



Univerza v Mariboru

Fakulteta za gradbeništvo,
prometno inženirstvo in arhitekturo

Tehnična specifikacija za izvedbo mobilnega laserskega skeniranja in določitev osi po voznem pasu

Verzija 2.4: 19. 4. 2024

KAZALO

Seznam kratic.....	3
1 Referenčni normativi in definicije	4
2 Uvod	5
3 Dosedanji projekti in potrebe prometnih sistemov.....	7
3.1 Kooperativni inteligentni transportni sistemi (C-ITS) in avtonomna vožnja	7
3.2 Opis osi po prometnem pasu.....	8
3.3 Podatkovne strukture in izmenjevalni protokoli za DPI	9
3.4 DARS – Avtoceste in hitre ceste	13
4 Vsebina naročila	13
4.1 Zajem podatkov	14
4.1.1 Zahteve za zajemanje podatkov	14
4.1.1.1 Način izvedbe snemanja	15
4.1.1.2 Minimalne zahteve glede opreme.....	16
4.1.1.3 Končni izdelki MLS	16
4.1.2 Zahteve za slikovni zajem podatkov s fotografiranjem.....	17
4.1.2.1 Način izvedbe snemanja	17
4.1.2.2 Minimalne zahteve glede opreme.....	17
4.1.2.3 Končni izdelek slikovnega snemanja	17
4.2 Metodologija	18
4.2.1 Identifikacija objektov DPI	19
4.2.1.1 Končni izdelek identifikacije objektov DPI	19
4.2.2 Preverjanje skladnosti modela DPI s stanjem na terenu	20
4.2.2.1 Končni izdelek preverjanja skladnosti modela DPI.....	20
4.3 Priprava načrta za konceptualni podatkovni model DPI.....	20
4.4 Predaja rezultatov	20
5 Okvirni terminski načrt projekta	21
6 Ostale zahteve	21
6.1 Metodološke zahteve.....	21
6.2 Uporabniška in tehnična dokumentacija.....	22
6.3 Usposabljanje uporabnikov	23
7 Jamčevanje in vzdrževanje	23
8 PRILOGA A	24

Seznam kratic

ADAS	Advanced Driver-Assistance Systems
CAT	Connected and Automated Transport
CAD	Povezana in avtomatizirana vožnja
CityGML	City Geography Markup Language: https://www.ogc.org/standard/citygml/
C-ITS	Cooperative Intelligent Transport Systems
DPI	Digitalna prometna infrastruktura
INSPIRE	Infrastructure for Spatial Information in the European Community (INSPIRE)
IMU	Inertial Measurement Unit, Naprava/naprave, ki omogočajo določanje lokacije »brez satelitov« na podlagi avtonomnega merjenja smeri, hitrosti in pospeškov gibanja
LiDAR	Light Detection and Ranging
MLS	Mobilno lasersko skeniranje
NDS	Navigation Data Standard
OSM	OpenStreetMap
SF	Sferično fotografiranje
TN-ITS	Transport Network - Intelligent Transportation Systems

1 Referenčni normativi in definicije

S tematiko povezani referenčni normativi so:

- [Uredba \(EU\) 2021/1153](#) Evropskega parlamenta in Sveta z dne 7. julija 2021 o vzpostavitvi Instrumenta za povezovanje Evrope ter razveljavitvi uredb (EU) št. 1316/2013 in (EU) št. 283/2014 (Besedilo velja za EGP)
- [Direktiva \(EU\) 2019/1936](#) Evropskega parlamenta in Sveta z dne 23.10.2019 o spremembi Direktive 2008/96/ES o izboljšanju varnosti cestne infrastrukture.
- Direktiva 2007/2/EC Evropskega parlamenta in Sveta o vzpostavitvi infrastrukture za prostorske informacije v Evropski skupnosti (INSPIRE) ([UL L št. 108 z dne 25. 4. 2007](#), str.1)
- INSPIRE baza znanja in tehnične specifikacije, https://knowledge-base.inspire.ec.europa.eu/legislation/inspire-directive_en
- INSPIRE, tehnična navodila, <https://github.com/INSPIRE-MIF/technical-guidelines>
- TN-ITS, <https://tn-its.eu>
- Evropska komisija, Mobility and Transport, Trans-European Transport Network (TEN-T), https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/infrastructure-and-investment/trans-european-transport-network-ten-t_en
- Načrtovana metodologija za TEN-T, European Commission, "Document 52013SC0542, Commission staff working document, The planning methodology for the trans-European transport network (TEN-T) Accompanying the document Communication from the Commission Building the Transport Core Network: Core Network Corridors and connecting Europe Facility", <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ga/TXT/?uri=CELEX:52013SC0542>, 2013.
- CityGML – industrijski standard organizacije Open Geospatial Consortium (OGC) za definicijo konceptualnih modelov za predstavitev, shranjevanje in izmenjavo 3D modelov mest (3D city models), <https://www.ogc.org/standard/CityGML/>
- ZCes-2 - Zakon o cestah, ki opredeljuje Banko cestnih podatkov (BCP)
- C-Roads, <https://www.c-roads.eu/platform.html>
- Portal Prostor, <https://www.e-prostor.gov.si/>

2 Uvod

Cilj naloge je zajem in digitalizacija podatkov prometne infrastrukture za potrebe avtonomne vožnje. Naloga bo obravnavala geometrijo prometnih površin na ravni voznih pasov za določitev poteka osi in pripravo digitalnega modela osi po prometnem pasu. Digitalni model osi po prometnem pasu je del digitalne prometne infrastrukture (DPI).

Rezultati naloge bodo namenjeni podpori novim digitalnim storitvam v prometu. Digitalni model mora zagotavljati podporo navigaciji, zagotavljati podporo in biti vir informacij za kooperativne informacijske sisteme v prometu (C-ITS) ter v prihodnje omogočati in podpirati avtonomno vožnjo. Širše se lahko podatki uporabljajo tudi za druge namene, kot npr. vzdrževanje cest.

Trenutne podatkovne baze in digitalni zemljevidi, ki so v uporabi, so zasnovani v prejšnjih desetletjih in namenjeni 2D-predstavitvi, ki temelji na središčnici, brez zadostne ravni podrobnosti (atributov) za uporabo v novih tehnologijah (npr. C-ITS, ADAS, CAD, TN-ITS, INSPIRE). Ti zemljevidi in baze ne zadostujejo več za današnje ali prihodnje sisteme za pomoč voznikom in potrebam sistemov povezane in avtomatizirane vožnje (CAD). Novi asistenčni sistemi v vozilih zahtevajo natančne podatke v digitalnih zemljevidih z dodatnimi podrobnostmi o prometnih površinah in voznih pasovih. Dostop do teh podatkov bo omogočen v okviru nacionalne točke dostopa (NAP.si).

Sodobni trendi digitalizacije prometne infrastrukture gredo v smeri izgradnje digitalnih dvojčkov prometnih omrežij na ravni voznega pasu z informacijami o relevantni okoliški infrastrukturi. Model digitalnega prometnega omrežja tako mora opisati trenutno stanje fizične infrastrukture na način, da bodo ustrezno natančno opredeljene digitalne osi po voznem pasu. Na nivoju voznega pasu je potrebno opisati tudi vsa križišča, zavijanja, uvoze, izvoze in druge posebnosti v infrastrukturi, in sicer za vse vrste modalnosti, kot so vozni pasovi za avtomobile, avtobuse, kolesarske poti in drugo. Model mora biti zasnovan tako, da omogoča razširjanje in ažuriranje sprememb na cestni infrastrukturi v prihodnje.

Za potrebe priprave podatkov za avtonomno vožnjo so potrebni tudi dodatni podatki o fizični prometni infrastrukturi kot so prometni znaki, semaforji in druga vertikalna in horizontalna prometna signalizacija. Ti podatki so na razpolago v obstoječi evidenci prometne signalizacije (WEPS), nekateri najbolj ključni bodo dostopni na nacionalni točki dostopa, zato jih v tej nalogi ne zajemamo.

Naročnik predvideva, da bo osnovna metoda za digitalizacijo infrastrukture tehnologija zajema oblakov 3D točk (angl. 3D point cloud) s sistemom za mobilno lasersko skeniranje (MLS - Mobile LiDAR). LiDAR sistemi so se izkazali kot zelo učinkoviti pri zajemu zelo gostih oblakov 3D točk vzdolž cestnih koridorjev, iz katerih je mogoče z nadaljnjim procesiranjem izluščiti zahtevane objekte predvidenega modela prometnega omrežja. Tako pridobljeni oblaki točk omogočajo zajem geometrije ceste in njenega okolja, kakor tudi identifikacijo številnih prej navedenih objektov. Ker vseh navedenih objektov in še posebej njihove podrobnejše klasifikacije ali ni mogoče ali je težavno pridobiti samo iz oblaka točk, naročnik predvideva vzporedno uporabo optičnega fotografiranja. Še posebej je to pomembno za pravilno prepoznavanje prometne signalizacije in voznih pasov.

Naročnik predvideva, da bo izvajalec zajem podatkov na terenu izvedel na delu cestnega omrežja, ki ga bo naročnik določil v dogovoru z izvajalcem. Po opravljenem zajemu podatkov na terenu, naloga predvideva procesiranje in obdelavo oblakov točk z namenom razpoznavanja omenjenih elementov DPI in opis podatkovnega modela, ki bo integriran v obstoječo informacijsko infrastrukturo NCUP (Slika 1).

3 Dosedanji projekti in potrebe prometnih sistemov

3.1 Kooperativni inteligentni transportni sistemi (C-ITS) in avtonomna vožnja

Inteligentni transportni sistemi (ITS) imajo za cilj izboljšati prometno varnost, učinkovitost prometa ter narediti promet skladnejši s smernicami trajnostnega razvoja. Kooperativni ITS (C-ITS) predstavljajo nadgradnjo klasičnih ITS in zaobjemajo nabor tehnologij in aplikacij, ki omogočajo učinkovito izmenjavo podatkov med vsemi akterji, ki prihajajo v stik s transportnim sistemom, in sicer s pomočjo mobilnih tehnologij in brezžične komunikacije. Komunikacija vključuje tako izmenjavo podatkov med vozili (V2V), kot izmenjavo podatkov in sporočil med vozili in prometno infrastrukturo (V2I). Na ta način C-ITS uporabnikom prometne infrastrukture zagotavlja lokacijsko ustrezne, pravilne in pravočasne informacije o prometu, glede na situacijo v kateri se trenutno nahajajo. C-ITS predstavlja nadgradnjo obstoječih sistemov ITS in razširja njihovo delovanje na področjih kot so upravljanje prometa, zagotavljanje prometnih informacij v realnem času in zagotavljanje prometne varnosti.

S ciljem zagotavljanja večje sprejemljivosti za končne uporabnike in ponudnike s C-ITS skladne terminalne opreme in sistemov v vozilih, razvoj C-ITS v evropskem prostoru sloni na usklajenem vzpostavljanju sistema v vseh članicah EU. Osrednja platforma, ki je namenjena razvoju, usklajevanju in uvajanju C-ITS storitev, je platforma C-Roads. Le ta zagotavlja medopravilnost in harmonizacijo posamičnih lokalnih implementacij na nivoju celotne platforme in s tem na nivoju celotne EU.

C-ITS opremljena vozila v realnem času dobivajo informacije o dogajanju v prometu, kar vozniku omogoča boljši vpogled ter pravočasno in ustreznejše odzivanje na trenutne prometne razmere. Nekateri primeri C-ITS storitev so informiranje voznikov o zaporah, ki se jim vozilo bliža, informiranje o gibanju vozil na nujni vožnji ali dostop do informacij o prometni signalizaciji v samem vozilu. Za vse C-ITS storitve je podatek o lokaciji pojava ali dogodka v prometnem omrežju bistvenega pomena. Statične informacije, kot so npr. lokacije križanj z železnico, področja omejitve hitrosti ali lokacije cestnih zapor, kot tudi dinamične informacije, kot je gibanje vozil na nujni vožnji ali prometni zastoj, se vedno nanašajo na določeno lokacijo v prometnem omrežju. Na osnovi lokacije C-ITS sistemi voznikom ustrezno filtrirajo informacije, ki so za določeno vožnjo relevantne. Zato je za zagotavljanje ustreznih, pravilnih in relevantnih informacij potrebno vzpostaviti dovolj natančen opis prometne infrastrukture, oziroma prometnega omrežja.

Nadaljnji razvoj sistemov in storitev C-ITS bo podpiral tudi avtonomno vožnjo ter samovozeča vozila, in s tem razvoj povezane, sodelovalne in avtomatizirane mobilnosti (ang. Connected, Cooperative and Automated Mobility – CCAM) ter sistemov povezane in avtomatizirane vožnje (ang. Connected and Automated Driving – CAD). Prav tako bo prihodnji razvoj C-ITS storitev usmerjen v izboljšanje in podporo vseh prometnih modalnosti.

Omenjeni sistemi že potrebujejo in bodo v prihodnje za svoje delovanje še bolj potrebovali ustrezne in bolj natančne geografske podatke, zemljevide in podrobnosti o infrastrukturnem omrežju. V ta namen iniciative, kot je platforma C-ROADS, razvijajo specifikacije zahtev za digitalno prometno infrastrukturo za potrebe upravljanja prometa, ki bo ustrezno podpirala bodoče C-ITS in CCAM storitve. V okolju CCAM namreč digitalna prometna infrastruktura predstavlja dodaten »senzor«, ki sistemom avtonomne vožnje zagotavlja informacijo o okolju v katerem se vozilo nahaja in tako podpira učinkovito navigacijo in premikanje v prometnem omrežju.

V zvezi z digitalno prometno infrastrukturo je pomembno dodati še, da bodo bodoči C-ITS sistemi ne le uporabljali informacije o infrastrukturi, temveč bodo vozila generirala, sistem pa zbiral informacije o gibanju vozil in prometu, kar bo omogočalo povratno zanko skozi katero bo v prihodnje mogoče podatke o digitalni prometni infrastrukturi kontinuirano izboljševati.

Izvedba sodobnih C-ITS storitev pogosto zahteva natančnejše podatke o infrastrukturi in prometnem omrežju, kot jo zagotavljajo obstoječi sistemi upravljanja prometa. Cestno omrežje je velikokrat podano z eno osjo ceste ter v 2D, hkrati je na voljo le malo podatkov o cesti. Takšni podatki za izvedbo sodobnih C-ITS storitev in bodoče CCAM ne zadostujejo, saj le-te velikokrat potrebujejo ne le podatke o poteku ceste, temveč podatke o prometnih pasovih. Dinamični podatki o prometu zahtevajo natančnosti

umeščanja prometnih dogodkov med 10 do 100m znotraj ustreznega prometnega pasu, da je mogoče zagotavljati ustrezno kakovost storitev (npr. lokacija pričetka prometnega zastoja v izbrani smeri vožnje). Še višjo natančnost podatkov o prometni infrastrukturi potrebujejo samovozeča vozila. Za potrebe avtomatizirane in avtonomne vožnje je potrebno zagotoviti centimetersko natančnost podatkov o oseh posamičnih prometnih pasov. Pri tem kot os prometnega pasu pojmujeemo 3D linijo, ki poteka po sredini voznega pasu (ang. *centerline*).

Ker se prometno omrežje iz vidika prometa nenehno spreminja, npr. spreminjajo se odseki omejitev hitrosti ali druga pravila, je potrebno za potrebe digitalnih storitev stalno pridobivati ažurne informacije o prometni infrastrukturi. Zato je potrebno vzpostaviti ustrezne protokole za ažuriranje podatkov na strani ponudnikov storitev. Podatki o prometnem omrežju, uporabljenih ukrepih in pravilih ter drugih lastnostih omrežja, ki jih določajo upravljalci prometnih omrežij ter prometa morajo biti stalno na voljo za ponudnike storitev.

Iz navedenih razlogov je tako na nivoju celotnega prometnega omrežja, kjer se uvajajo sodobne storitve za podporo upravljanja prometa, podporo voznikom ali uvajanje avtonomne vožnje potrebno vzpostaviti podrobno in natančno digitalno prometno infrastrukturo in ustrezne standardizirane postopke za dostop do podatkov ter izmenjavo in ažuriranje podatkov.

3.2 Opis osi po prometnem pasu

Za namene CCAM je potrebno zagotoviti natančno pozicioniranje vozila na voznem pasu. Pozicijo vozila na voznem pasu vozilo lahko ugotavlja s kombinacijo lastnih senzorjev s katerimi prepozna okolico. Pri tem so vozilu lahko v pomoč fizični markerji v ali ob cesti, kar seveda predstavlja zahtevne posege v fizično prometno infrastrukturo. Po drugi strani vozilo lahko prepozna svojo pozicijo na voznem pasu in v prometnem omrežju s kombinacijo prepoznavanja lastne absolutne pozicije v prostoru in uporabo dovolj natančnega zemljevida prometnega omrežja.

Obstoječi zemljevidi, namenjeni navigaciji in načrtovanju poti za te potrebe ne zadostujejo. Prometno omrežje je navadno predstavljeno s topološko strukturirano mrežo cest, kjer so cestni odseki predstavljeni kot ravne črte, oz. polilinije, križišča pa so predstavljena kot vozlišča v mreži. Posamična cesta je običajno opisana kot ena črta, ki predstavlja vse prometne pasove ne glede na smer vožnje. To zadostuje za izračunavanje poti in navigacijo znotraj omrežja, vendar ne zadostuje tudi za neposredno usmerjanje vozila med vožnjo na voznem pasu. Za potrebe CCAM je potrebno vsak odsek ceste podrobneje opisati, in sicer z natančnim potekom vseh prometnih pasov na danem odseku, omogočati mora opis več-nivojskih križanj vozišč in opis potekov kompleksnih križišč. Ceste morajo biti opisane tako, da vsebujejo posamični opis 3D-geometrije vseh prometnih pasov in to v centimeterski natančnosti. Tako je mogoče z uporabo natančne absolutne pozicije vozila in podatki o poteku prometnega pasu določiti pozicijo vozila na prometnem pasu.

Za potrebe usmerjanja vozila na voznem pasu mora opis osi po prometnem pasu zadostiti še dodatnemu pogoju. Potek osi mora biti odsekovno zvezen in omogočati določanje tangentnega vektorja v vsaki točki osi, da bi lahko vozilu zagotovili podatek o ukrivljenosti poti pred vozilom. Le tako so podatki o prometnem pasu uporabni za avtonomno vozilo. Temu je mogoče zadostiti ali z zelo podrobno definirano polilinjijo in ustreznim algoritmom ali pa s funkcijskim opisom osi.

Točkovno podan potek osi s polilinjijo zahteva veliko število točk, če želimo zagotoviti ustrezno natančnost poteka krivulje in njene analitične lastnosti, prav tako pa zahteva uporabo časovno zahtevnih algoritmov za ugotavljanje ukrivljenosti. Velik obseg podatkov lahko postane težava za prenos v mobilnem omrežju ter za shranjevanje in obdelavo v vozilih za potrebe delovanja in oblikovanja odzivov vozila v realnem času. Zato so se v preteklosti pojavile različne iniciative in ideje za odsekovno analitični zapis osi prometnega pasu. V teh pristopih se potek osi določi točkovno, točke razmejujejo segmente osi, povezave med njimi pa niso linearne, temveč je potrebno vsak segment opisati z interpolacijsko funkcijo. Interpolacijske funkcije morajo biti zvezne in odvedljive, tako da je mogoče v vsaki točki določiti tangentni vektor. Zaradi učinkovitosti in zahtev za računanje značilnosti krivulje v realnem času so za te namene primerne polinomske funkcije tretjega reda. Prednost polinomskih funkcij in njihovih zlepkov je v enostavnosti uporabe, nizkih zahtevah glede procesiranja ter zmožnosti enostavnega lokaliziranega

spreminjanja. Sicer je za opis poteka ceste zanimiva tudi uporaba klotoide, vendar se v praksi izkaže, da je računska zahtevnost uporabe teh funkcij zelo zahtevna, težava je tudi postavljanje osi v 3D.

Zapis prometnega omrežja na nivoju prometnih pasov zahteva še določanje sosednosti prometnih pasov, kar pomeni, da mora biti znano ali in kje je možen prehod iz enega na sosednji prometni pas. Pri zajemu podatkov in njihovi obdelavi, ki zajema ekstrakcijo geometrije prometnih pasov in osi po pasovih, je potrebno pridobiti tudi informacijo o skupkih prometnih pasov, torej o sestavi vozišča iz prometnih pasov in možnostih prehajanja med vzporednimi prometnimi pasovi.

Pri zapisu cestnega omrežja na nivoju prometnih pasov, je posebno pozornost potrebno nameniti križiščem in prehodom kjer se razporeditev prometnih pasov spreminja, npr pasovi se lahko zlivajo ali razdružujejo. V križiščih se stikajo in križajo osi prometnih pasov različnih cest. V opisu križišča je zato potrebno označiti kateri zavoji so možni, oziroma dovoljeni (npr. vozilo na dvopasovni cesti, ki se nahaja na levem prometnem pasu, v križišču običajno ne sme zaviti v desno).

3.3 Podatkovne strukture in izmenjevalni protokoli za DPI

Slovenska prometna infrastruktura je sestavni del širše prometne infrastrukture, kakor je tudi upravljanje prometa in uvajanje C-ITS in drugih elektronskih storitev globalno prizadevanje, ki povezuje operaterje in uporabnike iz širšega evropskega območja. Medopravilne digitalne storitve krepijo prometne storitve in prinašajo sinergijske učinke v prometu. Takšne sinergije omogoča le harmonizirana in kakovostna digitalna prometna infrastruktura. Harmonizacija je potrebna tako iz vidika podatkov in elementov DPI, ki so uporabnikom na voljo, kot tudi iz vidika strukture podatkov in načina dostopa do DPI. Pri razvoju sistemov je nujno upoštevati, da bo DPI uporabljalo veliko število deležnikov iz različnih področjih in za različne namene. Zato je pri razvoju digitalne prometne infrastrukture ključnega pomena slediti uveljavljenim standardom in specifikacijam, hkrati pa spremljati razvoj tudi na področjih, kjer standardnih rešitev še ni.

EU z direktivo INSPIRE (Direktiva 2007/2/EC) vzpostavlja infrastrukturo prostorskih podatkovnih zbirk, ki je harmonizirana po svoji strukturi in temelji na ISO standardih (standardi serije 19100). Prav tako pristop zagotavlja dodatne storitve, ki omogočajo učinkovito izmenjavo odprtih informacij med deležniki. Slovenija direktivi INSPIRE sledi z razvojem slovenskega meta podatkovnega modela INSPIRE in portala Prostor.

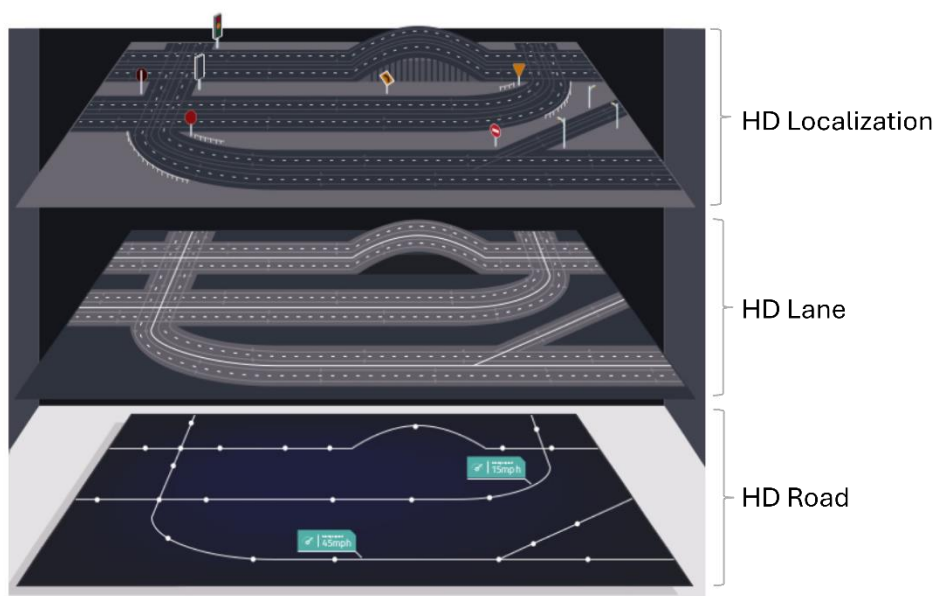
Namen INSPIRE je zagotavljanje ponovne uporabnosti prostorskih podatkov, združevanje podatkov iz različnih virov in za različne namene. Sistem omogoča hierarhično strukturiranje podatkov glede na zahtevani nivo podrobnosti. Med prostorske podatke uvrščamo tudi podatke o prometni infrastrukturi in INSPIRE podatkovne sheme definirajo tako logični podatkovni model, kot načine kodiranja podatkov o digitalni prometni infrastrukturi. Podrobnejše informacije o INSPIRE podatkovnih shemah in uporabi za namene razvoja digitalne prometne infrastrukture se nahaja v tehničnih navodilih INSPIRE, ki so prosto dostopna.

Uporabna INSPIRE za opis DPI lahko zadosti klasičnim ITS potrebam, vendar podatkovne strukture prometno omrežje opisujejo le na nivoju cest, ne pa tudi na nivoju prometnih pasov. Pristop zato zadostuje za prikaz cestnega omrežja in izračunavanje poti (ang. *routing*), vendar to ne zadostuje za pozicioniranje vozil na voznem pasu za namen izvajanja aktivnosti vozila v konkretni prometni situaciji.

Za potrebe avtonomne vožnje vozilo potrebuje podatke o geometriji ceste na nivoju voznega pasu. Na področju avtonomne vožnje se tako razvijajo pristopi k opisu DPI, ki je podrobnejši od obstoječih standardnih rešitev. Običajno takšne zemljevide imenujemo zemljevidi visoke ločljivosti – HD zemljevid (ang. *HD Map*). Tehnologija zemljevidov visoke ločljivosti je trenutno v razvoju in ni splošno uveljavljenih odprtih standardov. Zemljevide ustvarjajo konzorciji korporacij (npr. NDS.Live, ASAM, HERE, NVIDIA, TomTom), ki se ukvarjajo z razvojem avtonomne vožnje. Dostopnost teh zemljevidov je omejena na člane konzorcijev ali pa so podatki dostopni proti plačilu kot storitev in le z uporabo programske opreme omenjenih konzorcijev. Iz navedenih razlogov trenutno ne obstaja uveljavljen skupni standard za strukturiranje zapisa visokoločljivih zemljevidov za potrebe avtonomne vožnje. Za to področje obstaja nekaj specifikacij za opis ceste na nivoju prometnih pasov, ki so dostopne in naročnik predvideva, da

bo izvajalec pri pripravi metodologije in strukture zapisa zemljevida sledil obstoječim praksam, predvsem NDS.Live in ASAM OpenDRIVE.

Običajno so HD zemljevidi zasnovani v tri nivojski strukturi (Slika 2). Prvi nivo zaobjema klasični pristop opisa cestnega omrežja na nivoju ceste. Definira značilnosti cest, topologijo, križišča in smeri vožnje, geometrijske značilnosti v 3D z atributi. Takšni zemljevidi zadostujejo za namene običajne navigacije in izračunov poti. Drugi je nivo prometnih pasov (angl. Lane Model), ki opredeljuje potek in attribute prometnih pasov, kot npr. namen vozišča glede na modaliteto, talne oznake, ki opredeljujejo robove prometnega pasu, sosednost prometnih pasov, področja za zaustavljanje in druge prometne površine. Ta nivo podrobnosti je potreben za avtomatizacijo sprejemanja odločitev o premikih avtonomnega vozila v prometu. Tretji nivo (angl. Localization Model) zajema objekte v prostoru, ki so vozilu v pomoč pri orientaciji. Tukaj so opisane zgradbe, prometni znaki, talna signalizacija in drugi objekti. Namen takšnih zemljevidov je zagotoviti temelj, kjer se združita opis infrastrukture in zaznavni podatki pridobljeni iz senzorjev vozila, s tem pa se poveča vidno polje vozila.



Slika 2. Prikaz treh nivojev plasti HD zemljevida, (povzeto po HERE Live DH Map¹)

ASAM OpenDRIVE

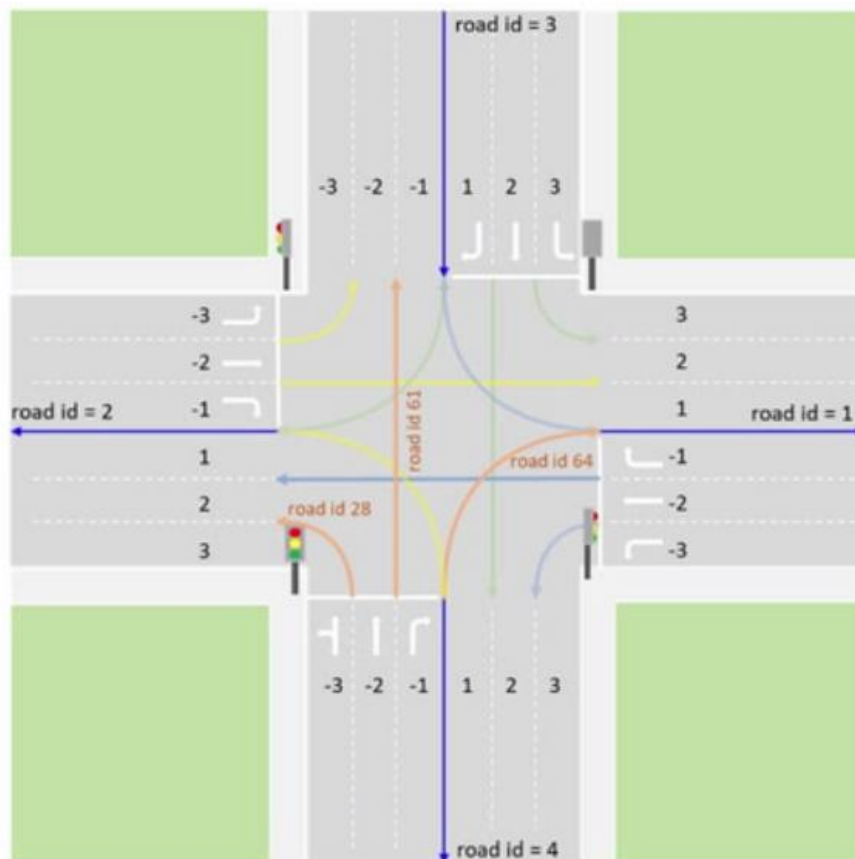
ASAM e.V. (Association for Standardization of Automation and Measuring Systems) je neprofitna organizacija, ki spodbuja standardizacijo v avtomobilski industriji in zagotavlja nevtralne platforme, ki omogočajo sodelovanje različnih akterjev v življenjskem ciklu razvoja vozil. Pomemben vidik, ki ga pokriva ASAM so simulacije, ki omogočajo testiranje avtonomne vožnje v digitalnem okolju. Za potrebe simulacij so v združenju razvili standard za opis cestnega omrežja, ki podpira simulacije in testiranje avtonomnih vozil imenovan ASAM OpenDRIVE.

OpenDRIVE omogoča opis cestnega omrežja z uporabo tehnologije XML. Podatki opisujejo ceste, prometne pasove in objekte, ki jih najdemo v cestnem telesu, kot so oznake na cesti, kakor tudi obcestni objekti. Format je primeren za opis cest na temelju podatkov zbranih s skeniranjem dejanske cestne infrastrukture.

Opis cestnega omrežja temelji na osi ceste (angl. reference line), geometrija celotne ceste, kakor tudi geometrija prometnih pasov, je povezana s glavno osjo ceste. Lokacija prometne signalizacije je lahko povezana z osjo, lahko pa je podana v globalnih koordinatah. Celotno cestno omrežje je sestavljeno iz

¹https://www.here.com/sites/g/files/odxslz256/files/2021-10/HERE_HD%20Live%20Map_product_one-pager_2020.pdf

homogenih odsekov (odsekov z enako strukturo prometnih pasov), ki so med seboj povezani (Slika 3). Sprememba strukture odseka je vodilo pri uvajanju novih odsekov. Standard omogoča tudi opis kompleksnih križišč. V križiščih se ceste stikajo in se lahko tudi deloma prekrivajo, da je možno opisati prehode med cestami, prav tako pa je mogoče opisati prehode in povezave med prometnimi pasovi.



Slika 3. Primer križišča v OpenDRIVE

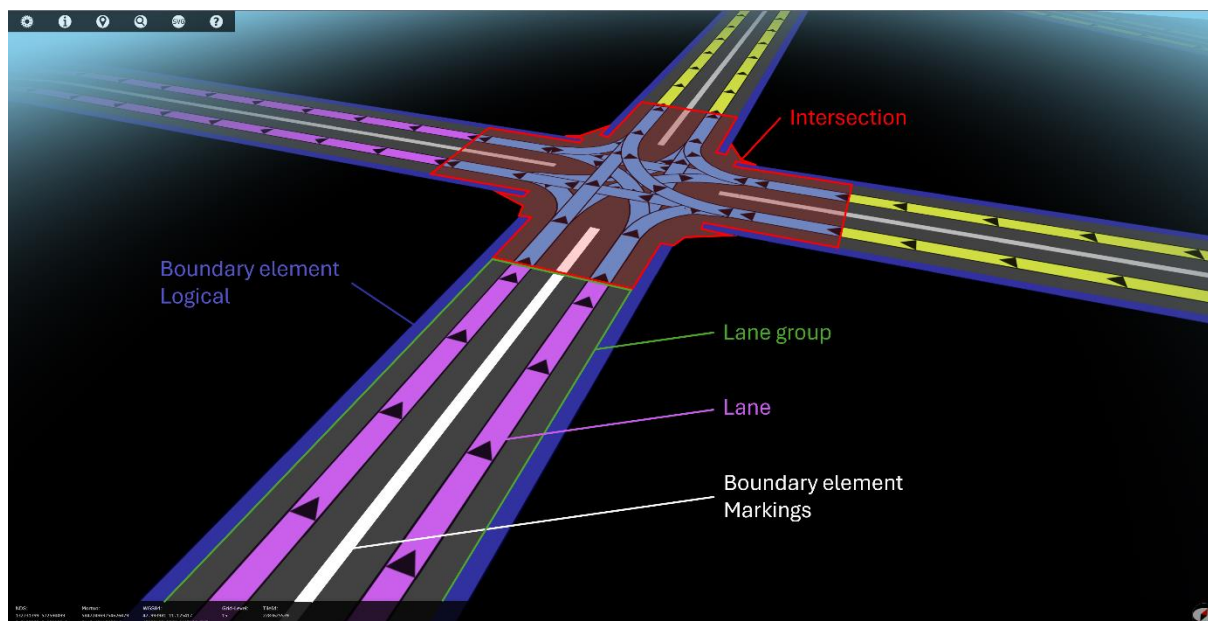
Več informacij o standardih ASAM je mogoče pridobiti na

<https://www.asam.net/standards/detail/opensdrive/>.

NDS.Live

Navigation Data Standard (NDS) zagotavlja specifikacijo podatkovnih struktur za HD zemljevide in je namenjen navigaciji v vozilu in naprednim asistenčnim sistemom v vozilih (angl. Advanced Driver Assistance Systems - ADAS). Namenjen je podpori avtonomne vožnje. NDS podrobno definira, kako strukturirati in shranjevati zemljevide prometnih sistemov, definira podatkovni model, vmesnike in protokole za izmenjavo zemljevidov na učinkovit način. Podpora segmentaciji zemljevida omogoča tudi učinkovito izmenjavo in posredovanje podatkov o zemljevidih v realnem času. Tudi drugi razvijalci HD zemljevidov praviloma omogočajo zapisovanje in izmenjavo zemljevidov v formatu NDS.Live.

Podatkovne sheme NDS opredeljujejo pravila za opis prometnih pasov, poti skozi omrežje, ovir in drugih objektov in vse to v povezavi s topologijo cestnega omrežja (Slika 3). Nova generacija NDS, ki se imenuje NDS.Live podpira tako klasično kot tudi hibridno in povezano (online) navigacijo, saj omogoča posredovanje dinamičnih podatkov o cestnem omrežju med samo vožnjo. Z uvedbo sistema NDS.Live je konzorcij NDS tudi odprl specifikacijo, ki je bila prej dostopna le članom asociacije NDS, vsem zainteresiranim uporabnikom. Na voljo je brezplačen dostop do specifikacij in sistema NDS.Live, ki je sedaj strukturiran modularno, tako da podpira tako statične, dinamične, kot tudi žive, realno časovne podatke, omogoča ciljno posredovanje informacij ter dinamično selekcijo geometrijskih in ostalih lastnosti, ki jih uporabniki želijo izmenjevati.



Slika 3. Primer vizualizacije ceste in prometnih pasov ter križišča z uporabo NDS.Live

NDS.Live je tridimenzionalni model, ki omogoča opis cestnega omrežja, opis prometnih pasov ter drugih objektov pomembnih za promet in lokalizacijo vozila tako geometrijsko, kot tudi atributno.

Več informacij o podatkovnem modelu in drugih značilnostih NDS.Live je mogoče brezplačno pridobiti na spletni strani združenja NDS z brezplačno registracijo v sistem NDS.Live (<https://www.nds.live/>).

Ažuriranje podatkov

Velikost in dinamična narava prometnih omrežij zahtevata stalno ažuriranje podatkov, kakor tudi distribucijo sprememb vsem ponudnikom storitev na prometni infrastrukturi in drugim deležnikom. Pri tem velika količina podatkov in veliko število uporabnikov predstavlja določene izzive. HD zemljevid mora omogočati kontinuirano ažuriranje vsebine in strukture. V tej nalogi naročnik pričakuje, da bo ob skladnosti podatkovnih struktur z v svetu uveljavljenimi formati, rešitev omogočala tudi redno periodično ažuriranje vsebin zemljevidov.

Izzive dinamičnega ažuriranja naslavlja tudi iniciativa TN-ITS, ki je nastala prav iz potreb ažuriranja podatkov o prometni infrastrukturi. Upravni organi in upravljalci javne infrastrukture sprejemajo ukrepe in uvajajo regulativne in druge spremembe, ki se nanašajo na prometno omrežje. Ti podatki postanejo statični atributi prometnega omrežja in postanejo sestavina digitalne prometne infrastrukture. Deležniki, ki razvijajo digitalne storitve na področju ITS, vse spremembe, ki se nanašajo na prometno omrežje potrebujejo za zagotavljanje pravih in ažurnih informacij za uporabnike storitev.

TN-ITS omogoča izmenjavo informacij o spremembah digitalne prometne infrastrukture s poudarkom na atributih prometne varnosti. Specifikacija določa konceptualno shemo izmenjevalnega formata ter predpisuje fizični izmenjevalni format za zapis in prenos podatkov. TN-ITS je skladna z direktivo INSPIRE. Cilj TN-ITS je zagotoviti pravilne, kakovostne in ažurne podatke o cestni infrastrukturi, zemljevidih in statičnih lastnostih cestnega omrežja. Primarno je TN-ITS namenjen prenosu podatkov, ki se nanašajo na prometno regulativo, vendar podpira tudi druge vidike povezane s prometom in cestami. TN-ITS v Sloveniji že uporabljamo, je del informacijskega sistema NCUP in ga je potrebno upoštevati pri izvedbi projekta predvsem v zvezi s prometno signalizacijo.

Naročnik predvideva, da bo izvajalec pri izvedbi projekta sledil mednarodno uveljavljenim specifikacijam za opis ceste in prometnih pasov, kjer je to mogoče in kjer specifikacije obstajajo.

3.4 DARS – Avtoceste in hitre ceste

V preteklosti je v Sloveniji izveden soroden projekt iz področja zajema podatkov o prometni infrastrukturi izveden s strani DARS.

Za potrebe posodobitve podatkov o digitalni prometni infrastrukturi za področje avtocest v Sloveniji, je DARS v letu 2020 opravil mobilno lasersko skeniranje (MLS) celotnega AC/HC omrežja v upravljanju DARS. Poleg samega zajema podatkov z LiDAR je bilo izvedeno še sferično fotografiranje z natančnostjo 5cm.

Ker je bilo snemanje izvedeno v prostem prometu, je bila zahtevana tudi anonimizacija zaradi varovanja osebnih podatkov. Izdelani so bili oblaki 3D-točk v formatu LAS. Gostota točk v oblaku točk je bila približno 4000 točk/m².

Sferične fotografije so bile izdelane v georeferenciranem formatu JPG. Izkušnja DARSa je, da se z MLS zajame le-to kar laserski prebirk na avtomobilu "vidi" v okolici. Tako v primeru visokih ovir (npr. protihrupne odbojne ograje) podatki na drugi (senčni) strani niso zajeti. Rešitev bi bila kombinacija MLS z aero-laserskim skeniranjem (dron v zraku). S tem bi dosegli širši pas skeniranja (npr. teren 50 m levo/desno od ceste). Za teren zadostuje manjša gostota 3D točk (npr. 20 točk/m²).

DARS ugotavlja, da je bistvena tudi položajna natančnost zajetih podatkov. Zato je DARS za MLS predpisal manj kot 10 cm položajne natančnosti. Za natančnejšo umestitev zajetega oblaka 3D točk je bilo definiranih 4000 oslonilnih koordinat točk (angl. GCP - ground control points) ob cestnem omrežju, ki jih je izvajalec uporabil za umeščanje in kontrolo pripravljenega oblaka 3D točk. Za dodatno kontrolo je bilo na vzorčnem območju izvedeno še kontrolno lasersko skeniranje s terestričnim skenerjem kjer je bila izdelana primerjava z MLS in ugotovljeno ujemanje obeh oblakov 3D točk na približno 2 cm.

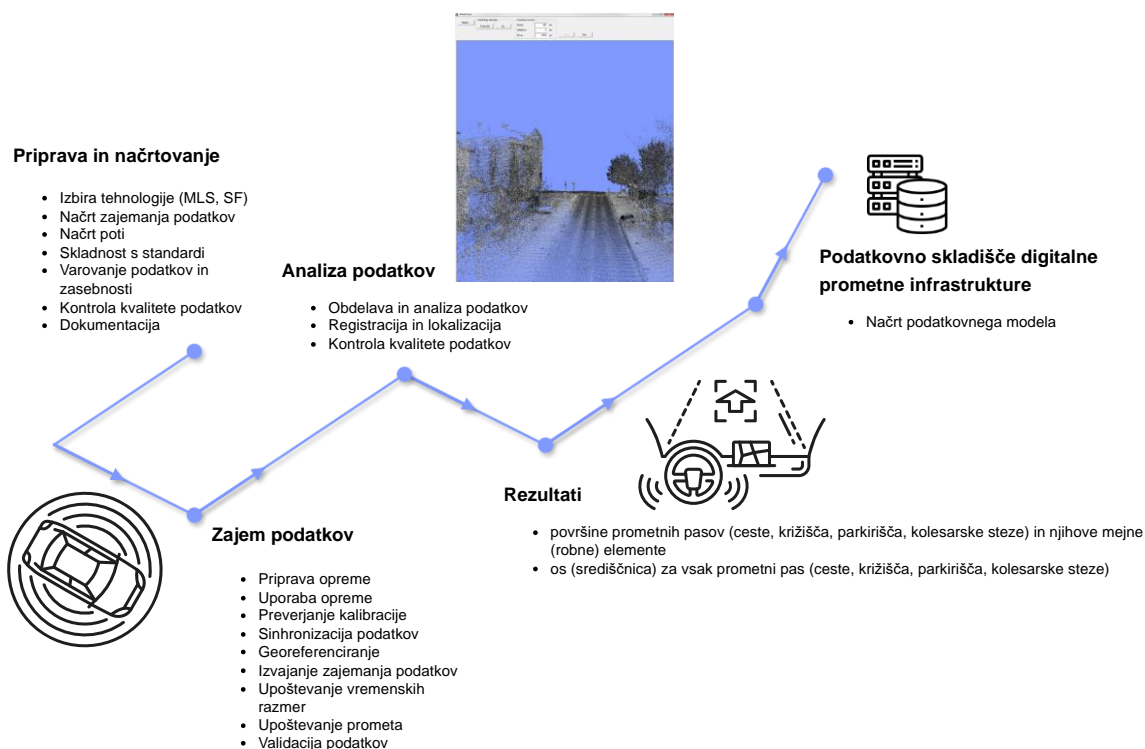
V okviru naknadne obdelave je bilo izvedeno tudi obarvanje oblakov 3D točk glede na intenziteto odboja. Barve so bile uporabljene za pripravo geometrijske mreže, ki je bila potem uporabljena za izdelavo ploskev za 3D objekte kot npr. cesta, ograja, znak, vegetacija.

S pomočjo pripravljenega oblaka 3D točk so bile izvedene korekcije cestne osi v 3D os za vse ceste v upravljanju DARS.

4 Vsebina naročila

Naročnik pričakuje, da bo izvajalec v okviru projekta izvedel naslednje sklope aktivnosti vzpostavitve digitalne prometne infrastrukture (Slika 4):

1. Priprava in načrtovanje izvedbe
2. Zajem podatkov na terenu z mobilnim laserskim skeniranjem
3. Zajem podatkov na terenu s sferičnim fotografiranjem
4. Analiza, izrednotenje podatkov in priprava rezultatov
 - a. Obdelava in analiza pridobljenih podatkov
 - b. Identifikacija objektov DPI
 - c. Vzorčno preverjanje skladnosti modela DPI s stanjem na terenu
 - d. Priprava kataloga objektov DPI
5. Priprava načrta podatkovnega modela za vzpostavitev podatkovnega skladišča DPI
6. Priprava predloga o povezavi DPI z BCP



Slika 4. Delotok projekta digitalna prometna infrastruktura

4.1 Zajem podatkov

4.1.1 Zahteve za zajemanje podatkov

Izvajalec bo zajem izvedel za cestno omrežje (glej Prilogo A), in sicer za državne ceste kategorij G1 (glavna cesta I. reda) in G2 (glavna cesta II. reda) v skupni dolžini 797,43 km. Vključena bo tudi regionalna cesta R1 v dolžini 945,55 km in izbrani odseki regionalne ceste R2 v dolžini 193,307 km (Tabela 1). Skupna dolžina vseh cest, ki jih naloga obsega je 1936,287 km kar zaokrožimo na 1937 km.

Tabela 1. Seznam izbranih odsekov R2

IVRC	Cesta	Odsek	Opis	Dolžina odseka (v metrih)
R2	437	0268	ŠENTILJ-PESNICA	10.498
R2	430	0274	SLIVNICA-SL.BISTRICA	13.060
R2	430	0275	SL.BISTRICA	2.626
R2	430	0276	SL.BISTRICA-LOŽNICA	1.593
R2	430	0277	LOŽNICA-TEPANJE	7.910
R2	451	1448	ARJA VAS-ŽALEC	2.090
R2	447	0286	MEDLOG-PETROVČE	3.306
R2	447	0287	PETROVČE-ŽALEC	1.519

R2	447	0288	ŠEMPETER-LATKOVA VAS	591
R2	447	0289	LATKOVA VAS-ŠENTRUPERT	1.420
R2	447	0290	ŠENTRUPERT-LOČICA	11.905
R2	447	0291	LOČICA-TROJANE	6.066
R2	447	0292	TROJANE-ŽELODNIK	21.857
R2	447	0293	ŽELODNIK-DOMŽALE	4.285
R2	447	0294	DOMŽALE-TRZIN	2.603
R2	447	0367	ŽALEC-ŠEMPETER	5.980
R2	409	0300	BREZOVICA-VRHNIKA	13.161
R2	409	0301	VRHNIKA-LOGATEC	9.525
R2	409	0302	LOGATEC (TRŽAŠKA C.)	900
R2	409	0358	LJ(VIČ)-BREZOVICA	2.741
R2	452	0206	JAVORNIK-ŽIROVNICA	5.013
R2	452	0207	ŽIROVNICA-LESCE	4.957
R2	452	0208	LESCE-ČRNIVEC	7.423
R2	416	1346	LITIJA-ŠMARTNO	2.791
R2	416	1347	ŠMARTNO-GRM	14.789
R2	416	1348	RADOHOVA VAS-BIČ	2.951
R2	448	0220	PRIKLJ. TREBNJE Z-TREBNJE	4.005
R2	448	0221	GRM - ŠENTJURIJ	5.318
R2	448	0222	PRIKLJ. NM ZAHOD-LOČNA	2.325
R2	448	0223	NM(MAČKOVEC)-OTOČEC	3.878
R2	448	0224	OTOČEC-KRONOVO	2.115
R2	448	1160	PLUSKA - PRIKLJ. TREBNJE Z	1.126
R2	448	1510	ŠENTJURIJ-PRIKLJ. NM ZAHOD	5.756
R2	448	1512	NOVO MESTO (LOČNA-MAČKOVEC)	935
R2	448	1513	KRONOVO-DOLENJE KRONOVO	715
R2	448	1514	DOLENJE KRONOVO-DOBRAVA	5.374
Skupaj metrov:				193.307

4.1.1.1 Način izvedbe snemanja

Izvajalec je pred začetkom izvedbe projekta dolžan pripraviti načrt snemanja. Pri pripravi načrta snemanja mora upoštevati vse dejavnike, ki povzročijo motnje pri odvijanju prometa (gostota prometa, snemanje ob nedeljah dopoldan...). Pred izvedbo snemanja načrt snemanja pregleda in potrdi naročnik.

Vsak odsek se posname enkrat v vsako smer. Enosmerni odseki se snemajo enkrat. Večpasovne ceste se snemajo z vožnjo po enem voznem pasu v vsaki smeri, tako da se posname osnovni in vzporedni vozni pas. Križišča je potrebno posneti na način, da je mogoče pravilno in v zahtevani natančnosti določiti osi vseh možnih prehodov križišča.

Posebni vozni pasovi, npr. vozni pas namenjen samo javnemu potniškemu prometu, kolesarska steza in podobno, se posnamejo kot vzporedni vozni pasovi osnovnemu voznemu pasu. Kjer to ni mogoče, je potrebno te vozne pasove posneti posebej. Potrebno je posneti pasove za vse prometne modalnosti.

Zajem podatkov bo potekal v odprtem prometnem toku in brez posebnega varovanja. Snemalno vozilo izvajalca naj izvaja meritve MLS skupaj s hkratnim zajemom fotografij. Snemanje naj se izvaja s takšno hitrostjo, da minimalno ovira promet in se hkrati čimbolj približa hitrosti, predvideni v specifikacijah in tehničnih pogojih izvajalčeve snemalne opreme.

Oblaki točk zajeti s kombinacijo MLS in ob podpori sferičnega fotografiranja morajo biti georeferencirani v koordinatnem sistemu D96/TM in skladni s stanjem na terenu v absolutni natančnosti 1 cm. Posnetki MLS morajo biti položajno skladni z zajetimi fotografijami.

Snemanje MLS se naj izvede v lepem vremenu, deževno vreme namreč zmanjša kvaliteto laserskega skeniranja.

4.1.1.2 Minimalne zahteve glede opreme

Izvajalec izvede zajem podatkov za izbrane ceste z uporabo sistema MLS, upoštevajoč minimalne specifikacije in tehnične pogoje (Tabela 2).

Tabela 2. Minimalni tehnične zahteve za sistem MLS

Število rotacijskih laserjev	2
Sistemska hitrost skeniranja	1 milijon točk na sekundo
Navigacija/lociranje	multi-konstelacijski GNSS in IMU
Lastnost IMU	ohranjanje smeri (brez GNSS) z natančnostjo 0,01° ali boljše
Hitrost vozila	do 90 km/h
Domet sistema laserskega skeniranja	vsaj 50 m,
Divergentni kot laserskega žarka (razpršenost)	pri skeniranju manjša od 0,5 mrad,
Relativna položajna natančnost točk v oblaku točk	največ 1 cm na 50m

Odstopanje med oblaki točk pridobljenih pri skeniranju v dveh smereh vožnje mora biti manjša od 1 cm.

Merilni senzorji MLS za zajem podatkov morajo biti kalibrirani z veljavnostjo kalibracije ves čas zajema podatkov. Potrdilo o izvedeni kalibraciji in skladnost opreme s tehničnimi pogoji izvajalec predloži v 10 dneh po podpisu pogodbe. Sistem MLS naj bo nameščen na streho vozila na primerno višino, tako da bo zagotavljal optimalno pokrivnost fotografij in oblakov točk.

Naročnik razpolaga z velikim številom prostorskih podatkov z znanimi koordinatami v državnem koordinatnem sistemu, določenimi z geodetsko natančnostjo, ki jih lahko zagotovi izvajalcu pri izvedbi del ali naknadni obdelavi kot oslonilne točke.

4.1.1.3 Končni izdelki MLS

Oblak točk je potrebno prečistiti in točke dodatno klasificirati. Iz posnetka je potrebno odstraniti šum, ki je posledica prisotnosti drugih vozil ali objektov (npr. pešci, stvari na ali ob vozišču).

Izvajalec naj izvede klasifikacijo oblakov točk v razrede definirane v spodnji tabeli (Tabela 3):

Tabela 3. Seznam razredov za klasifikacijo objektov v oblaku točk

Razred	Opis objektov
R1	Vozišče (prometni pasovi za motorna vozila, dodatni pasovi, robni ali odstavni pasovi)

R2	Stavbe (počivališča, vzdrževalni objekti, drugi objekti)
R3	Inženirski objekti (predori, mostovi, viadukti, podvozi, nadvozi, železniški nadvozi, pokriti vkopi, podporni in oporni zidovi)
R4	Visoka vegetacija (drevje, grmovje)
R5	Cestna oprema (odbojne ograje, protihrupne ograje, vertikalna in horizontalna signalizacija, obvestilne table oz. portali elektronskega sistema cestninjenja)

Izvajalec mora naročniku dostaviti naslednje končne produkte snemanj MLS (predvideno je odlaganje v oblak):

- vse trajektorije snemalnega vozila po cestnih odsekih in smereh snemanja,
- registrirane in georeferencirane oblake točk v formatu LAS (ali zLAS – kompresiran LAS) celotnega naročenega območja v koordinatnem sistemu D96/TM in brez šumov,
- oblaki točk naj bodo obarvani (RGB glede na intenziteto odboja) in označeni skladno s klasifikacijo,
- klasifikacija naj bo izvedena v naslednje razrede: vozišče, stavbe, inženirski objekti, visoka vegetacija, cestna oprema (Tabela 3).

4.1.2 Zahteve za slikovni zajem podatkov s fotografiranjem

4.1.2.1 Način izvedbe snemanja

Slikovni zajem naj se izvaja sočasno z MLS. Izvajalec opravi fotografiranje območja laserskega skeniranja, in sicer tako, da se zajeta slika prekriva z območjem, ki ga pokriva MLS. Naročnik priporoča zajem slike s kombinacijo šestih kamer, katerih slike se združijo v panoramski pogled (npr. Ladybug kamera).

Postopek snemanja cestnih odsekov naj poteka enako kot je opredeljeno za MLS.

4.1.2.2 Minimalne zahteve glede opreme

Zahtevana minimalna ločljivost fotografiranja je 8k (30 MP) pri frekvenci snemanja 30 posnetkov na sekundo. Pogled posnetka naj bo panoramska slika, ki zajema 360°.

Slike je potrebno ustrezno opremiti s podatki o natančni geografski lokaciji, orientaciji ter času zajema slike. Geo-referenciranje in drugi meta podatki morajo omogočiti registracijo geo-lokacijskih značilnosti slik in uparjanje slik z oblakom točk pridobljenih z MLS. Pridobljene slike morajo omogočati združevanje v visoko resolucijske slikovne zemljevide, ki omogočajo virtualni sprehod po trasi snemanja.

Primarni namen slikovnega zajema je dopolnitev podatkov MLS s slikovnim gradivom za ustreznejšo identifikacijo zahtevanih elementov ceste in opreme.

4.1.2.3 Končni izdelek slikovnega snemanja

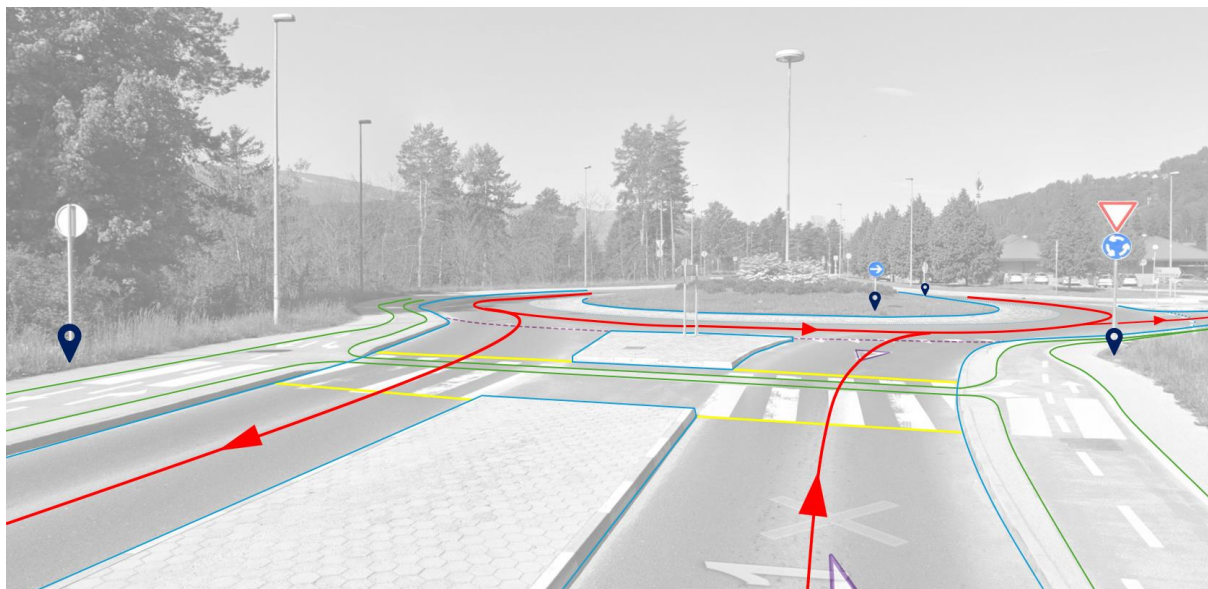
Izvajalec mora naročniku dostaviti naslednje končne produkte fotografskega snemanja (predvidoma v oblak):

- vse trajektorije snemalnega vozila po cestnih odsekih in smereh snemanja,
- registrirane in georeferencirane fotografije celotnega naročenega območja v koordinatnem sistemu D96/TM,
- posnetki morajo biti povezani oziroma umeščeni na trajektorijo snemanja,
- fotografije morajo biti anonimizirane, oz. obdelane tako, da so na njih zamegljeni, zabrisani ali drugače skriti elementi, ki bi omogočali identifikacijo ljudi in stvari (na primer, potrebno je zabrisati osebe, napise, registrske in druge identifikacijske oznake),

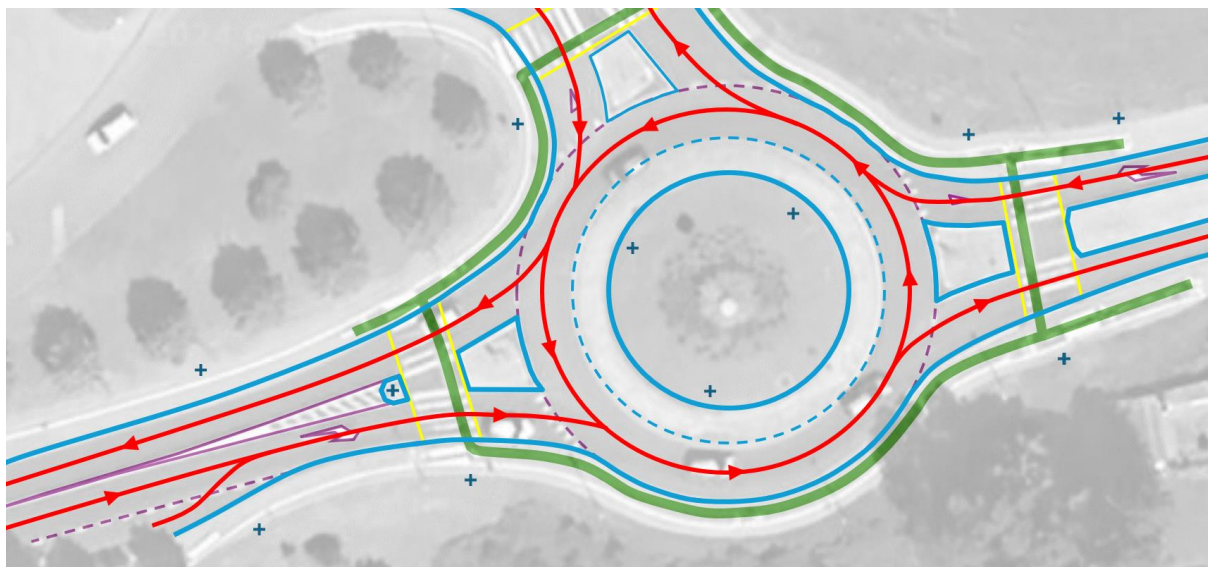
4.2 Metodologija

Vzporedno s skeniranjem, zajemom podatkov in obdelavo oblaka MLS, izvajalec razvije metodologijo za izdelavo HD zemljevida, ki vključuje najmanj nivo cestnega omrežja, nivo prometnih pasov opredeljenih z osjo (prostorsko linijo, ki poteka po sredini prometnega pasu) ter mejnimi elementi (robovi prometnih pasov). Konceptualni primer prikazujeta Slika 5 in Slika 6).

Pri razvoju se izvajalec zgleduje po pristopu in podatkovnih shemah NDS.Live. Če v pristopu odstopa od NDS.Live specifikacije, mora izvajalec odstopanja ustrezno utemeljiti.



Slika 5. Konceptualni primer uporabe metodologije za izdelavo HD zemljevida (primer krožišča Bresternica na G1, pogled v perspektivi)



Slika 6. Konceptualni primer uporabe metodologije za izdelavo HD zemljevida (primer krožišča Bresternica na G1, pogled v tlorisu)

4.2.1 Identifikacija objektov DPI

Izvajalec iz podatkov zajetih z MLS in fotografiranjem pripravi register objektov DPI. V posnetkih mora identificirati in geometrijsko ter atributno opisati naslednje kategorije objektov:

1. površine prometnih pasov (ceste, križišča, parkirišča, kolesarske steze) in njihove mejne (robne) elemente
2. os (središčnica) za vsak prometni pas (ceste, križišča, parkirišča, kolesarske steze)

Vse navedene objekte je potrebno opredeliti v 3D prostoru. V atributnem delu je vse elemente potrebno opremiti tudi z oznako cestnega odseka in stacionažami po BCP.

Podatki o oznakah horizontalne prometne signalizacije, pozicijah in vrsti vertikalne prometne signalizacije (prometni znaki, obvestilne table, semaforji) vsebuje WEP in jih v nalogi ni potrebno identificirati.

ad 1

Za vsak prometni pas se opredelita levi in desni rob, v natančnosti nekaj centimetrov. Robove se določi na osnovi talne signalizacije (črta, ki označuje rob vozišča, vmesne prekinjene ali neprekinjene črte) ali z robom vozišča, če le-ta ni označen s črto. Ker imajo črte širino, se rob posameznega prometnega pasu določa po sredini črte. Prometnim pasovom je potrebno določiti sosede. Prometna pasova sta sosednja, če pripadata istemu vozišču in si delita rob. Križišča se geometrijsko opredelijo kot celovita površina omejena s sklenjenim robom. Geometrija prometnih pasov se stika z geometrijo križišč, osi prometnih pasov pa potekajo skozi križišča, kjer se lahko povezujejo, razcepijo ali združijo. Površine prometnih pasov se opišejo kot 3D poligoni z atributi.

ad 2

Os se določi po sredini prometnega pasu, v natančnosti nekaj centimetrov, kot 3D lomljenka. Če je to relevantno, je osi potrebno opremiti s podatkom o smeri vožnje. Osi prometnih pasov se povezujejo v prometno omrežje na nivoju prometnih pasov. Model omrežja mora biti povezan model, ki vsebuje tako osi prometnih pasov kot križišča. V križiščih se povezava med osmi prometnih pasov določi, če se osi stikata ali križata in je možen/dovoljen prehod vozil iz ene na drugo os. Za določitev osi po prometnem pasu se uporabijo robovi prometnega pasu.

ad 1 in 2

Izvajalec za opis omrežja razvije lastno metodologijo in podatkovni model, vendar se pri tem mora zgledovati po ustaljeni praksi v industriji HD zemljevidov. Če se izvajalec odloči za lastne podatkovne strukture, mora zagotoviti, da je zemljevide mogoče preslikati v format NDS.Live ter pripraviti metode za preslikavo.

Razpoložljivi podatki:

Med izvajanjem projekta bo za potrebe identifikacije elementov digitalne prometne infrastrukture izvajalcu na voljo dostop do obstoječih repozitorijev cestne infrastrukture, kot so banka cestnih podatkov (BCP), evidenca prometne signalizacije (WEPS), podatki o državnem cestnem omrežju (DCO) in drugi podatki o cestnem omrežju s katerimi razpolaga naročnik. Navedene podatke lahko izvajalec uporablja kot referenco pri razpoznavanju posnetkov pridobljenih v tem projektu.

4.2.1.1 Končni izdelek identifikacije objektov DPI

Izvajalec bo pripravil geometrijske in atributne podatke celotnega omrežja ter jih strukturiral z metodologijo, ki jo bo razvil v tej nalogi. Pri tem bodo elementi opredeljeni s 3D-koordinatami (x, y in z),

elementi vzdolž cestnih odsekov pa tudi z atributom stacionaža (v metrih po BCP). Vsi elementi morajo biti opremljeni tudi z oznako cestnega odseka po BCP.

Vsa ostala infrastruktura (tako fizična kot vsebinska, npr. omejitve, pravila) se poveže na podatke o omrežju, skladno z razvito metodologijo.

Podatke o DPI bo izvajalec naložil v podatkovno skladišče DPI, ki ga bo vzpostavil v NCUP.

4.2.2 Preverjanje skladnosti modela DPI s stanjem na terenu

Izvajalec opravi testiranje pravilnosti identificiranih objektov na 10% posnetega cestnega omrežja. Dele omrežja za testiranje mora izvajalec uskladiti z naročnikom in pridobiti soglasje naročnika za izbrano področje. Področje testiranja ni nujno lokacijsko enotno, torej je lahko sestavljeno iz več delov celotnega posnetega omrežja. Pri izboru naj izvajalec upošteva raznolikost in specifičnost določenih delov omrežja iz vidika razpoznavanja elementov, tako da pokrije večino izjem in za razpoznavanje težavnih odsekov.

Izvajalec testiranje izvede s pregledom/merjenjem dejanskega stanja na terenu, ki ga primerja s pozicijo in geometrijo identificiranih elementov DPI. Pri tem mora pri merjenju uporabiti drugo metodo, kot je bila uporabljena za osnovni zajem podatkov.

Natančnost določenih osi je potrebno preveriti za vse prometne pasove v testiranje vključenih cestnih odsekov, in sicer na vsaj 10 točkah enakomerno porazdeljenih vzdolž odseka (npr. na desetih pozicijah vzdolž odseka se preveri pravilnost identificirane lokacije za levi in desni rob vozišča).

Natančnost pozicij ostalih objektov se preverja tako, da se preveri vsaj pozicija začetka, sredine in konca vzdolžnega objekta, pozicije karakterističnih mejnih točk za površine (npr. parkirišča) ali pozicije točkovnega elementa (prometna signalizacija).

Izvajalec pred testiranjem pripravi podroben načrt testiranja in pridobi soglasje naročnika o njegovi ustreznosti. Naročnik lahko zahteva prisotnost predstavnika naročnika med izvedbo testiranja.

4.2.2.1 Končni izdelek preverjanja skladnosti modela DPI

Izvajalec kot rezultat projektne aktivnosti dostavi:

- rezultate izvedenih meritev v državnem koordinatnem sistemu v formatu GIS, točke morajo biti atributno opremljene z oznako elementa, ki ustreza identificiranemu elementu DPI,
- poročilo o preverjanju pravilnosti in popolnosti identifikacije objektov DPI, navesti je potrebno pravilno identificirane objekte, nepravilno identificirane objekte (glede na tip objekta), objekte z napačno določeno lokacijo ter neidentificirane objekte.

4.3 Priprava načrta za konceptualni podatkovni model DPI

Izvajalec bo izdelal konceptualno shemo podatkovnega modela, pri tem mora uporabiti diagramsko tehniko UML. Razredi, atributi in relacije v UML diagramih morajo biti podrobno opisani. Podatki DPI pripravljeni v tej nalogi se bodo shranjevali v podatkovnem skladišču DPI. Načrt mora predvidevati shranjevanje vseh izvornih in izvrednotenih rezultatov.

Načrt je namenjen kasnejši izdelavi podatkovnega skladišča DPI in ni del te naloge.

4.4 Predaja rezultatov

Izvajalec mora predati izvirne podatke (razdelek Vsebina naročila, točki 2, 3) in izvrednotene rezultate (razdelek Vsebina naročila, točka 4). Izvrednoteni rezultati naj bodo zapisani v formatu CSV, ki omogoča

kasnejši uvoz v podatkovno skladišče DPI. Vsebina zapisa CSV mora biti skladna z vsebino zapisa NDS.Live kar omogoča združljivost s prihodnjimi sistemi na področju avtonomne vožnje.

5 Okvirni terminski načrt projekta

MEJNIKI

Vse aktivnosti morajo biti zaključene najkasneje do 31.12.2024.

Mejnik M1 – Priprava in načrtovanje izvedbe, predvidoma najkasneje v roku 1 meseca od podpisa pogodbe

A1. Izdelava terminskega načrta za izvedbo javnega naročila

Mejnik M2 – Zajem in analiza podatkov, predvidoma najkasneje v roku 3 mesecev od podpisa pogodbe

A2. Zajem podatkov na terenu

A3. Analiza in obdelava podatkov

A4. Priprava metodologije za identifikacijo in opis elementov DPI

Mejnik M3 – Priprava rezultatov, predvidoma najkasneje v roku 4 mesecev od podpisa pogodbe

A5. Priprava kataloga objektov DPI

A6. Priprava načrta podatkovnega skladišča DPI

Mejnik M4 – Prevzem končnih rezultatov, najkasneje do 31.12.2024.

A7. Predaja in prevzem rezultatov, priprava poročila o izvedenih delih, priprava uporabniške in tehnične specifikacije, izvedba izobraževanja uporabnikov (naročnika) skladno s poglavjem 6 te tehnične specifikacije

Mejnik M5 – Vzdrževanje sistema, 36 mesecev po zaključku **vzpostavitve sistema** (faze 1)

A8. Lasersko skeniranje in sferično fotografiranje

A9. Analiza in obdelava podatkov

A10. Posodobitev kataloga objektov DPI

Ob poteku vsakega mejnika izvajalec pripravi poročilo o delu.

6 Ostale zahteve

6.1 Metodološke zahteve

Vodenje projekta in poročanje na strani izvajalca

Vsak izvajalec posameznega sklopa je tekom izvajanja projekta dolžan na zahtevo naročnika pripravljati plan izvajanja aktivnosti in poročilo o napredku aktivnosti glede na veljavne terminske plane, poročila revizorjem za potrebe pregleda/revizije, ki jih izvaja naročnik, priporočila za morebitne spremembe in dopolnitve zakonodajnega okvira in druga poročila in strokovna mnenja glede na zahteve naročnika.

Tekom izvajanja aktivnosti, ki so predmet javnega naročila, so predvideni koordinacijski sestanki, ki jih bo vodil vodja projekta na strani naročnika z namenom razreševanja odprtih vsebinskih vprašanj in podajanja pojasnil oziroma usmerjanja pri pripravi izdelkov. Vodja projekta posameznega sklopa na

strani izvajalca se je dolžan redno udeleževati planiranih koordinacijskih sestankov. Na zahtevo naročnika ali izvajalca se po potrebi koordinacijskih sestankov udeležijo tudi ostali člani projektne skupine.

Redno poročanje je mesečno do najkasneje peti (5) delovni dan v mesecu za pretekli mesec in obsega poročilo v elektronski obliki v verziji, ki jo je mogoče urejati (npr. .docx), in v verziji, ki je ni mogoče spreminjati (npr. .pdf). Poročilo obsega poročilo o opravljenih aktivnostih od začetka projekta s planom aktivnosti do zaključka projekta. Mejniki ter finančna realizacija in plan morata biti podana in razdelana po mesecih. V kolikor naročnik določi predlogo, mora biti poročilo izdelano v skladu s predlogo. V kolikor naročnik zahteva dopolnitev, jo je izvajalec dolžan izvesti.

Metodologija razvoja in terminski načrt

Ponudbi mora izvajalec predložiti predlog okvirnega terminskega načrta. Zahteve za terminski načrt so naslednje:

- terminski načrt mora obsegati aktivnosti, ki so zajete v Tehnični specifikaciji in mora biti skladen z zahtevami naročnika iz Tehničnih specifikacij. Izvajalec mora pri pripravi terminskega načrta smiselno upoštevati obdobja dopustov, v katerih bodo člani projektne skupine naročnika predvidoma omejeno razpoložljivi v času dopustov;
- predlog terminskega načrta mora vključevati tudi naloge, ki jih bo moral izvesti naročnik ter opis pogojev za izvedbo posameznih aktivnosti, ki jih mora zagotoviti naročnik;
- terminski načrt mora upoštevati časovne roke iz Tehnične specifikacije;
- terminski načrt mora vključevati podrobnejšo razčlenitev aktivnosti glede na podane aktivnosti v tehničnih specifikacijah. Za vsako aktivnost mora biti podan začetek, konec in trajanje;
- predlog terminskega načrta mora naročniku omogočati nadzor nad potekom projekta v časovnem in vsebinskem smislu.

Predlog terminskega načrta bosta naročnik in izvajalec uskladila v okviru zagonskih aktivnosti projekta. Usklajen in potrjen podroben terminski načrt bo podlaga za izvajanje in spremljanje napredka projekta.

6.2 Uporabniška in tehnična dokumentacija

Vsa uporabniška in tehnična dokumentacija mora biti napisana v slovenskem jeziku.

V primeru izdelave namenske programske opreme mora izvajalec naročniku preda celotno izvirno kodo z vsemi potrebnimi knjižnicami, da je mogoče neodvisno vzpostaviti delujoče razvojno okolje. Izvirno kodo je potrebno predati v obliki repozitorija, skladnega s splošno sprejetimi načini dela v industriji razvoja programske opreme (kot npr. GitHub, BitBucket...). Vse kasnejše nadgradnje in popravke izvirne kode je potrebno predati v isti repozitorij, tako da repozitorij vedno vsebuje zadnjo delujočo verzijo sistema ter po potrebi tudi testne verzije (module za test enot).

Za dele sistema, ki jih ni mogoče predati (npr. zaradi omejitev licenc) je potrebno natančno opisati, kako je mogoče manjkajoče dela sistema pridobiti in povezati s predano programsko kodo.

Izvajalec mora v okviru razvoja pripraviti tehnično dokumentacijo, ki vsebuje:

- opis zasnove in zgradbe sistema,
- opis vseh funkcionalnosti sistema z opisom delovanja,
- nabor in način integracije sistema z drugimi sistemi,
- opis protokolov za komunikacijo s sistemom z zahtevami glede varnosti in nadzora dostopa,
- opis protokolov za komunikacijo sistema z drugimi povezanimi sistemi s primeri.

Izvajalec mora izdelati podrobna navodila za instalacijo in konfiguriranje celotnega sistema, opisati vse parametre za konfiguracijo predane programske opreme ter potrebne nastavitve podatkovnih baz, pripravo podatkov in drugih sistemskih nastavitev. Prav tako mora izdelati navodila za nameščanje posodobitev. Navodila naj zajemajo opis vzpostavitve testnega in produkcijskega okolja ter navodila za prehod iz testnega v produkcijsko okolje.

Izvajalec mora izdelati navodila/priročnik za uporabnike in administratorje. Dokumentacija mora vsebovati vsaj:

- opis namena sistema in njegove glavne funkcionalnosti,
- vrste uporabnikov, ki jim je dokumentacija namenjena
- varnostna navodila z osnovnimi smernicami za varno uporabo sistema, digitalnih potrdil, varovanje gesel in podatkov ter
- podrobna navodila za uporabo vseh funkcij sistema

Navodila za uporabo morajo vsebovati podroben opis uporabe aplikacij za posamezna vsebinska področja in postopke:

- Za vsak postopek so pripravljena podrobna navodila, kako naj uporabnik uporablja aplikacije.
- Navodila obsegajo celotno izvedbo postopka od prijave v sistem, zagona, izvedbe in zaključka procesa, do odjave iz sistema. Pri tem se naj navodila neposredno nanašajo (tudi grafično) na uporabniški vmesnik sistema.
- Poleg glavnega toka skozi proces mora dokumentacija pokriti tudi stranske tokove.
- Podani naj bodo razumljivi opisi vzrokov za vsa opozorila in napake, ki jih povzročajo uporabniške in/ali sistemske funkcije.
- Podana naj bodo podrobna navodila za programske vmesnike in konfiguracijo dostopa do sistema z uporabo programskih rešitev (API vmesniki)

Uporabniška dokumentacija mora uporabljati izrazoslovje poslovnega področja naročnika.

V uporabniški dokumentaciji je potrebno navesti kontaktno osebo ali naslov za pomoč pri morebitnih nejasnostih glede uporabe sistema.

Pri popravkih in nadgradnjah je potrebno zagotoviti posodabljanje vseh delov tehnične in uporabniške dokumentacije, ki morata ostati skladni s produkcijsko verzijo sistema.

6.3 Usposabljanje uporabnikov

V okviru aktivnosti usposabljanja ključnih uporabnikov mora izvajalec usposobiti ključne uporabnike naročnika za tehnično uporabo sistema.

Po izvedenem usposabljanju morajo biti udeleženci usposabljanja, ne glede na tip uporabnika, sposobni samostojno uporabljati posamezne funkcionalnosti sistema, ki so bile predmet usposabljanja.

Tako pripravo okolja kot tudi dokumentacijo za usposabljanje končnih uporabnikov in skrbnikov sistema, ki mora zajemati celovito gradivo, potrebno za obvladovanje snovi za izvedbo usposabljanj, zagotovi izvajalec.

7 Jamčevanje in vzdrževanje

Izvajalec jamči, da bo odpravil morebitne skrite pomanjkljivosti v predanih rezultatih (kvaliteta oblak točk, (ne)identificirani elementi DPI).

Izvajalec bo izvajal vzdrževanje podatkov 36 mesecev po zaključku faze nadgradnje (faze1).

Aktivnosti v fazi vzdrževanja so naslednje:

- a) po izrecnem pisnem naročilu naročnika izvedel lasersko skeniranje in sferično fotografiranje cestnih odsekov v dolžini do 1000 km. Cestne odseke in njihove razdalje določi naročnik z namenom posodobitve digitalnih osi po voznem pasu in usklajevanja podatkov z dejanskim stanjem v naravi.
- b) izvedel analizo in obdelavo na novo zajetih podatkov
- c) izvedel posodobitev kataloga objektov DPI glede na novo zajete podatke.

8 PRILOGA A

Glavne in regionalne ceste:

Državne ceste, ki jih upravlja Direkcija za infrastrukturo, delimo na glavne ceste I. in II. reda ter regionalne ceste I., II. in III. reda in turistične regionalne ceste (RT).

- Glavne ceste I. reda (G1) so državne ceste namenjene prometnemu povezovanju med središči regionalnega pomena. Navezujejo se na ceste enake ali višje kategorije v državi in na cestni sistem sosednjih držav.
- Glavne ceste II. reda (G2) so ceste namenjene prometnemu povezovanju med večjimi središči lokalnih skupnosti in navezovanju prometa na državne ceste enake ali višje kategorije ter vzporednim povezavam avtocestam in hitrim cestam ter na cestni sistem sosednjih držav.
- Regionalna cesta I. reda (R1) je državna cesta, namenjena prometnemu povezovanju pomembnejših središč lokalnih skupnosti in navezovanju prometa na državne ceste enake ali višje kategorije.
- Regionalna cesta II. reda (R2) je državna cesta, namenjena prometnemu povezovanju središč lokalnih skupnosti in navezovanju prometa na državne ceste enake ali višje kategorije.
- Regionalna cesta III. reda (R3) je državna cesta, namenjena prometnemu povezovanju središč lokalnih skupnosti, za državo pomembnih turističnih (turistične ceste (RT)) in obmejnih območij ter mejnih prehodov z državnimi cestami enake ali višje kategorije, kadar po predpisanih merilih za kategorizacijo ne doseže višje kategorije.

Tabela 4 prikazuje omrežje vzdrževanih cest v km po upravljalcih za leto 2022. Slika 7 prikazuje pregled dolžin javnih cest po kategorijah za leto 2022.

Tabela 4. Pregled dolžin javnih cest (Vir: <https://www.gov.si/teme/cestna-infrastruktura/>)

Upravljalec	Kategorija	Dolžina cest [km]
DARS	Avtoceste in hitre ceste	624,81
DRSI	Glavne in regionalne ceste	5 942,11
OBČINE	Občinske ceste	32 423,27
Skupna dolžina javnih cest v Sloveniji za leto 2022		38 990,19

Pregled dolžin javnih cest po kategorijah za leto 2022			
IVRC	KATEGORIJA	Dolžina cest [km]	Priključki [km]
AC	Avtoceste	547,10	145,19
HC	Hitre ceste	68,93	17,69
Skupaj AC in HC		616,02	162,88
R2	Regionalne ceste II	8,79	3,51
DARS		624,81	166,39
G1	Glavne ceste I	336,72	1,65
G2	Glavne ceste II	460,71	5,24
Glavne ceste skupaj		797,43	6,89
R1	Regionalne ceste I	945,55	2,16
R2	Regionalne ceste II	1.388,05	4,97
R3	Regionalne ceste III	2.177,16	1,00
RT	Regionalne turist. ceste	612,42	0,04
Regionalne ceste + v upravljanju DARS skupaj		5.131,97	11,68
Kategorizirane DRSI ceste skupaj		5.920,61	15,07
G1-NK	Nekategorizirane ceste G1	5,51	0,00
G2-NK	Nekategorizirane ceste G2	1,28	0,00
R1-NK	Nekategorizirane ceste R1	0,45	0,00
R2-NK	Nekategorizirane ceste R2	12,33	0,00
R3-NK	Nekategorizirane ceste R3	1,92	0,00
Nekategorizirane ceste DRSI (v prometu) skupaj		21,50	0,00
DRSI		5.942,11	15,07
Skupaj državne ceste z NK		6.566,92	181,46
Skupaj državne ceste brez NK		6.545,42	181,46
LC	Lokalne ceste	11.310,92	0,00
LG	Glavne mestne ceste	116,23	0,00
LZ	Zbirne mestne ceste	656,43	0,00
LK	Mestne (krajevne) ceste	1.201,83	0,00
Lokalne ceste skupaj		13.285,41	0,00
JP	Javne poti	19.137,86	0,00
KJ	Javne poti za kolesarje	230,80	0,00
Javne poti skupaj		19.368,66	0,00
Skupaj občinske ceste		32.654,07	0,00
Skupaj javne ceste (skupaj po kategorijah brez NK)		38.968,69	181,46
Skupaj javne ceste		38.990,19	181,46

Opomba:

- Pregled dolžin državnih in občinskih cest na dan 31. 12. 2022.

- V dolžinah cest so upoštevani tudi nekategorizirani deli cest (NK), ki so že v uporabi.

- Javnih poti za kolesarje (KJ) se v skupno dolžino javnih cest ne všteva.

Slika 7. Pregled dolžin javnih cest po kategorijah za leto 2022

(Vir: https://www.gov.si/assets/organi-v-sestavi/DRSI/Dokumenti-DRSI/SECIA/Javne-ceste-drzavne-in-obcinske/Pregled_dolzín_JC_kategorije.pdf)