetije, ki povezujejo izkušnjo podeželja z nakupom lokalnih izdelkov [7]. Med sodobne oblike sodelovanja sodijo še pobude, ki temeljijo na konceptu »**potrošniki kot proizvajalci**«. Sem spadajo skupnostni vrtovi, kjer člani skupaj upravljajo in obdelujejo zemljo. Takšne pobude spodbujajo lokalno pridelavo hrane, krepitev skupnostnih vezi in uresničevanje trajnostnih načel [8].

Kljub številnim prednostim in raznolikim organizacijskim oblikam se alternativne prehranske mreže v praksi srečujejo z vrsto izzivov, zlasti na področju lokalne oskrbe. Eden ključnih problemov je omejena zmožnost lokalnih sistemov, da zadostijo naraščajočim prehranskim potrebam urbanih območij. Večina takih sistemov temelji na manjših proizvodnih zmogljivostih in sezonski pridelavi, kar omejuje njihovo stalno ponudbo. K temu dodatno prispeva pomanjkanje ustrezne infrastrukture za predelavo, skladiščenje in distribucijo, kar otežuje oblikovanje učinkovitih in konkurenčnih dobavnih verig. Manjši proizvajalci so pogosto geografsko razpršeni, njihovi pridelovalni cikli pa se razlikujejo. Poleg tega delujejo z majhnimi, raznolikimi količinami hitro pokvarljivih izdelkov, kar močno otežuje organizacijo prevoza. Tak transport je praviloma dražji in manj učinkovit od tistega v večjih sistemih. Hladna veriga je pri manjših količinah pogosto finančno nevzdržna, zahteve glede embalaže pa otežujejo skladiščenje in distribucijo. Zaradi omejenih sredstev številni pridelovalci nimajo dostopa do sodobnih skladiščnih rešitev, profesionalnih prevoznih storitev ali digitalno podprtih sistemov za upravljanje naročil. Posledično se pojavljajo težave pri zagotavljanju sledljivosti in varnosti hrane, kar zmanjšuje zaupanje potrošnikov. Pomemben izziv predstavlja tudi digitalizacija. Čeprav so digitalna orodja, kot so sistemi za upravljanje zalog, e-trgovinske platforme in programske rešitve za optimizacijo logističnih poti, v širši prehrabni industriji že dobro uveljavljena, njihova uporaba v kratkih prehranskih verigah ostaja omejena. Glavni razlogi so pomanjkanje znanja, finančnih sredstev in organizacijskih kapacitet, kar zavira modernizacijo in zmanjšuje konkurenčnost teh mrež. Med ključne omejitve tako spadata pomanjkanje časa in znanja za izboljšanje logističnih procesov. Kot navajajo Beaudoin [9], je vzpostavitev učinkovitih platform za izmenjavo znanja bistvena za krepitev prenosa znanja med deležniki. Takšne platforme omogočajo dostop do relevantnih informacij in primerov dobrih praks, kar olajša prenos raziskovalnih ugotovitev v konkretne rešitve. Dostop do znanja in informacij se je v številnih raziskavah izkazal za ključen dejavnik inovacij v kmetijskem sektorju [10].

Članek predstavlja razvoj platforme za prenos znanja (ang. *Knowledge Transfer Platform*) v okviru projekta Food4CE, namenjene izboljšanju logističnih procesov v kratkih prehranskih verigah. Platforma temelji na enotni metodologiji za prepoznavanje in vrednotenje dobrih praks ter omogoča sistematično izmenjavo znanja med deležniki v lokalnih prehranskih mrežah.

Metodologija za opredelitev in vrednotenje dobrih praks v okviru projekta Food4CE

V okviru mednarodnega projekta **Food4CE** je bila razvita metodologija za sistematično analizo in vrednotenje **dobrih praks** v alternativnih prehranskih mrežah z vidika logistike. Cilj je bil oblikovati enoten pristop, ki omogoča prenos znanja med partnerji ter ustvarjanje podlag za vzpostavitev **platforme za prenos znanja** (ang. *Knowledge Transfer Platform*). Postopek je temeljil na kombinaciji analitičnih, participativnih in primerjalnih metod, ki so zagotavljale preglednost in ponovljivost procesa. Proces definiranja metodologije za identifikacijo dobrih praks je temeljil na sodelovanju vseh projektnih partnerjev in je bil izveden v več fazah, pojasnenih v nadaljevanju.

Faza 1: Oblikovanje skupne definicije dobre prakse

Prvi korak metodologije je bil namenjen vzpostavitvi skupnega razumevanja pojma "**dobra praksa**" v kontekstu kratkih prehranskih verig in lokalnih logističnih rešitev. Skupno so partnerji opredelili približno **50 kriterijev** za katere so ocenili da določajo dobro prakso v logistiki alternativnih prehranskih mrež.

Ti kriteriji so bili nato pregledani in združeni v pet vsebinskih sklopov, in sicer (kot prikazano na sliki 1):

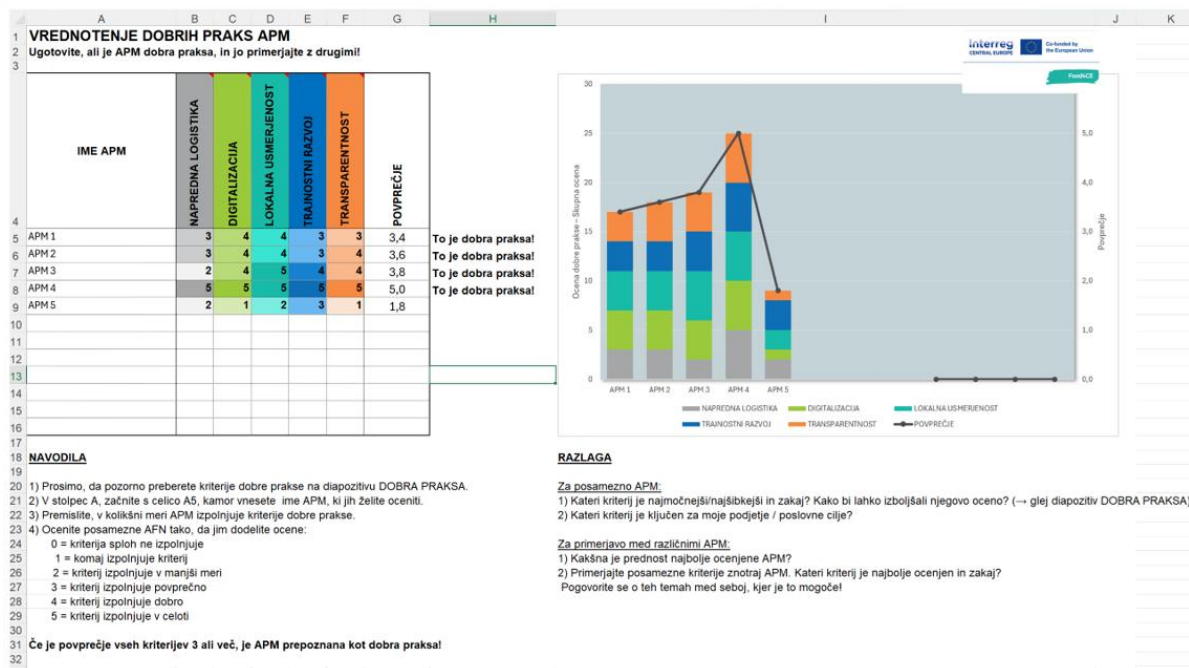
1. **Napredna logistika:** uporaba inovativnih metod za optimizacijo pretoka blaga in informacij.
2. **Digitalizacija:** uporaba digitalnih orodij za večjo preglednost in učinkovitost procesov.
3. **Lokalna usmerjenost:** spodbujanje kratkih dobavnih poti in lokalnih gospodarskih povezav.
4. **Trajnost:** vključevanje ekonomskih, okoljskih in družbenih vidikov v poslovne modele.
5. **Transparentnost:** zagotavljanje sledljivosti, odprto komunikacijo in zaupanja s potrošniki.



Slika 1: Kriteriji dobrih praks v alternativnih prehranskih mrežah

Faza 4: Analiza dobrih praks in oblikovanje kataloga ter orodja za javno uporabo

Na podlagi zbranih podatkov so partnerji izvedli poglobljeno analizo izbranih naprednih APM. Analiza se je osredotočila na uspešne logistične prakse, uporabo tehnologij, okoljske učinke ter organizacijske modele sodelovanja med proizvajalci in distributerji. Rezultati so bili vključeni v katalog dobrih praks, ki služi kot osnova za vzpostavitev platforme za prenos znanja (ang. Knowledge Transfer Platform) in podporo razvoju inovacijskih vozlišč (ang. Innovation Hubs). V tej fazi, se je tudi pripravilo orodje za vrednotenje dobrih praks in logističnih rešitev, ki je sedaj tudi javno dostopno na spletni strani platforme za prenos znanja in je prikazano na sliki 3.



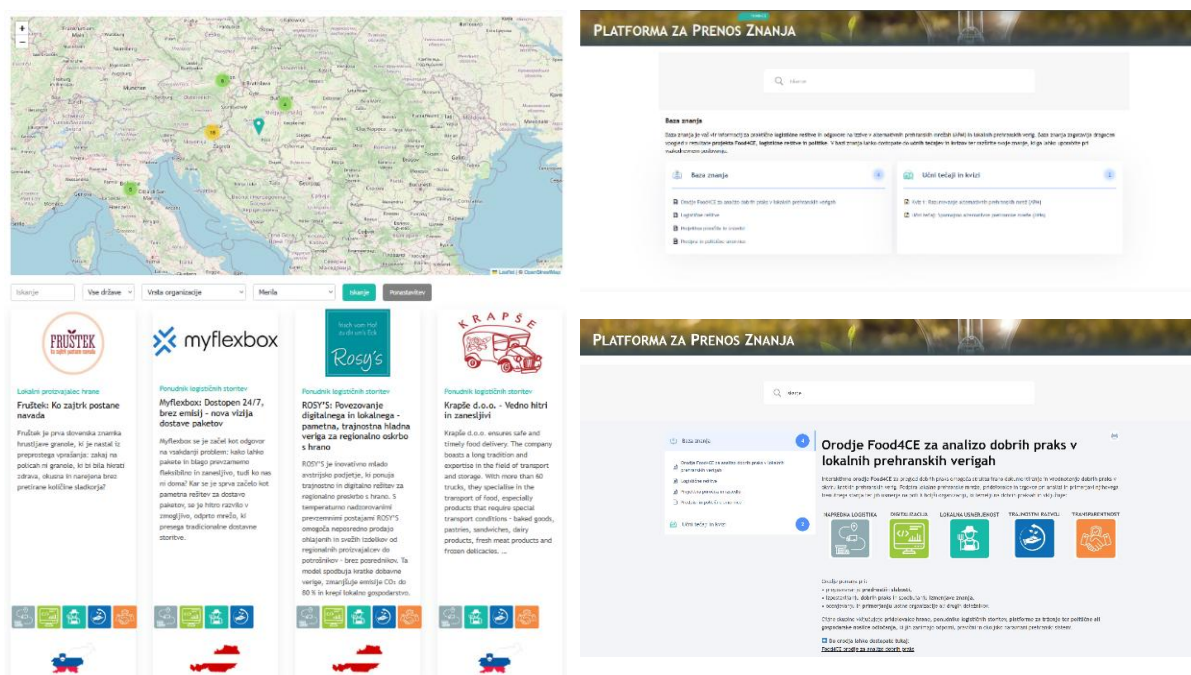
Slika 3: Excel orodje za vrednotenje dobrih praks v alternativnih prehranskih mrežah

Platforma za prenos znanja in primeri dobrih praks

Razvoj platforme za prenos znanja je potekal po strukturiranem pristopu, ki je zagotavljal njeno funkcionalnost, uporabnost in ustreznost za različne deležnike. Proces je vključeval več faz, in sicer: načrtovanje, programiranje, integracijo sistemov, pripravo vsebin in testiranje uporabnikov, kar je privedlo do oblikovanja **beta različice platforme**. V začetni fazi je bila tudi izvedena raziskava med potencialnimi uporabniki v Avstriji, Poljski, Sloveniji, Madžarski in Italiji, z namenom prepoznati njihove potrebe in zahteve v okviru **alternativnih prehranskih mrež**. Analiza je zajela različne skupine uporabnikov, med njimi predstavnike APM, logistične ponudnike, velike kupce ter podporne institucije. Na podlagi ugotovitev raziskave in sodelovanja z deležniki je projektna skupina **Food4CE** razvila začetno zasnovo platforme, ki je bila postopno nadgrajevana in prilagajana uporabniškim potrebam. Pri tem so imela ključno vlogo **inovacijska središča**, vzpostavljena v petih partnerskih državah znotraj projekta Food4CE, ki so sodelovala pri **testiranju koncepta**, **preverjanju uporabniške izkušnje** ter **zbirala povratne informacije** o funkcionalnosti in vsebinski ustreznosti platforme. Njihovo sodelovanje je zagotovilo, da platforma odraža dejanske potrebe deležnikov in učinkovito

podpira **prenos znanja ter izmenjavo dobrih praks** v alternativnih prehranskih mrežah. Na podlagi potreb uporabnikov, platforma tako zajema naslednje funkcionalnosti (prikazane na sliki 4):

- **Katalog dobrih praks**, ki prikazuje uspešne poslovne modele, logistične rešitve in trajnostne pobude v okviru **alternativnih prehranskih mrež**. Dobre prakse je mogoče razvrstiti glede na državo, tip organizacije in vrsto kriterija.
- **Interaktivni zemljevid dobrih praks**, ki prikazuje geografsko razporeditev dobrih praks po srednji Evropi. Zemljevid vsebuje označbe za posamezne države in prikazuje lokacije ter značilnosti posameznih dobrih praks.
- **Baza znanja**, ki deluje kot dinamična zbirka informacij ter ponuja poglobljene vpogled, definicije in vire s področja **trajnostnih prehranskih verig**. V njem se nahaja **orodje za analizo dobrih praks**, nabor **logističnih rešitev**, kot tudi **učni moduli in spletni tečajji**, namenjene izobraževanju udeležencev o alternativnih prehranskih mrežah.
- **Funkcionalnost za deljenje dobrih praks** uporabnikom omogoča, da prek spletnega obrazca enostavno predložijo svoje primere uspešnih rešitev. Oddane prakse se nato pregledajo in ovrednotijo v skladu z metodologijo projekta.

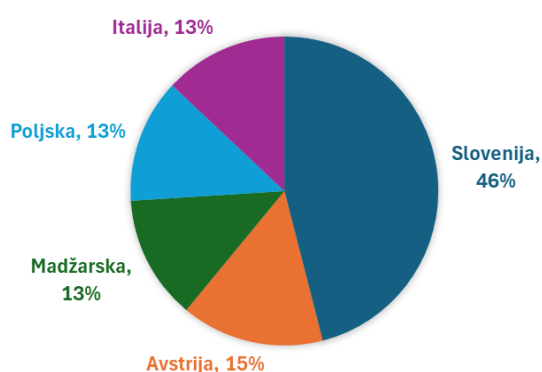


Slika 4: Ključne funkcionalnosti platforme za povezovanje: zemljevid in katalog dobrih praks (levo), baza znanja (desno zgoraj), orodje za analizo dobrih praks (levo spodaj) [11]

Na platformi za prenos znanja je trenutno zajetih **39 primerov dobrih praks** alternativnih prehranskih mrež v Srednji Evropi. Največ obravnavanih dobrih praks prihaja iz Slovenije (18 primerov), kar predstavlja skoraj polovico vseh. Sledijo partnerske države Avstrija (6 primerov) ter Italija, Madžarska in Poljska (vse po 5 primerov). Delež posameznih dobrih praks po državah je prikazan na sliki 5. Glede na tip organizacije, med analiziranimi praksami prevladujejo **lokalni proizvajalci hrane** (19 primerov), kot so npr. kmetije, zadrage, kar kaže na osrednjo

vlogo pridelovalcev v alternativnih prehranskih mrežah. Sledi **segment spletnih platform oziroma trgovin** (13 primerov), kamor spadajo spletne tržnice in fizične prodajalne, ki povezujejo lokalne ponudnike s kupci. **Logistični ponudniki** (specializirana podjetja za prevoz, dostavo ali hladne verige) se pojavijo v manjšem obsegu (7 primerov). **Kooperative** kot organizacijska oblika so prisotne v 5 primerih. V raziskavi pa je bilo ugotovljeno tudi da mnoge prakse prekrivajo v več kategorijah. Na primer, nekatere kooperative so hkrati lokalni proizvajalci in/ali upravljalci platforme. **Produktne skupine**, ki jih dobre prakse pokrivajo, so zelo raznolike, pri čemer prevladujejo primeri, ki se osredotočajo na sveže pridelke (sadnje in zelenjavo), sledijo mlečni izdelki (npr. ekološke mlekarne, sirarne) in v manjši meri na specializirane izdelke (izdelke iz žit, granola, oljarski izdelki, jajčne izdelki, pripravljene obroki). Večina primerov ni omejena na eno produktno skupino, temveč ponujajo **raznovidno lokalno hrano**. Velik delež praks torej deluje **integrirano** – ciljajo na lokalno hrano na splošno, namesto na ozko nišo.

Med **kriteriji dobrih praks** (kot razvidno iz Tabele 1) prevladujeta kriterija **lokalna usmerjenost** in **trajnost**, ki so prisotne skoraj v vseh primerih dobrih praks – **lokalna usmerjenost** pri vseh 39 primerih (100%), **trajnost** pri 38 (97%). To odraža poslanstvo vseh obravnavanih praks: delovati lokalno in trajnostno v oskrbnih verigah hrane. **Transparentnost** (sledljivost, informiranje kupcev) je zaznati v približno 30 primerih (77%). **Digitalizacijo** (uporabo IKT, spletno poslovanje) smo identificirali v 21 primerih (54%) – zlasti pri spletnih tržnicah in sistemih za sledljivost. **Napredno logistiko** (inovativne rešitve pri transportu, hladne verige ipd.) uporablja 19 primerov (49%).



Slika 5: Porazdelitev dobrih praks po državah

Kriterij	Prisotnost v dobrih praksah (%)
Lokalna usmerjenost	100%
Trajnosti razvoj	97%
Transparentnost	77%
Digitalizacija	54%
Napredna logistika	49%

Tabela 1: Prisotnost dobrih praks po posameznih kriterijih

V kategoriji **lokalna usmerjenost** prevladujejo prakse, ki poudarjajo kratke dobavne verige, neposredno prodajo in sodelovanje z lokalnimi skupnostmi. Med najznačilnejšimi organizacijskimi oblikami, ki uporabljajo te pristope so zadruge in skupnostno podprto kmetijstvo, ki združuje večje število lokalnih kmetij. V kategoriji **trajnost** so poudarjene prakse, ki zmanjšujejo vpliv na okolje, spodbujajo ekološko pridelavo in krožno gospodarstvo. Primeri so uporaba obnovljivih virov energije in električnih vozil v logistiki, prodaja brez plastike ali embalaže, agroekološko pridelovanje, ponovna uporaba stranskih produktov. V kategoriji **transparentnost** se izpostavljajo prakse, ki gradijo zaupanje med proizvajalci in potrošniki z odprtimi informacijami o izvoru, pridelavi in logistiki hrane. Pri tem se uporabljajo orodja kot

so QR kode, certifikati, veriženje blokov (ang. block chain), portali z javnimi informacijami o cenah in dobaviteljih. V kategoriji **digitalizacija** zasledimo primere, ki uporabljajo digitalna orodja za izboljšanje komunikacije med ponudniki in kupci, sledenje izdelkom, upravljanje naročil ter optimizacijo logistike. Pri tem se uporabljajo digitalne tržnice oz. platforme za spletno naročanje, digitalno upravljanje naročil, dostave in plačil, ter sistemi za optimizacijo poti, digitalno spremljanje temperature v hladilnih omaricah. V kategoriji **napredna logistika** se izpostavljajo rešitve, ki izboljšujejo učinkovitost dostave, zmanjšujejo okoljski vpliv in optimizirajo povezavo med proizvajalci in potrošniki. Najznačilnejši primeri vključujejo povratna logistika za embalažo, digitalno vodena hladna veriga s 24/7 dostopnimi prevzemnimi točkami, specializirana hladna logistika in konsolidacija pošilk, združevanje dostav v eno točko.

Med analiziranimi državami, je mogoče opaziti, da je v **Sloveniji** prisotno zelo veliko število primerov dobrih praks v obliki **spletnih platform**, ki povezujejo več manjših lokalnih ponudnikov. Poudarek v slovenskih dobrih praksah je na **vračljivi embalaži in trgovinah brez odpadkov**. Prav tako v Sloveniji najdemo specializirane logistične ponudnike, ki skrbijo za **hladno verigo in združevanje dostav** lokalne hrane. Ta pestrost se kaže v tem, da imajo slovenske prakse nekoliko manj tehnološko kompleksnih kriterijev na posamezno prakso, a močno **izstopajo v pristopih brez odpadkov** (ang. zero-waste) in skupnostnem povezovanju ponudbe in povpraševanja.

Avstrijske dobre prakse najbolj integrirajo napredno logistiko in digitalne rešitve, pri čemer izstopajo, primeri **optimizacije dostave** in **elektrifikacije** voznega parka. Med avstrijskimi dobrimi praksami prav tako zasledimo primere pametnih paketnikov in digitalizacijo hladne postaje namenjene lokalnim prehrabnih izdelkom. Avstrijske prakse ohranjajo visok poudarek na trajnosti (večina je ekološko usmerjenih), hkrati pa pionirsko uvajajo nove logistične modele za povezovanje lokalnih pridelovalcev z urbani potrošniki.

Madžarske dobre prakse se osredotočajo na dostopnost lokalne hrane potrošnikom ob hkratnem zmanjševanju okoljskega vpliva logistike. Izstopa sklop rešitev za **zmanjšanje embalaže** in **odpadkov** in **dostavo na dom brez plastike**. Poleg tega Madžarska razvija **digitalne tržnice** za lokalno hrano, ki povezuje stotine malih kmetij in omogoča enostavno spletno naročanje raznovrstnih domačih živil z dostavo, pri čemer strankam nudi fleksibilne možnosti prevzema (dostava s kurirjem, pošto ali paketno točko). Madžarske prakse dajejo velik poudarek na trajnost (lokalna in sezonska ponudba, minimalna embalaža) ter preglednost, nekoliko manj pa so razvite na področju napredne logistične tehnologije v primerjavi z Avstrijo.

Italijanske dobre prakse izstopajo po močni lokalni usmerjenosti in transparentnosti v preskrbovalnih verigah. Številne temeljijo na skupnostnih modelih: npr. **samoorganizirane tržnice** in kmetijske **zadruga** oz. **kooperative**, ki neposredno povezujejo kmete s potrošniki, kar zagotavlja visoko sledljivost, zaupanje in pravične cene. Večina italijanskih dobrih praks logistiko rešuje sama z manjšimi kombiji in brez večjih skladiščnih centrov ali IT-sistemov. Tako Italija izstopa v sodelovalnih, lokalno prilagojenih rešitvah z visoko preglednostjo, potreben pa je dodaten korak v smer digitalizacije in logistične učinkovitosti za povečanje obsega in konkurenčnosti teh modelov.

Poljske alternativne prehranske mreže se močno osredotočajo na neposredno prodajo in sodelovanje kmetov, pri čemer izstopata transparentnost in trajnost. Več praks povezuje majhne kmetije v skupne **tržne platforme**. Po drugi strani analiza kaže, da poljske dobre prakse v primerjavi z ostalimi praksami nekoliko zaostajajo pri uporabi sodobnih logističnih orodij – digitalizacija in IT sistemov. Rešitve za logistiko so pogosto minimalne (mnoga imajo le preprosto spletno stran ali Facebook profil), prav tako je raven avtomatizacije in optimizacije procesov nizka. Velik delež poljskih pobud posluje pretežno fizično (npr. na tržnicah) in v manjšem obsegu, zato je tu še precej potenciala za nadgradnjo logistične učinkovitosti brez ogrožanja njihove lokalne trajnosti in neposrednosti.

Zaključek

Kratke prehranske verige in alternativne prehranske mreže imajo pomembno vlogo pri prehodu k trajnostnim in odpornejšim prehranskim sistemom. Njihov razvoj pa je pogosto omejen zaradi pomanjkanja znanja, ustrezne infrastrukture in logistične podpore. Projekt Food4CE je na osnovi metodologije za vrednotenje praks in vzpostavitev platforme za prenos znanja prispeval k sistematičnemu zbiranju, vrednotenju in širjenju dobrih praks na področju lokalne preskrbe s hrano. Rezultati analize kažejo, da je ključ do nadaljnjega razvoja v povezovanju akterjev, spodbujanju digitalizacije in krepitvi sodelovanja med proizvajalci, logističnimi ponudniki in potrošniki. Platforma za prenos znanja ustvarjena v sklopu projekta Food4CE tako predstavlja pomembno orodje za podporo inovacijam in prenos znanja v trajnostnih prehranskih verigah.

Prispevek je nastal v okviru projekta Food4CE, ki je sofinanciran iz programa Interreg Srednja Evropa s sredstvi Evropskega sklada za regionalni razvoj (ESRR).

Viri in literatura

- [1] J. García-Díez, C. Gonçalves, L. Grispoldi, B. Cenci-Goga in C. Saraiva, „Determining food stability to achieve food security,“ Sustainability, 2021.
- [2] Laginová, L., , Hrivnák, M. in Jarábková, J. , „Organizational Models of Alternative Food Networks within the Rural–Urban Interface,“ Administrative Sciences, 2023.
- [3] Ashtab, S.,, Xing, Y. in Zheng, C., „Exploring Constituents of Short Food Supply Chains,“ v Operations Management, IntechOpen, 2020, p. 380.
- [4] P. Cerrada, A. Moragues-Faus, A. Z. Tjits, B. Adlerova, , D. Miranda in T. Avermaete, „Exploring the contribution of alternative food networks to food security.A comparative analysis,“ Food Security, 2018.
- [5] W. Goszczyński, R. Śpiewak, A. Bilewicz in M. Wróble, „Between imitation and embeddedness: Three types of polish alternative food networks,“ Sustainability, 2019.
- [6] L. Martindale, „I will know it when I taste it”: trust, food materialities and social media in Chinese alternative food networks,“ Agriculture and Human Values, p. 365–380, 2021.
- [7] S. Pinna, „Alternative Food Networks, agro-biodiversity and landscape protection: Lessons from two rural parks,“ Regional Studies, Regional Science, pp. 455-462, 2016.
- [8] I. Opitz, K. Specht in A. Piorr, Moravian Geographical Reports, pp. 181-191, 2017.

- [9] C. Beaudoin, S. Joncoux, . J.-F. Jasmin, R. Chris McPhee, S. Schillo in V. Nguyen , „A research agenda for evaluating living labs as an open innovation model for environmental and agricultural sustainability,“ Environmental Challenges, 2022.
- [10] B. Kühne, V. Lefebvre in X. Gellynck, „Knowledge Exchange in Innovation Networks: How Networks Support open Innovation in Food SMEs,“ System Dynamics and Innovation in Food Networks, pp. 1-18, 2013.
- [11] „Knowledge Transfer Platform,“ 16 10 2025. [Elektronski]. Available: <https://www.openenlocc.net/food4ce>.



mag. Gero Angleitner: Orhideja

Kriptovalute in tehnologija veriženja blokov

asist. Vid Keršič, asist. dr. Jani Dugonik

¹Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

vid.kersic@um.si

Povzetek

Tehnologija veriženja blokov predstavlja eno izmed pomembnejših področij sodobnega razvoja digitalnih tehnologij. V članku sta predstavljena temeljna koncepta veriženja blokov in kriptovalut, pri čemer je poudarek na razumevanju ključnih lastnosti, ki omogočajo njihovo delovanje. Razložene so osnove decentraliziranega upravljanja podatkov, kriptografske zaščite in mehanizmov za doseganje konsenza v omrežjih. Predstavljeni so tudi nekateri najbolj znani primeri kriptovalut in verig blokov, kot sta Bitcoin in Ethereum, ter njihove razlike. Članek se dotakne tudi praktičnih vidikov uporabe, vključno z načinom hrambe kriptovalut. Poleg finančnih aplikacij so prikazani tudi širši primeri uporabe tehnologije veriženja blokov v industriji in javnem sektorju. Namen prispevka je ponuditi celovit uvod v področje ter prikazati, kako se tehnologija razvija in vse bolj vključuje v sodobne digitalne storitve.

Ključne besede: kriptovalute, tehnologija veriženja blokov, digitalna valuta, decentralizacija, Bitcoin, Ethereum

Uvod

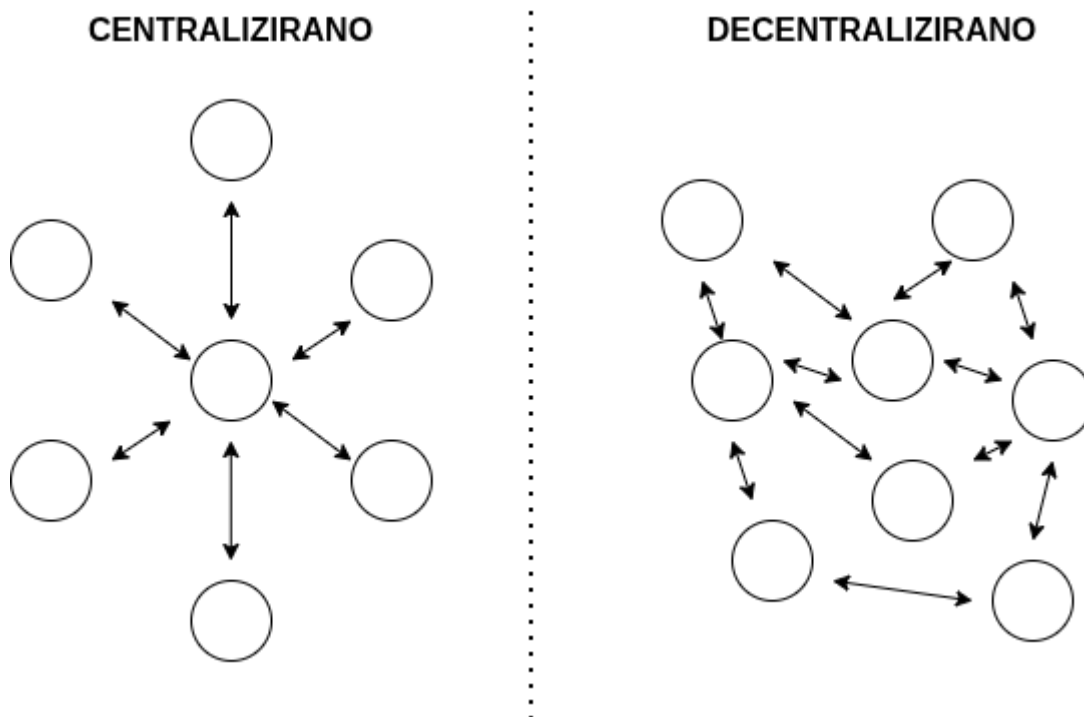
Vsake toliko časa se pojavijo nove tehnologije, za katere menimo, da bodo spremenile svet. Nekatere izmed njih, kot so na primer radio, televizija in internet, so ga dejansko preoblikovale, druge pa – kot so metaverzum, virtualna resničnost in razširjena resničnost – tega (za zdaj) še niso, oziroma se morda še bodo v prihodnosti. Trenutno se hitro razvija veliko nastajajočih tehnologij (angl. *emerging technologies*), pri katerih bomo v prihodnjih letih šele videli, ali (in kako) se bodo uspešno ter pozitivno vključile v naše vsakdanje življenje. Med te tehnologije sodijo na primer umetna inteligenca, kvantno računalništvo, avtonomna vozila ter tudi tehnologija veriženja blokov, ki je osrednja tema našega prispevka.

Tehnologija veriženja blokov (angl. *blockchain*) je razmeroma mlada tehnologija, saj je nastala pred dobrimi petnajstimi leti, leta 2008 [1]. Njena najbolj znana in razširjena aplikativna uporaba so kriptovalute (angl. *cryptocurrencies*) oz. digitalne valute, kot sta Bitcoin in Ethereum, katerih cilj je omogočiti finančne transakcije brez centralnega posrednika [2]. To je mogoče zaradi posebnih lastnosti ter arhitekture verig blokov, ki zagotavljajo decentralizacijo, varnost in nespremenljivost podatkov. V prispevku si bomo podrobneje ogledali, kaj sploh je tehnologija veriženja blokov, kaj so kriptovalute, primerjali nekaj najbolj razširjenih verig blokov ter zaključili s pregledom trenutnega stanja področja in pogledom v prihodnost.

Tehnologija veriženja blokov

Tehnologija veriženja blokov predstavlja nov način shranjevanja podatkov, ki se bistveno razlikuje od obstoječih in prejšnjih pristopov [1]. Ključne razlike izhajajo predvsem iz treh lastnosti: decentraliziranega upravljanja podatkov, kriptografsko zaščitene in preverljive zapise ter strogo določenega sosledja podatkov, ki zagotavlja njihovo nespremenljivost in sledljivost.

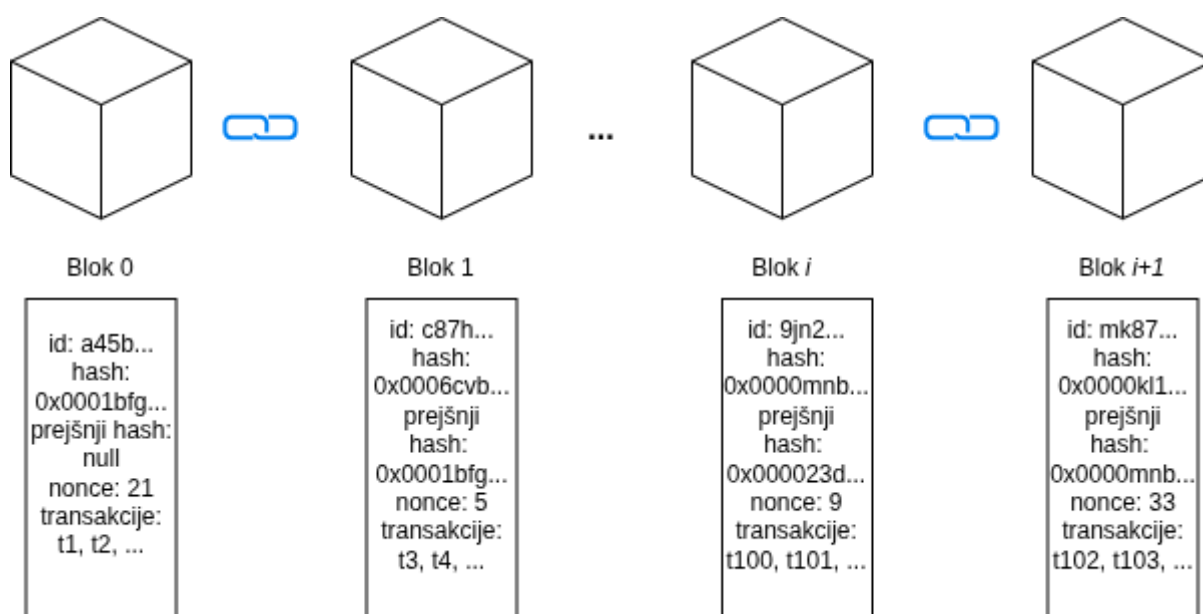
Ena izmed ključnih prednosti omenjene tehnologije je decentraliziranost. To pomeni, da v celotnem omrežju ne obstaja ena sama entiteta ali ena točka odpovedi (angl. *single point of failure*), ki bi lahko povzročila izpad celotnega sistema. S tem se omrežje verige blokov bistveno razlikuje od večine današnjih digitalnih sistemov, ki so po svoji naravi centralizirani. Pri takšnih sistemih imamo običajno enega ali več strežnikov, ki so v lasti ponudnika storitve, ter odjemalce oziroma uporabnike, ki se na te strežnike povezujejo. Primer tega so platforme Facebook, Google ter različne bančne storitve. V primeru odpovedi strežnika ali izpada ponudnika storitve uporabniki izgubijo dostop do storitve in do vseh podatkov oziroma dodatne vrednosti, ki jim jo ta storitev zagotavlja, pogosto kljub temu, da jo plačujejo. Pri decentraliziranih sistemih pa je položaj drugačen. Njihova prednost je, da jih je izjemno težko izklopiti, saj sistem ne temelji na eni sami infrastrukturni točki, temveč na številnih neodvisnih vozliščih. Zaradi tega so decentralizirani sistemi bolj odporni na tehnične odpovedi in zunanje vplive. Primeri takšnih sistemov so tudi omrežja *peer-to-peer* (P2P), med katerimi so najbolj znani protokol za izmenjavo datotek *torrent* ter različni programi za komunikacijo, ki za delovanje ne potrebujejo centralnega strežnika. Razlika med centraliziranim in decentraliziranim omrežjem je prikaza na Sliki 1.



Slika 1: Razlika med centraliziranim in decentraliziranim omrežjem (lastna slika)

Druga pomembna prednost verig blokov je, da so vsi podatki kriptografsko zaščiteni in preverljivi. To pomeni, da se v verigo blokov zapišejo le podatki uporabnikov, ki imajo za to ustrezne pravice in se lahko kriptografsko identificirajo kot verodostojni. V primeru kriptovalut to pomeni, da lahko kovance, kot je na primer Bitcoin, prenaša in pošilja izključno njihov imetnik, nihče drug pa tega ne more storiti v njegovem imenu. Za zagotavljanje pristnosti se uporablja digitalno podpisovanje (angl. *digital signatures*) transakcij, kar je enak koncept kot pri državnih digitalnih potrdilih in pri digitalnem podpisovanju dokumentov, na primer pogodb. Digitalni podpis omogoča preverjanje, da določeno dejanje res izvaja lastnik kriptografskih ključev (angl. *cryptographic keys*), ki jih ima v svoji izključni lasti in jih ne more nadzorovati nihče drug. V verigah blokov so podatki, kot so na primer kriptovalute, vezani na posamezne račune. Upravljanje teh računov je možno samo z ustreznimi kriptografskimi ključi, kar zagotavlja visoko raven varnosti in preprečuje nepooblaščen prenos sredstev.

Tretja izmed večjih prednosti tehnologije veriženja blokov je sosledje zapisa podatkov. Kot že samo ime nakazuje, tehnologija temelji na verigi blokov. Vsaka akcija v omrežju se izvede preko transakcij, ki jih sprožijo uporabniki. Te transakcije se združijo v bloke, vsak novo ustvarjeni blok pa se doda na konec obstoječe verige. Vsi bloki v verigi so med seboj kriptografsko povezani, kar pomeni, da se vsak blok z zaporedno številko i sklicuje na blok z zaporedno številko $i-1$. Zaradi te enotne povezanosti blokov in zaradi natančno določenega vrstnega reda transakcij znotraj posameznega bloka dosežemo strogo sosledje zapisa podatkov. Vrstni red je točno definiran, kar omogoča popolno sledljivost vseh sprememb. S pregledom celotne verige blokov, vse od prvega bloka, ki ga pogosto imenujemo blok nič, lahko preverimo pravilnost zapisov in se prepričamo, da podatki niso bili naknadno spremenjeni. Vsak poskus spremembe bi bil zaradi kriptografske povezanosti med bloki takoj zaznaven. Na Sliki 2 je prikazana veriga blokov in njeno zaporedje blokov.



Slika 2: Prikaz verige blokov in povezanosti blokov (lastna slika).

Kljub opisanemu mehanizmu v verigah blokov ostaja ključno vprašanje, in sicer kdo odloči, kateri blok se vključi naslednji v verigo. Ker gre pri omrežjih veriženja blokov za decentralizirana omrežja, ne obstaja ena sama entiteta ali podjetje, ki bi imelo nadzor nad sistemom in bi določalo naslednjega ustvarjalca blokov. Namesto tega mora veliko udeležencev, pogosto tudi več tisoč, ki so v omrežju v enakovrednem položaju, samostojno priti do skupnega dogovora. Temu dogovoru pravimo konsenz (angl. *consensus*). S tem izzivom se ukvarja starejši računalniški problem, znan kot Problem bizantinskih generalov (angl. *The Byzantine Generals Problem*) [3]. Ukvarja se z vprašanjem, kako doseči zanesljiv dogovor med več udeleženci, čeprav so lahko nekateri med njimi zlonamerni ali nepošteni. V omrežjih verig blokov se postopek doseganja dogovora imenuje algoritem konsenza, različna omrežja pa ta problem rešujejo na različne načine.

Med najpogostejšimi algoritmi konsenza so dokaz o delu (angl. *proof of work*), dokaz o deležu (angl. *proof of stake*) in algoritmi konsenza BFT (angl. *Byzantine Fault Tolerance*), kar pomeni bizantinsko odporni algoritem konsenza [4]. Pri dokazu o delu se naslednji ustvarjalec bloka določi tisti udeleženec, ki prvi reši zahtevno "matematično nalogo", kar zahteva veliko računske moči. Ta pristop uporablja tudi omrežje Bitcoin. Pri dokazu o deležu se naslednji ustvarjalec bloka izbere glede na količino založene (angl. *stake*) kriptovalute, kar je pristop, ki ga uporablja omrežje Ethereum. Pri algoritmih BFT ima omrežje vnaprej določen nabor udeležencev, vrstni red ustvarjanja blokov pa se med njimi izbere naključno ali po vnaprej določenem pravilu. Vsi algoritmi konsenza imajo svoje prednosti in slabosti, ki so prikazane v Tabeli 1.

Tabela 1: Primerjava različnih algoritmov konsenza.

Algoritem	Dokaz o delu	Dokaz o deležu	BFT
Osnovno delovanje	Izbira ustvarjalca bloka temelji na reševanju zahtevne računske naloge	Izbira ustvarjalca bloka temelji na količini založene kriptovalute	Izbira ustvarjalca bloka temelji na glasovanju med izbranimi udeleženci
Poraba energije	Zelo visoka	Nizka	Nizka
Zahteve omrežja	Veliko število udeležencev in velika računska moč	Veliko udeležencev z založenimi sredstvi	Manjše število preverjenih udeležencev
Primer uporabe	Bitcoin	Ethereum	Različne zasebne in konzorcijske verige blokov (tudi nekatere javne)
Odpornost na napade	Dobra, vendar ranljiva na napad z večinsko računsko močjo	Dobra, vendar ranljiva na napad z večinskim deležem zavarovanih sredstev	Zelo dobra, ker temelji na bizantinski odpornosti
Stopnja decentralizacije	Visoka	Visoka	Nizka-srednja

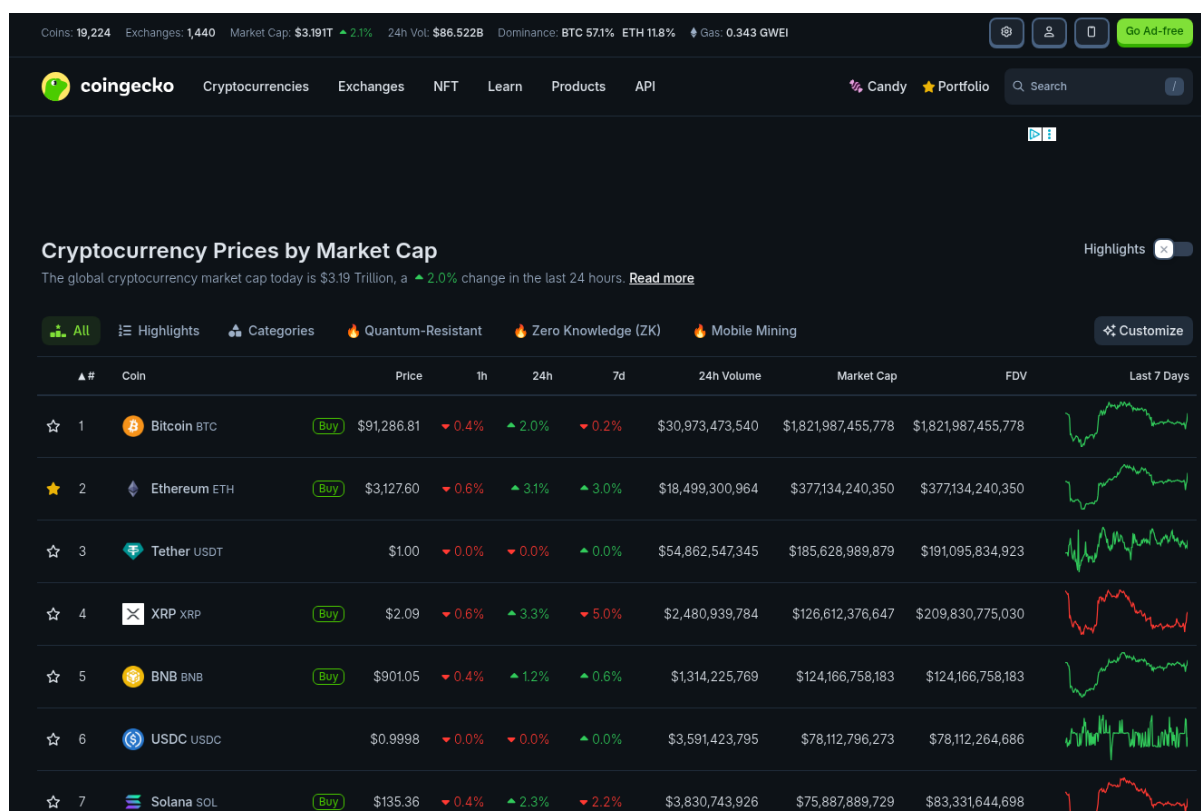
Kriptovalute

Kriptovalute so digitalne valute, ki temeljijo na tehnologiji veriženja blokov [2]. Glavna ideja kriptovalut je obstoj valute, ki je ne nadzoruje ena sama entiteta ali skupina ljudi, temveč njen obstoj, delovanje in pravila določa programska koda, ki se izvaja v decentraliziranem omrežju verig blokov. Čez leta je nastalo veliko različnih kriptovalut, prav tako pa se je oblikovalo več tipov kriptovalut z različnimi nameni in uporabnostmi. Zaradi tega je smiselno njihov razvoj prikazati tudi skozi zgodovinski pregled. Čeprav so bile digitalne valute kot ideja prisotne že pred pojavom kriptovalut, se niso nikoli zares uveljavile, saj so imele številne pomanjkljivosti, predvsem zaradi centraliziranega nadzora in možnosti zlorab. Ena izmed ključnih prednosti verig blokov je javnost in popolna transparentnost podatkov, kar pomeni, da lahko zaradi decentraliziranega delovanja vsak uporabnik preveri dogajanje v omrežju. To v primeru digitalne valute pomembno poveča zaupanje v sistem, saj omogoča popolno sledljivost in preverljivost vseh transakcij.

Prva kriptovaluta, ki je nastala, je bil Bitcoin [5]. Ustanovitelj Bitcoina je Satoshi Nakamoto, anonimna oseba ali skupina ljudi, ki je leta 2008 predstavila delovanje kriptovalute v dokumentu *whitepaper*, v začetku leta 2009 pa je omrežje verige blokov Bitcoin začelo tudi z ustvarjanjem prvih blokov. Veriga blokov Bitcoin je tako postala prva delujoča veriga blokov in hkrati prvo omrežje, ki je omogočilo pošten in decentraliziran način prenosa digitalnih sredstev. Omenjena veriga blokov ima omejen nabor funkcionalnosti, pri čemer sta najpomembnejši dve: shranjevanje stanja vseh Bitcoin računov in prenos kriptovalute med računi. Uporabniki lahko s svojimi kriptografskimi ključi pošiljajo Bitcoine, ki pripadajo njihovim računom, ter prejemajo Bitcoine na svoje račune. Algoritem konsenza, ki poganja verigo blokov Bitcoin, je dokaz o delu. Pri tem algoritmu rudarji (angl. *miners*), s specializirano strojno opremo, na primer z grafičnimi procesnimi enotami (GPU) ali z aplikacijsko specifičnimi integriranimi vezji (ASIC), rešujejo zahtevno "matematično nalogo", ki je potrebna za ustvarjanje novega bloka. Udeleženec, ki prvi pravilno reši nalogo, ustvari nov blok in prejme nagrado v obliki novih Bitcoinov. Poleg tega uporabniki pri pošiljanju svojih Bitcoinov plačujejo provizije za transakcije, te provizije pa tudi prejme ustvarjalec bloka.

Druga kriptovaluta, ki je v področje prinesla pomembne novosti, je Ether in z njim veriga blokov Ethereum [6]. Ethereum je uvedel pametne pogodbe in razširil zmogljivosti verig blokov tako, da niso več namenjene zgolj uporabi ene kriptovalute, temveč omogočajo poganjanje poljubnih računalniških programov. Pametna pogodba (angl. *smart contract*) je računalniški program oziroma koda, napisana v programskem jeziku Solidity. Solidity je Turing popoln programski jezik, kar pomeni, da je v teoriji možno zapisati katerikoli dovolj kompleksen program. S pomočjo pametnih pogodb je mogoče ustvariti različne vrste aplikacij. Med njimi so nezamenljivi žetoni (angl. *non-fungible tokens*), ki omogočajo predstavitev digitalnih artefaktov z omejeno količino. Pomembna kategorija so tudi stabilne kriptovalute (angl. *stablecoins*), ki se uporabljajo kot digitalne različice dolarjev in evrov. Pametne pogodbe omogočajo tudi digitalne denarnice, ki pripadajo več osebam, pri čemer se sredstva sprostijo le, če prenose potrdi določeno število upravičencev, na primer dve osebi od petih. Obstaja še mnogo drugih primerov uporabe. Transakcije v omrežju Ethereum tako niso zgolj prenos kriptovalute, temveč lahko predstavljajo klice funkcionalnosti poljubnih pametnih pogodb. Provizije za izvajanje programov in transakcij se plačujejo v kriptovaluti Ether. Veriga blokov Ethereum za svoj algoritem konsenza uporablja dokaz o deležu.

Kot je razvidno iz primerov Bitcoina in Etheruma, so se prve kriptovalute v glavnem uporabljale kot digitalno gonilo za delovanje verig blokov. Uporabljale so se za ustvarjanje novih blokov, za vzdrževanje omrežja in za plačevanje transakcijskih provizij uporabnikov. Številne novejšje kriptovalute, kot so na primer Solana, Ripple, Cardano, Zcash in druge, se prav tako uporabljajo v svojih omrežjih verig blokov. Novejša omrežja se med seboj pogosto razlikujejo po tehnični arhitekturi. Nekatera omogočajo obdelavo bistveno večjega števila transakcij, vendar so zaradi tega lahko manj decentralizirana. Druga vključujejo dodatne funkcionalnosti, kot so na primer zasebne transakcije ali posebni mehanizmi za povečanje učinkovitosti in razširljivosti omrežja, na primer trajno shranjevanje večjih digitalnih datotek. Na Sliki 3 je prikazan odsek iz spletne strani CoinGecko, ki hrani seznam vseh kriptovalut [7].

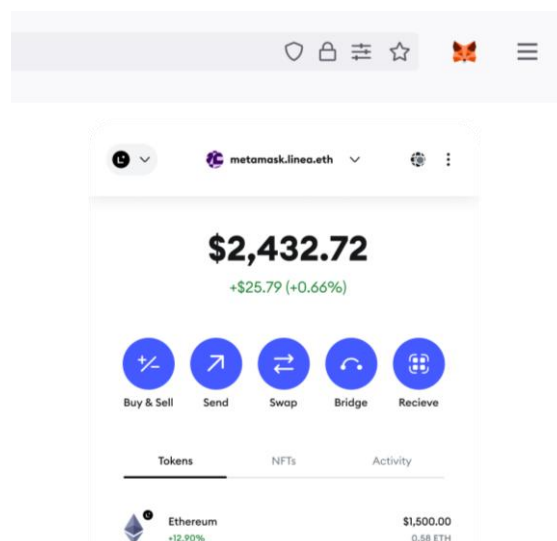


Slika 3: Seznam največjih kriptovalut po tržni kapitalizaciji [3]

Glavna ideja kriptovalut je bila uvedba digitalne valute brez centralne entitete, kar omogočajo verige blokov in algoritmi konsenza. Kriptovalute same po sebi nimajo določene ali programsko zapisane vrednosti v fiat valutah, kot so dolarji in evri. Njihova cena se oblikuje na trgu glede na ponudbo in povpraševanje uporabnikov, ki kriptovalute kupujejo in prodajajo na kriptomenjalnicah (angl. *cryptocurrency exchange*). Ker ne obstaja entiteta, ki bi lahko uravnavala skupno količino kriptovalute v obtoku, so njihove cene lahko zelo volatilne in se hitro spreminjajo iz dneva v dan. Po načinu delovanja so zato bolj podobne surovinam in plemenitim kovinam, na primer zlatu in srebru, kjer prav tako ni osrednje entitete, ki bi nadzorovala celoten trg.

Znotraj področja kriptovalut so se razvile tudi tako imenovane stabilne kriptovalute [8]. To so kriptovalute, katerih vrednost je vezana na obstoječe fiat valute, na primer dolarje ali evre. Stabilne kriptovalute navadno nimajo svoje lastne verige blokov, temveč delujejo kot pametne pogodbe na obstoječih omrežjih. V teh primerih obstaja mehanizem, ki zagotavlja njihovo stabilno vrednost. Najpogosteje gre za podjetje ali organizacijo, ki mora na svojih računih hraniti ustrezna sredstva, ki podpirajo izdane stabilne kriptovalute. Uporabniki takšne kriptovalute uporabljajo podobno kot ostale, nestabilne kriptovalute, vendar pri tem pričakujejo stabilno vrednost. Najbolj znani in razširjeni stabilni kriptovaluti sta Tether, označen kot USDT, in USD Coin, označen kot USDC.

Dve izmed pomembnejših vprašanj pri kriptovalutah sta, kako jih kupiti in kako jih varno hraniti. Za nakup kriptovalut se najpogosteje uporabljajo kriptomenjalnice, kot so Coinbase, Kraken in Binance, kjer je mogoče kriptovalute kupiti z uporabo fiat valut po odprtju uporabniškega računa. Večina večjih kriptomenjalnic je danes reguliranih s strani državnih organov in delujejo v skladu z ustreznimi finančnimi pravili. Pri hrambi kriptovalut pa je na voljo več možnosti, ki se razlikujejo glede na zahtevnost uporabe in stopnjo varnosti. Kot je bilo omenjeno v prejšnjih poglavjih, imajo uporabniki dostop do svojih kriptovalut preko kriptografskih ključev. Najbolj varen način hrambe je, da ima uporabnik svoje kriptografske ključve v celoti pod lastnim nadzorom in do njih nima dostopa nihče drug. To omogočajo kriptodenarnice (angl. *crypto wallets*), kot so MetaMask, Rainbow Wallet in Phantom Wallet. Programska oprema denarnice uporabniku ustvari kriptografske ključve in naslov za posamezno verigo blokov, na primer Bitcoin ali Ethereum. Kriptovalute lahko nato prenesemo iz kriptomenjalnice v osebno denarnico, kjer jih lahko upravlja izključno uporabnik. Pri tem pa je ključnega pomena, da uporabnik ne izgubi svojih kriptografskih ključev, saj v tem primeru dostopa do sredstev ni mogoče obnoviti. Na Sliki 4 je prikazana kriptodenarnica MetaMask [9]. Preprostejši način hrambe je, da kriptovalute ostanejo na kriptomenjalnici. V tem primeru je uporaba lažja, vendar so kriptografski ključvi v lasti kriptomenjalnice. To pomeni, da nam lahko v teoriji kriptomenjalnica prepreči dostop do naših sredstev ali jih neposredno upravlja v našem imenu. Zaradi tega je pomembno, da si uporabnik izbere način hrambe, ki ustreza njegovim potrebam in stopnji znanja ter razume tveganja, povezana z vsako možnostjo.



Slika 4: Kriptodenarnica MetaMask [9].

Primerjava in uporaba verig blokov

Čeprav je prva veriga blokov, veriga blokov Bitcoin, nastala sočasno s prvo kriptovaluto, in je bila v prvih letih edina praktična uporaba verig blokov povezava s kriptovalutami oziroma digitalnimi valutami, se je s časom pokazalo, da je tehnologijo veriženja blokov mogoče uporabiti tudi za druge namene, ki bodo predstavljeni v nadaljevanju. Poleg raziskovanja novih uporabnosti so se preizkušali tudi različni modeli upravljanja verig blokov in deležnikov v omrežju. Ena izmed bolj znanih pobud je Evropsko blockchain omrežje EBSI (angl. *European Blockchain Services Infrastructure*) [10]. Ideja te pobude je vzpostavitev konzorcijske verige blokov med državami članicami Evropske unije. Upravljanje omrežja bi bilo decentralizirano in porazdeljeno med različne članice, kar pomeni, da bi bile vse države v enakovrednem položaju in ne bi obstajal osrednji upravitelj sistema. Predlagane uporabe takšnega omrežja vključujejo registre in shranjevanje podatkov, potrebnih za evropsko digitalno identiteto (angl. *European digital identity*), ter hranjenje dokazov o digitalnem podpisovanju dokumentov ob določenem času, kar predstavlja nefinančne primere uporabe verig blokov. V Tabeli 2 so predstavljene različne verige blokov in njihove ključne razlike.

Tabela 2: Primerjava različnih verig blokov

Veriga blokov	Bitcoin	Ethereum	Solana	Zcash	EBSI
Glavni namen	Digitalna valuta	Pametne pogodbe in decentralizirane aplikacije	Pametne pogodbe in decentralizirane aplikacije	Zasebna digitalna valuta	Nefinančne javne storitve Evropske unije
Algoritem konsenza	Dokaz o delu	Dokaz o deležu	Dokaz o deležu z optimizacijami	Dokaz o delu	Bizantinsko odporni algoritmi v zaprtem konzorciju
Podpora pametnim pogodbam	Ne	Da	Da	Ne	Da, vendar omejeno
Stopnja decentralizacije	Zelo visoka	Zelo visoka	Srednja	Visoka	Srednja, ker gre za konzorcij držav
Hitrost transakcij	Nizka	Srednja	Visoka	Nizka	Srednja
Glavna posebnost	Prva veriga blokov	Največji ekosistem pametnih pogodb	Izjemno hitra veriga blokov	Močna kriptografska zaščita zasebnosti	Uradno omrežje institucij Evropske unije

Veliko primerov uporabe tehnologije veriženja blokov ne zahteva vzpostavitve lastne verige blokov. Aplikacije je možno implementirati v obliki pametnih pogodb na obstoječih generičnih verigah blokov, kot sta na primer Ethereum ali omrežja drugega sloja (angl. *layer 2*). V znanosti in industriji so se preizkusili številni primeri uporabe, med drugim upravljanje dobavnih verig, vodenje bančnih evidenc, digitalizacija nepremičninskih knjig in ostalo.

V finančnem sektorju je potekalo veliko pilotnih projektov na področju trgovanja s finančnimi instrumenti. Z verigami blokov se je testirala tokenizacija obveznic, delnic in drugih finančnih produktov, kar pomeni, da se lastništvo teh instrumentov predstavi v digitalni obliki, ki je shranjena na verigi blokov. S tem se izboljšata preglednost in učinkovitost trgovanja, hkrati pa se zmanjšajo stroški posrednikov. S pilotnimi projekti in raziskavami se ukvarjajo številna velika podjetja. Med njimi so JP Morgan, ki je razvil lastno verigo blokov Quorum za finančne storitve, ter izdajo in poravnavo digitalnih obveznic [11]. Podjetje BlackRock se ukvarja s tokenizacijo investicijskih skladov in digitalno upravljanimi portfelji [12]. Globalno bančno omrežje Swift je testiralo uporabo verig blokov za mednarodne nakazila in izmenjavo informacij med bankami [13]. V javnem sektorju so se preizkušale tudi rešitve za zemljiške knjige, kot na primer v Gruziji, kjer je bil del nepremičninskih evidenc predstavljen na verigi blokov [14]. Primeri iz industrije vključujejo tudi sledenje izvoru hrane, kjer so trgovske verige, kot je Walmart, testirale verige blokov za sledljivost izdelkov od proizvajalca do trgovine [15]. V zdravstvenem sektorju so bila preizkušena orodja za shranjevanje zdravstvenih podatkov na verigah blokov, kar omogoča večjo interoperabilnost med institucijami [16].

Zaključek

V prispevku smo predstavili eno izmed novejših področij digitalnih tehnologij, to je tehnologijo veriženja blokov in na njej temelječe kriptovalute. Osredotočili smo se na razlago obeh pojmov, na prikaz delovanja verig blokov in njihove zgradbe, ter predstavili idejo, ki stoji za kriptovalutami. Predstavili smo nekatere najbolj znane kriptovalute ter primerjali razlike med najpomembnejšimi verigami blokov. Omenili smo tudi primere uporabe tehnologije veriženja blokov, ki niso povezani s kriptovalutami, in s tem pokazali, da je veriga blokov tehnologija z več praktičnimi in širše uporabnimi primeri uporabe.

Čez leta se je, podobno kot pri mnogih novih tehnologijah, tehnologija veriženja blokov in zlasti kriptovalute uporabljala tako za dobre kot tudi za manj zaželene namene, saj je bilo izvedenih veliko prevar in zlorab. Kljub temu se je v zadnjih letih jasno pokazalo, za katere namene je tehnologija res smiselna in uporabna. V prihodnosti lahko pričakujemo vedno več premišljenih, varnih in uporabno usmerjenih primerov uporabe, ki bodo pokazali pravi potencial tehnologije veriženja blokov.

Viri in literatura

- [1] Nofer, M., Gomber, P., Hinz, O. and Schiereck, D., 2017. Blockchain. Business & information systems engineering, 59(3), str.183-187.
- [2] Mukhopadhyay, U., Skjellum, A., Hambolu, O., Oakley, J., Yu, L. and Brooks, R., 2016, December. A brief survey of cryptocurrency systems. In 2016 14th annual conference on privacy, security and trust (PST) (str. 745-752). IEEE.
- [3] Lamport, L., Shostak, R. and Pease, M., 2019. The Byzantine generals problem. In Concurrency: the works of leslie lamport (str. 203-226).
- [4] Bach, L.M., Mihaljevic, B. and Zagar, M., 2018, May. Comparative analysis of blockchain consensus algorithms. In 2018 41st international convention on information and communication technology, electronics and microelectronics (MIPRO) (str. 1545-1550). IEEE.
- [5] Nakamoto, S., 2008. Bitcoin whitepaper. URL: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>-(: 17.07. 2019), 9, str.15.
- [6] Buterin, V., 2013. Ethereum white paper. GitHub repository, 1(22-23), str.5-7.
- [7] CoinGecko. Dostopno na <https://www.coingecko.com/> . 05. 12. 2025.
- [8] Mita, M., Ito, K., Ohsawa, S. and Tanaka, H., 2019, July. What is stablecoin?: A survey on price stabilization mechanisms for decentralized payment systems. In 2019 8th international congress on advanced applied informatics (IIAI-AAI) (str. 60-66). IEEE.
- [9] MetaMask. Dostopno na <https://metamask.io/download> . 05. 12. 2025.
- [10] EBSI. Dostopno na <https://ec.europa.eu/digital-building-blocks/sites/spaces/EBSI/pages/447687044/Home> . 05. 12. 2025.
- [11] J.P. Morgan Chase Is Building an Ethereum-Based Blockchain: Here's Why | Fortune. Dostopno na <https://fortune.com/2016/10/04/jp-morgan-chase-blockchain-ethereum-quorum/> . 05. 12. 2025.
- [12] BlackRock's \$10 Trillion Tokenization Vision: The Future Of Real World Assets. Dostopno na <https://www.forbes.com/sites/nataliakarayaneva/2024/03/21/blackrocks-10-trillion-tokenization-vision-the-future-of-real-world-assets/> . 05. 12. 2025.
- [13] Swift to add blockchain-based ledger | Swift. Dostopno na <https://www.swift.com/news-events/news/swift-add-blockchain-based-ledger> . 05. 12. 2025.
- [14] Improving the security of a government land registry. Dostopno na <https://exonum.com/story-georgia> . 05. 12. 2025.
- [15] Blockchain in the food supply chain - What does the future look like? Dostopno na https://tech.walmart.com/content/walmart-global-tech/en_us/blog/post/blockchain-in-the-food-supply-chain.html . 05. 12. 2025.
- [16] Hölbl, M., Kompara, M., Kamišalić, A. and Nemec Zlatolas, L., 2018. A systematic review of the use of blockchain in healthcare. Symmetry, 10(10), str.470.



mag. Gero Angleitner: Tropski vrt.

Perspektive medpodjetniškega logističnega sodelovanja v Sloveniji

asist. Ines Pentek, izr. prof. dr. Tomislav Letnik

Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo, prometno inženirstvo in arhitekturo Univerze v Mariboru

ines.pentek@um.si

Povzetek

Logistična podjetja se danes soočajo s številnimi izzivi od pomanjkanja delovne sile, visokih stroškov energije in prometnih zastojev do nepoštena konkurence in vse strožjih okoljskih zahtev. V takšnih razmerah postaja medpodjetniško sodelovanje ena ključnih priložnosti za povečanje učinkovitosti, konkurenčnosti in odpornosti logistične panoge. Članek obravnava trenutno stanje ter možnosti za sodelovanje med slovenskimi ponudniki logističnih storitev s poudarkom na mikro, malih in srednje velikih podjetjih, ki predstavljajo dobršni del logistične panoge v Sloveniji. Na podlagi raziskave, izvedene med 71 podjetji, so bile analizirane oblike, področja in prednosti sodelovanja ter ključni pogoji za dolgoročno uspešno sodelovanje. Rezultati kažejo, da podjetja v sodelovanju prepoznajo predvsem priložnost za boljšo izkoriščenost vozil, nižje stroške in fleksibilnejšo ponudbo logističnih storitev. Za uspešno sodelovanje pa kot najpomembnejše izpostavljajo jasna pravila sodelovanja, transparentnost in ohranjanje lastne avtonomije. Ugotovitve nakazujejo potrebo po nadaljnjem raziskovanju ustreznih poslovnih modelov sodelovanja in digitalnih rešitev, ki bi podjetjem v prihodnje omogočile varno, transparentno in učinkovito sodelovanje.

Ključne besede: *logistična podjetja, horizontalno sodelovanje, izzivi in priložnosti, pomanjkanje zaupanja*

Uvod

Aktualen družbeno-ekonomski sistem je zasnovan s ciljem doseganja kontinuirane gospodarske rasti. Povečevanje povpraševanja, proizvodnje in mednarodne trgovine posledično generira vse večje potrebe po prevozu blaga, kar vodi v vztrajno rast obsega tovarnega prometa. Potrošništvo je postalo intenzivnejše kot kadar koli poprej, logistika pa se je razvila v enega izmed ključnih podsistemov svetovnega gospodarstva[1][2].

Z intenzivnim razvojem spletne trgovine se je v zadnjih letih močno spremenila tudi struktura povpraševanja po logističnih storitvah in povzročila dodatne potrebe po transportu tovora. Spletno nakupovanje ustvarja velike količine majhnih pošilk, ki se dostavljajo pogosto, na veliko število naslovov in skozi ves dan. Posledica je izrazita fragmentacija tovarnih tokov in zmanjšana zasedenost tovarnih vozil [3]. Po podatkih Eurostata je povprečna stopnja zasedenosti tovarnih vozil v EU nekje med 40 in 60 %, pri čemer je delež praznih voženj v povprečju še vedno večji od 20 % [4]. Takšna neučinkovitost se odraža v višjih stroških, večji porabi energije in povečanih obremenitvah za okolje. Neučinkovitost transportnih procesov je še posebej izrazita v dostavi zadnjega kilometra, kjer so stroški transporta najvišji, število vozil pa pogosto nesorazmerno glede na količino prepeljanega tovora [5][6].

Zaradi številnih negativnih učinkov, kot so prometni zastoji, emisije toplogrednih plinov in hrup, se povečuje družbeni in politični pritisk po prehodu na trajnostne logistične procese. Evropska prometna politika poudarja zmanjšanje emisij v skladu z načelom »Fit for 55« in spodbuja razvoj integriranih, energetske učinkovitih in nizkoogljičnih logističnih rešitev [7]. Ker se daleč največ tovora prepelje znotraj urbanih območij, se logistična podjetja soočajo z vedno strožjimi omejitvami dostopa v mestna središča. Uvajajo se brezemisijske cone, časovne omejitve za dostavo in omejitve števila tovornih vozil za vstop v mestna središča, kar še dodatno otežuje izvajanje dostav [8]. V mestnih območjih se tako združujejo visoki operativni stroški, omejitve dostopa in pritiski po razogljičenju, kar predstavlja enega ključnih izzivov sodobne logistike [9].

V zadnjem desetletju se logistika dodatno sooča z vse večjo negotovostjo in izzivi tudi na globalni ravni. Pandemija COVID-19, blokada Sueškega kanala in ekstremni vremenski pojavi so jasno pokazali, kako ranljive so globalne oskrbovalne verige [10]. Vse pogostejše se razmišlja o prehodu na lokalno proizvodnjo ter kratke oskrbovalne verige. Ti nepredvideni dogodki in situacije logistična podjetja dodatno silijo v iskanje načinov, kako okrepiti odpornost, prilagodljivost in zanesljivost svojih procesov ter ohraniti konkurenčnost v obdobju hitrih in nepričakovanih sprememb [11].

Zraven tržnih in okoljskih izzivov kaže omeniti tudi organizacijske probleme znotraj logistične panoge. Logistična podjetja se soočajo s pomanjkanjem kvalificirane delovne sile. Največje težave so zlasti na področju pomanjkanja voznikov tovornih vozil, kar zmanjšuje njihovo operativno sposobnost in povečuje stroške poslovanja [12]. Po ocenah Mednarodne zveze za cestni transport (IRU, 2024) v Evropi primanjkuje več kot 426.000 voznikov [13]. Dodatne težave predstavljajo visoki stroški energije, nepoštena konkurenca ter plačilna nedisciplina [14][15][16].

Nastala kombinacija gospodarskih, tehnoloških, okoljskih in organizacijskih izzivov zahteva nove organizacijske pristope, informacijske rešitve in poslovne modele, ki bodo logističnim podjetjem omogočili večjo prilagodljivost, odpornost in okoljsko učinkovitost. Ena izmed najobetavnejših smeri razvoja je medpodjetniško logistično sodelovanje, ki temelji na deljenju virov, skupnem načrtovanju procesov in izmenjavi informacij [17]. Takšen pristop omogoča optimizacijo logističnih procesov, zmanjšanje praznih voženj, boljšo izkoriščenost vozil in infrastrukture, hkrati pa zmanjšuje negativen okoljski vpliv logističnih aktivnosti [16][18][19]. V tujini obstaja veliko primerov uspešnega sodelovanja med logističnimi podjetji, ki prvenstveno temeljijo na tehnoloških platformah in nezavednem sodelovanju. V to kategorijo spadajo primeri so-uporabe transportnih tržnic, distribucijskih in konsolidacijskih centrov ter paketomatov [20][21][22][23]. V drugo kategorijo spadajo primeri zavednega sodelovanja. Obstajajo primeri podjetij, pri katerih sinergijski učinki v logističnih pretehtajo nad konkurenčnim odnosom. Teh primerov je neprimerno manj, pa vendar obstajajo in kažejo, da so tudi takšni primeri lahko uspešni [24][25].

Kljub številnim prednostim, ki jih prinaša tovrstno sodelovanje, se v praksi srečujemo z mnogimi strateškimi in operativnimi izzivi. Največji izzivi izhajajo iz pomanjkanja zaupanja med konkurenčnimi podjetji, nejasnih pravil delitve odgovornosti ter pravične razdelitve stroškov in prihodkov [19][26][27]. Oviro predstavlja tudi nezadostna transparentnost in neenotnost informacijskih sistemov, saj številna podjetja nimajo digitaliziranih procesov ali varnih mehanizmov za izmenjavo podatkov, kar povečuje tveganja na področju kibernetске varnosti [17][19][26]. Integracija različnih informacijskih rešitev je tehnično zahtevna, organizacijske spremembe pa pogosto sprožajo odpor zaposlenih. Manjša podjetja se dodatno bojijo izgube

avtonomije ali podrejenega položaja v partnerstvu, kar jih odvrča od sodelovanja. Poleg tega je iskanje ustreznih partnerjev z usklajenimi strateškimi cilji in primerljivimi procesi pogosto dolgotrajno, medtem ko je koordinacija skupnih aktivnosti brez nevtralnega posrednika izjemno zahtevna [19][26][28].

Ključno vprašanje, s katerim se ukvarja ta članek, je vezano na situacijo v Sloveniji, ki je iz raziskovalnega vidika izredno zanimiva. Gre namreč za okolje, v katerem prevladuje visoka konkurenčnost med številnimi malimi in srednje velikimi podjetji. Dodatno v Sloveniji sodelovanje ni del ustaljene poslovne prakse [29]. V članku smo zato podrobneje preučili in predstavili ključne izzive, ki trenutno preprečujejo sodelovanje med logističnimi podjetji. Na drugi strani pa nas zanimajo motivacijski dejavniki, izzivi in pogoji, ki so po mnenju podjetij pomembni za uspešno medpodjetniško logistično sodelovanje. S tem bomo identificirali priložnosti, ki bi lahko vodile do izboljšanja stanja na tem perspektivnem področju.

Analiza stanja v Sloveniji

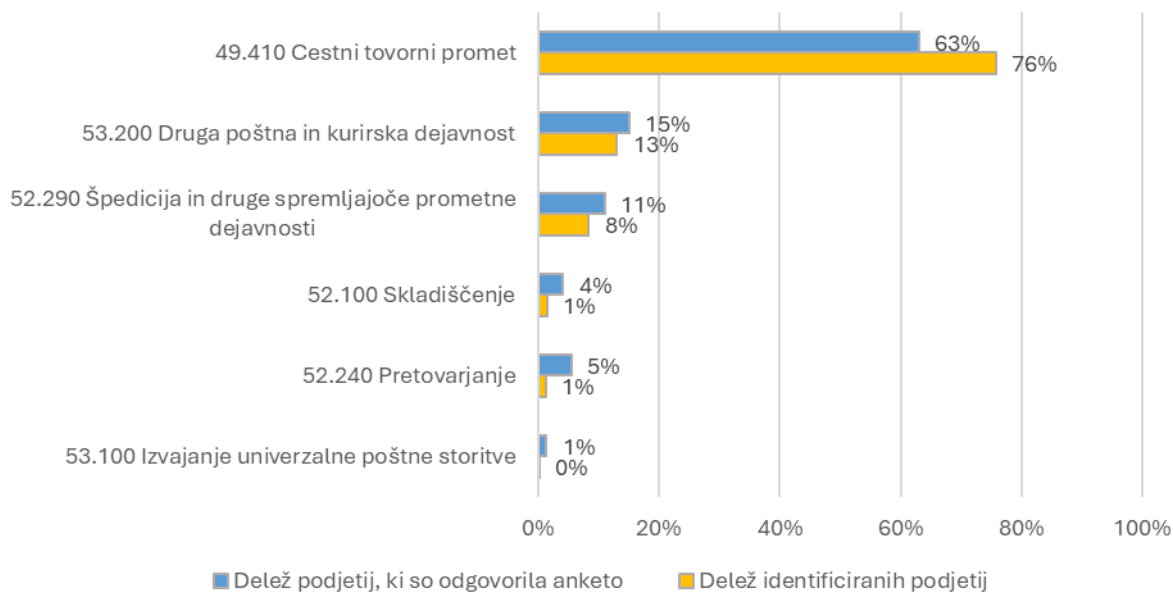
Analiza je bila izvedena s ciljem identificirati trenutno stanje na področju medpodjetniškega logističnega sodelovanja v Sloveniji. Za potrebe analize je bil izdelan spletni vprašalnik, ki je bil logističnim podjetjem posredovan v mesecu aprilu 2024.

V vprašalniku so bili v uvodu obravnavani splošni izzivi, s katerimi se srečujejo logistična podjetja, nato pa so sledila vprašanja, vezana na medpodjetniško logistično sodelovanje. Zanimale so nas izkušnje s sodelovanjem, pripravljenost na sodelovanje, katere oblike in področja sodelovanja so za podjetja najbolj primerna, katere prednosti bi podjetja motivirala za sodelovanje in kateri so pogoji za uspešno medpodjetniško logistično sodelovanje. Vprašanja so bila strukturirana na podlagi 5 - stopenjske Likertove lestvice. Možni odgovori so bili v rangi od 1 (nepomembno/nepriumno) do 5 (zelo pomembno/zelo primerno).

Ciljno skupino so predstavljala logistična podjetja, ki po SKD (standardni klasifikaciji dejavnosti) spadajo v skupino cestni tovorni promet, skladiščenje, univerzalna poštna storitev, druga poštna in kurirska dejavnost, špedicija in preтовarjanje. Po podatkih GVIN je takšnih podjetij v Sloveniji 7.217 [30]. Ker so ta podjetja v veliki večini članice Gospodarske zbornice Slovenije in Obrtno-podjetniške zbornice Slovenije, smo vprašalnik podjetjem posredovali z njihovo pomočjo.

Na vprašalnik je odgovorilo 71 podjetij, kar predstavlja 1 % celotne populacije. 13,7 % vseh odgovorov so predstavljala velika podjetja, 19,2 % srednje velika podjetja, 43,8 % mala podjetja in 23,3 % mikro podjetja.

Na sliki 1 je prikazan vzorec anketiranih podjetij glede na SKD, ki hkrati kaže ustreznost glede relativnih deležev v populaciji.



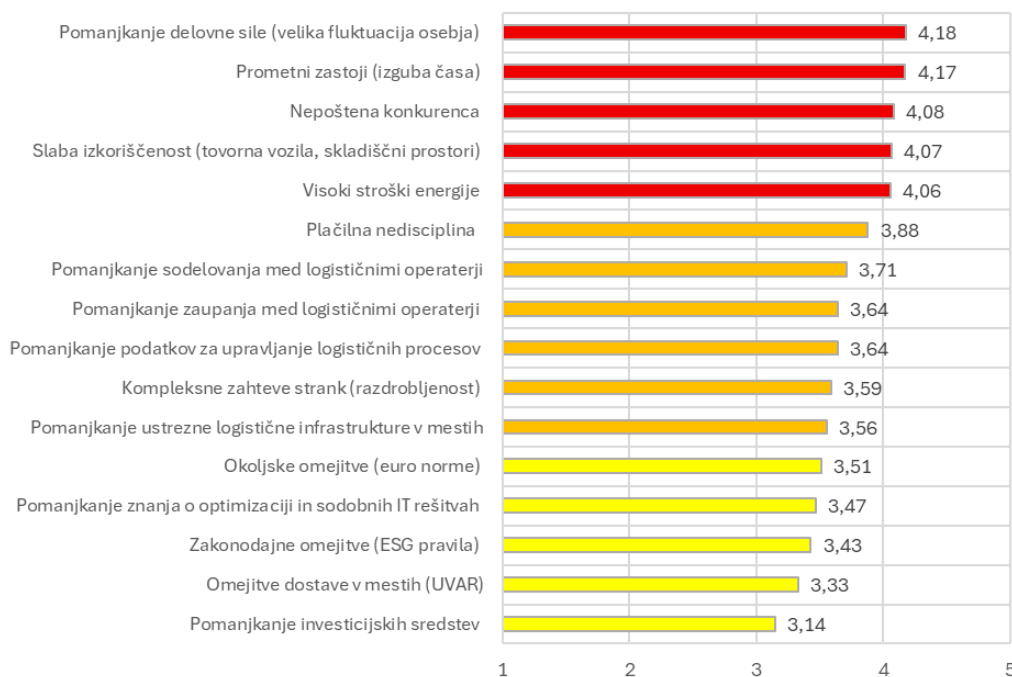
Slika 1: Delež anketiranih podjetij glede na standardno klasifikacijo dejavnosti (SKD), [lastna slika]

Na podlagi prejetih odgovorov smo analizirali izzive, s katerimi se soočajo ponudniki logističnih storitev, primerna področja in oblike sodelovanja, najbolj pomembne prednosti in pogoje za uspešno medpodjetniško logistično sodelovanje. Za vsako vprašanje smo izračunali povprečje in standardni odklon odgovorov od povprečja. Rezultati analize so v nadaljevanju predstavljeni z grafikoni, kjer so ob vsakem odgovoru navedene tudi povprečne vrednosti. Za podrobnejšo analizo glej članek [31].

Težave logističnih podjetij

Analiza je pokazala (glej Sliko 2), da so za podjetja trenutno najbolj pereče (povprečje več kot 4,0) naslednje težave: pomanjkanje delovne sile (4,18), prometni zastoji (4,17), nepoštena konkurenca (4,08), nizka izkoriščenost vozil (4,07) ter visoki stroški energije (4,06). Najmanj pomembni izzivi so pomanjkanje investicijskih sredstev (3,14), omejitve dostav v mestnih središčih (3,33) in zakonodajne omejitve na področju ESG pravil (3,43). Standardni odklon odgovorov (vsi so v rangi 1,0–1,2) in koeficient variacije (0,2–0,4) kažeta na zmerno razpršenost odgovorov, kar pomeni, da so bila mnenja med podjetji razmeroma enotna.

Kako pomembno navedeni problemi vplivajo na vaše delo in logistične procese?



Slika 2: : Izzivi, ki vplivajo na izvajanje logističnih procesov, [lastna slika]

Rezultati jasno kažejo, da podjetja trenutno največje težave zaznavajo pri zunanjih dejavnikih, na katere sama nimajo neposrednega vpliva, predvsem pri pomanjkanju delovne sile, prometnih zastojih, nepošteni konkurenci in visokih stroških energije. Ti izzivi so sistemske narave in zahtevajo širše politične in infrastrukturne rešitve. Zanimivo pa je, da se takoj pod najakutnejšimi problemi pojavljajo kategorije, povezane s sodelovanjem med logističnimi podjetji (pomanjkanje sodelovanja, zaupanja in podatkov), kar kaže, da podjetja vse bolj prepoznavajo pomen medpodjetniškega povezovanja za izboljšanje učinkovitosti in odpornosti logističnih procesov. Okoljski in zakonodajni vidiki (ESG, UVAR, emisijske norme) se trenutno uvrščajo med manj pereče izzive, kar kaže, da jih podjetja dojemajo kot pomembne, vendar še ne kot neposredno omejujoče za svoje vsakodnevno delovanje.

Pripravljenost podjetij na sodelovanje

Odgovori podjetij na vprašanje, ali so že kdaj sodelovali z drugimi ponudniki logističnih storitev, so pokazali, da jih 89% že ima izkušnje s sodelovanjem, 11% anketiranih pa ni še nikoli sodelovalo z drugimi ponudniki logističnih storitev.

Naslednje vprašanje je naslovljeno trenutno pripravljenost podjetij na sodelovanje. Kot je razvidno iz Slike 3, je skoraj polovica vseh podjetij (45 %) pripravljenih na sodelovanje po pogojem, da je sodelovanje enostavno organizirano. 21 % podjetij je popolnoma pripravljenih na sodelovanje in bi želeli vzpostaviti tudi dolgoročno sodelovanje. Nekoliko manj, 18 % podjetij, je pripravljenih na sodelovanje in bi delili tudi svoje resurse. 13 % bi jih sodelovalo zgolj, če bi to bilo nujno potrebno, najmanjši delež (3 %) podjetij pa v nobenem primeru ne bi sodelovalo z drugimi ponudniki logističnih storitev. Povprečna ocena pripravljenosti na sodelovanje (3,42) kaže na zmerno pripravljenost podjetij za sodelovanje z drugimi ponudniki logističnih storitev. Standardni odklon (1,05) in koeficient variacije (0,31) kažeta na zmerno

razpršenost in srednjo stopnjo variabilnosti odgovorov, kar pomeni, da se mnenja o pripravljenosti za sodelovanje med podjetji nekoliko razlikujejo.

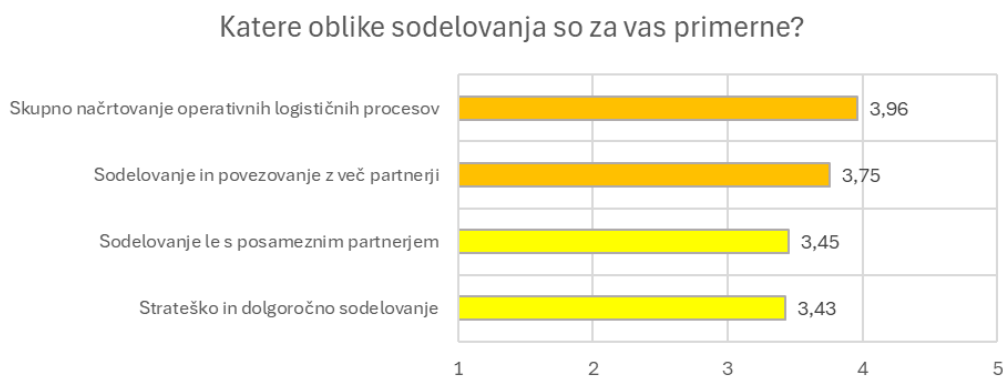


Slika 3: Pripravljenost podjetij na medpodjetniško logistično sodelovanje [lastni vir]

Rezultati nakazujejo, da je med podjetji prisotna relativno visoka odprtost za sodelovanje, vendar prevladuje previdnost in pragmatičnost. Večina podjetij bi sodelovala pod pogojem, da je proces enostaven in jasno strukturiran, kar kaže na potrebo po poenostavljenih modelih sodelovanja in jasnih organizacijskih okvirih. Delež podjetij, pripravljenih na dolgoročno ali poglobljeno sodelovanje, kaže, da se pomen povezovanja postopno uveljavlja kot strateška priložnost, ne le kot kratkoročna rešitev. Hkrati pa manjši delež podjetij, ki bi sodelovala le v nujni, ali sploh ne razkriva, da ostajajo prisotni pomisleki glede zaupanja, delitve podatkov in izgube avtonomije, kar so ključne ovire, ki jih bo treba nasloviti pri nadaljnjem spodbujanju medpodjetniškega sodelovanja.

Potencialne oblike sodelovanja

Primerjava možnih oblik sodelovanja je pokazala (glej Sliko 4), da sta med najbolj primernimi skupno načrtovanje operativnih logističnih procesov (povprečna ocena 3,96) ter sodelovanje in povezovanje z več partnerji (3,75). Standardni odklon (1,0–1,2) in koeficient variacije (0,3) nakazujeta zmerno razpršenost odgovorov, kar pomeni, da so podjetja razmeroma soglasna glede najustreznejših oblik sodelovanja v logistiki.

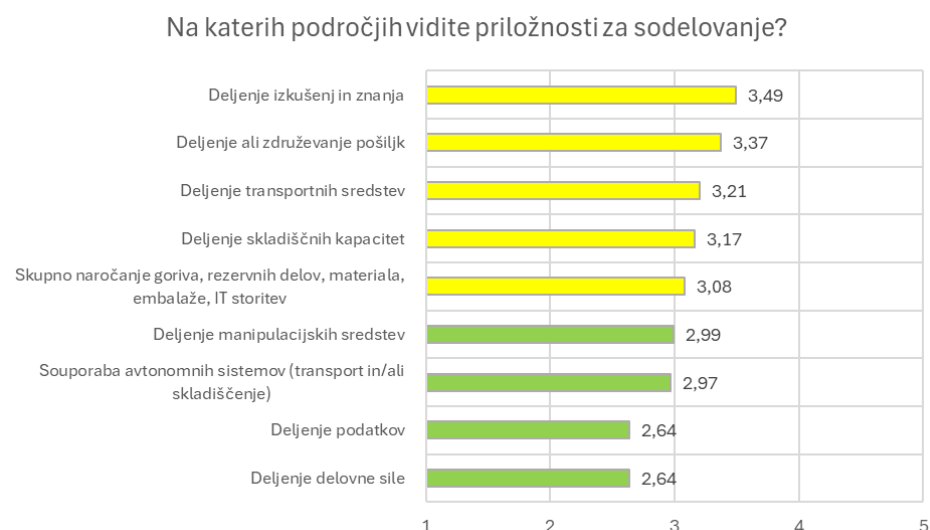


Slika 4: Oblike sodelovanja [lastni vir]

Rezultati kažejo, da podjetja kot najprimernejšo obliko medpodjetniškega sodelovanja prepoznajo skupno načrtovanje operativnih logističnih procesov, kar nakazuje usmerjenost v konkretne praktične oblike sodelovanja z neposrednim učinkom na učinkovitost in stroške. Pozitivna ocena povezovanja z več partnerji dodatno potrjuje zavedanje o koristih mrežnega sodelovanja, kjer sinergije med več akterji omogočajo boljše izkoriščanje virov in optimizacijo transportnih tokov. Manjše zanimanje za strateške ali dolgoročne oblike sodelovanja pa kaže, da podjetja sodelovanje še vedno razumejo predvsem kot operativno orodje, ne kot dolgoročno razvojno strategijo. To nakazuje potrebo po krepitvi zavedanja o širših trajnostnih učinkih povezovanja v logistiki.

Potencialna področja sodelovanja

Rezultati analize različnih področij sodelovanja kažejo (glej Sliko 5), da so izmenjava znanja in izkušenj (povprečna ocena 3,49), združevanje pošiljk pri dostavi (3,37), skupna uporaba prevoznih sredstev (3,21) ter skladiščne infrastrukture (3,17) najbolj primerna. Najnižje ocenjena področja sodelovanja so deljenje delovne sile in podatkov (2,64). Standardni odklon (1,2–1,4) kaže na nekoliko večjo razpršenost odgovorov, prav tako koeficient variacije (0,4–0,5) nakazuje višjo variabilnost v primerjavi s prejšnjimi analizami. Največja odstopanja so bila zaznana pri deljenju podatkov, delovne sile in skupni nabavi materiala, goriva in drugih virov, kar kaže na bolj raznolika stališča med podjetji.

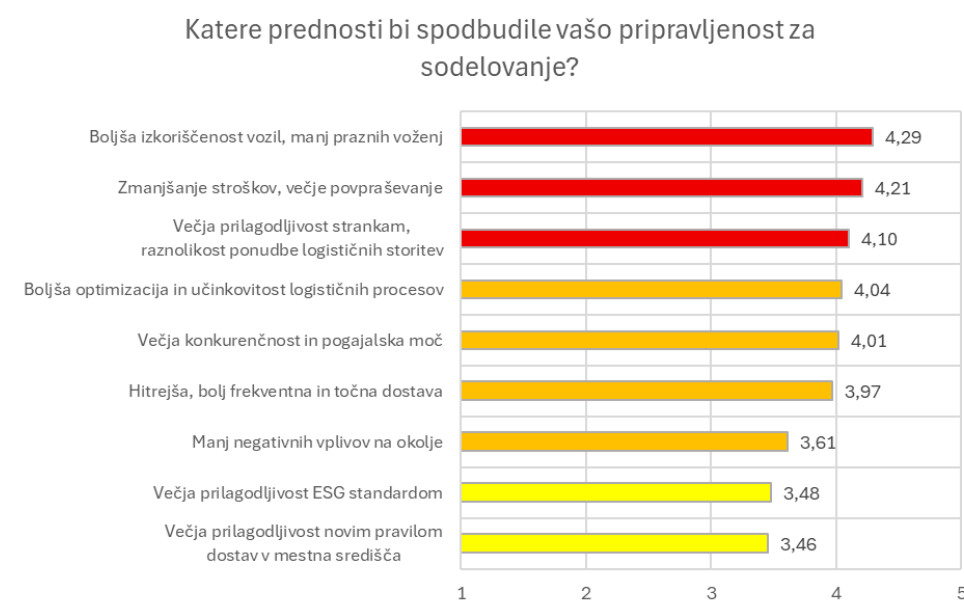


Slika 5: Področja sodelovanja [lastni vir]

Podjetja največ priložnosti za sodelovanje prepoznajo na področjih, kjer je tveganje manjše in učinki hitro vidni, torej pri izmenjavi znanja, izkušenj in pri združevanju pošiljk pri transportu. Takšne oblike omogočajo izvajanje sodelovanja tudi ob nižji stopnji zaupanja in omogočajo postopno gradnjo partnerstev. Nižje ocenjene oblike, kot so deljenje podatkov, delovne sile ali skupna nabava materiala in goriva, pa razkrivajo večjo zadržanost podjetij do globljih, operativno ali strateško povezanih oblik sodelovanja. To kaže na dejstvo, da podjetja trenutno dajejo prednost manj tveganim, mehkejšim oblikam povezovanja, medtem ko bodo za prehod k intenzivnejšemu sodelovanju potrebni večja digitalna povezanost, zaupanje in vzpostavitev jasnih mehanizmov za zaščito podatkov ter pošteno delitev koristi.

Prednosti in spodbude za sodelovanje

Analiza prednosti, ki jih prinaša sodelovanje, kaže (glej Sliko 6), da so med najpomembnejšimi boljša izkoriščenost vozil in manj praznih voženj (povprečna ocena 4,29), znižanje stroškov in povečanje povpraševanja (4,21), večja raznolikost ponujenih storitev in večja prilagodljivost zahtevam strank (4,10). Manj izrazite koristi pa se nanašajo na večjo prilagodljivost novim pravilom dostav v mestna središča (3,46), skladnost z ESG standardi (3,48) in manjši negativni vpliv na okolje (3,61). Standardni odklon (0,7–1,1) in koeficient variacije (0,2–0,3) kažeta na nizko razpršenost odgovorov, kar pomeni, da med podjetji obstaja precejšnje soglasje glede pomembnosti identificiranih koristi sodelovanja. Rahlo večja odstopanja so bila zaznana le pri okoljskih in regulativnih vidikih.



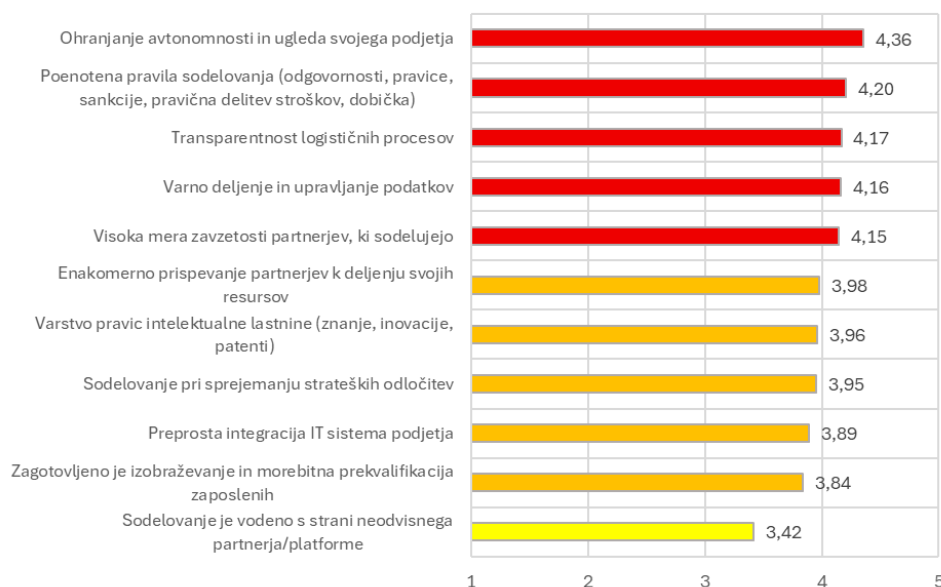
Slika 6: Prednosti sodelovanja [lastni vir]

Rezultati potrjujejo, da podjetja sodelovanje povezujejo predvsem z neposrednimi ekonomskimi učinki, večjo izkoriščenostjo vozil, manjšim deležem praznih voženj in zniževanjem stroškov. Med najmočnejšimi spodbudami so tudi povečanje prilagodljivosti zahtevam strank in širitev nabora ponujenih storitev. Omenjeno ponovno kaže, da podjetja sodelovanje razumejo kot orodje za izboljšanje konkurenčnosti in učinkovitosti. Okoljski in regulativni vidiki, kot sta skladnost z ESG standardi ter vpliv na okolje, se za sedaj kažejo le kot sekundarne spodbude.

Potrebni pogoji za sodelovanje

Uspešno sodelovanje v logistiki temelji na več ključnih pogojih, med katerimi izstopajo (glej Sliko 7) ohranjanje avtonomije in ugleda svojega podjetja (povprečna ocena 4,36), jasno opredeljena pravila sodelovanja, deljenja stroškov, koristi in odgovornosti (4,20), transparentnost izvedenih logističnih procesov (4,17), varno deljenje in upravljanje podatkov (4,16) in visoka mera zavzetosti partnerjev za sodelovanje (4,15). Standardni odklon (0,7–1,1) in koeficient variacije podatkov (0,2–0,3) kažeta na nizko do zmerno razpršenost odgovorov, kar pomeni dokaj visoko stopnjo soglasja med podjetji glede ključnih pogojev uspešnega sodelovanja. Rahlo večja odstopanja med odgovori so bila zaznana pri potrebi po uvedbi neodvisnega partnerja ali platforme, ki bi upravljala sodelovanje.

Kateri so po vašem mnenju potrebni pogoji za uspešno sodelovanje?



Slika 7: Pogoji za uspešno sodelovanje [lastni vir]

Rezultati jasno kažejo, da podjetja pri sodelovanju največji pomen pripisujejo ohranjanju lastne avtonomije in ugleda, kar potrjuje prevladujočo previdnost pri vstopanju v partnerske odnose. Ključni pogoji za uspešno sodelovanje so poleg tega še jasno opredeljena pravila sodelovanja ter transparentnost pri deljenju podatkov in izvajanju logističnih procesov, kar kaže na potrebo po zanesljivem in preglednem okviru sodelovanja. Pomembno vlogo imajo tudi varnost podatkov, zaupanje ter jasno določeni mehanizmi delitve stroškov in koristi. Nižje ocenjeni, a vseeno pomembni pogoji, kot sta neodvisen koordinator ali platforma ter zagotovljena izobraženost zaposlenih, nakazujejo, da podjetja sicer prepoznavajo pomen institucionalne podpore, vendar trenutno večino odgovornosti še vedno vidijo pri samih partnerjih. Celotna slika kaže, da podjetja uspešno sodelovanje razumejo kot proces, ki mora temeljiti na zaupanju, jasnih pravilih in zaščiti lastnih interesov.

Razprava

Rezultati raziskave med ponudniki logističnih storitev v Sloveniji potrjujejo, da se le-ti soočajo s številnimi izzivi. Najbolj akutni so izzivi, vezani na globalne trende v logistični panogi, kot so pomanjkanje delovne sile, prometni zastoji, naraščanje stroškov energije in nepoštena konkurenca. Gre za dejavnike, na katere podjetja nimajo vpliva, zato so primorana iskati rešitve za učinkovitejšo organizacijo dela in optimizacijo logističnih procesov. Eden izmed takih pristopov je prav medpodjetniško sodelovanje, ki se v kontekstu naraščajočih stroškov, okolijskih zahtev in negotovih gospodarskih razmer kaže kot pomembna priložnost za povečanje konkurenčnosti in odpornosti logističnih podjetij.

Čeprav podjetja v Sloveniji izkazujejo zanimanje za sodelovanje, pri tem prevladuje previden in pragmatičen pristop. Večina logističnih podjetij bi se povezala, če bi bili pogoji sodelovanja jasno opredeljeni, proces sodelovanja enostaven in vloga posameznih partnerjev natančno določena. To kaže, da je za napredek na tem področju ključno oblikovanje jasnih in

transparentnih modelov sodelovanja, ki zmanjšujejo negotovost in tveganje, krepijo zaupanje ter zagotavljajo pošten in enakopraven odnos med podjetji.

Kot najbolj primerne oblike sodelovanja so slovenska podjetja prepoznala skupno načrtovanje operativnih procesov in mreženje z več partnerji, kar kaže na usmerjenost v praktične, operativno izvedljive pristope s hitrim in neposrednim učinkom na izboljšanje učinkovitosti in nižje stroške. Največ potenciala za sodelovanje vidijo na področju izmenjave znanja in izkušenj ter združevanja pošiljk pri transportu, kar potrjuje, da slovenska podjetja sodelovanje trenutno razumejo kot korak k optimizaciji vsakodnevnih logističnih procesov, ne pa še kot dolgoročno razvojno strategijo.

Glavni motivacijski dejavniki za sodelovanje ostajajo ekonomski: boljša izkoriščenost vozil, nižji stroški in večja konkurenčnost. Okoljski in regulativni vidiki so trenutno v ozadju, čeprav bodo z zaostrovanjem evropskih trajnostnih zahtev v prihodnosti pridobili na pomenu. Pogoji, ki jih podjetja navajajo kot ključne za uspešno sodelovanje, torej ohranjanje avtonomije, jasna pravila sodelovanja, transparentnost in varno deljenje podatkov, potrjujejo, da zaupanje ostaja temelj dolgoročno uspešnega sodelovanja.

Če povzamemo, lahko ugotovimo, da slovenska logistična podjetja prepoznavajo potencial sodelovanja, vendar se soočajo z vrsto zadržkov, ki izhajajo iz pomanjkanja zaupanja, omejenih izkušenj s sodelovanjem in strahom pred izgubo avtonomnosti in slovesa podjetja. Da bi sodelovanje postalo stalna praksa, bodo potrebni nadaljnji koraki k spodbujanju sodelovanja, iskanju primernih poslovnih modelov sodelovanja in večji digitalni povezanosti podjetij.

Zaključek

Slovenska logistična podjetja kažejo pripravljenost za sodelovanje, vendar le, če je sodelovanje enostavno in so vnaprej določena jasna pravila sodelovanja. To nakazuje, da je za nadaljnji razvoj medpodjetniškega sodelovanja pomembno vzpostaviti okolje, ki spodbuja zaupanje med partnerji in transparentnost nad izvedenimi logističnimi procesi sodelujočih podjetij.

V prihodnje bi bilo smiselno raziskati možnosti, ki jih prinašajo digitalne platforme za upravljanje skupnih logističnih procesov in tehnologije, ki omogočajo varno izmenjavo podatkov, sklepanje poslov, sledenje in preglednost nad kakovostjo izvedenih logističnih storitev in lažje povezovanje med različnimi informacijskimi sistemi podjetji. Prav tako obstaja potreba po preučitvi priložnosti, ki jih prinašata avtomatizacija in digitalizacija logističnih procesov, kar bi lahko zmanjšalo odvisnost od človeške delovne sile in omogočilo enostavno, hitro in varno izmenjavo potrebnih podatkov med sodelujočimi podjetji. Poleg tega bi bilo koristno raziskati nove poslovne modele sodelovanja, testirati različne oblike sodelovanja ter oceniti vpliv skupnega načrtovanja logističnih procesov in deljenja virov med podjetji na konkurenčnost, stroškovno učinkovitost in okoljsko nevtralnost slovenskega logističnega sektorja.

Za dolgoročno vzpostavitev uspešnih pogojev sodelovanja pa je ključna tudi institucionalna podpora. Država, gospodarska in obrtna zbornica ter druge podporne institucije imajo pri tem izjemno pomembno nalogo. Zagotoviti je treba ustrezne mehanizme spodbude, zakonodajni okvir in infrastrukturne pogoje, ki omogočajo zaupanje, varnost in pravičnost pri sodelovanju med podjetji. Nove tehnologije, digitalne platforme in logistična infrastruktura delujejo kot katalizatorji sodelovanja, vendar lahko njihov potencial zaživi le ob aktivni vlogi javnih institucij, ki spodbujajo investicije, izmenjavo znanja in vzpostavitev trajnostnih partnerstev v logistični panogi.

Viri in literatura

- [1] Bal, F.; Vleugel, J. Towards More Environmentally Sustainable Intercontinental Freight Transport. *International Journal of Transport Development and Integration* 2020, 4, 129–141, doi:10.2495/TDI-V4-N2-129-141.
- [2] Jarašūnienė, A.; Lapėnas, D. Opportunities for Multimodal Transport Development to Promote a Sustainable Environment. *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering* 2023, 18, 90–116, doi:10.7250/2023-18.620.
- [3] Escudero-Santana, A.; Muñuzuri, J.; Lorenzo-Espejo, A.; Muñoz-Díaz, M.L. Improving E-Commerce Distribution through Last-Mile Logistics with Multiple Possibilities of Deliveries Based on Time and Location. *Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research* 2022, Vol. 17, Pages 507-521 2022, 17, 507–521, doi:10.3390/JTAER17020027.
- [4] Eurostat Road Freight Transport by Journey Characteristics Dostopno na spletu: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Road_freight_transport_by_journey_characteristics (dostopano 25. oktober 2025).
- [5] Bosona, T. Urban Freight Last Mile Logistics—Challenges and Opportunities to Improve Sustainability: A Literature Review. *Sustainability* 2020, Vol. 12, Page 8769 2020, 12, 8769, doi:10.3390/SU12218769.
- [6] Demir, E.; Syntetos, A.; Van Woensel, T. Last Mile Logistics: Research Trends and Needs. *IMA Journal of Management Mathematics* 2022, 33, 549–561, doi: <https://doi.org/10.1093/imaman/dpac006>
- [7] European Union Fit for 55 Package Dostopno na spletu: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2022/733513/EPRS_BRI\(2022\)733513_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2022/733513/EPRS_BRI(2022)733513_EN.pdf) (dostopano 25. oktober 2025).
- [8] Ma, Y.; Mészáros, F. Review of Urban Access Regulations from the Sustainability Viewpoint. *Urban Science* 2024, 8, 29, doi:10.3390/URBANSCI8020029/S1.
- [9] Fegde, N. Challenges and Solutions in Managing Last-Mile Delivery in Urban Areas. *International Journal of Scientific Research in Engineering and Management* 2025, 09, 1–9, doi:10.55041/IJSREM40615.
- [10] Montoya-Torres, J.R.; Muñoz-Villamizar, A.; Mejia-Argueta, C. Mapping Research in Logistics and Supply Chain Management during COVID-19 Pandemic. *International Journal of Logistics Research and Applications* 2023, 26, 421–441, doi:10.1080/13675567.2021.1958768.
- [11] Gore, A. Global Supply Chains Retrocede to Local Supply Chains: Contemplation or a Riposte? *Supply Chain Forum: An International Journal* 2024, doi:10.1080/16258312.2024.2432857.
- [12] Straight, B. Survey Reveals Strategies for Addressing Supply Chain, Logistics Labor Shortages Dostopno na spletu: <https://www.scmr.com/article/survey-reveals-strategies-for-addressing-supply-chain-logistics-labor-shortages> (dostopano 28. junij 2024).
- [13] IRU European Road Freight Rates Converge Dostopno na spletu: <https://www.iru.org/news-resources/newsroom/european-road-freight-rates-converge> (dostopano 25. oktober 2025).
- [14] Milewska, B.; Milewski, D. Implications of Increasing Fuel Costs for Supply Chain Strategy. *Energies* 2022, Vol. 15, Page 6934 2022, 15, 6934, doi:10.3390/EN15196934.
- [15] Rajasree, R.; Dharma Ragini, R. Optimizing Logistics, Customs and International Payment. *Thiagarajar College of Preceptors Edu Spectra* 2025, 7, 80–88, doi:10.34293/EDUSPECTRA.V7IS1-FEB25.010.

- [16] Schachenhofer, L.; Kummer, Y.; Hirsch, P. An Analysis of Underused Urban Infrastructures: Usage Opportunities and Implementation Barriers for Sustainable Logistics. *Applied Sciences* 2023, Vol. 13, Page 7557 2023, 13, 7557.
- [17] Ferrell, W.; Ellis, K.; Kaminsky, P.; Rainwater, C. Horizontal Collaboration: Opportunities for Improved Logistics Planning. *International Journal of Production Research* 2020, 58, 4267–4284, doi: <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1651457>.
- [18] Gonzalez-Feliu, J.; Morana, J. Collaborative Transportation Sharing: From Theory to Practice via a Case Study from France. *Technologies for Supporting Reasoning Communities and Collaborative Decision Making: Cooperative Approaches* 2010; pp. 252–271 ISBN 9781609600914, doi: <https://doi.org/10.4018/978-1-60960-091-4.ch014>.
- [19] Badraoui, I.; van der Lans, I.A.M.C.; Boulaksil, Y.; van der Vorst, J.G.A.J. Horizontal Logistics Collaboration Success Factors: Expectations versus Reality. *Benchmarking* 2024, 31, 29–52, doi:10.1108/BIJ-04-2022-0274/FULL/PDF.
- [20] Eurosender SARL Eurosender: Digitalna Platforma Za Globalne Logistične Storitve. Dostopno na spletu: <https://www.eurosender.com/sl> (dostopano 25. oktober 2025).
- [21] Baxter, UCB, TRI-VIZOR and H.Essers Create World's First Community for Orchestrated Horizontal Collaboration in Transport and Logistics or "Carpooling for Cargo" Dostopno na spletu: https://trivizor.com/wp-content/uploads/2022/09/Horizontal_Collaboration_Press_Release_UCB_BAXTER_TRI-VIZOR_ESSERS_MICROSOFT_Final_Version_Belux.pdf (dostopano 25. oktober 2025).
- [22] Bezirksamt Tempelhof-Schöneberg Micro Hub Te-Damm Dostopno na spletu: <https://www.berlin.de/ba-tempelhof-schoeneberg/politik-und-verwaltung/service-und-organisationseinheiten/wirtschaftsfoerderung/artikel.968210.php> (dostopano 22. februar 2024).
- [23] Unterholzner, M.; Breinbauer, A.; Strauß, D. Wienbox, Vienna's Carrier-Neutral Parcel Locker Network Dostopno na spletu: <https://www.thepostalhub.com/podcasts/episode-332-wienbox-vienna-parcel-lockers?rq=Wienbox> (dostopano 10. februar 2024).
- [24] Eknow IT Horizontal Collaboration in Logistics: The Case of Procter & Gamble and Tupperware- Case Study Dostopno na spletu: <https://www.cpcarregadores.pt/wp-content/uploads/2016/10/Horizontal-Collaboration-Case-Study.pdf> (dostopano 9. februar 2024).
- [25] Badraoui, I.; Van der Vorst, J.G.A.J.; Boulaksil, Y. Horizontal Logistics Collaboration: An Exploratory Study in Morocco's Agri-Food Supply Chains. *International Journal of Logistics Research and Applications* 2020, 23, 85–102, doi: <https://doi.org/10.1080/13675567.2019.1604646>
- [26] Karam, A.; Hussein, M.; Reinau, K.H. Analysis of the Barriers to Implementing Horizontal Collaborative Transport Using a Hybrid Fuzzy Delphi-AHP Approach. *Journal of Cleaner Production* 2021, 321, 128943, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128943>.
- [27] Pan, S.; Trentesaux, D.; Ballot, E.; Huang, G.Q. Horizontal Collaborative Transport: Survey of Solutions and Practical Implementation Issues. *International Journal of Production Research* 2019, 57, 5340–5361, doi: <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1574040>.
- [28] Nimtrakool, K.; Gonzalez-Feliu, J.; Capo, C. Barriers to the Adoption of an Urban Logistics Collaboration Process: Case Study of Saint-Etienne Urban Consolidation Centre. *City Logistics 2: Modeling and Planning Initiatives* 2017, doi: <https://doi.org/10.1002/9781119425526.ch19>.

- [29] The Culture Factor Group Oy Country Comparison Tool Dostopno na spletu:
<https://www.hofstede-insights.com/country-comparison-tool?countries=slovenia> (dostopano 7. avgust 2024).
- [30] Dun & Bradstreet d.o.o. GVIN – Poslovne Informacije Dostopno na spletu:
<https://www.gvin.com/IskalnikCE/Pages/SearchResult.aspx?Mode=GvinSI&App=GvinIskalnikSI&Kontekst=5&Lang=sl-SI> (dostopano 4. junij 2024).
- [31] Pentek, I.; Letnik, T. Obstacles and Drivers of Sustainable Horizontal Logistics Collaboration: Analysis of Logistics Providers' Behaviour in Slovenia. Sustainability 2025, 17, 7001, doi:10.3390/SU17157001/S1.



mag. Gero Angleitner: Mlin na Muri.

Pomen in uporaba kalkulatorjev ogljičnega odtisa: metodologija, merjenje in okoljski učinki

Polonca Korez, višji strok. raz. asist. Nina Pavletič, doc. dr. Maršenka Marksel

Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo, prometno inženirstvo in arhitekturo Univerze v Mariboru

polonca.korez@um.si

Povzetek

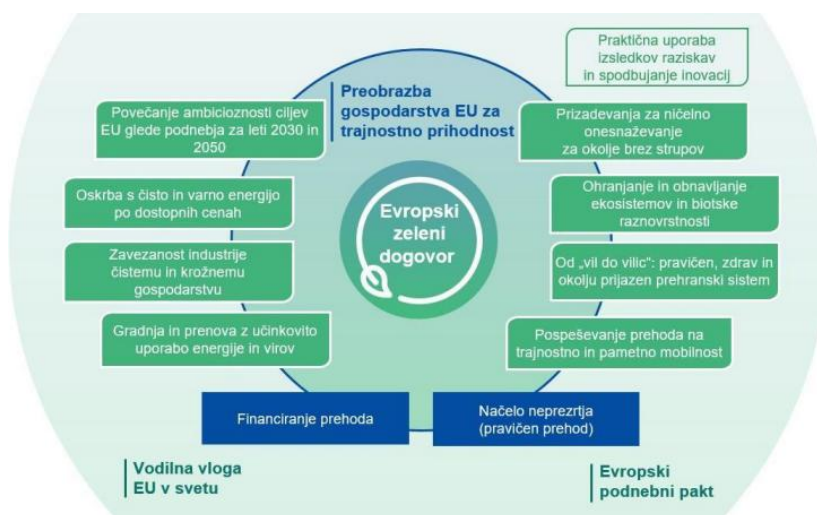
Kalkulatorji ogljičnega odtisa so pomembno orodje za ocenjevanje vpliva ravnanja posameznika in družbe kot celote na podnebne spremembe ter za načrtovanje ukrepov za zmanjševanje emisij. Merjenje ogljičnega odtisa omogoča prepoznavanje dejavnosti z največjim podnebnim vplivom in spremljanje napredka pri doseganju zastavljenih okoljskih ciljev. Evropska unija si v okviru zelenega dogovora prizadeva za občutno zmanjšanje emisij ter prehod v podnebno nevtrarno gospodarstvo, zato spodbuja uporabo orodij, ki krepijo preglednost in odgovorno ravnanje z viri. Še posebej pomembni so kalkulatorji v mednarodnih projektih, kjer številne projektne aktivnosti, kot so potovanja, dogodki in pisarniško delo, zahtevajo enotno metodologijo za zanesljivo oceno njihovega vpliva na okolje. Razvoj spletnih kalkulatorjev omogoča zbiranje dejanskih podatkov ter njihovo pretvorbo v jasne in primerljive okoljske kazalnike, kar podpira sprejemanje utemeljenih, trajnostno naravnanih odločitev. Doslej izvedene analize kažejo, da največ emisij pogosto nastane pri službenih poteh, zato je prehod k bolj trajnostnim oblikam mobilnosti eden ključnih ukrepov za njihovo zmanjšanje. Uporaba kalkulatorjev spodbuja učinkovitejše načrtovanje rabe virov, krepi kulturo okoljske transparentnosti in pomembno prispeva k zmanjševanju ogljičnega odtisa tako na ravni projektov kot tudi širše družbe.

Ključne besede: ogljični odtis; kalkulator ogljičnega odtisa; toplogredni plini; trajnostni razvoj; podnebna nevtrarnost; metodologija merjenja emisij; podnebne spremembe, MED COLOURS, ZERO CO₂ MED.

Uvod

Podnebne spremembe predstavljajo eno najresnejših globalnih okoljskih, gospodarskih in družbenih groženj 21. stoletja. Povečanje koncentracije toplogrednih plinov, zlasti ogljikovega dioksida (CO₂), metana (CH₄) in dušikovega oksida (N₂O), je posledica vpliva človeka na okolje, od industrijske proizvodnje in prometa do kmetijstva in rabe energije. Posledice teh procesov se kažejo v dvigu povprečne globalne temperature, spremembah padavinskih vzorcev, taljenju ledenikov in porastu morske gladine, kar ima daljnosežne vplive na naravni ekosistem in človeško družbo.

Svetovna znanstvena skupnost se strinja, da je treba globalno segrevanje omejiti na največ 1,5 °C glede na predindustrijsko obdobje, kar je temeljni cilj Pariškega sporazuma (2015). Evropska unija je z Evropskim zelenim dogovorom sprejela jasno zavezo doseči podnebno nevtrarnost do leta 2050 in zmanjšati emisije toplogrednih plinov za 55 % do leta 2030 v primerjavi z letom 1990 [1].



Slika 1: Strategija Evropske unije za trajnostno preobrazbo gospodarstva [2].

Za oceno in razumevanje vpliva posameznika, gospodinjstva ali organizacije na okolje se uporablja koncept ogljičnega odtisa. Ta predstavlja skupno količino emisij toplogrednih plinov, izraženo v ekvivalentih CO₂, ki jih povzroči določena dejavnost ali življenjski slog. Merjenje ogljičnega odtisa je ključno orodje za oblikovanje strategij trajnostnega razvoja, zmanjševanje emisij in spremljanje napredka pri doseganju podnebnih ciljev.

V ta namen so bili razviti kalkulatorji ogljičnega odtisa, ki na podlagi vnesenih podatkov uporabniku omogočajo kvantitativno oceno lastnih emisij ter prepoznavanje področij, kjer je mogoče doseči največje zmanjšanje vpliva na okolje. Takšna orodja imajo pomembno vlogo pri ozaveščanju javnosti, spodbujanju odgovornega vedenja in podpori pri sprejemanju okoljsko utemeljenih odločitev. S pomočjo kalkulatorjev ogljičnega odtisa lahko posamezniki in organizacije ne le razumejo svoj vpliv na okolje, temveč tudi aktivno prispevajo k doseganju globalnih podnebnih ciljev.

Ogljični odtis kot kazalnik podnebnega vpliva in metodološki pristopi

Od začetka 21. stoletja se je izraz odtis (angl. *footprint*) uveljavil kot metafora za vpliv, predvsem v kontekstu človekovega vpliva na ekosisteme Zemlje. Metaforična uporaba izraza izvira že iz devetdesetih let prejšnjega stoletja, ko je bil razvit specifičen računovodski sistem, znan kot ekološki odtis 0. Zaradi jasnosti in komunikativne moči izraza se je v znanstveni skupnosti kasneje pojavilo več kazalnikov, ki uporabljajo ta pristop in so poimenovani po njem [4]. Ti kazalniki, skupno imenovani kazalniki odtisa (*Footprint indicators*), so zasnovani na potrošniško usmerjenem pristopu, katerega namen je uporabnikom posredovati informacije o vplivu, ki ga človek ima na ekosisteme ali njihove posamezne komponente [5].



Slika 2: Ilustracija prikaza ogljičnega odtisa [6]

Ogljični odtis (*Carbon Footprint – CF*) se nanaša na skupno količino emisij toplogrednih plinov, ki jih neposredno ali posredno povzroči določena dejavnost, izdelek, storitev ali organizacija. Prvi poskus metodološke opredelitve pojma sta izvedla Wiedmann in Minx [7], ki sta poudarila potrebo po celovitem pristopu, ki vključuje vse faze življenjskega cikla in vse vrste emisij.

Konceptualno ogljični odtis ni le merilo količine emisij, temveč tudi kazalnik učinkovitosti rabe virov, orodje za spremljanje trajnostnih ciljev ter komunikacijsko sredstvo, ki približa kompleksne podnebne teme širši javnosti. Zaradi tega se uporablja tako v raziskovalnih okoljih kot v javnih politikah in zasebnem sektorju.

Izračun ogljičnega odtisa se lahko izvaja na različne načine, odvisno od namena analize, dostopnosti podatkov in ravni podrobnosti, ki jo želimo doseči. Ker okvir ogljičnega odtisa ne predpisuje enotne metodologije, so se v praksi oblikovali različni računovodski pristopi, katerih cilj je oceniti količino emisij toplogrednih plinov, povezanih z določeno dejavnostjo, proizvodom ali sistemom.

- Pristop »od zgoraj navzdol« (*top-down*) uporablja makroekonomske modele, zlasti vhodno-izhodne tabele (*Input-Output Analysis – IOA*), ki omogočajo oceno posrednih emisij med gospodarskimi sektorji. Prednost tega pristopa je njegova celovitost, saj zajame vse posredne emisije, ki nastanejo vzdolž celotne proizvodno-potrošne verige, vključno z mednarodno trgovino. Pomanjkljivost pa je nizka prostorska in procesna ločljivost, saj temelji na agregiranih statističnih podatkih, ki pogosto ne odražajo natančnih procesnih posebnosti posameznih dejavnosti ali izdelkov.
- Pristop »od spodaj navzgor« (*bottom-up*) temelji na konkretnih podatkih o procesih ali izdelkih, pogosto v okviru **ocene življenjskega cikla** (*Life Cycle Assessment – LCA*). Omogoča visoko natančnost in identifikacijo ključnih virov emisij. Slabost pa je, da je metoda časovno in podatkovno zahtevna, kar omejuje njeno uporabo pri analizah večjih sistemov ali na ravni celotnih gospodarstev.

- **Hibridni pristopi** združujejo elemente obeh pristopov in postajajo prevladujoči, saj takšna kombinacija omogoča bolj uravnoteženo oceno ogljičnega odtisa, saj hkrati zajame podrobnosti posameznih procesov in širše sistemske povezave. Hibridni modeli so še posebej uporabni pri analizah, kjer obstajajo nepopolni ali pomanjkljivi procesni podatki, ali kadar želimo oceniti vplive kompleksnih globalnih verig vrednosti. Zaradi tega postajajo osrednje orodje pri celovitih ocenah okoljskih vplivov, ki združujejo vidike trajnostne proizvodnje in potrošnje.

Uporaba kalkulatorja za izračun ogljičnega odtisa

Večina sodobnih kalkulatorjev ogljičnega odtisa temelji na standardiziranih metodoloških okvirih, kot so smernice Medvladnega odbora za podnebne spremembe (IPCC), standardi ISO 14064 in ISO 14067 ter protokoli, kot je Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol). Ti okvirji določajo načine razvrščanja in poročanja o emisijah ter opredeljujejo meje sistema, ki jih mora uporabnik upoštevati pri vnosu podatkov.

Kalkulatorji so zasnovani tako, da pretvorijo vhodne podatke o dejavnostih v emisije CO₂-ekvivalenta (CO₂eq) z uporabo ustreznih emisijskih faktorjev. Ti faktorji predstavljajo količino emisij, ki nastane na enoto dejavnosti (npr. kilogram CO₂eq na liter goriva, kWh porabljene elektrike ali kilogram živila). Emisijski faktorji so običajno povzeti iz mednarodno priznanih baz podatkov, kot so IPCC Emission Factor Database [8], DEFRA [9] ali Ecoinvent [10].

Kalkulatorji ogljičnega odtisa razvrščajo emisije glede na vir in vrsto dejavnosti, pri čemer se najpogosteje uporabljajo naslednje kategorije:

- **Poraba energije** (poraba elektrike, ogrevanje in hlajenje, goriv v gospodinjstvih in organizacijah);
- **Mobilnost in promet** (emisije, povezane z uporabo osebnih in javnih prevoznih sredstev ter letalskimi poleti);
- **Prehrana** (upošteva vrsto in količino zaužitih živil, zlasti delež mesa in mlečnih izdelkov, ki imajo visoko ogljično intenzivnost);
- **Poraba izdelkov in odpadki** (emisije, povezane z nakupovanjem, uporabo izdelkov in ravnanjem z odpadki);
- **Digitalni odtis** (uporaba interneta in shranjevanje podatkov).

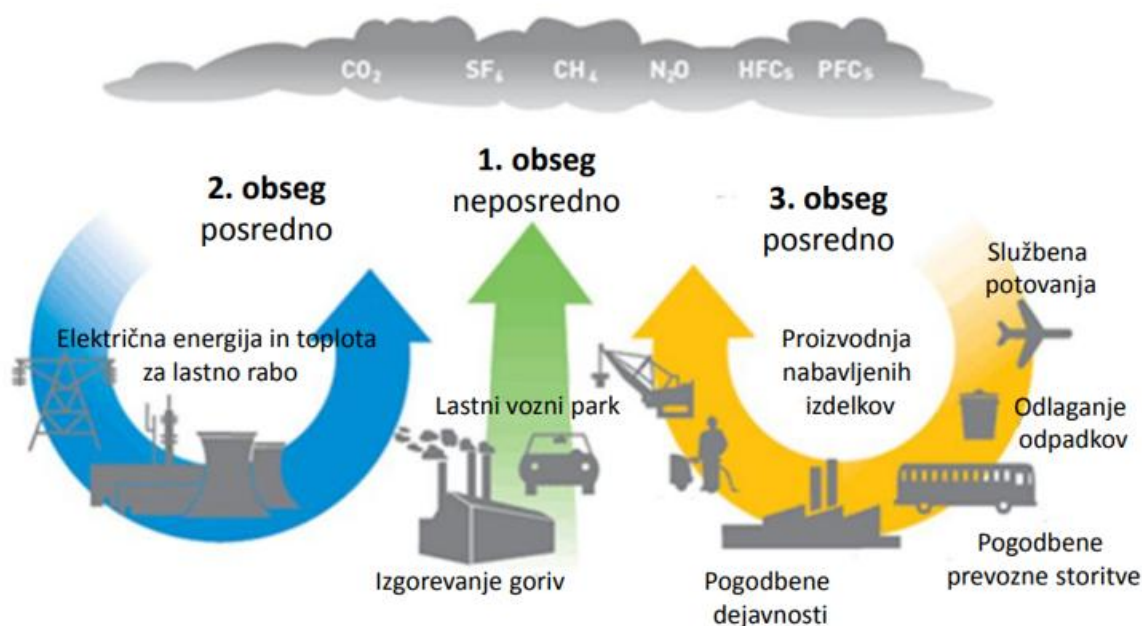
Emisije se razvrščajo glede na vir nastanka:

Obseg 1: neposredne emisije iz virov v lasti organizacije (npr. vozila, kurišča);

Obseg 2: posredne emisije zaradi porabe kupljene energije;

Obseg 3: druge posredne emisije (npr. potovanja, prehrana, tiskani materiali).

Naprednejši kalkulatorji omogočajo scenarijsko analizo, kjer uporabnik preveri, kako bi sprememba vedenja (npr. prehod z avtomobila na vlak ali izbira rastlinske prehrane) vplivala na skupni ogljični odtis.



Slika 3: Obsegi ogljičnega odtisa po GHG protokolu [11].

Od merjenja do sprememb: pomen kalkulatorjev ogljičnega odtisa v evropskih projektih

Kalkulatorji niso le merilno orodje, temveč tudi način za ozaveščanje in spodbujanje odgovornega ravnanja do okolja. Organizacije jih uporabljajo za spremljanje uspešnosti ukrepov, posamezniki pa za bolj trajnostne odločitve. Poseben pomen pridobivajo tudi v evropskih projektih, kjer predstavljajo osnovo za oceno okoljske odgovornosti izvajanja projektnih dejavnosti.

V skladu s svojo zavezo k trajnosti in inovacijam, Evropska unija aktivno podpira mednarodne projekte, ki združujejo znanje, inovacije in dobre prakse na področju trajnosti. Zlasti program Interreg igra ključno vlogo pri uresničevanju teh ciljev, saj spodbuja čezmejno, transnacionalno in medregionalno sodelovanje. Namen programa je, med drugim, iskanje in implementacija skupnih rešitev za ključne izzive, kot so okoljski izzivi, izboljšave prometnih sistemov in spodbujanje gospodarskega razvoja v sodelujočih regijah.

Ker ti projekti združujejo številne partnerje iz različnih držav, posledično vključujejo številne aktivnosti, ki imajo vpliv na okolje, kot na primer potovanja, konference, prehrana, tiskani materiali in delo v pisarnah. Vendar je bilo do zdaj težko zanesljivo oceniti njihov skupni ogljični odtis.

Pomembna ovira pri tem je bila pomanjkanje enotnega in primerljivega standarda za oceno emisij toplogrednih plinov na projektni ravni. Medtem ko obstajajo splošne smernice za organizacije, doslej ni bila na voljo metodologija, prilagojena značilnostim mednarodnih projektnih konzorcijev.

Za zapolnitev te vrzeli je bil v okviru programa Interreg Mediteran 2014-2020 razvit enoten pristop, metodologija in spletni kalkulator ZeroCO2MED, namenjen spremljanju ogljičnega odtisa aktivnosti, ki potekajo v okviru evropskih projektov.

Metodologija in spletni kalkulator

Metodologija temelji na prilagojenem, procesno zasnovanem pristopu »od spodaj navzgor«, ki omogoča merjenje ogljičnega odtisa na ravni posameznih projektnih aktivnosti. Pristop je zasnovan na načelih preprostosti, prilagodljivosti in učinkovitosti ter se opira na podatke, ki jih zbirajo projektni partnerji sami. Omogoča enostavno uporabo v različnih okoljih in med partnerji z različno stopnjo predznanja o trajnostnem delovanju. Ker vsak partner vnese konkretne podatke o lastnih aktivnostih, se zagotavlja večja natančnost rezultatov ob hkratni preprostosti vnosa. Končni rezultati so izraženi v treh enotah:

- **kilogramih CO₂**,
- **kilogramih CO₂-ekvivalentov** (ki vključujejo CO₂, CH₄, N₂O in F-pline),
- **hektarjih gozda**, potrebnih za absorpcijo teh emisij.

Zbiranje podatkov poteka decentralizirano, skladno z zasnovo Interreg konzorcijev:

- **Kdo:** Vsak projektni partner je odgovoren za zbiranje podatkov o svojih dejavnostih.
- **Kako:** Partnerji podatke vnašajo neposredno v spletni kalkulator za vse relevantne kategorije. Koordinator za ogljični odtis zbrane podatke nato združi in pripravi skupno poročilo.
- **Kdaj:** Podatki se zbirajo mesečno, skupno poročilo sledi ob koncu vsakega polletja
- **Kaj:** spremljanje zajema vse projektne dejavnosti, vključno s potovanji, sestanki, prehrano, nastanitvami, pisarniškim delom, tiskanim in promocijskim materialom ter drugimi viri emisij.

Ključne kategorije in parametri za merjenje ogljičnega odtisa

- 1. Potovanja na službene poti in dogodke.** Ta kategorija zajema neposredne in posredne emisije (Obsega 1 in 3), izračunane na podlagi prepotovane razdalje, izbranega načina prevoza in vrste vozila. Meri se prepotovana razdalja (v km) in izbrani način prevoza (npr. letalo, vlak, avtomobil, avtobus). Kalkulator razdaljo poti določi na podlagi kraja odhoda in kraja prihoda. Pri potovanjih z letalom se dodatno upošteva še razred storitve (npr. ekonomski, poslovni razred), pri potovanjih z avtomobilom pa še tip vozila in gorivo (npr. dizelski, hibridni, električni).
- 2. Nastanitev.** Zajete so posredne emisije (Obseg 3), ki nastanejo zaradi nastanitev v okviru službenih poti. Pri izračunu se upoštevajo kategorizacija hotela, število nočitev in država bivanja. S tem se zagotovi upoštevanje specifičnega energetskega miksa posamezne države.
- 3. Delo** (v pisarni in na daljavo). Spremljajo se posredne emisije (Obsega 2 in 3), ki so povezane z vsakodnevnimi delovnimi dejavnostmi. Ta kategorija upošteva čas, porabljen za delo v pisarni ali na daljavo (od doma), porabo električne energije in ogrevanja, pot na delo ter porabo podatkovnih storitev (npr. internet).

4. Hrana in pijača. Spremljajo se posredne emisije (Obseg 3), ki so povezane z vsemi obroki, kritimi s projektnimi sredstvi, bodisi v restavracijah bodisi prek storitev cateringa. Pri tem se upoštevajo naslednji dejavniki:

- Količina/Velikost obroka. Poročajo se kategorije: odmor za kavo, lahek obrok ali polni obrok (npr. dve jedi in sladica, običajno večerja).
- Vrsta hrane. Razlikuje se med rastlinsko in živalsko hrano.
- Sestava obroka. Opredeli se glede na glavno sestavino – rastlinsko, mesno/mlečno ali mešano.
- Način pridelave. Razlikuje se med ekološko in konvencionalno pridelavo.

Pri storitvah cateringa se dodatno upoštevajo tudi emisije, povezane z odlaganjem odpadne hrane.

5. Uporaba prostorov za dogodke. Ta kategorija vključuje posredne emisije, ki nastanejo zaradi najema in uporabe prostorov za dogodke (npr. konference, partnerski sestanki), pri čemer so izključene emisije povezane s prehrano in potovanji. Izračun temelji na skupnem trajanju dogodka (v aktivnih urah) in velikosti uporabljenega prostora (v m²).

6. Tiskana gradiva. Ta kategorija spremlja posredne emisije (Obseg 3), ki so povezane z izdelavo tiskanih gradiv (npr. poročila, brošure, letaki). Zabeleži se število izvodov posamezne vrste gradiva. Izračun temelji na teži uporabljenega papirja (v kg) in energiji, potrebni za njegovo proizvodnjo.

Primer dobre prakse: projekt MED COLOURS

Izhodišča in cilji projekta

Cilji Evropskega zelenega dogovora, ki predvidevajo 55-odstotno zmanjšanje emisij v mestih do leta 2030 in podnebno nevtralnost do leta 2050, ne bodo doseženi zgolj z razogljičenjem vozil. Evropska mesta se soočajo z resnimi izzivi, med najbolj akutne štejemo prometne zastoje, ki evropsko gospodarstvo stanejo cca 100 milijard EUR letno [12], in emisije, ki negativno vplivajo na kakovost zraka in zdravje ljudi. Samo tovorni promet predstavlja skoraj četrtno vseh emisij mestnega prometa [12].

Razvoj trajnostne mestne logistike postaja ena ključnih tem pri pri prehodu na bolj zelena urbana območja. To ni pomembno zgolj zaradi visokega deleža prebivalstva, ki živi v mestih (več kot 70 % [13]) in je močno odvisno od zunanjih virov, temveč tudi zaradi naraščajočega obsega mestnega tovarnega prometa. Pandemija COVID-19 je ta trend še dodatno pospešila, dostava blaga iz spletnih trgovin se je leta 2020 povečala za približno 25 %, povečano povpraševanje po dostavi na zadnji kilometer pa bo, kot kaže, postalo stalnica [13]. Evropska unija v novem okviru za mobilnost v mestih posebej poudarja, da so učinkovite in trajnostne rešitve mestne logistike ključne za zmanjšanje emisij, zastojev in obremenitev mestne infrastrukture [13].

Projekt MED COLOURS se osredotoča na trajnostno mestno logistiko v Sredozemlju. Vključenih je šest funkcionalnih urbanih območij, Livorno, Cesena, Solun, Koper, Lizbona in Lyon, kjer partnerji razvijajo trajnostne urbane logistične načrte (SULP). Glavni cilj projekta je zmanjšanje emisij v mestnem prometu, prehod na nizkoogljične distribucijske verige in izboljšanje kakovosti življenja prebivalcev.

Poleg zunanjih ukrepov projekt posebno pozornost namenja tudi lastnemu ogljičnemu odtisu, ki nastaja zaradi samega izvajanja projekta – potovanj, dogodkov, pisarniškega dela, nastanitve in komunikacijskih dejavnosti.

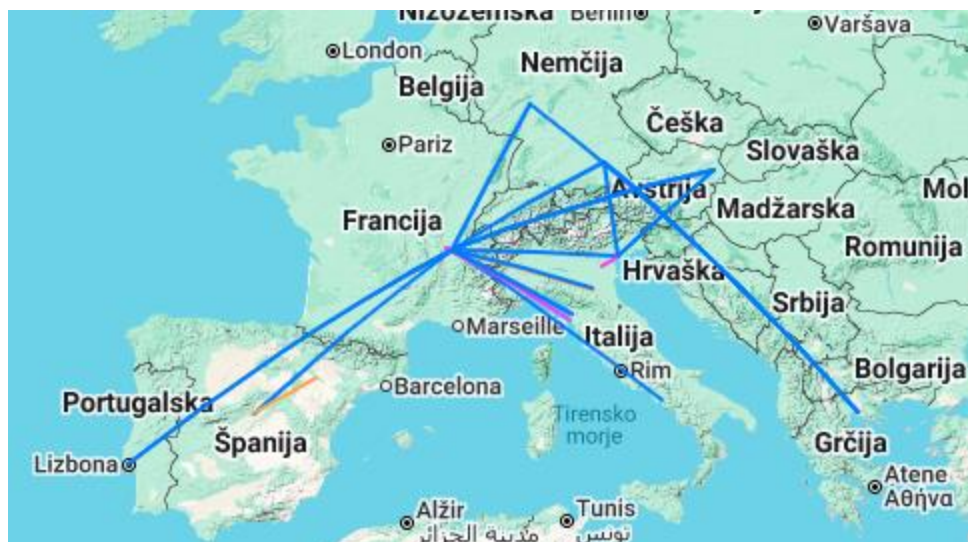
Rezultati, analiza in priporočila

V prvih treh polletjih je skupni ogljični odtis projekta MED COLOURS znašal **8.925 kg CO₂eq**. Konzorcij sestavlja enajst projektnih partnerjev s povprečno štirimi zaposlenimi na partnerja. Do zdaj sta bili izvedeni dve srečanju konzorcija v živo in nekaj drugih poti, povezanih z delom na projektu (posveti, sejmi, predstavitve).



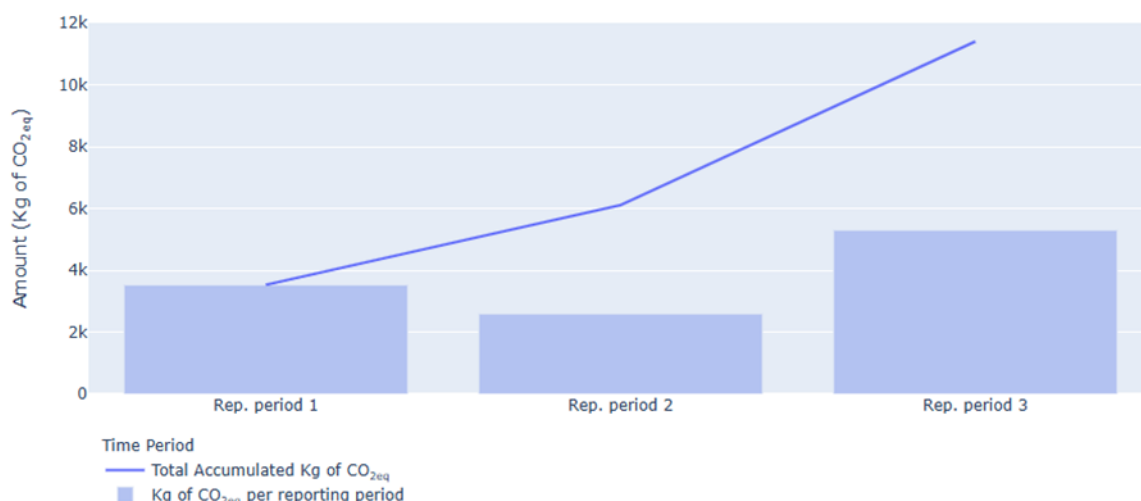
Slika 4: Skupne emisije projekta in potrebna površina gozdov za kompenzacijo emisij glede na trajanje projekta [14].

Največji delež skupnih emisij predstavlja kategorija potovanja, sledita ji kategoriji delo in nastanitve. V primerjavi s temi tremi ključnimi kategorijami je vpliv vseh preostalih bistveno manjši. Povečanje emisij je neposredno povezano z obdobji, v katerih so potekala srečanja v živo, kar potrjuje vpliv mobilnosti na skupni okoljski odtis. Čeprav partnerji v konzorciju priznavajo, da osebni sestanki povečujejo emisije, menijo, da so ključni za učinkovito sodelovanje in uspešno doseganje projektnih ciljev. Zato so priporočila usmerjena v blažitev neizogibnih emisij znotraj teh temeljnih kategorij.



Slika 5: Vizualni prikaz poti v okviru projekta (tretje polletje) [14].

Višje emisije so bile zabeležene v prvem in tretjem polletju, kar je neposredno povezano s potovanji za izvedbo srečanj konzorcija v živo. V drugem polletju so se emisije znižale, kar odraža manjšo intenzivnost potovanj in posledično nižje emisije v povezanih kategorijah (nastanitev, hrana in pijača)..



Slika 6: Grafični prikaz emisij CO_{2eq} glede na poročevalno obdobje [14].

Analiza potencialnih prihrankov je bila izvedena z uporabo spletnega orodja za izračun ogljičnega odtisa.

Potovanja so v projektu MED COLOURS ustvarila največji delež kumulativnih emisij. Zato so priporočila osredotočena na spremembo modalitet prevoza, zlasti na zmanjšanje zračnega prometa, ki predstavlja kategorijo z najvišjimi emisijami. Za krajša potovanja se kot prednostna alternativa z nižjimi emisijami priporoča uporaba železnice.

Primer potencialnega prihranka: Zamenjava 16 letov, kjer je vsak krajši od 1.000 kilometrov, ustvari 371,2 kg emisij. Enakovredno potovanje z železnico bi povzročilo 236,6 kg emisij, kar predstavlja opazno znižanje.

Drugi največji vir emisij v projektu je kategorija **Delo**. Priporočila se osredotočajo na izboljšanje energetske učinkovitosti, zmanjšanje voženj na delo in spodbujanje praks za varčevanje z energijo. Te prakse so razdeljene na:

- Osnovne: Namestitev termostатов za nastavljanje temperature ogrevanja in uporaba luči na senzorje.
- Napredne: Poleg osnovnih ukrepov še proizvodnja ali dobava električne energije iz zelenih virov.

Primeri potencialnih prihrankov:

- *Več dela na daljavo: Delo od doma 1-krat tedensko oziroma 20% vseh projektnih delovnih ur bi prihranilo 525,7 kg CO₂.*
- *Optimizacija delovnega prostora na osebo: Če je povprečna površina na osebo 8 m², bi z zmanjšanjem na optimalno površino 4,5 m² prihranili 162,8 kg CO₂ zaradi manjše porabe energije.*

Na emisije kategorije **Hrana in pijača** močno vplivata vrsta in količina postrežene hrane, kar neposredno vpliva tudi na potencial za nastanek organskih odpadkov. Priporočila se osredotočajo na trajnostne izbire prehrane. Spodbuja se izbira vegetarijanskih menijev namesto mesnih. V primeru izbire mesa se priporoča belo meso namesto rdečega, oziroma izbira ribe kot alternativa mesu ali mlečnim izdelkom. Priporočljiva je tudi postrežba mešanih menijev (50% vegetarijanskih, 50% mesnih).

Primeri potencialnih prihrankov pri trajnostnih prehranskih izbirah:

- *Rastlinski meni namesto mesnega bi zmanjšal emisije za 69,7 kg CO₂ na dogodek.*
- *Lažji obroki namesto polnih bi prihranili 51,9 kg CO₂.*
- *Belo meso ali ribe namesto rdečega mesa bi zmanjšale emisije do 50,6 kg CO₂.*

Rezultati so lahko neposredno uporabni pri načrtovanju prihodnjih projektov, saj omogočajo oblikovanje standardiziranih smernic za zmanjšanje emisij v posameznih kategorijah.

Zaključek

Podnebne spremembe predstavljajo enega najkompleksnejših in najbolj perečih globalnih izzivov sodobnega časa. Za njihovo učinkovito reševanje so nujne ne le sistemske spremembe v energetiki, prometu, industriji in kmetijstvu, temveč tudi sprememba posameznikovih navad in organizacijskih praks. Razumevanje in kvantificiranje vpliva, ki ga naše dejavnosti povzročajo okolju, je zato ključen korak k sprejemanju odgovornih odločitev.

Koncept ogljičnega odtisa in z njim povezana orodja, kot so kalkulatorji ogljičnega odtisa, omogočajo posameznikom, podjetjem in javnim institucijam, da svoj vpliv na okolje izmerijo, analizirajo in zmanjšajo. S tem ne služijo le kot informativno orodje, temveč tudi kot mehanizem ozaveščanja in motivacije, ki spodbuja spremembe v vedenjskih vzorcih in upravljanju virov. Uporaba teh orodij prispeva k večji preglednosti ter omogoča spremljanje napredka pri doseganju ciljev trajnostnega razvoja in podnebne nevtralnosti.

Z implementacijo metodologije ZeroCO2MED, projekti, kot je MED COLOURS, postavljajo nove standarde za odgovorno merjenje ogljičnega odtisa na ravni projekta. Natančno spremljanje vplivov omogoča ciljno usmerjene ukrepe, ki neposredno prispevajo k nizkoogljični prihodnosti in večji odgovornosti evropskih projektov. S tem se krepi tudi kultura okoljske transparentnosti, ki je bistvena za doseganje evropskih ciljev podnebne nevtralnosti. V prihodnosti se pričakuje, da bo merjenje ogljičnega odtisa postalo standardna praksa v vseh večjih evropskih projektih kar bi lahko pripomoglo k bolj sistematičnemu spremljanju napredka in učinkovitejšemu zmanjševanju emisij.

Zmanjševanje ogljičnega odtisa zahteva celosten pristop, ki vključuje učinkovito rabo energije, trajnostno mobilnost, preudarno potrošnjo, zmanjševanje odpadkov ter prehod na podnebju prijaznejše prehranske in delovne prakse. Posamezna dejanja se morda zdijo majhna, vendar imajo ob množičnem izvajanju pomembne učinke. Prav zato so izobraževanje, ozaveščanje in dostop do uporabnih orodij ključni elementi prehoda k trajnostni družbi.

Če želite oceniti ogljični odtis svojega projekta (ZEROCO2MED kalkulator) ali preveriti lastni ogljični odtis (projekt CARE4CLIMATE, uporabite spodnje povezave oziroma skenirajte QR kode).

https://zeroco2med.rechenwerk.com/simplified_calculator

<https://kalkulator.umanotera.org/>



Prihodnost bo v veliki meri odvisna od tega, kako uspešno bomo kot družba integrirali trajnostna načela v vsakdanje delovanje. Kalkulatorji ogljičnega odtisa so pri tem dragocen pripomoček, ne le za merjenje našega vpliva, temveč tudi za usmerjanje v zeleni prehod, ki temelji na znanju, odgovornosti in zavesti o skupnem dobrem.

Viri in literatura

- [1] Evropska komisija, „Vzroki podnebnih sprememb,“ [Elektronski]. Available: https://climate.ec.europa.eu/climate-change/causes-climate-change_sl. [Poskus dostopa 8 10 2026].
- [2] Evropska komisija, „Sporočilo komisije, Evropski zeleni dogovor,“ 11 12 2019. [Elektronski]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/HTML/?uri=CELEX:52019DC0640>. [Poskus dostopa 10 10 2026].

- [3] M. Wackernagel, et al., „National natural capital accounting with the ecological footprint concept,“ 1999. [Elektronski]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800998900635>. [Poskus dostopa 10 10 2025].
- [4] D. Vanham, et al., „Environmental footprint family to address local to planetary sustainability and deliver on the SDGs,“ 2019. [Elektronski]. Available: <https://ayhoekstra.nl/pubs/Vanham-et-al-2019.pdf?utm>. [Poskus dostopa 10 10 2025].
- [5] A. Galli, „Footprints,“ Oxford University Press. , 2015. [Elektronski]. Available: <https://www.oxfordbibliographies.com/display/document/obo-9780199363445/obo-9780199363445-0046.xml?utm>. [Poskus dostopa 10 10 2025].
- [6] I. Pixabay. [Elektronski]. Available: <https://pixabay.com/illustrations/ai-generated-footprint-tree-green-9549477/>. [Poskus dostopa 10 13 2025].
- [7] T. Wiedmann in J. Minx, „A definition of ‘carbon footprint’. In Ecological economics research trends. C. C. Pertsova (ed.),“ 2010. [Elektronski]. Available: <https://www.sei.org/publications/definition-carbon-footprint/?utm>. [Poskus dostopa 13 10 2025].
- [8] Intergovernmental Panel on Climate Change, „Emission factor database,“ [Elektronski]. Available: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/find_ef.php?reset=. [Poskus dostopa 23 10 2025].
- [9] GOV UK, „Government conversion factors for company reporting of greenhouse gas emissions,“ 1 5 2013. [Elektronski]. Available: <https://www.gov.uk/government/collections/government-conversion-factors-for-company-reporting>. [Poskus dostopa 13 10 2025].
- [10] ecoinvent, „ecoinvent database,“ [Elektronski]. Available: <https://ecoinvent.org/database/> [Poskus dostopa 13 10 2025].
- [11] World Resources Institute, „Standard za Vrednostno verigo podjetij (3. obseg),“ 2011. [Elektronski]. Available: https://www.umanotera.org/upload/files/GHG_Protocol_Scope_3.pdf. [Poskus dostopa 16 10 2025].
- [12] Alliance for Logistics Innovation through Collaboration in Europe (ALICE), „Urban Freight Research & Innovation Roadmap,“ [Elektronski]. Available: <https://www.etp-logistics.eu/wp-content/uploads/2022/08/Urban-Freight-Roadmap.pdf?utm>. [Poskus dostopa 13 10 2025].
- [13] European Commission, „COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS, The New EU Urban Mobility Framework,“ 14 12 2021. [Elektronski]. Available: https://transport.ec.europa.eu/document/download/b8b9ff0d-cc00-47dc-bb28-1a9da8c3da0e_en. [Poskus dostopa 13 10 2025].
- [14] ZeroCO2MED partnership, Ineterreg Mediterranean 2014-2022, „ZEROCO2MED Calculator (dostopno z geslom),“ [Elektronski]. Available: <https://zeroco2med.rechenwerk.com/>. [Poskus dostopa 10 14 2025].



mag. Gero Angleitner: Bromelija.

Ponovna uporaba baterij električnih avtobusov v baterijskem hranilniku za podporo polnilni infrastrukturi mestnega javnega potniškega prometa – primer Maribor

*asist. dr. Danijel Hojski¹, viš. pred. mag. Mitja Klemenčič¹, mag. Marijan Španer²,
viš. pred. mag. Vlasta Rodošek¹, doc. dr. Marjan Lep¹, doc. dr. Sergej Težak¹*

¹ Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo, prometno inženirstvo in arhitekturo
Univerze v Mariboru

² Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

danijel.hojski@um.si

Povzetek

Članek obravnava vključevanje načel krožnega gospodarstva v mestni javni potniški promet s poudarkom na sekundarni rabi baterij električnih avtobusov v obliki stacionarnega baterijskega hranilnika električne energije. Izhodišče predstavlja hitro naraščajoča elektrifikacija avtobusnega voznega parka in s tem povezan izziv ravnanja z baterijami po zaključku njihove prve življenjske dobe v vozilih. Predstavljena je zasnova in tehnična analiza demonstracijskega pilota v Mariboru, umeščenega na postajo Vzpenjača, kjer od leta 2023 obratuje prva popolnoma elektrificirana avtobusna linija v Sloveniji.

V okviru študije izvedljivosti so bili analizirani obratovalni podatki hitre polnilne postaje, možnosti integracije baterijskega hranilnika v obstoječo elektroenergetsko in polnilno infrastrukturo ter različne konfiguracije povezave hranilnika s polnilnim sistemom. Posebna pozornost je bila namenjena izbiri ustrezne arhitekture sistema, integraciji rabljenih baterijskih sklopov tehnologije NMC, komunikaciji med sistemom za upravljanje baterij in razsmernikom ter vplivu različnih obratovalnih scenarijev na obremenitev in degradacijo baterij.

Rezultati kažejo, da paralelna hibridna konfiguracija omogoča učinkovit kompromis med energijsko učinkovitostjo, tehnično izvedljivostjo in stroški ter omogoča zmanjšanje koničnih obremenitev elektroenergetskega omrežja za 25 kW. Pilotni primer potrjuje, da je sekundarna raba baterij tehnično izvedljiva in predstavlja pomemben mehanizem za podaljševanje življenjske dobe baterij ter zmanjševanje okoljskega odtisa elektrificiranega javnega prevoza.

Ključne besede: *krožno gospodarstvo, javni potniški promet, električni avtobusi, baterijski hranilnik energije, sekundarna raba baterij, polnilna infrastruktura, upravljanje energije,*

Krožno gospodarjenje v javnem potniškem prometu

Prometni sektor predstavlja približno petino vseh emisij toplogrednih plinov v Evropski uniji. Medtem ko so se emisije v energetiki od devetdesetih let prejšnjega stoletja postopoma zmanjševale, emisije iz cestnega prometa še naprej naraščajo in so leta 2023 dosegle skoraj 700 MtCO₂ [1]. Okoljski izzivi niso omejeni zgolj na izpuste iz izpušnih cevi, temveč vključujejo tudi visoko porabo naravnih virov ter t. i. vgrajene emisije, povezane s proizvodnjo vozil, baterij in prometne infrastrukture. Pri električnih vozilih lahko omenjene emisije predstavljajo več kot polovico vseh emisij v celotnem življenjskem ciklu vozila.

Opisani trendi razkrivajo omejitve linearnega gospodarskega modela »vzemi–uporabi–zavrzi«. Krožno gospodarstvo ponuja alternativni pristop, ki temelji na podaljševanju življenjske dobe izdelkov, ponovni uporabi materialov in učinkovitejši rabi energije. V javnem potniškem prometu to pomeni, da elektrifikacija voznega parka predstavlja le prvi korak, ki mora biti dopolnjen s sistematičnim upravljanjem energetskega toka ter načrtnim ravnanjem z baterijami v celotnem življenjskem ciklu.

Na navedenih izhodiščih temelji projekt Interreg CE4CE (Circular Economy for Central Europe), v katerem sodelujeta tudi Mestna občina Maribor (MOM) in Univerza v Mariboru – Fakulteta za gradbeništvo, prometno inženirstvo in arhitekturo (UM FGPA). Projekt razvija metodološki okvir za uvajanje krožnih rešitev v javni prevoz s poudarkom na energiji, infrastrukturi in voznem parku ter podpira lokalne skupnosti pri prehodu na prometne sisteme z nizkimi oziroma ničelnimi neto emisijami [2].



Slika 1: Načela krožnega gospodarstva za javni potniški promet [2].

Pomembno vlogo ima upravljanje energije za polnjenje električnih avtobusov ter obravnava baterij po zaključku njihove primarne uporabe v vozilih. Sekundarna raba baterij v obliki stacionarnih baterijskih hranilnikov predstavlja eno izmed ključnih možnosti za zmanjšanje okoljskega odtisa, razbremenitev elektroenergetskega omrežja in izboljšanje energijske učinkovitosti polnilne infrastrukture.

V okviru projekta CE4CE je bila leta 2024 v Mariboru izvedena delavnica z deležniki iz javnega sektorja, energetike, akademske sfere in področja ravnanja z odpadki. Razprave so potrdile velik tehnični in organizacijski potencial krožnih energetskih rešitev v javnem prometu, hkrati pa opozorile na nejasnosti regulative na področju ponovne uporabe baterij in njihovega vključevanja v elektroenergetsko omrežje.

Na osnovi ugotovitev je bil zasnovan demonstracijski pilot, namenjen preverjanju izvedljivosti sekundarne rabe baterij električnih avtobusov v obliki stacionarnega baterijskega hranilnika ter integracije sistema v obstoječo polnilno infrastrukturo mestnega javnega potniškega prometa v Mariboru. V nadaljevanju so predstavljene značilnosti lokalnega sistema javnega potniškega prometa ter tehnična zasnova in izvedbeni vidiki pilotske rešitve.



Slika 2: : Izvedba delavnice o krožnem gospodarjenju v JPP v Mariboru [lasten vir].

Na tej podlagi je bil zasnovan demonstracijski pilot, ki v realnem okolju mestnega javnega potniškega prometa preverja izvedljivost sekundarne rabe baterij električnih avtobusov v obliki stacionarnega baterijskega hranilnika in njegove integracije v obstoječo polnilno infrastrukturo. V nadaljevanju je najprej predstavljen sistem javnega potniškega prometa v Mariboru, nato pa tehnična zasnova, analiza in izvedbeni vidiki pilotskega sistema.

Pravni okvir za krožno gospodarjenje v javnem potniškem prometu

Razvoj krožnih rešitev v javnem potniškem prometu poteka v okviru večplastne evropske regulative, ki združuje zavezujočo zakonodajo in strateške usmeritve. Osrednji politični okvir predstavlja Evropski zeleni dogovor, katerega cilj je doseči podnebno nevtralnost do leta 2050 ter zmanjšati odvisnost gospodarske rasti od rabe naravnih virov [3]. Njegovo izvajanje podpira Akcijski načrt za krožno gospodarstvo (CEAP), ki med prednostnimi področji posebej izpostavlja promet, baterije in prometno infrastrukturo [4].

Čeprav Evropski zeleni dogovor in CEAP nista pravno zavezujoča dokumenta, pomembno usmerjata razvoj evropske zakonodaje, razpisne pogoje in financiranje projektov. Skladnost s cilji krožnega gospodarstva zato postaja vse pomembnejši pogoj za izvajanje infrastrukturnih in energetskih projektov v javnem prevozu.

Na področju baterij ima ključno vlogo Uredba (EU) 2023/1542, ki ureja celoten življenjski cikel baterij, vključno z zahtevami glede varnosti, sledljivosti, ponovne uporabe in recikliranja. Uredba uvaja strožje obveznosti za proizvajalce in uporabnike baterij ter ustvarja pravni okvir za razvoj sistemov sekundarne rabe [5].

V skladu z evropsko zakonodajo o odpadkih se baterije po zaključku primarne uporabe praviloma obravnavajo kot odpadki, razen če so izpolnjeni pogoji za pripravo za ponovno uporabo. Razvrstitev predstavlja pomemben pravni in organizacijski izziv za projekte sekundarne rabe baterij v energetskih sistemih [6].

Dodatne zahteve izhajajo iz energetske zakonodaje, ki ureja priključevanje baterijskih hranilnikov na elektroenergetsko omrežje, merjenje energije, obračun omrežnin ter obratovalno varnost. Projekti baterijskih hranilnikov morajo zato hkrati izpolnjevati zahteve s področja energetike in ravnanja z odpadki, kar povečuje kompleksnost načrtovanja in izvedbe.

Demonstracijski projekti omogočajo preverjanje tehničnih rešitev in skladnosti z zakonodajo v realnih obratovalnih razmerah ter prispevajo k oblikovanju dobrih praks za širšo uporabo krožnih pristopov v javnem potniškem prometu.

Javni potniški promet v Mariboru

V Mariboru se mestni javni potniški promet (v nadaljevanju JPP) se izvaja kot avtobusni JPP, ki poteka na skupno 29 linijah, ki na letni ravni opravijo približno 3,5 milijonov kilometrov ter prevozijo 4 milijone potnikov [7]. V zadnjem desetletju se je, v skladu z usmeritvami iz Celostne prometne strategije mesta Maribor iz leta 2015, v luči bolj trajnostne podobe mesta pričela postopna modernizacija voznega parka, najprej delno, sedaj pa polno osredotočena na nakupe električnih avtobusov. Danes vozni park JPP obsega 14 električnih avtobusov (16% voznega parka), medtem ko je do leta 2028 načrtovan delež 50 % celotnega avtobusnega parka. Pri tem so prvi električni avtobusi presegli ali se približujejo mejniku 10 let, oziroma planski življenjski dobi operativnega delovanja baterij avtobusih [8]. Posledično elektrifikacija voznega parka odpira področje ravnanja z odsluženimi baterijami. Pregled veljavne zakonodaje in obstoječih delovnih praks na območju Maribora je pokazal, da je ravnanje z odsluženimi baterijami v številnih vidikih nedorečeno in nestandardizirano.

Pilot: energijski hranilnik iz rabljenih baterij

V luči vpeljevanja načel krožnega gospodarstva v mestni javni potniški promet je bila v okviru projekta Interreg CE4CE (2023–) s strani projektnih partnerjev MOM in UM FGPA zasnovana izvedba demonstracijskega pilota v Mariboru, katerega namen je praktična demonstracija vključevanja načel krožnega gospodarjenja v JPP na področju rabe energije. Pilot se umešča na lokacijo postaje Vzpenjača, kjer je bila v okviru predhodnega projekta EfficienCE vzpostavljena hitra polnilna postaja za in kjer od leta 2023 obratuje prva popolnoma elektrificirana avtobusna linija v Sloveniji, linija G6 [9].

Pilot obsega vzpostavitev stacionarnega baterijskega hranilnika električne energije (angl. Battery Energy Storage System – BESS) na osnovi rabljenih baterij iz električnih avtobusov ter njegovo integracijo v obstoječo polnilno infrastrukturo. Baterijski hranilnik predstavlja celovit tehnični sistem, sestavljen iz baterijskih modulov, pretvornikov, zaščitne in merilne opreme, hladilnega sistema ter nadzornega in krmilnega sistema, ki omogoča varno in zanesljivo shranjevanje ter oddajo električne energije.

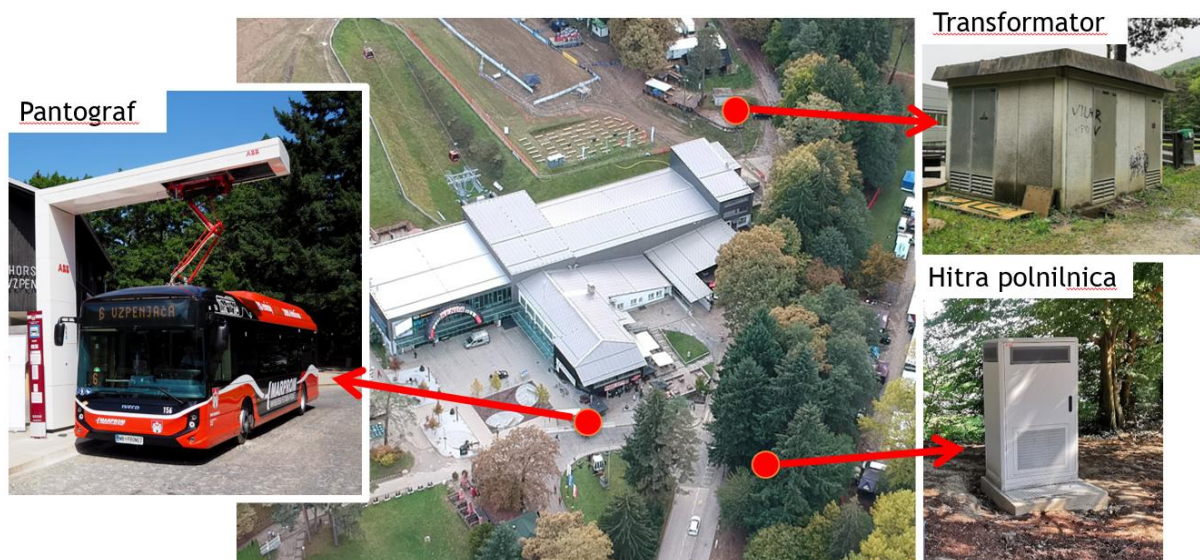
V mariborskem pilotu je namen demonstrirati oziroma preveriti izvedljivost:

- uporaba rabljenih baterij za namene energijski hranilnik,
- za polnjenje uporabiti delež energije iz naslova hranilnika (šestino potrebne energije),
- razbremenitev omrežja, tj. zmanjšanje priključne moči za 25 kW,
- raba energije iz obdobja cenejše tarife.

Trenutni fazi implementacije je predhodila obsežna pripravljalna faza, v okviru katere je bila izdelana študija izvedljivosti kot strokovna podlaga za pripravo projektne dokumentacije za vzpostavitev baterijskega hranilnika, pripravljena s strani UM FGPA [10]. Članek se osredotoča na študijo izvedljivosti integracije baterijskega hranilnika na postaji Vzpenjača. Pri pripravi študije je bil uporabljen strukturiran analitični pristop, usmerjen v oceno tehnične združljivosti posameznih komponent sistema, integracijo rabljenih baterij v stacionarni hranilnik, analizo obratovalnih značilnosti in scenarijev delovanja sistema ter presojo ustreznosti in prilagoditvenih zmožnosti obstoječe elektroenergetske in polnilne infrastrukture.

Polnilna infrastruktura na postaji Vzpenjača

V okviru popolne elektrifikacije avtobusne linije G6 je bila na končnem postajališču Vzpenjača nameščena hitra polnilna postaja nazivne moči 150 kW, podprta z nadgrajeno transformatorsko postajo in priključkom na elektroenergetsko omrežje, dimenzioniranim za polno obratovalno moč polnilnika. Relativno kratka trasa linije, majhna višinska razlika in načrtovani postanki na obeh končnih postajališčih ustvarjajo zelo primerne pogoje za uporabo koncepta priložnostnega polnjenja (angl. *opportunity charging*).



Slika 3: Mikrolokacija polnilne postaje Vzpenjača [lasten vir].

Električni avtobusi, ki vozijo na liniji G6, so opremljeni z baterijami tipa LTO kapacitete 74 kWh ter tipa NMC kapacitete 212 kWh, kar omogoča izvedbo več zaporednih voženj med posameznimi polnjenji. Navedene obratovalne in tehnične značilnosti predstavljajo (zelo)

ugodno izhodišče za strategije hitrega polnjenja, ki povečujejo razpoložljivost vozil in hkrati omogočajo uporabo manjših baterijskih kapacitet v vozilih.

Tabela 1: Osnovni parametri linije in polnilne infrastrukture

Parameter	Vrednost / opis
Dolžina linije (enosmerno)	7,7 km
Višinska razlika	približno 55 m
Profil trase	pretežno raven, manjši vzponi
Čas obračanja	5–10 min (odvisno od dela dneva)
Lokacija polnilnika	postajališče Vzpenjača (južni terminal)
Moč omrežja in polnilnika	150 kW DC hitri polnilnik
Tehnologija in kapaciteta baterije avtobusa	LTO, 74 kWh in NMC 212 kWh
Režim polnjenja	priložnostno polnjenje

Merilna postavitve in zbiranje podatkov

Za oceno obratovalnih lastnosti hitre polnilne postaje na lokaciji Vzpenjača je bil na pripadajoči transformatorski postaji nameščen analizator električne moči serije Janitza UMG 801. Naprava omogoča neprekinjeno spremljanje energijskih tokov, vključno z meritvami napetosti, toka in aktivne moči v realnem času, ter avtomatsko beleženje in oddaljen prenos podatkov na centralni strežnik.

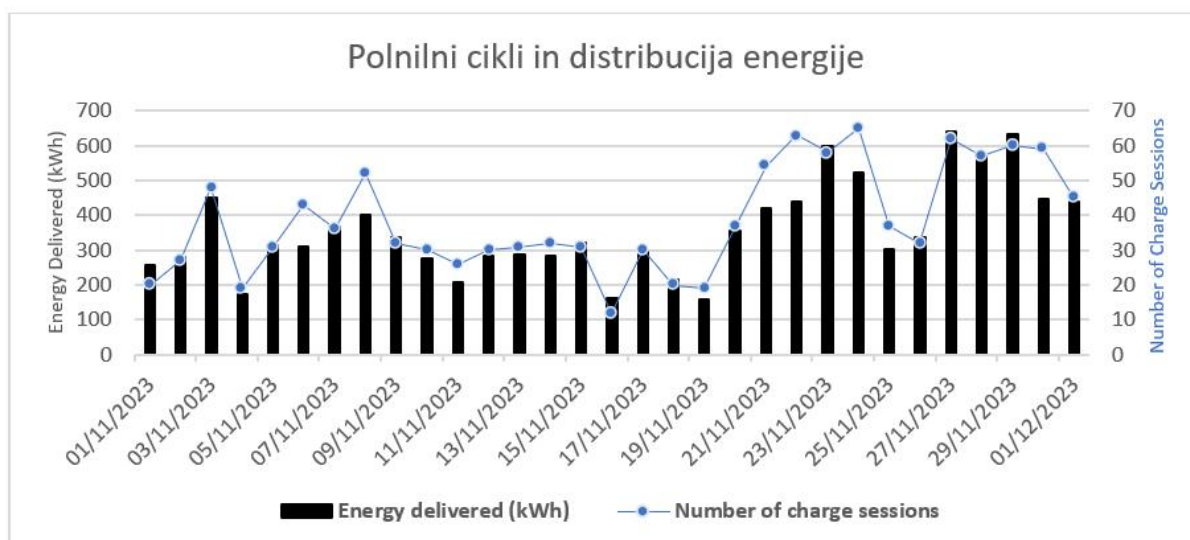
V okviru študije so se meritve osredotočale predvsem na:

- skupno obremenitev transformatorske postaje (polnilnica in ostali lokalni porabniki),
- aktivno moč med posameznimi cikli polnjenja avtobusov, usklajeno z voznim redom.

Meritve, izvedene v letu 2023, so zagotovile podroben vpogled v obratovalni profil sistema hitrega polnjenja na lokaciji Vzpenjača. Letna poraba energije polnilnice je znašala približno 42 MWh, kar odraža redno dnevno uporabo skladno z obratovanjem linije G6 [11].

Največja variabilnost porabe je bila zaznana v mesecu novembru, ko so se dnevne vrednosti gibale od povprečno 400 kWh do največ 650 kWh. Povečanje je bilo posledica okvare polnilne postaje na nasprotnem terminalu, zaradi česar je polnilnica na Vzpenjači začasno prevzela celotno obremenitev linije.

Specifična poraba energije na kilometer je znašala med 0,89 in 2,47 kWh/km, pri čemer so glavni vpliv predstavljali pomožni porabniki (ogrevanje, hlajenje) ter sezonske temperaturne razmere. Za enosmerno vožnjo to ustreza energijski porabi približno 7–19 kWh, kar jasno kaže na variabilnost obratovalnih pogojev. Omenjene vrednosti se nanašajo na posamezno smer vožnje in ne predstavljajo porabe za celoten krog.



Slika 4: Prikaz meritev polnjenja avtobusov na postaji Vzpenjača z napravo Janitza UMG 801 [lastni vir]

Za polnilno postajo Vzpenjača je značilno super hitro polnjenje, s povprečnim trajanjem okoli 5 minut, pri čemer se je na posamezno polnjenje preneslo med 8 in 14 kWh energije. Najvišja izmerjena moč je dosegla 140 kW, kar je nekoliko manj od nazivne moči sistema (150 kW), predvsem zaradi izgub pri prenosu in pretvorbi energije med transformatorjem in polnilnikom.

Tabela 2: Povzetek izmerjenih kazalnikov.

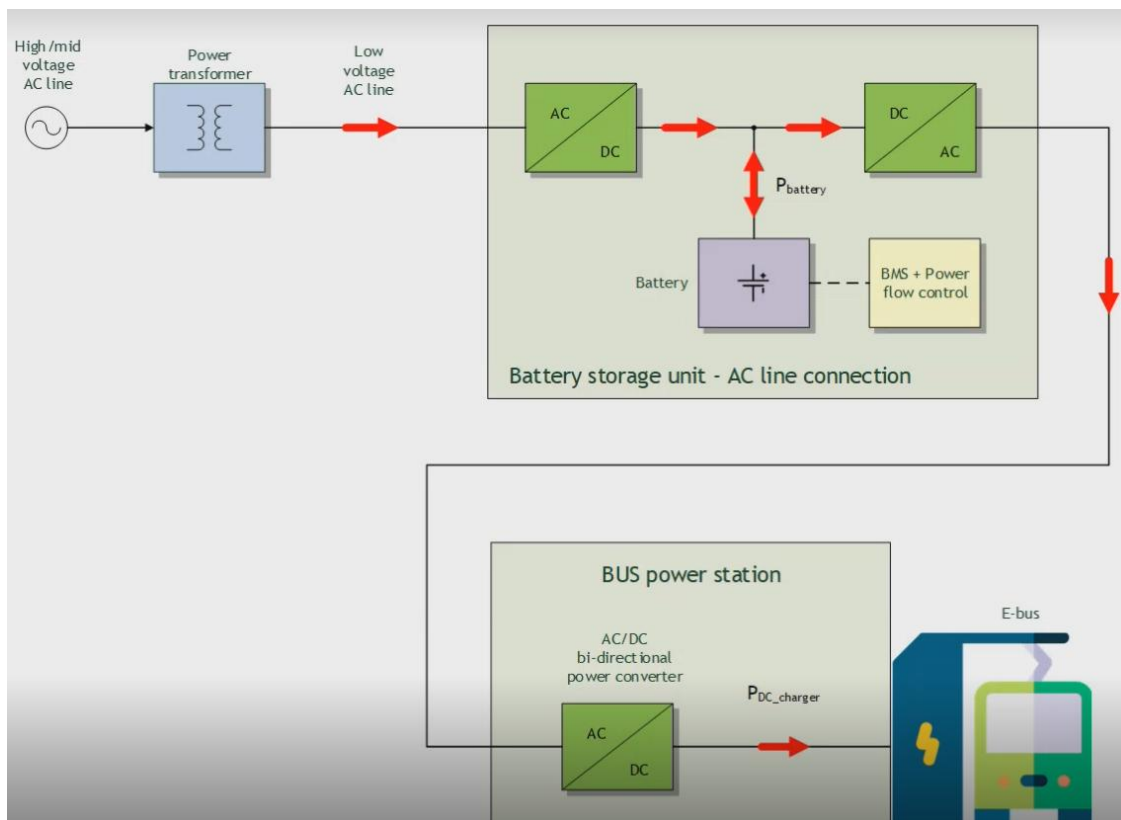
Kazalnik	Izmerjena vrednost / območje
Letna poraba energije	42 MWh
Dnevna poraba (povpr./max.)	400 kWh / 650 kWh
Poraba energije na km	0,89 – 2,47 kWh/km
Poraba na enosmerno vožnjo (7,7 km)	7 – 19 kWh
Povprečno trajanje polnjenja	5 min
Energija na posamezno polnjenje	8 – 14 kWh
Najvišja izmerjena moč polnjenja	140 kW

Konfiguracije integracije baterijskega hranilnika

Integracija stacionarnega baterijskega hranilnika v sistem hitrega polnjenja omogoča zmanjševanje kratkotrajnih koničnih obremenitev, izboljšanje energijske učinkovitosti ter boljšo izrabo obstoječe elektroenergetske infrastrukture. Izbira ustrezne konfiguracije zahteva uravnoteženje tehnične izvedljivosti, energijskih izgub, zahtevnosti krmiljenja in investicijskih stroškov.

Ker baterijski hranilniki delujejo z enosmernim tokom (DC), elektroenergetsko omrežje pa z izmeničnim (AC), integracija praviloma vključuje eno ali več pretvorb energije. Število pretvorbenih stopenj neposredno vpliva na izkoristke sistema, kompleksnost ter obremenitev baterij. V študiji so bile analizirane tri osnovne konfiguracije:

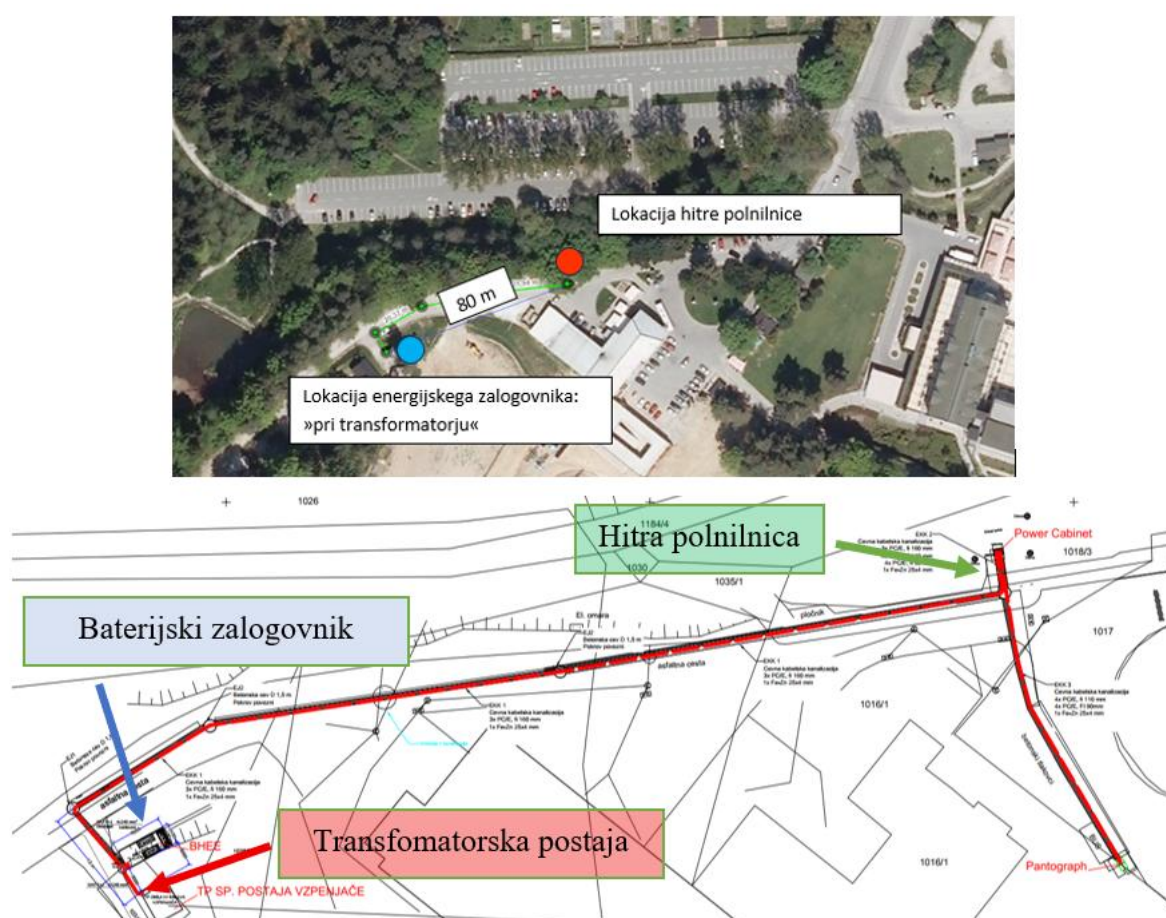
- serijska hibridna, pri kateri vsa energija teče prek hranilnika (večje izgube, enostavno krmiljenje),
- paralelna hibridna, kjer omrežje in hranilnik sočasno napajata polnilnik (uravnotežen kompromis med učinkovitostjo in izvedljivostjo),
- neposredna hibridna (DC-povezava), ki omogoča najvišje izkoristke, vendar zahteva polnilnike s podporo neposrednega DC-vhoda.



Slika 5: Shema paralelne hibridne konfiguracije [lasten vir].

Na podlagi prostorskih, tehničnih in obratovalnih omejitev lokacije je bila kot najprimernejša rešitev izbrana paralelna hibridna konfiguracija, ki omogoča do 25 kW podpore polnjenju, delno razbremenitev omrežja v konicah ter polnjenje baterij v času nižje tarife, brez potrebe po večjih posegih v obstoječo infrastrukturo. Serijska konfiguracija zaradi večjih izgub in obremenitve baterij ni ustrezna, neposredna pa trenutno ni izvedljiva zaradi nezdržljivosti s polnilno opremo.

Baterijski hranilnik je umeščen v neposredno bližino transformatorske postaje na območju postaje Vzpenjača, kar omogoča enostavno priključitev na omrežje in minimalne dodatne gradbene posege.



Slika 6: Makrolokacija polnilne postaje Vzpenjača [lasten vir].



Slika 7: Prostorska umestitev baterijskega hranilnika [lastne vir].

Izbira tipa baterij in baterijskih sklopov za pilotno aktivnost

V sodobnih električnih avtobusih prevladujejo tri tehnologije litij-ionskih baterij: LFP, NMC in LTO, ki se razlikujejo po energijski gostoti, ciklični življenjski dobi, dopustnih tokovnih obremenitvah in stroških. Baterije LFP (litij-železov fosfat) izkazujejo visoko varnost in dolgo življenjsko dobo, vendar nižjo energijsko gostoto, NMC (nikelj-mangan-kobalt) tehnologija ponuja ugodno razmerje med zmogljivostjo in stroški ter dobro razpoložljivost, medtem ko LTO (litij-titanat) omogoča izjemno hitro polnjenje in dolgo ciklično življenjsko dobo ob višjih stroških in nižji energijski gostoti.

V pripravljalni fazi pilota je bila najprej preverjena možnost uporabe rabljenih baterij iz voznega parka JPP v Mariboru. Meritve SOC (stanje napolnjenosti, angl. *State of Charge*) in SOH (stanje zdravja, angl. *State of Health*) so pokazale vrednosti nad 95 %, zato lokalne baterije še niso bile primerne za sekundarno uporabo. Za namen demonstracije so bili zato pridobljeni testni baterijski sklopi tehnologije NMC s skupno kapaciteto 140 kWh.

Tabela 3: Značilnosti avtobusnih baterij [12][13][14]

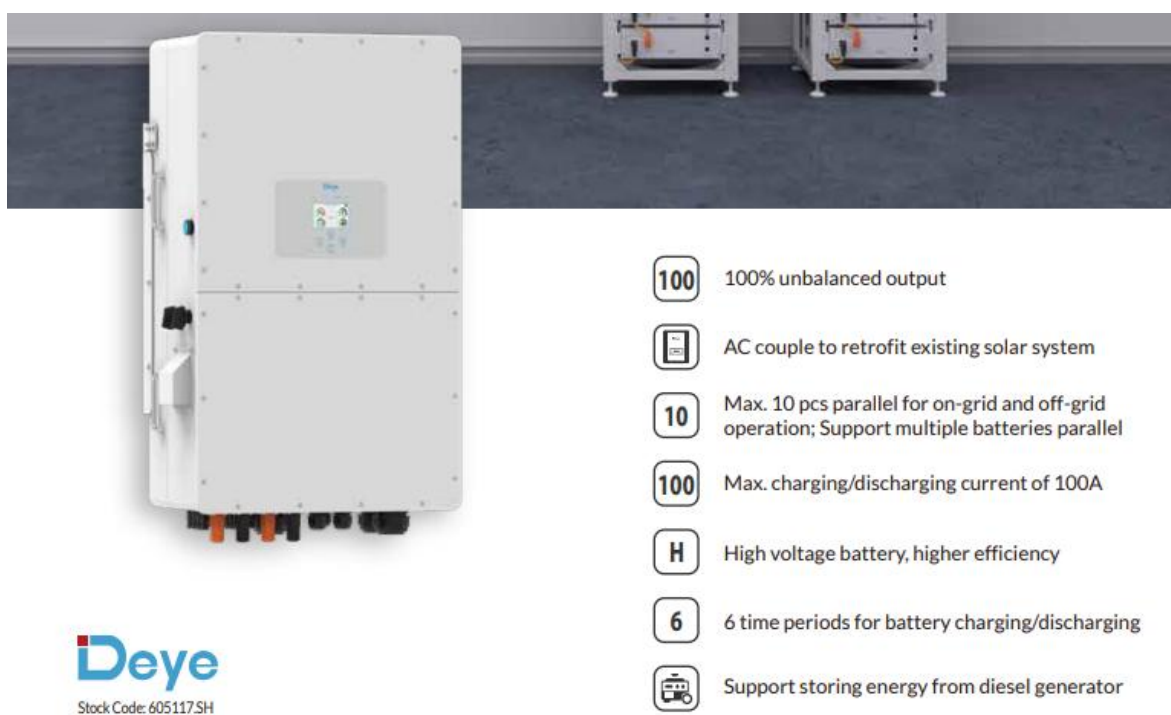
Tip	Sestava	Obratovalne lastnosti						Applikativnost	
		Energija	Moč	Živ. doba	Število ciklov	Varnost	Strošek	Avtobusi	BESS
LFP	LiFePO ₄	++	++	++	++	+++	+++	●	●
NCA	LiNiCoAlO ₂	+++	+++	++	+	++	++		●
LMO	LiMn ₂ O ₄	++	+++	+	++	+++	++		●
LTO	Li ₄ Ti ₅ O ₁₂	+	++	+++	+++	++++	+++	●	●
NMC	LiNi _x Co _x Mn _x O ₂	+++	+++	++	++	++	++	●	●
HE-NMC	LiNi _x Co _x Mn _x O ₂	++++	++	++	+	++	++	●	●

Integracija baterijskih sklopov v baterijski hranilnik

Integracija rabljenih baterij v stacionarni baterijski hranilnik zahteva prilagoditve na ravni električne združljivosti, termičnega upravljanja in komunikacije z razsmernikom. Uporabljeni baterije tipa NMC delujejo v napetostnem območju 525–735 V, kar je združljivo z razsmernikom (160–800 V), zato napetostna raven ni predstavljala omejitve.

Posebna pozornost je bila namenjena kompatibilnost komunikacije med sistemom za upravljanje baterij BMS (angl. *Battery Management System*) in razsmernikom prek vodila CAN (angl. *Controller Area Network*), saj je izmenjava podatkov o napetostih, tokovih, temperaturah, SOC, SOH in varnostnih stanjih ključna za stabilno in varno obratovanje sistema.

Poleg komunikacijske združljivosti je bilo potrebno zagotoviti tudi ustrezno nazivno moč razsmernika, ki mora pokrivati največjo predvideno moč polnjenja in praznjenja hranilnika. Na podlagi analize obratovalnih scenarijev je bilo za pilotski sistem ugotovljeno, da zadostuje razsmernik nazivne moči 80 kW z dvema neodvisnima baterijskima priključkoma, kar omogoča hkratno priključitev obeh baterijskih na en razsmernik.



Slika 8: Primer hibridnega razsmernika proizvajalca Deye [15]

Obremenitev baterij in obratovalni scenariji

Za oceno vpliva delovanja hranilnika na baterije so bili analizirani trije scenariji vključitve v proces polnjenja avtobusov. V pilotskem režimu hranilnik prispeva 25 kW, kar pri kapaciteti 140 kWh pomeni C-rate¹ približno 0,18 C, kar predstavlja zelo zmerno obremenitev baterij za katerega zadostuje zračno hlajenje. Nizek C-rate pomeni počasnejše polnjenje in praznjenje baterij, kar zmanjšuje toplotne obremenitve in elektrokemične napetosti v celicah. Pri tako

¹ C-rate (C-faktor) je razmerje med tokom polnjenja ali praznjenja baterije in njeno nazivno kapaciteto, ki določa, v kolikšnem času se baterija pri danem toku teoretično popolnoma napolni ali izprazni

nizkem C-rate-u je proces (nadaljnje) degradacije baterij bistveno zmanjšan. Razviti scenariji so obravnavali različne obremenitve in posledično različen doprinos energije iz hranilnika. Scenariji bodo s krmiljenjem sistema testirani v evakuacijskem obdobju po implementaciji hranilnika.

Parameter	Scenarij 1	Scenarij 2	Scenarij 3
Kapaciteta baterije	140 kWh (2 × 70 kWh)		
Ciljni prispevek moči	25 kW	~50 kW	~100 kW
C-rate	0,18 C	0,35 C	0,71 C (maks. 1 C)
Energije na avtobus/polnjenje	~2,1 kWh	~4,2 kWh	~8,4 kWh
Dnevni energije iz hranilnika	100 kWh	200 kWh	400 kWh
Obremenitev omrežja	125 kW (–25 kW)	100 kW (–50 kW)	50 kW (–100 kW)
Zahteve glede hlajenja	zračno hlajenje zadostuje	vodno hlajenje	vodno hlajenje
Nazivna moč razsmernika	50 kW	100 kW	150 kW

Zaključek

Predstavljeni pilot v Mariboru predstavlja enega prvih celostnih poskusov sistematične sekundarne rabe baterij električnih avtobusov v JPP v Sloveniji in širši regiji. Projekt združuje tehnične, energetske in regulativne vidike ter uvaja rešitve, prilagojene specifičnim lokalnim razmeram – obstoječi polnilni infrastrukturi, značilnostim linije G6 in strukturi elektroenergetskega omrežja.

Pilot je trenutno v izvedbeni fazi, njegovi rezultati pa bodo pomembni za oceno dolgoročne tehnične zanesljivosti, ekonomike in vpliva na obremenitev omrežja ter življenjsko dobo baterij. Hkrati predstavlja referenčni primer za druge mestne sisteme javnega prevoza, ki se soočajo s podobnimi izzivi elektrifikacije voznega parka in upravljanja z odsluženimi baterijami.

Dosedanje aktivnosti na mariborskem pilotu potrjujejo, da je sekundarna raba baterij v obliki stacionarnih baterijskih hranilnikov izvedljiva in lahko predstavlja učinkovit mehanizem pri učinkoviti rabi energije in vključevanju načela krožnega gospodarjenja v JPP. Podaljšanje funkcionalne življenjske dobe odsluženih baterij omogoča boljši izkoristek obstoječega ter odlaša problematično fazo recikliranja baterij. Na ta način elektrifikacija voznega parka ni omejena zgolj na zmanjševanje neposrednih emisij v fazi obratovanja, temveč vključuje tudi sistematično upravljanje baterij skozi celoten življenjski cikel.

Viri in literatura

- [1] EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (EEA). Greenhouse gas emissions from transport in Europe. Copenhagen, 2024. Dostopno na: <https://www.eea.europa.eu/ims/greenhouse-gas-emissions-from-transport>
- [2] INTERREG Central Europe Programme.CE4CE – Circular Economy for Central Europe: project documentation and internal strategy reports. Ljubljana/Brussels: Interreg CE Programme, 2023–2026. Neobjavljeno interno gradivo, spletna stran projekta: <https://www.interreg-central.eu/projects/ce4ce/>
- [3] EVROPSKA KOMISIJA.The European Green Deal. COM(2019) 640 final. Brussels, 2019.Dostopno na: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en
- [4] EVROPSKA KOMISIJA. Circular Economy Action Plan – For a cleaner and more competitive Europe. COM(2020) 98 final. Brussels, 2020. Dostopno na: https://environment.ec.europa.eu/strategy/circular-economy-action-plan_en
- [5] EVROPSKI PARLAMENT IN SVET EVROPSKE UNIJE. Uredba (EU) 2023/1542 o baterijah in odpadnih baterijah ter razveljavitvi Direktive 2006/66/ES. Uradni list Evropske unije, L 191, 28. 7. 2023. Dostopno na: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/1542/oj>
- [6] EVROPSKI PARLAMENT IN SVET EVROPSKE UNIJE. Direktiva 2008/98/ES o odpadkih in razveljavitvi nekaterih direktiv. Uradni list Evropske unije, L 312, 22. 11. 2008. Dostopno na: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/?uri=CELEX:32008L0098>
- [7] MARPROM d.o.o. Letno poročilo o izvajanju mestnega javnega potniškega prometa v Mestni občini Maribor za leto 2024.Spletna stran podjetja: <https://www.marprom.si>
- [8] MESTNA OBČINA MARIBOR. Investicijski program za nakup električnih avtobusov v letu 2025. Maribor, 2024. Dostopno na: https://www.lex-localis.info/files/82a55a31-37b4-4a12-9c20-153747bb0d07/5748138938993978831_GMS-445.pdf
- [9] INTERREG Central Europe Programme. EfficienCE – Energy efficiency in public transport: pilot implementation report for Maribor fast charging infrastructure. Vienna/Brussels, 2022. Spletna stran projekta: <https://www.interreg-central.eu/projects/efficiency/>
- [10] MESTNA OBČINA MARIBOR; UNIVERZA V MARIBORU, Fakulteta za gradbeništvo, prometno inženirstvo in arhitekturo. Projektna dokumentacija za vzpostavitev baterijskega hranilnika na lokaciji Vzpenjača (DIIP). Maribor, 2024. Interni projektni dokument.
- [11] KLEMENČIČ, M. idr. Analiza obratovalnih značilnosti hitrega polnjenja električnih avtobusov na liniji G6 v Mariboru. Maribor: Univerza v Mariboru, FGPA, 2023. Strokovno poročilo.
- [12] ZeEUS Project Consortium. ZeEUS eBus Report – An Overview of Electric Buses in Europe. Brussels: UITP – International Association of Public Transport, 2018. Dostopno na: <https://zeeus.eu>
- [13] UITP – International Association of Public Transport. Electric buses: energy storage systems and charging infrastructure. Brussels: UITP Knowledge Brief, 2019. <https://www.uitp.org>
- [14] UITP – International Association of Public Transport. Guidelines for battery use, second life applications and recycling in electric bus systems. Brussels: UITP, 2020. <https://www.uitp.org/publications>
- [15] NINGBO DEYE INVERTER TECHNOLOGY CO., LTD. SUN-60/70/75/80K-SG02HP3-EU Hybrid Inverter – Technical Datasheet. Ningbo, 2024. Dostopno na: <https://www.deyeinverter.com/product/hybrid-inverter/>



mag. Gero Angleitner: Bogojina

Informiranje potnikov z oviranostmi o dostopnosti potniških terminalov

višji strok. raz. asist. Katja Hanžič

Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo, prometno inženirstvo in arhitekturo Univerze v Mariboru

katja.hanzic@um.si

Povzetek

Članek obravnava pomen informiranja potnikov z različnimi oviranostmi o dostopnosti potniških terminalov, saj je neovirana mobilnost ključna za njihovo samostojnost in polno vključevanje v družbo. Kljub ustrezni zakonodaji se potniki z oviranostmi še vedno soočajo s številnimi fizičnimi, digitalnimi in sistemskimi ovirami, informacije o dostopnosti na spletnih straneh potniških terminalov pa so pogosto razpršene, nestandardizirane ali pomanjkljive. V okviru projekta DANOVA NEXT sta bila razvita standardizacija in enotno strukturiranje podatkov o dostopnosti potniških terminalov ter prva spletna digitalna platforma, ki uporablja te standardizirane podatke. Platforma z avtomatskim pridobivanjem ažurnih podatkov neposredno s spletnih strani terminalov omogoča lažje načrtovanje poti in bistveno izboljšuje potovalno izkušnjo oseb z omejeno mobilnostjo. Hkrati platforma DANOVA NEXT demonstrira možnosti uporabe in prikaza standardiziranih ter strukturiranih informacij o dostopnosti, ki jih objavljajo potniški terminali.

Ključne besede: *potniki z oviranostmi, dostopnost, informacije o dostopnosti, potniški terminali, standardizacija podatkov.*

Uvod

Mobilnost oziroma sposobnost premikanja od enega kraja do drugega je temeljni pogoj za enakopravno vključevanje posameznika v družbo. Prevoz in z njim povezana mobilnost sta za socialno vključenost v današnji družbi bistvenega pomena, saj omogočata dostop do zaposlitve, izobraževanja in zdravstvenih storitev, brez prevoza pa se ljudje težje udeležujejo kulturnih, športnih in drugih družabnih prireditev. Neoviran dostop do prevoza ni le stvar priročnosti, temveč temeljna pravica, ki ljudem omogoča uresničevanje svobode gibanja in polno sodelovanje v družbi.

Dostop do mobilnosti je še posebej pomemben za invalide oziroma ljudi z oviranostmi. V slovenski zakonodaji je sicer v uporabi izraz invalid, ki pomeni »oseba s trajno, prirojeno ali pridobljeno telesno ali duševno motnjo, ki je ni mogoče odpraviti z zdravljenjem z medicinsko rehabilitacijo, in je delno ali popolno nezmožna za izobraževanje, delo ali samostojno življenje, zaradi česar ji je priznan poseben pravni položaj«. Današnje razumevanje invalidnosti upošteva individualne potrebe posameznikov, kot tudi pomanjkljivosti in ovire v družbi [1]. V novejšem času pa se pojavlja izraz »oseba z oviranostmi« namesto termina »invalid«, ki naj bi bil po mnenju dela stroke zgodovinsko ter vsebinsko neustrezen in presežen. Izraz »oseba z oviranostmi« je bolj nevtralna in ne bi označeval človeka samega, ampak samo njegovo oviranost. Evropska unija v svojih dokumentih v povezavi z mobilnostjo/transportom

uporablja izraz invalidne osebe oziroma osebe z omejeno mobilnostjo opredeljene na sledeč način *«Oseba z omejeno mobilnostjo je katera koli oseba, katere mobilnost je pri uporabi transporta zmanjšana zaradi kakršne koli telesne invalidnosti (čutilne ali gibalne, stalne ali začasne), intelektualne nezmožnosti ali prizadetosti ali katerega koli drugega vzroka invalidnosti ali starosti in katere stanje zahteva primerno pozornost in prilagajanje storitve, ki je na voljo vsem potnikom, njenim posebnim potrebam.»* [2]. V tem članku je uporabljen izraz ljudje/osebe z oviranostmi (gibalno ovirani, slepi in slabovidni, gluhi in naglušni ter drugi).

Neoviran dostop do mobilnosti oziroma prevoznih storitev je tako velikega pomena z ljudi z oviranostmi saj neposredno vpliva na njihovo zmožnost vključevanja v družbo, povečuje njihovo neodvisnost in kakovost življenja. Neovirana mobilnost je temelj samostojnosti, saj omogoča dostop do izobraževanja, zaposlitve, storitev ter socialno vključenost, s čimer se zmanjšuje tveganje socialne izolacije in osamljenosti. Brez zanesljive in dostopne mobilnosti se življenje osebe z oviranostjo lahko skrči na območje doma in neposredne okolice, kar bistveno poslabša kakovost življenja in vodi v izključenost. Pri uresničevanju mobilnosti se ljudje z oviranostmi še vedno srečujejo s številnimi ovirami, ki jih lahko razvrstimo v:

- fizične ovire (stopnišča brez klančin ali dvigal, nedostopni pločniki s previsokimi robniki, ovire v zgradbah, neprilagojeni avtobusi ali vlaki, pomanjkanje taktilnih oznak ipd.),
- digitalne in informacijske ovire (neobstoj standardiziranih informacij o dostopnosti prostorov ali stavb, nedostopni vozni redi in potovalne informacije, neprilagojene spletne strani in aplikacije ipd.),
- sistemske ovire (dolgotrajni postopki za odpravljanje ovir, pomanjkanje celovitega in povezanega sistema podatkov, pomanjkanje kulture dostopnosti v organizacijah ter ustreznega usposabljanja zaposlenih).

Ljudje z oviranostmi imajo različne potrebe glede dostopnosti. Slabovidni ljudje se praviloma zanašajo na vid, ki ga še imajo, ter tako potrebujejo okolje brez ovir, jasno vidne in kontrastne označitve, dobro osvetlitev in kakovostne zvočne informacije. Slepi ljudje prav tako potrebujejo neovirane prehode, zvočne informacije ter taktilne (tipne) oznake. Naglušni in gluhi ljudje se praviloma zanašajo na vizualne informacije in se orientirajo s pomočjo vida, pogosto uporabljajo pripomočke, največkrat slušne aparate. Gibalno ovirane osebe vključujejo ljudi, ki za premikanje uporabljajo pripomočke (voziček, bergle ali druge pripomočke), imajo motnje gibanja, ravnotežja ali vzdržljivosti, starejše odrasle osebe z omejitvami gibanja, povezanimi s starostjo, ter posameznike z začasnimi poškodbami [3]. Gibalno ovirano potrebujejo dovolj široke dostopne poti brez stopnic (namesto stopnic dvigala oziroma rampe z ustreznim naklonom in ograjo), znižane pulte, samodejna vrata in podobno.

V splošnem obstaja skupna potreba po enakopravni dostopnosti za zagotovitev samostojnega gibanja oseb z oviranostmi. Enotni standardi oblikovanja, usposobljenost osebja za nudenje pomoči ljudem z oviranostmi, zagotavljanje informacij v različnih oblikah in napredne tehnološke rešitve, kot so uporabniku prijazne navigacijske in informacijske aplikacije, so ključnega pomena za izboljšanje potovalne izkušnje. Na področju odpravljanja ovir je bil v Sloveniji leta 2010 sprejet Zakon o izenačevanju možnosti invalidov (ZIMI [4]), s katerim je bila navedena nujnost odprave ovir pri zagotavljanju fizičnega dostopa do objektov v javni rabi, med katere spadajo tudi stavbe za promet in s tem vsi potniški terminali, kot so avtobusne in železniške postaje, letališča in pristanišča v javni rabi.

Prav tako ZIMI naslavlja dostopnost do blaga in storitev, ki zajemajo tudi dostopnost do informacijskih in komunikacijskih storitev. Kljub temu pa še v letu 2026 v Sloveniji ni zagotovljen neoviran dostop do stavb v javni rabi, medtem ko je dostopnost spletnih strani že precej dobra, ne toliko pa za aplikacije.

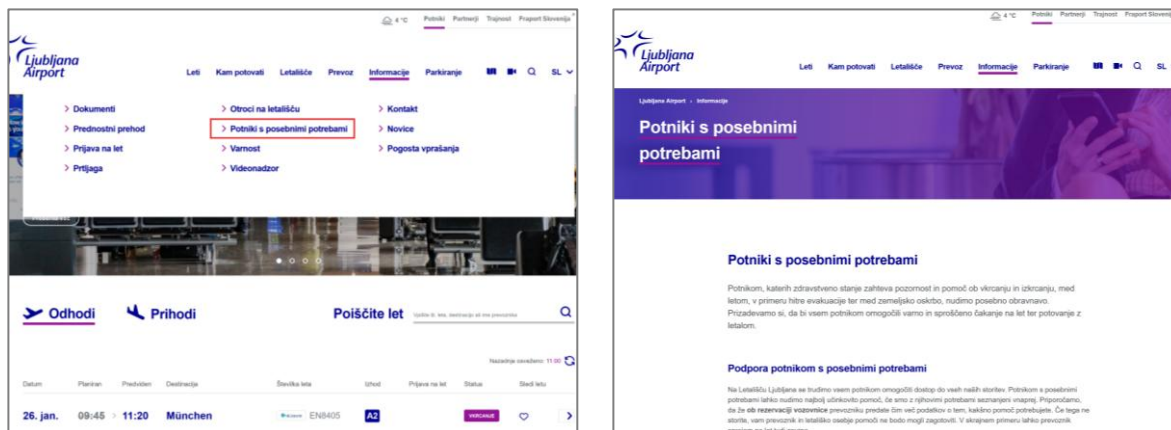
Če na kratko povzamemo, ljudje z oviranostmi za neovirano mobilnost potrebujejo ustrezno infrastrukturo in prevozna sredstva, dostop do informacij, podanih na več načinov in usposobljeno osebje, ki lahko nudi podporo in pomoč.

Informiranje o dostopnosti

Preden se ljudje odpravimo na pot, še posebej, če te poti še nismo opravili, si večinoma pred potjo pridobimo različne informacije – od voznih redov, načrta potniškega terminala, cene potovanja, informacij o nakupu vozovnice in še mnogo več. Za ljudi z oviranostmi pa je še posebej pomembno, da imajo možnost zraven prej naštetih informacij, pridobiti tudi informacije o sami dostopnosti potniškega terminala. Seveda morajo biti te informacije zagotovljene v ustrezni obliki. Pri tem pa je treba poudariti, da bodo potniki iskali informacije v zvezi z oviranostjo, ki jo imajo. Tako bo slabovidne in slepe potnike zanimalo, ali je potniški terminal opremljen s taktilnimi oznakami in ali obstajajo informacije v slušni obliki, ali so oznake kontrastne, je osvetlitev ustrezna in kje lahko dobijo pomoč. Naglušni in gluhi potniki se bodo zanimali predvsem ali so informacije (kot so obvestila, opozorila in alarmi) podane v obliki besedila, ali so na razpolago slušne zanke in kje. Gibalno ovirane osebe pa bo zanimala fizična dostopnost, ali so na razpolago dvigala/klančine namesto stopnic, ali so prostori ravni in brez ovir, ali se bodo brez težav vkrcali v prevozno sredstvo in kje in kako lahko poiščejo pomoč.

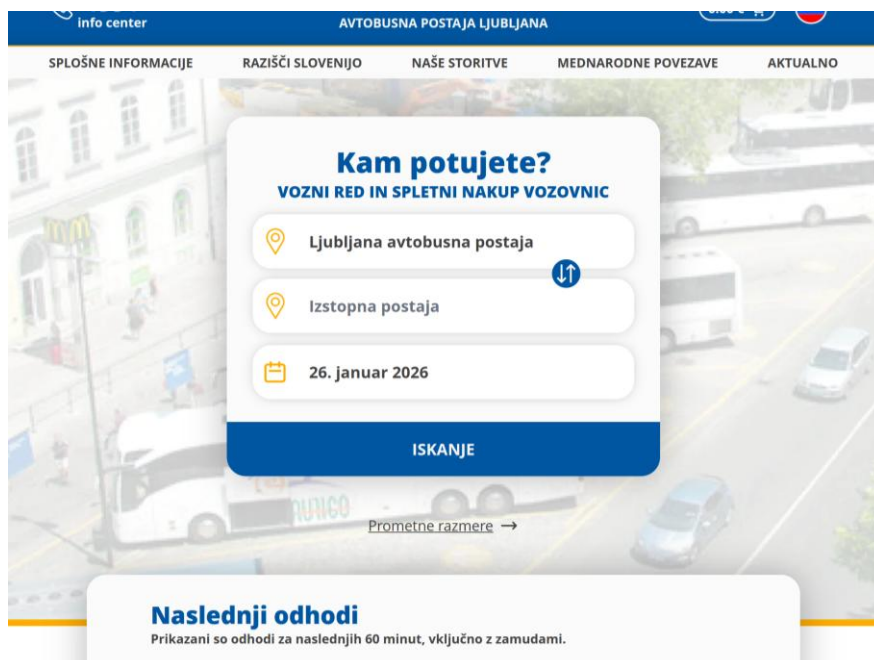
V današnjem času potniki informacije najpogosteje iščemo na spletu, pri načrtovanju potovanja so na prvem mestu iskanja s spletnimi iskalniki [5], v zadnjem času se vse bolj uveljavijo potovalne aplikacije za pametne telefone, ki zagotavljajo informacije v realnem času in omogočajo prilagodljivo navigacijo [6]. Najbolj iskani podatki o potovanjih so: kako priti do določenega cilja, vozni redi in lokacija na zemljevidu [7]. Potniki z oviranostmi dodatno iščejo informacije o dostopnosti in o možnostih podpore, za katero lahko zaprosijo. Spletni iskalniki in aplikacije podatke o dostopnosti potniških terminalov črpajo iz informacij, ki jih potniški terminali objavijo na svojih spletnih straneh ali pa jih posredujejo specializiranim spletnim stranem, ki objavljajo podatke o dostopnosti.

Poglejmo nekaj primerov spletnih strani slovenskih potniških terminalov in informacij, ki jih objavljajo o dostopnosti. Ljubljansko letališče ima podstran, namenjeno potnikom z oviranostmi, kjer so objavljene informacije o podpornih storitvah, podrobnosti za uporabnike invalidskih vozičkov ter možnosti parkiranja na parkirnih mestih za invalide.



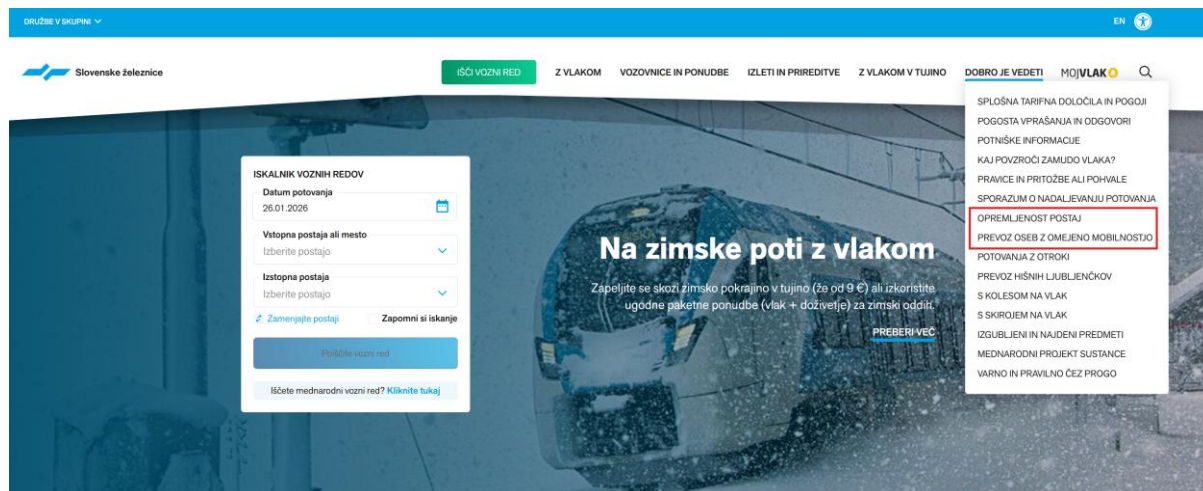
Slika 1: Spletna stran letališča Ljubljana in informacij za potnike z oviranostmi [8].

Ljubljanska avtobusna postaja na svoji spletni strani ne objavlja informacij za potnike z oviranostmi; potnik jih lahko pridobi s klicem na navedeno telefonsko številko.



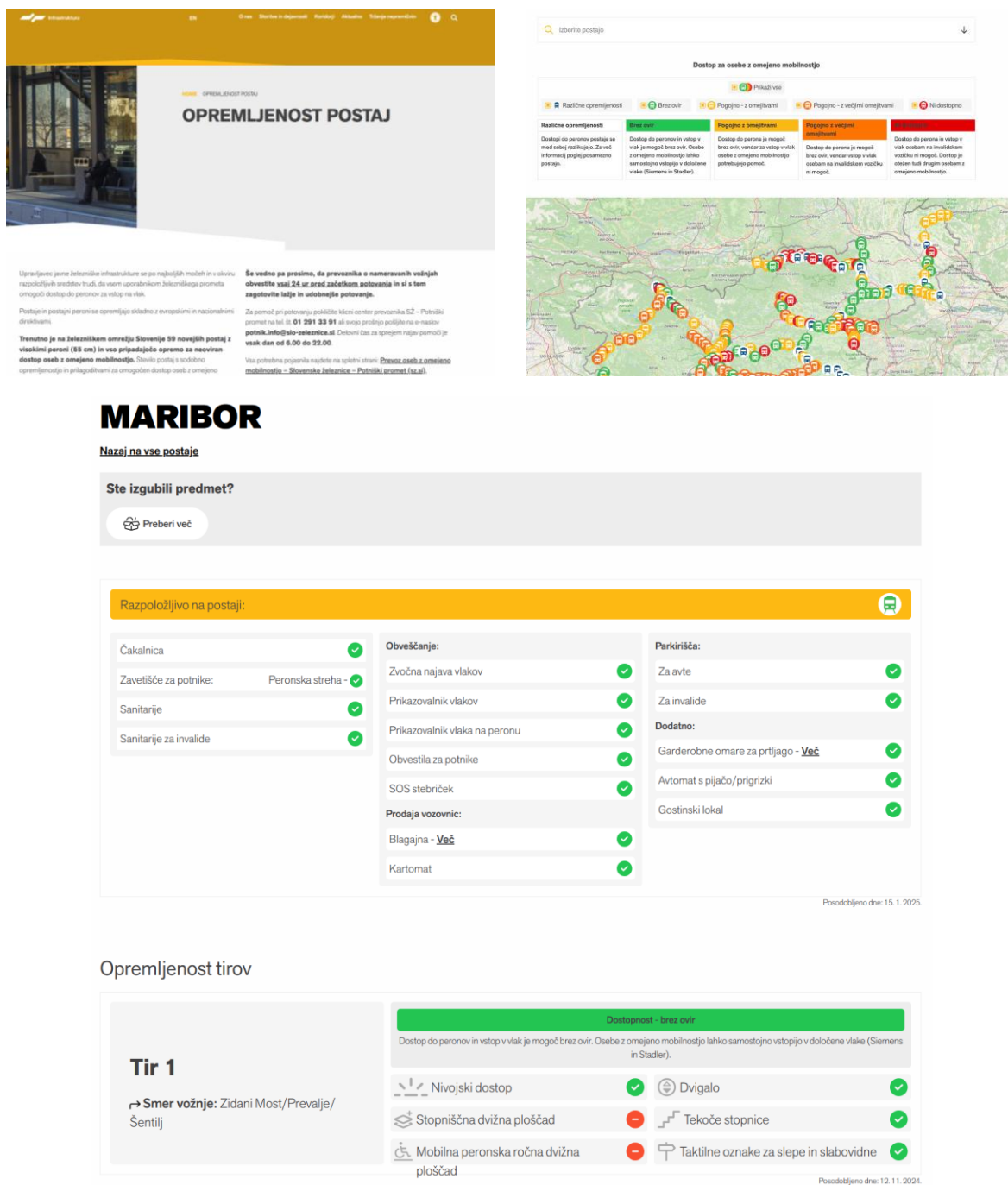
Slika 2: Spletna stran Avtobusne postaje Ljubljana [9].

Za iskanje informacij o železniških terminalih smo v Sloveniji postavljeni pred večji izziv. Osnovne informacije za potnike z omejeno mobilnostjo najdemo na spletni strani Slovenskih železnic, ki so namenjene potnikom. Ena izmed podstrani ja namenjena informacijam za potnike z oviranostmi, druga podstran pa vsebuje informacije o opremljenosti postaj.



Slika 3: Spletna stran Slovenskih železnic z informacijami za potnike [10].

Na obeh podstraneh nato najdemo povezavo, ki nas odpelje na podstran SŽ-Infrastruktura, namenjena opisom dostopnosti posamičnih železniških postaj. Na podstrani so objavljeni kontaktni podatki za dodatno pomoč, iskalnik postaj ter zemljevid vseh postaj s podrobnimi informacijami o njihovi dostopnosti.



OPREMLJENOST POSTAJ

Upravičeni: javna železniška infrastruktura se po najboljših močeh in v okviru razpoložljivih sredstev trudi, da vsi uporabniki železnice prometnega omogočijo dostop do peronov za vstop na vlak.

Postaje in postajni peroni se opremljajo skladno z evropskimi in nacionalnimi direktivami.

Trenutno je na železniškem omrežju Slovenije 59 novih postaj z visokimi peroni (55 cm) in vso pripadajočo opremo za neoviran dostop oseb z omejeno mobilnostjo. Službo postaj s podobno opremljenostjo in pogoji za dostop oseb z omejeno mobilnostjo.

Še vedno pa presimo, da prevozniki o nameravanih voznih obvezitvah vsaj 24 ur pred začetkom potovanja in si s tem zagotovijo lažje in udobnejše potovanje.

Za pomoč pri potovanju pokličite klicni center prevoznika SŽ – Potniški promet na tel. št. 01 201 33 91 ali svojo prošnjo pošljite na e-naslov potnik.info@slz-razpisnica.si. Delovni čas za sprejem naših pomoči je vsak dan od 6:00 do 22:00.

Vsa potrebna prazenila najdete na spletni strani www.slovenske-zeleznice.si - Slovenske železnice - Potniški promet (10.11.2025)

MARIBOR

[Nazaj na vse postaje](#)

Ste izgubili predmet?

[Preberi več](#)

Razpoložljivo na postaji:

Čakalnica	Obveščanje:	Parkirišča:
Zavetišče za potnike: Peronska streha -	Zvočna najava vlakov	Za avte
Sanitarije	Prikazovalnik vlakov	Za invalide
Sanitarije za invalide	Prikazovalnik vlaka na peronu	Dodatno:
	Obvestila za potnike	Garderoberne omare za prtljago - Več
	SOS stebriček	Avtomat s pijačo/prigrizki
	Prodaja vozovnic:	Gostinski lokal
	Blagajna - Več	
	Kartomat	

Posodobljeno dne: 15. 1. 2025

Opremljenost tirov

Tir 1

→ Smer vožnje: Zidani Most/Prevalje/Šentilj

Dostopnost - brez ovir

Dostop do peronov in vstop v vlak je mogoč brez ovir. Osebe z omejeno mobilnostjo lahko samostojno vstopijo v določene vlake (Siemens in Stadler).

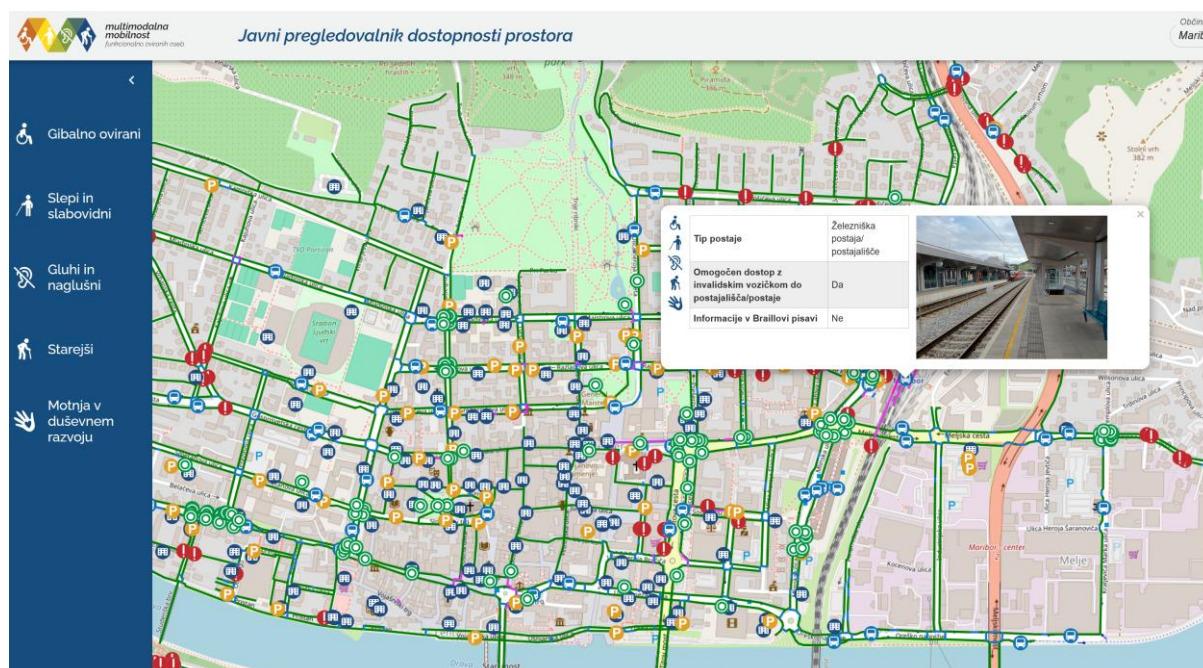
Nivojski dostop	Dvigalo
Stopniščna dvizna ploščad	Tekoče stopnice
Mobilna peronska ročna dvizna ploščad	Taktilne oznake za slepe in slabovidne

Posodobljeno dne: 12. 11. 2024

Slika 4: Podrobne informacije o dostopnosti železniških postaj na spletni strani SŽ Infrastruktura [11]

V Sloveniji imamo tudi portal Dostopnost prostora, ki je nastal v okviru projekta »Omogočanje multimodalne mobilnosti oseb z različnimi oviranostmi«, financiranega s strani Ministrstva za infrastrukturo. Vsebine za spletno stran prispevata Geodetski inštitut Slovenije in Zavod Beletrina [12]. Spletišče ponuja osnovne informacije o potrebah gibalno oviranih, slepih, slabovidnih ter starejših oseb. Posebej zanimiv je Javni pregledovalnik dostopnosti prostora, zasnovan kot spletno orodje za brezplačen vpogled in prenos prostorskih podatkov o mobilnosti ter dostopnosti zunanjega grajenega prostora za gibalno ovirane, slepe, slabovidne, gluhe, naglušne ter starejše osebe v različnih občinah po Sloveniji. Pregledovalnik

temelji na podatkovni bazi, v katero so vključene občine, ki so k projektu pristopile z dogovorom[12].



Slika 5: Primer prikaza dostopnosti v Javnem pregledovalniku dostopnosti prostora [12].

V bazi spletnega prikazovalnika so vneseni infrastrukturni objekti od parkirišč, prehodov za pešce, javnih stavb, javnega prometa do taktilnih vodilnih in opozorilnih sistemov. V prikazovalniku so tudi označene in opisane ovire, ki otežujejo mobilnost.

Standardizacija prikaza podatkov o dostopnosti

V prejšnjem poglavju smo pokazali, da informacije o dostopnosti potniških terminalov sicer obstajajo, vendar niso sistematično zbrane. Objavljene so na spletnih straneh posameznih potniških terminalov ali pa niso dovolj natančne oziroma posodobljene. Potniki z oviranostjo imajo zato težave pri načrtovanju poti, saj podatki o dostopnosti niso dovolj kakovostni ali točni, so preveč raznoliki ali niso v standardiziranem formatu, ki bi omogočal preprosto uporabo ali zajem podatkov za prikaz v različnih aplikacijah [13]. To ni težava le v Sloveniji, temveč povsod v Evropi in drugod. Podatki o dostopnosti so sicer prikazani na spletnih straneh ali v aplikacijah, vendar niso pripravljeni v standardiziranih podatkovnih formatih, ki bi omogočali prikaz v različnih virih in tako zagotavljali ustrezno informiranje potnikov o dostopnosti potniških terminalov. Potniški terminali različno zbirajo in kategorizirajo podatke o dostopnosti, saj smernic ali standardov za enoten prikaz ni. Posledično informacij o dostopnosti ni mogoče integrirati med digitalnimi platformami oziroma podatkov, objavljenih na spletnih straneh, ni mogoče prikazovati drugje. Za izboljšanje uporabnosti podatkov o dostopnosti je treba najprej vzpostaviti standardizirane formate, ki zagotavljajo doslednost in ažurnost podatkov. Tako standardizirani podatkovni formati bi omogočili tudi nemoteno izmenjavo informacij med različnimi ponudniki storitev in prikaz informacij v različnih

aplikacijah. S tem bi lahko izboljšali načrtovanje potovanj, zagotavljali informacije v realnem času in omogočili lažje načrtovanje potovanj za potnike z oviranostjo.

V okviru projekta DANOVA NEXT², sofinanciranega s strani Evropske unije v programu Interreg Podonavje, smo naslovili izziv zagotavljanja informacij o dostopnosti potniških terminalov v strukturiranih in dostopnih formatih. Ključne informacije, ki jih potniki z oviranostmi potrebujejo, so:

- vozni redi in morebitne zamude,
- dostopnost infrastrukture (npr. razpoložljivost dvigal, poti, dostopne za invalidske vozičke)
- obvestila o nujnih primerih v dostopnih formatih.

Te informacije bi morale biti posredovane skozi več kanalov, vključno z mobilnimi aplikacijami (besedilna, zvočna in vizualna opozorila), javne digitalne zaslone na postajah in z uporabo tehnologije, ki omogoča glasovno podpor za tiste, ki so odvisni od govornih informacij [14]. Vse to je bilo upoštevano pri izdelavi DANOVA NEXT spletne aplikacije, ki je prva spletna digitalna platforma, v kateri so prikazane informacije o dostopnosti potniških terminalov v državah Podonavja.

Standardizacija podatkov

Prvi korak pri izdelavi spletne platforma je bila standardizacija podatkov o dostopnosti, ki jo je možno uporabiti v vseh tipih potniških terminalov, kot so letališča, avtobusne in železniške postaje ter pristanišča. Pri tem je bil uporabljen pristop potovalne verige oziroma gibanja potnika skozi terminal (prihod na terminal, gibanje skozi terminal, vkrcanje v vozilo) ter dodatna kategorija o zagotavljanju pomoči. Podatki so bili strukturirani, kot sledi [13]:

1. Prihod k terminalu
 - Parkirišča za invalide
 - Pločniki in poti
 - Dostop s taksiji in javnimi prevoznimi sredstvi
2. Gibanje skozi terminal
 - Vhodi in vrata
 - Sanitarije
 - Gibanje po terminalu
 - Blagajna in prijave na prevoz
 - Informacije
 - Varovani deli terminala
 - Informacije
3. Vkrcanje v prevozno sredstvo
 - Dostop do prevoznega sredstva
 - Dostopnost prevoznih sredstev za potnike z oviranostmi

² <https://interreg-danube.eu/projects/danova-next>

4. Pomoč za potnike.

- Lokacija službe pomoči potnikom.
- Vrste pomoči.
- Postopek podajanja zahteve za storitev pomoči.

Vsi zgornji podatki so nadalje razdeljeni po skupinah – slepi in slabovidni potniki, gluhi in naglušni potniki, potniki s kognitivnimi težavami in potniki z drugimi oviranostmi. Struktura spletne strani z informacijami za potnike z oviranostmi je tako razdeljena na štiri sklope oziroma podstrani kot je prikazano na spodnji sliki.

SPLETNA STRAN TERMINALA Z INFORMACIJAMI ZA POTNIKE Z OVIRANOSTMI			
Slepi in slabovidni	Gluhi in naglušni	Potniki s kognitivnimi težavami	Drugi potniki
1. Prihod k terminalu ○ Parkirišča za invalide ○ Pločniki in poti ○ Dostop s taksiji in javnimi prevoznimi sredstvi 2. Gibanje skozi terminal ○ Vhodi in vrata ○ Sanitarije ○ Gibanje po terminalu ○ Blagajna in prijave na prevoz ○ Informacije ○ Varovani deli terminala ○ Informacije 3. Vkrcaje v prevozno sredstvo ○ Dostop do prevoznega sredstva ○ Dostopnost prevoznih sredstev za potnike z oviranostmi 4. Pomoč za potnike. ○ Lokacija službe pomoči potnikom. ○ Vrste pomoči. ○ Postopek podajanja zahteve za storitev pomoči.	1. Prihod k terminalu ○ Parkirišča za invalide ○ Pločniki in poti ○ Dostop s taksiji in javnimi prevoznimi sredstvi 2. Gibanje skozi terminal ○ Vhodi in vrata ○ Sanitarije ○ Gibanje po terminalu ○ Blagajna in prijave na prevoz ○ Informacije ○ Varovani deli terminala ○ Informacije 3. Vkrcaje v prevozno sredstvo ○ Dostop do prevoznega sredstva ○ Dostopnost prevoznih sredstev za potnike z oviranostmi 4. Pomoč za potnike. ○ Lokacija službe pomoči potnikom. ○ Vrste pomoči. ○ Postopek podajanja zahteve za storitev pomoči.	1. Prihod k terminalu ○ Parkirišča za invalide ○ Pločniki in poti ○ Dostop s taksiji in javnimi prevoznimi sredstvi 2. Gibanje skozi terminal ○ Vhodi in vrata ○ Sanitarije ○ Gibanje po terminalu ○ Blagajna in prijave na prevoz ○ Informacije ○ Varovani deli terminala ○ Informacije 3. Vkrcaje v prevozno sredstvo ○ Dostop do prevoznega sredstva ○ Dostopnost prevoznih sredstev za potnike z oviranostmi 4. Pomoč za potnike. ○ Lokacija službe pomoči potnikom. ○ Vrste pomoči. ○ Postopek podajanja zahteve za storitev pomoči.	1. Prihod k terminalu ○ Parkirišča za invalide ○ Pločniki in poti ○ Dostop s taksiji in javnimi prevoznimi sredstvi 2. Gibanje skozi terminal ○ Vhodi in vrata ○ Sanitarije ○ Gibanje po terminalu ○ Blagajna in prijave na prevoz ○ Informacije ○ Varovani deli terminala ○ Informacije 3. Vkrcaje v prevozno sredstvo ○ Dostop do prevoznega sredstva ○ Dostopnost prevoznih sredstev za potnike z oviranostmi 4. Pomoč za potnike. ○ Lokacija službe pomoči potnikom. ○ Vrste pomoči. ○ Postopek podajanja zahteve za storitev pomoči.

Slika 6: Postrani z informacijami prilagojenimi urejenimi po tipu oviranosti [lastna slika].

Takšna struktura podatkov zagotavlja, da lahko potniki pri hitro dostopajo do informacij, ki so pomembne za specifičen tip oviranost.

Spletna platforma

V nadaljevanju je bila razvita spletna platforma DANOVA NEXT³, ki deluje tako, da potniški terminali na svojih spletnih straneh pripravijo vse podatke o dostopnosti po zgoraj opisani in vnaprej določeni strukturi. Ti podatki so nato objavljeni na podstrani potniškega terminala pri čemer je vsak podatek v strukturi spletne strani označen z individualno kodo, ki podatek označuje. Tako je omogočeno, da spletna platforma črpa podatke neposredno s spletnih strani potniških terminalov, s čimer je zagotovljena ažurnost podatkov.

³ <https://danovanext.com/>

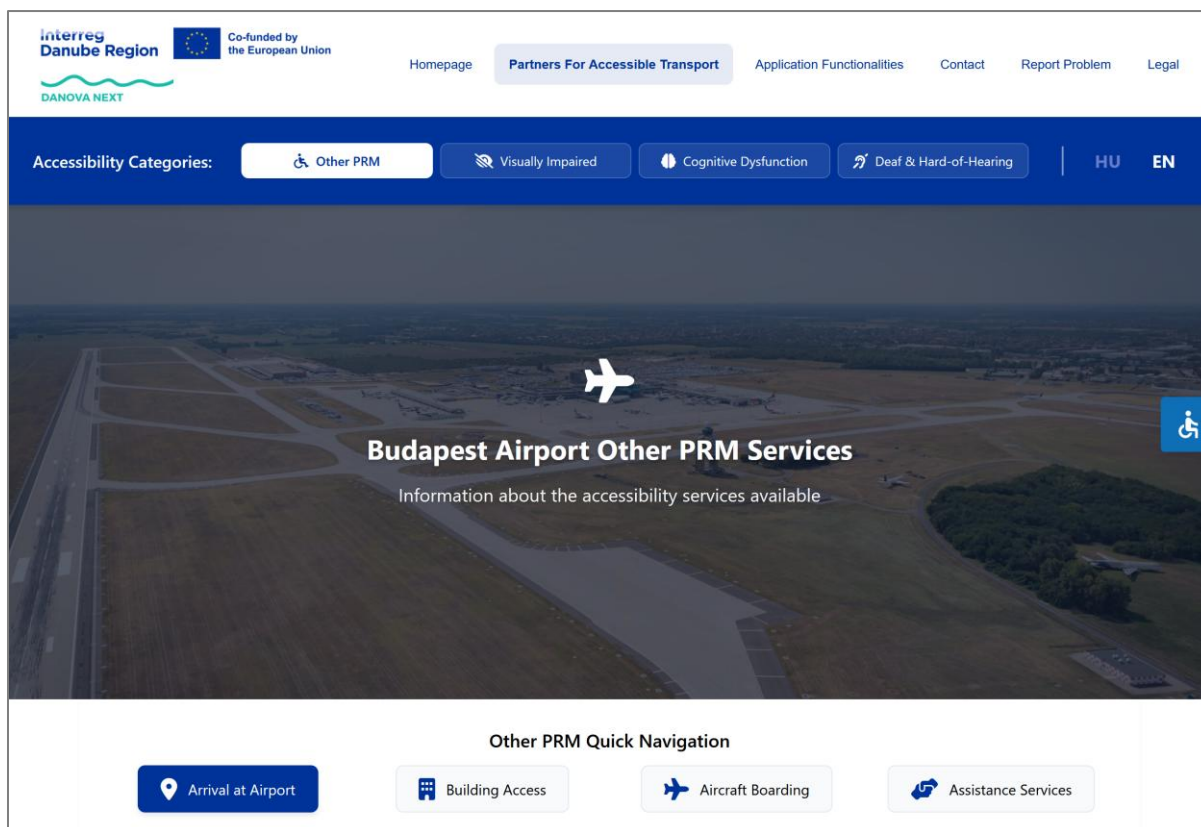


Slika 7: Shema toka podatkov iz spletnih strani v spletno platformo (lastna slika).

Razvoj spletne platforme DANOVA NEXT je potekal v štirih ključnih fazah:

1. Razvoj podatkovne strukture in poenotenje informacij, potrebnih za potnike z omejeno mobilnostjo z vnaprej določeno HTML-predlogo. Vsak element na spletni strani (npr. stanje dostopnosti, kontaktni podatki, lokacija) je označen edinstveno identifikacijsko številko, ki se uporablja za pridobivanje in prikaz informacij s partnerskih spletnih strani.
2. Razvoj uporabniškega vmesnika (UI) in uporabniške izkušnje (UX) ter razvoj strežniškega dela spletne platforme.
3. Preverjanje izvedbe spletnih strani potniških terminalov s testiranjem, pravilno dodeljevanje identifikacijskih številok za mednarodne in nacionalne jezike ter razvoj končnega uporabniškega vmesnika in uporabniške izkušnje spletne platforme.
4. Končno testiranje in prilagajanje spletne platforme ter zagon spletne strani z vsemi prilagoditvami za varnost in dostopnost.

Po obsežnih testiranjih in popravkih, je bila DANOVA NEXT spletna platforma v decembru z javno objavo dana v javno uporabo.



Slika 8: Spletna platforma DANOVA NEXT s prikazom informacij o dostopnosti letališča Budimpešta [15].

Spletna platforma DANOVA NEXT je bila med celotnim razvojnim procesom testirana s ciljnim uporabniki (osebami z oviranostmi) ter prilagojena njihovim potrebam. Tako preizkušena in prilagojena platforma predstavlja pomemben korak pri zagotavljanju informacij o dostopnosti potniških terminalov za potnike z oviranostmi. Najpomembnejši del predstavlja izdelana struktura podatkov o dostopnosti ter platforma, ki te podatke črpa iz več virov in jih enotno prikazuje. Pomemben del predstavlja tudi nadzor nad podatki. Potniški terminali obdržijo nadzor nad lastnimi podatki, saj so sami podatki objavljeni na straneh potniških terminalov, platforma te podatke le osvežuje. Na ta način je zagotovljena tudi ažurnost podatkov – potniški terminali posodablajo informacije o dostopnosti le na lastnih spletnih straneh in teh podatkov posebej sporočati v platformo.

Zaključek

Dostopna mobilnost je temeljni pogoj za socialno vključenost in samostojno življenje oseb z oviranostmi. Ena ključnih težav za ljudi z oviranostmi ostaja dostop do informacij o dostopnosti potniških terminalov. Potniški terminali sami izbirajo, katere podatke o dostopnosti bodo objavili in kako jih bodo kategorizirali, informacije pa so pogosto pomanjkljive ali zastarele. Poleg tega so podatki objavljeni v različnih formatih, ki ne omogočajo samodejnega zajema ali integracije v mobilne aplikacije.

Spletna platforma DANOVA NEXT predstavlja pomemben korak naprej, saj uvaja standardizirano strukturo podatkov, ki temelji na celotni potovalni verigi – od prihoda na terminal do vkrcanja v prevozno sredstvo. Razvita platforma omogoča neposredno črpanje podatkov s spletnih strani terminalov, kar zagotavlja njihovo ažurnost in doslednost. Takšen sistematičen pristop je nujen za izboljšanje potovalne izkušnje in zagotavljanje dejanske neodvisnosti vseh potnikov z oviranostmi.

Viri in literatura

- [1] Inštitut Republike Slovenije za socialno varstvo, „Osebe z različnimi ovirami,“ Inštitut Republike Slovenije za socialno varstvo, [Elektronski]. <https://irssv.si/podrocja/ljudje-z-oviranostjo>. [5. 11. 2025].
- [2] Evropska unija, „Uredba (ES) št. 1107/2006 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 5. julija 2006 o pravicah invalidnih oseb in oseb z omejeno mobilnostjo v zračnem prevozu,“ Uradni list Evropske Unije, p. 1, 26 7 2006.
- [3] DANOVA NEXT project, „Strategy for accessible transport in the Danube region,“ 2024. <https://interreg-danube.eu/projects/danova-next/library>
- [4] Služba vlade RS za zakonodajo, „Zakon o izenačevanju možnosti invalidov,“ Uradni list Republike Slovenije, št. 94, pp. 14535 - 14541, 26 11 1994.
- [5] D. R. Fesenmaier, Z. Xiang, B. Pan in R. Law, „A Framework of Search Engine Use for Travel Planning,“ Journal of Travel Research, Izv. 50, št. 6, pp. 587 - 601, 2011.
- [6] R. Adnan, „How Transportation Apps Help People with Disabilities Navigate Public Transit,“ 2023 Avgust 2023. [Elektronski]. <https://medium.com/@rana.adnanali/how-transportation-apps-help-people-with-disabilities-navigate-public-transit-2e7e4496820a>. [12. 12. 2025].
- [7] A. Huertas in M. Orden-Mejía, „Do tourists seek the same information at destinations? Analysis of digital tourist information searches according to different types of tourists,“ European Journal of Tourism Research, Izv. 32, p. 3211, Avgust 2022.
- [8] Fraport Slovenija, „Ljubljana Airport,“ Inovatif, 2026. [Elektronski]. <https://www.lju-airport.si/sl/> [20. 12. 2025].
- [9] Avtobusna postaja Ljubljana d.d., „Avtobusna postaja Ljubljana,“ [Elektronski]. <https://www.ap-ljubljana.si/>. [27. 12. 2025].
- [10] Slovenske železnice, „Potniški promet,“ [Elektronski]. <https://potniski.sz.si> [27. 12. 2025].
- [11] Slovenske železnice, „Opremljenost postaj,“ [Elektronski]. <https://infrastruktura.sz.si/opremljenost-postaj> [7. 12. 2025].
- [12] Geodetski inštitut Slovenije, „Dostopnost prostora,“ Kabi d.o.o., [Elektronski]. <https://www.dostopnost-prostora.si/>. [27. 12. 2025].
- [13] H. Spremič, „D.2.1.1 INTERACTIVE WEB APPLICATION,“ DANOVA NEXT, 2025.
- [14] H. Spremič, H. Drašković, M. Mirić, G. Dimova in S. S. Huq-Dourdis, „D.2.1.1. Joint Framework,“ DANOVA NEXT, 2025. <https://interreg-danube.eu/projects/danova-next/library>
- [15] DANOVA NEXT, „DANOVA NEXT Web Application,“ 2025. [Elektronski]. <https://danovanext.com>. [27. 12. 2025].

POROČILA DRUŠTEV, KOMISIJ IN SEKCIJ ZID

ZID Maribor podelil priznanje Ani Hanžič



Ani Hanžič je začela sodelovati s stanovskimi inženirskimi organizacijami v Mariboru pred mnogimi leti kot članica in kasneje kot tajnica Društva strojnih inženirjev (DSI) Maribor. Z njenim stalnim delom so se začele dogajati v DSI tudi pozitivne spremembe. DSI je postal nosilec promocije tehnike in inženirstva med mladino v Mariboru, družabno življenje se je okrepilo, število strokovnih inženirskih dogodkov v DSI in s tem v ZID Maribor se je povečalo. Vse to je bila zasluga Ani Hanžič, ki je prinesla v delovanje DSI in ZID novi zagon in pozitivno energijo. Dejavnost, ki jo je potrebno še posebej omeniti, je več let trajajoči projekt Tehnika ti da krila, ki je bil namenjen osnovnošolski mladini tretje triade kot

tekmovanje in promocija tehnike in inženirstva med osnovnošolsko mladino. Projekt je bil tako uspešen, da se je iz njega razvilo najprej regijsko, potem državno in nato še mednarodno tekmovanje Legobum (robotika za osnovnošolce). Učenci mariborskih osnovnih šol so tekmovali, spoznavali tehniko in inženirstvo, mariborsko industrijo, srednje šole in tehniške fakultete ter si tako ustvarili pozitiven odnos, vtis in izkušnjo, kar je pozneje pri izbiri nadaljnjega izobraževanja in karierne poti merodajno za izbiro poklica.

Ob tem pomembnem poslanstvu DSI in ZID, ki ga je Ani organizacijsko zelo dobro vodila, je potrebno omeniti še delo na področju strokovnega izobraževanja. DSI Maribor je bil v tistih časih eden od centrov Sloveniji, kjer so inženirji v strokovnih seminarjih pridobivali znanja, potrebna za strokovne izpite pri Slovenski Inženirski Zbornici (SIZ).

Ani Hanžič je bila po tem, ko je DSI zamrla, aktivna še naprej pri ZID Maribor kot predsednica Komisije za izobraževanje. V okviru ZID si je močno prizadevala za sistemizacijo izobraževanja na ravni ZID, za pripravo kakovostnih strokovnih in družbeno kritičnih ter kakovostnih poljudnih predavanj za zainteresirano članstvo. Bila je tudi ena od gonilnih sil našega strokovnega Glasila ZID, ki ga izdajamo redno že od leta 2016, torej že skoraj deset let.

Struktura prispevkov v glasilu je sestavljena iz strokovnih člankov, poljudnih člankov, poročil posameznikov ali društev v okviru ZID in informacij, ki so v danem trenutku za bralce aktualne. Glasilo ZID je zavedeno kot strokovna revija v slovenskem knjižničnem sistemu Cobiss in posebej mlajši raziskovalci tehniških fakultet so vedno dobrodošli s svojimi strokovnimi prispevki, da obogatijo glasilo in se tako strokovno promovirajo tudi v domačem okolju.



Za kakovost Glasila ZID skrbi uredniški odbor z glavno urednico, Ani Hanžič pa je bila tisti motor, ki žene dejavnost v pozitivno prihodnost.

Ani Hanžič je lani izrazila željo, da bi se »upokojila« od aktivnega dela v Komisiji za izobraževanje pri ZID Maribor. Pride trenutek, ko je treba reči »hvala in adijo« in delo, odgovornost in skrb prepustiti mlajšim z novo energijo, novim videnjem in novimi zamislimi. Vseeno pa bo ostal odsev dela Ani Hanžič še mnogo let prisoten v delu Komisije za izobraževanje pri ZID, delu ZID in razvoju Glasila ZID.

Dolgoletni izjemen prispevek Ani Hanžič k razvoju in razcvetu ZID Maribor je neprecenljiv, edina beseda, ki lahko odtehta vse vloženo delo, ostane skromni hvala in obveza, da bomo ZID in vse oblike izobraževanja vodili naprej v dobrobit vseh naših članov.

Upravni odbor ZID Maribor je 29. januarja 2026 za neprecenljiv doprinos k razvoju ZID Maribor Ani Hanžič podeli svečano listino.

dr. Karl Gotlih,
podpredsednik ZID Maribor

fotografiji Gero Angleitner

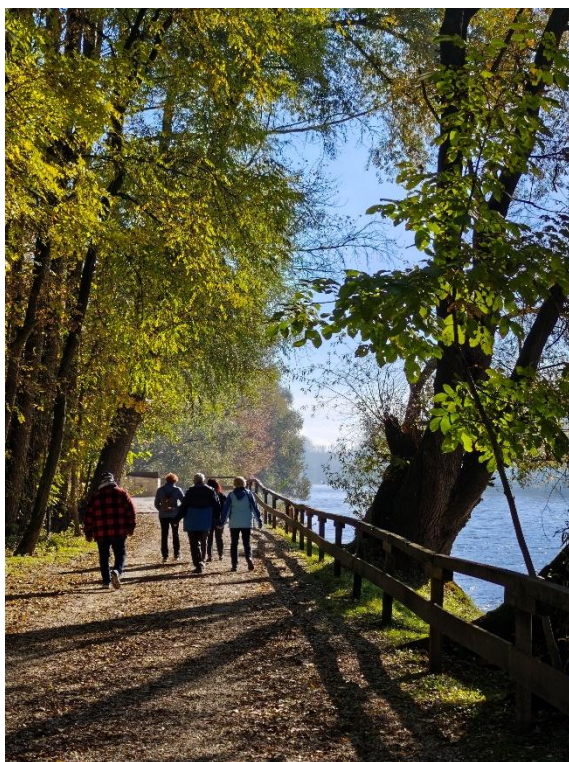
Elektrotehniško društvo v Goriških Brdih in Prekmurju



Aktivnosti Elektrotehniškega društva so zadnja leta po covidu prišla ponovno v neko tekoče delovanje. Tako imamo marca v Radencih ponovno dvodnevni izobraževalni posvet s področja močnostne elektrotehnike in sodobnih električnih inštalacij, v jesenskem roku pa enodnevni seminar za vzdrževalce srednje in nizkonapetostnih naprav.

Naše člane pa dva do trikrat na leto povabimo na enodnevno potepanje po naši deželi. V spomladanskem času smo obiskali Goriška Brda in takrat še aktualno Evropsko prestolnico kulture, Gorico. Obiska vredna je vasica Šmartno s petimi obrambnimi stolpi, ki so vidni daleč naokrog. V bližini je razgledni stolp v Gonjačah na vzpetini, od koder se nam ob lepem vremenu ponuja veličasten razgled na vse štiri strani neba. Mimo Solkanskega mostu smo se nato podali še na Sveto Goro z Baziliko Svetogorske Matere Božje.

V oktobru pa smo se peljali v prelepo in zanimivo Prekmurje. Začeli smo v Ižakovcih, kjer smo si v muzeju na Otoku ljubezni ogledali predstavitveni film in stalno razstavo »Büjraštvo na reki Muri«. Po pravi »büjraški malici« smo si ogledali obnovljeni plavajoči mlin in se z brodom popeljali – samo do polovice reke in nazaj, ker je bil prenizek vodostaj.



Otok ljubezni in čokoladnica

Sledil je obisk centra orhidej »Ocean Orchids« v Dobrovniku, kjer vsak dan zacveti okoli 4000 orhidej. Zraven se nahaja tropski vrt z zanimivimi tropskimi in subtropskimi rastlinami iz celega sveta.



Orhideje

Potepanje nadaljujemo z obiskom Domačije Passero v Tešanovcih, kjer nam v njihovi čokoladnici predstavijo izdelovanje čokoladnih pralinejev z obvezno degustacijo.



Tropski vrt in cerkev v Bogojini

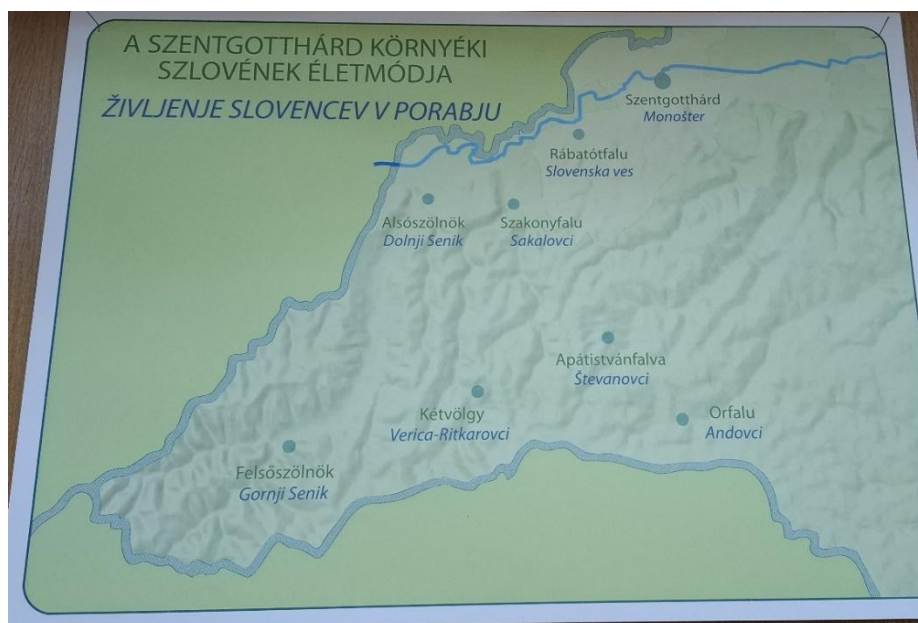
V tem delu Prekmurja je obvezen obisk Plečnikove cerkve Gospodovega vnebohoda v Bogojini. Ta cerkev sodi med najmodernejše cerkvene stavbe v Evropi. S svojo nenavadno podobo obiskovalca že od daleč pozdravlja okrogel zvonik, ki je poleg stropa, okrašenega z lokalnimi, ročno izdelanimi lončarskimi izdelki, prava paša za oči. Nedaleč za cerkvijo smo naše turistično potovanje zaključili na gurmanski način. Na Turistični kmetiji Puhani, ki slovi po tradicionalnih prekmurskih jedeh, so nam postregli z obilnim kosilom in z njihovimi dobrimi vini.

Nekaj fotografij iz tega izleta je na ogled v pričujočem zborniku.

mag. Gero Angleitner
predsednik Elektrotehniškega društva

Društvo seniorjev Podravja na obisku pri Slovencih v Porabju

V aprilu 2025, ko se narava prebuja v svojih najlepših barvah, se je skupina radovednih in srčnih članov Društva seniorjev Podravja (DSP) podala na nepozabno pot čez mejo. Naš cilj je bilo Porabje – tisti slikoviti kotiček Madžarske, kjer slovenska beseda še vedno živi in kjer nas vsakič znova prevzame neizmerno gostoljubje tamkajšnjih rojakov.



Zemljevid Porabja: Življenje Slovencev v Porabju med Monoštrom in Gornjim Senikom.

Vse do leta 1919 sta območji, ki danes nosita ime Prekmurje in Porabje, tvorili družbeno in duhovno enovit prostor imenovan Slovenska krajina. Leta 1920 pa je trianonska pogodba ločila Porabje od Slovenije. Porabje je del trideželnega naravnega parka Goričko-Raab-Őrség, ki od leta 2003 združuje naravno in kulturno dediščino vseh sosednjih narodov.



Eden od nekdanjih številnih mejnih kontrolnih prehodov na tako imenovani železni zavesi¹ na meji med Madžarsko in Avstrijo – postavljen l. 1949 in dokončno odpravljen junija 1989. leta.

¹ Izraz "železna zavesa" izvira iz slavnega govora Winstona Churchilla v Fultonu (ZDA) marca 1946, kjer je opisal politično in ideološko ločnico med vzhodnim (sovjetskim) in zahodnim svetom.

Obisk Monoštra – središča porabskih Slovencev

Monoštor (Szentgotthárd) velja za kulturno in gospodarsko srce porabskih Slovencev. Že ob prihodu smo začutili poseben utrip tega kraja, kjer se prepletata bogata cistercijanska zgodovina in sodoben trud za ohranitev slovenske identitete. Ogledali smo si tudi Cistercijanski samostan z mogočno baročno cerkev sv. Gotarda, ki s svojo arhitekturo priča o pomenu tega kraja skozi stoletja.



Cerkev sv. Gotarda: Baročna mojstrovina v Monoštru (foto: Grafični studio Civertan).

V **Slovenskem kulturnem in informativnem centru** nam je gospa Marijana Sukič (med drugim tudi nekdanja urednica časopisa Porabje) približala izzive in radosti življenja onstran meje. Posebej ganljivo je bilo prisluhniti porabskemu narečju, ki v sebi nosi arhaičen in topel zven naših prednikov.



V Slovenskem kulturnem in informativnem centru

Andovci (Orfalu) so najmanjše in eno najbolj idiličnih naselij v slovenskem Porabju na Madžarskem. V vasi stoji posebno spominsko obeležje – skala, ki so jo prinesli z vrha Triglava. Simbolizira trdno povezanost porabskih Slovencev z matično domovino in je priljubljena točka za fotografiranje.



Posebno doživetje smo doživeli v Andovcih, kjer nas je pozdravil 'Mali Triglav'.

Posebej nas razveseljujejo besede Gyöngyi Bajzek, sekretark Zveze Slovencev na Madžarskem, ki je dejala: *"Na Zvezi Slovencev na Madžarskem smo vedno veseli takšnih obiskov, saj za nas pomenijo veliko več kot zgolj uradno srečanje. So priložnost za osebne stike, odprt pogovor in občutek, da smo slišani in razumljeni. Takšni trenutki krepijo vezi z matično domovino, nam dajejo dodatno spodbudo pri našem delu ter potrjujejo, kako pomembno in dragoceno je ohranjati slovenski jezik, kulturo in identiteto tudi zunaj meja Slovenije. Hkrati nam obiski vlivajo zaupanje, da skupaj gradimo prihodnost, v kateri bo slovenska beseda v Porabju živela tudi v prihodnjih rodovih."*

Po poti tradicije v Gornjem Seniku

Pot smo nadaljevali proti Gornjemu Seniku, ki je s 600 prebivalci največje slovensko naselje v Porabju največjemu in najbolj slovensko obarvanemu naselju v Porabju. Gornji Senik je sedež Državne slovenske samouprave, ki je ena izmed dveh slovenskih krovnih organizacij, tukaj pa se nahaja tudi Slovenska vzorčna kmetija. Obisk spominske hiše in muzeja nas je opomnil na trdoživost ljudi, ki so skozi zgodovino ob tromeji ohranjali svojo kulturo. Na Gornjem Seniku smo obiskali tudi "Küharjevo spominsko hišo" v kateri so živeli duhovniki od začetka 19. stoletja. Med njimi tudi župnik-znanstvenik Jožef Košič. Kot 17. po vrsti je 50 let v hiši živel in deloval Janoš Kühar.



Küharjeva spominska hiša na Gornjem Seniku

V vitrinah so prikazani cerkveno-zgodovinski dokumenti in predmeti iz porabskih župnišč. V čitalnici so raziskovalcem na voljo dokumenti župniškega arhiva in knjižnica bivšega župnišča. V nekdanjem hlevu predstavlja etnološka razstava predmete, ki so jih uporabljali pri gospodarskih delih tako na župnišču kot v vasi. Seniorji, ki še posebej cenimo modrost prejšnjih generacij, smo z zanimanjem prisluhnili zgodbam o življenju ob nekdanji "železni zavesi".

Kulinarični užitki in pristno druženje

Seveda izlet ne bi bil popoln brez pristnih lokalnih okusov. V prijetnem okolju tipične madžarske gostilne smo se razvajali z domačimi jedmi, med katerimi niso smeli manjkati legendarni dödöli in bograč. Sproščen klepet je le še potrdil, kako pomembne so te vezi med nami.



Slovenska vzorčna kmetija z Zgornjega Senika deluje od leta 2015 (foto: Damjana Nemeš)

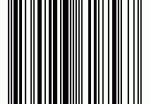
Ob povratku, ko smo prečkali mejo in se za trenutek ustavili še na slovenskem Goričkem, smo bili enotni: Porabje nas je ponovno očaralo. Takšni obiski niso le ekskurzije, so srečanja s koreninami in prijatelji, ki krepijo naše društvo in nam polnijo srce z novo energijo. Vlogo naše vodičke skozi celoten obisk ki je bil zelo dobro koncipiran in izpeljan pod taktirko Majde Sevšek, predsednice DSP, je imenitno izvedla Nikoletta Vajda Nagy, glavna urednica časopisa Porabje.

Ob povratku, ko smo prečkali mejo in se za trenutek ustavili še na slovenskem Goričkem, smo bili enotni: Porabje nas je ponovno očaralo. Takšni obiski niso le ekskurzije, so srečanja s koreninami in prijatelji, ki krepijo naše društvo in nam polnijo srce z novo energijo.

Dragan Grgić



ISSN 0253-6188



9 770253 618567