



UNIVERZA  
V LJUBLJANI

# **Povzetek potrebnih aktivnosti in predlog arhitekture za vzpostavitev sistema C-ITS v Mestni občini Ljubljana za projekt X4ITS**

**Naročnik:** Mestna občina Ljubljana

**Izvajalec:** Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko

**Odgovorna oseba na strani izvajalca:** dr. Andrej Štern, UL FE

**Avtor dokumenta:** dr. Andrej Štern, UL FE

**Verzija dokumenta:** 1.0

**Datum nastanka dokumenta:** 13. 9. 2024

## Kazalo

1	Uvod .....	2
2	Arhitektura načrtovanega sistema z vključenimi akterji .....	2
3	Nadgradnja sistema MOL .....	4
3.1	Nadgradnja centralnega dela (CUP MOL) .....	5
3.2	Nadgradnja obcestnega dela infrastrukture .....	6
3.3	Nadgradnja komunikacijskega dela .....	7
4	Nabor storitev C-ITS.....	8
5	Zaključek .....	8

# 1 Uvod

Mestna občina Ljubljana (MOL) sodeluje skupaj z Družbo za avtoceste v Republiki Sloveniji (DARS) in Nacionalnim centrom za upravljanje prometa (NCUP) pod okriljem Ministrstva za infrastrukturo sodeluje na evropskem projektu Cross for ITS (X4ITS) skupaj s še 5 državami (Avstrija, Madžarska, Češka, Romunija in Hrvaška) in njihovimi mesti. Projektni partnerji sodelujejo pri optimizaciji čezmejnega prometa in transporta z uvedbo usklajenih in sinhroniziranih aplikacij inteligentnih transportnih sistemov (ITS) na omrežju cest višjega reda na teh območjih. Poleg tega se osredotočajo na uporabo kooperativnih inteligentnih transportnih sistemov (C-ITS) na podlagi specifikacij platforme C-Roads v urbanih območjih, še posebej v povezavi z omrežjem cest višjega reda.

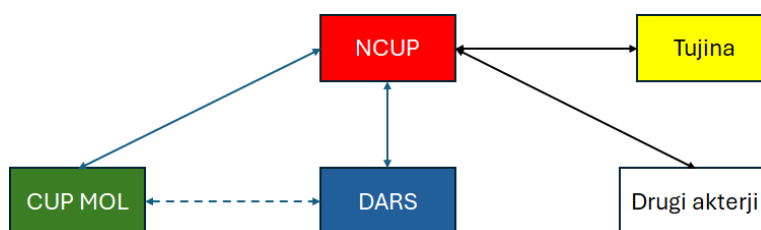
S tehnološko nadgradnjo sistema za upravljanje prometa po Ljubljani namerava MOL povezati mestni cestni sistem z avtocestnim obročem okoli Ljubljane, kar predstavlja premoščanje vrzeli med danes ločenim nadzorom prometa na avtocesti in mestnega prometa ter izboljšanje vodenja prometa z učinki povečanja prometne varnosti za vse udeležence v cestnem prometu, pretočnosti prometa z zmanjševanjem prometnih konic, zmanjšanjem okoljskih vplivov po agendi »100 klimatsko nevtrálnih mest do 2030« in izboljšanju uporabniške izkušnje udeležencev v prometu.

Tehnološka nadgradnja sistema bo zajemala posodobitev semaforских naprav in pripadajočih sklopov, namestitve standardizirane dvosmerne komunikacijske tehnologije ETSI ITS-G5 za radijsko komunikacijo med vozili samimi (V2V, Vehicle-to-Vehicle) ter med vozili in infrastrukturo (V2I, Vehicle-to-Infrastructure), nadgradnjo funkcionalnosti nadzora in upravljanja v Centru za upravljanje prometa (CUP MOL) ter realno-časovno izmenjavo sporočil z NCUP in DARS. Tehnologija ITS-G5 je v Sloveniji že uvedena na avtocestnem omrežju, trenutno na delih primorskega, štajerskega, pomurskega in gorenjskega kraka, DARS pa predvideva v nadaljevanju širitev sistema med drugim tudi na ljubljansko obvoznico.

## 2 Arhitektura načrtovanega sistema z vključenimi akterji

Nadgrajen sistem nadzora in vodenja prometa bo zajemal sodelovanje med MOL, DARS in NCUP. V sistemih C-ITS se s pomočjo različnih virov informacij, npr. iz zaznav senzorjev v vozilu, nadzorne opreme ob prometnih poteh, napovedanih dogodkov upravljavcev cest in obvestil iz drugih sistemov (npr. iz tujine) tvorijo in izmenjujejo standardizirana sporočila, s katerimi se obvešča udeležence v prometu, upravljavce cest ter NCUP.

Na najvišjem abstraktnem nivoju bo v Sloveniji vzpostavljen model povezljivosti med vsemi akterji s skupnimi interesi doseganja zadanih ciljev (slika 1).



Slika 1: Splošna arhitektura povezovanja med MOL, DARS in NCUP

Vzpostavitev arhitekture v Sloveniji je v času priprave tega dokumenta v teku, zato so v nadaljevanju podane informacije, ki izvirajo iz skupnih sestankov, tehničnih specifikacij in razpisov v pripravi. Posamezne navedbe v besedilu se zato lahko tudi razlikujejo od v bodoče vzpostavljenih sistemov.

**Nacionalni center za upravljanje prometa (NCUP)** zaseda najvišje mesto v arhitekturi. Naloge NCUP so predvsem nadzor, usmerjanje in usklajevanje dejavnosti za upravljanje prometa na državni ravni v rednih in izrednih primerih, kar vključuje tudi odločanje o potrebnih ukrepih, npr. o začasnih omejitvah. Med osnovno dejavnost spada pridobivanje podatkov o lokalnih ukrepih od vseh upravljavcev cest, za spremljanje ukrepov

in predlaganje njihovih sprememb oziroma odločanje o uskladitvah medsebojnih pristojnosti vseh sodelujočih akterjev. Trenutno je pod okriljem NCUP vzpostavljena Nacionalna točka dostopa (NAP, National Access Point) kot portal za podatkovno skladišče vseh dostopnih prometnih podatkov in prometne infrastrukture, skupaj z enotnim dostopom do prometnih podatkov za vse akterje.

Poleg aktivnosti v slovenskem prometu NCUP sodeluje tudi pri mednarodnem načrtovanju in upravljanju prometa z izmenjavo čezmejnih sporočil ter izvaja posredovanje informacij o večjih nesrečah centrom za obveščanje in drugim pristojnim službam ter obvešča splošno javnost o stanju državnih cest in prometu na njih.

NCUP zato predstavlja osrednje element arhitekture in tudi v projektu X4ITS se bo zagotovil prenos prometnih informacij iz CUP MOL v centralno podatkovno skladišče (trenutno NAP). Na NCUP se predvideva vzpostavitev Nacionalnega centralnega vozlišča C-ITS (angl. National central C-ITS node) s tremi podsistemi:

- Centralna postaja C-ITS (angl. Central C-ITS station) za ustvarjanje in obravnavo standardiziranih C-ITS sporočil,
- Platforma za izmenjavo standardiziranih sporočil C-ITS z zunanjimi deležniki vključno s čezmejno izmenjavo (angl. Interchange entity),
- Nabor vmesnikov (angl. Middleware/C-ITS broker) za izmenjavo podatkov z obstoječimi in bodočimi akterji C-ITS, ki zagotavljajo podatke za delovanje predvidenih storitev sistemov C-ITS.

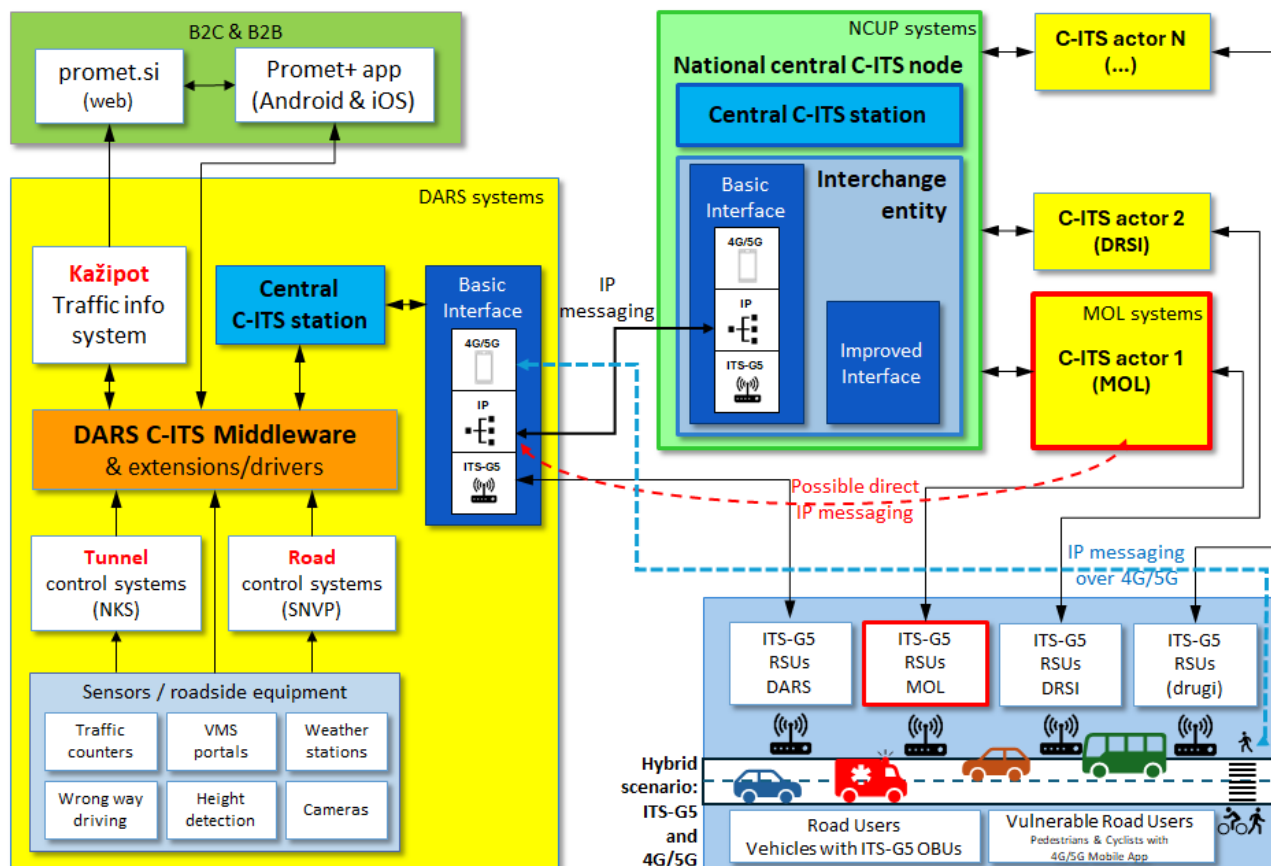
V okviru delovanja NCUP bodo na nacionalnem nivoju vzpostavljeni tudi varnostni mehanizmi s standardiziranimi certifikati za zagotavljanje avtentikacije sporočil C-ITS, kar bo predvidoma na voljo tudi vsem sodelujočim akterjem na področju Slovenije.

**Družba za avtoceste v Republiki Sloveniji (DARS)** je prvi akter v Sloveniji, ki je ob sodelovanju v platformi C-Roads v letih od 2016 do danes vzpostavil in preizkusil delovanje sistema in storitev C-ITS na podlagi tehnologije ITS-G5. So tudi edini akter, ki ima vzpostavljeno lastno Centralno postajo C-ITS, notranjo in mednarodno povezljivost IP z uporabo t.i. Osnovnega vmesnika (BI, Basic Interface), prek 30 postavljenih obcestnih komunikacijskih enot RSU (Roadside Units) z aktivno vključitvijo v njihove nadzorne centre s pomočjo ustrezne programske opreme (t.i. middleware) v Dragomlju in na Kozini ter komunikacijske naprave v vozilih OBU (On-board Units), ki na strani vozila brez tovarniško vgrajene opreme ITS-G5 omogočajo standardizirano izmenjavo sporočil med vozili ter okolico. Edini proizvajalec vozil, ki opremo ITS-G5 že vgrajuje v novejšje modele, je Volkswagen (VW), zaradi varnostnih zahtev pa je za delovanje teh vozil v ITS-G5 sistemih zahtevan poseben sporazum med družbo VW in upravljavci cest. Sporazum med DARS in VW je trenutno v pripravi. Poleg komunikacijske infrastrukture ima DARS za potrebe nadzora in upravljanja prometa vzpostavljeno centralno aplikacijo Kažipot, katerega namen je zbiranje, obdelava in distribucija prometnih informacij ter zagotavljanje s tem povezanih storitev. V Kažipotu so shranjeni podatki, vneseni ročno s strani nadzornikov ter avtomatsko s strani obcestnih naprav oz. čezmejne izmenjave podatkov. Nacionalno arhitekturo s poudarkom na gradnikih v sistemu DARS prikazuje slika 2.

DARS s pomočjo Kažipota za celotno območje Slovenije ponuja in vzdržuje spletni portal Promet.si ter mobilno aplikacijo Promet+ (Promet Plus), kjer so na voljo aktualne informacije o stanju cestnega omrežja ter poteku prometa. Dogodki, ki nastanejo na območju MOL, so v večini že vključeni v obe aplikaciji, zato lahko do njih dostopajo prav vsi uporabniki prometa z dostopom do Interneta.

**Center za upravljanje prometa v MOL (CUP MOL)** je drugi akter v Sloveniji z namenom vzpostavitve lastne komunikacijske infrastrukture, osnovane na ETSI ITS-G5. Glede na mesto v splošni arhitekturi se nahaja vzporedno z DARS, zato so predvidene funkcionalnosti pri izmenjavi podatkov z NCUP enake. DARS lahko z vzpostavljenimi dobrimi praksami s tehnologijami ITS-G5 in mobilno aplikacijo za uporabnike služi tudi kot model pri načrtovanju nadgradnje nadzora in upravljanja prometa v MOL. V sliki sta prikazani tudi dve povezavi, ki danes še nista vzpostavljeni: možno neposredno povezovanje med DARS in MOL prek IP BI ter povezovanje med DARS in uporabniki mobilnih osebni naprav čez prek mobilne 4G/5G IP BI povezave.

V okviru projekta X4ITS je v prvi fazi predvidena pilotna nadgradnja 38 križišč na Tržaški, Bleiweisovi, Tivolski in Dunajski cesti. Skupno v projektu napovedano število vključenih križišč znaša 120, končno število pa ostaja odprto vprašanje, saj je odvisno od stroškovnih opredelitev nadgradnje celotnega sistema (nadgradnja CUP MOL, nadgradnja semaforkega dela in pripadajočih naprav, nakup enot OBU za izbrano skupino uporabnikov) do časovnih omejitev izvedbe (zaključitev del predvidoma do julija 2026).



Slika 2: Predstavitev arhitekture DARS z navezavo na druge akterje (vir: DARS, slika dopolnjena)

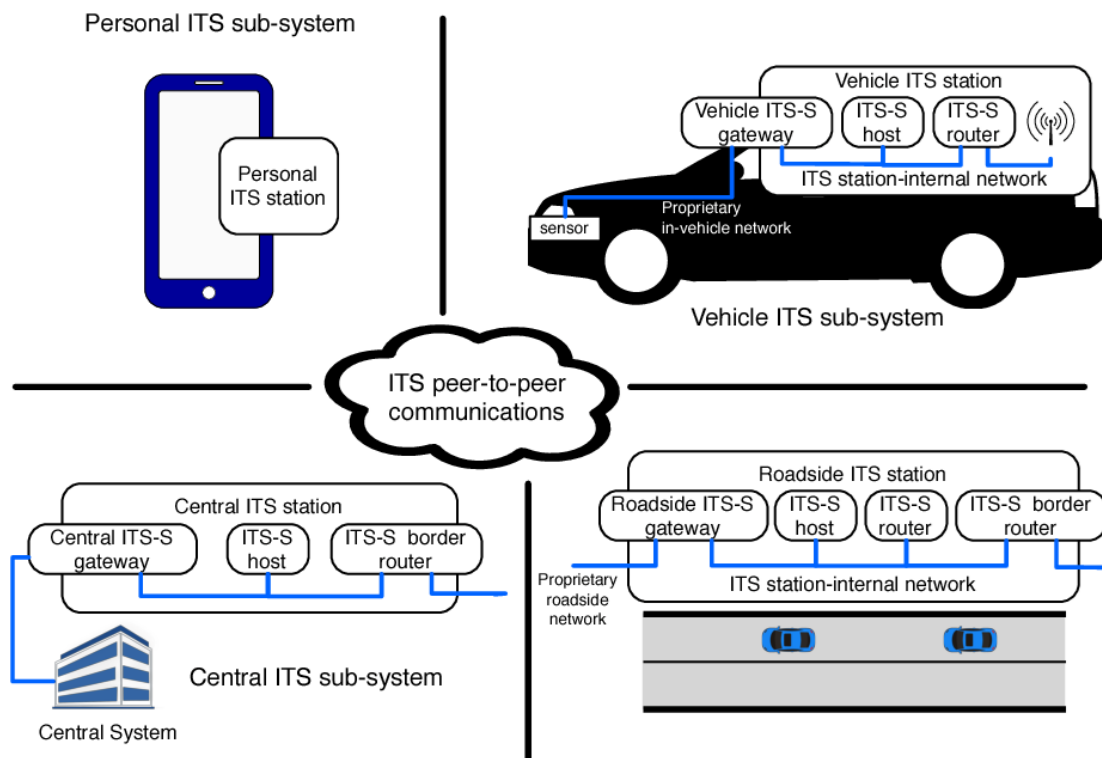
### 3 Nadgradnja sistema MOL

Za zastavljene cilje z vključevanjem C-ITS v cestno omrežje MOL je potrebno nadgraditi večji del nadzornega sistema. V grobem se lahko nadgradnje razdelijo po naslednjih segmentih:

- Centralni del (CUP MOL) – vzpostavitev arhitekture C-ITS z vsemi centralnimi gradniki, vpeljava naprednih programskih pristopov za optimizacijo prometa, integracija podatkov C-ITS z obstoječimi podatkovnimi bazami, nadgradnja programske opreme na delovnih postajah in drugi opremi, vpeljava standardizirane izmenjave sporočil z NCUP in DARS.
- Obcestni del (na izbranih mestnih vpadnicah) – uvedba oz. nadgradnja sistemov za zaznavanje prometa z razvrščanjem vozil, detekcijskih kamer s prepoznavanjem prometa in števec prometa ter nadgradnja semaforkega sistema s kapacitetami za vključevanje C-ITS s povečano dinamiko.
- Komunikacijski del – namestitev ITS-G5 RSU na križišča in druge pomembne lokacije, zagotovitev varne in zmožljive povezljivosti med RSU, semaforскими sistemami in centralnim delom, namestitev enot ITS-G5 OBU v vozila za ciljne uporabnike.

Posplošena arhitektura ITS po standardizaciji ETSI/ISO je prikazana na sliki 3. Poimenovanja posameznih elementov na sliki so prevzeta tudi v platformi C-Roads. Razlike so le v uporabi poimenovanja posameznih sklopov, kjer standardizacija spoštuje striktno metodologijo z navedbo »postaj«, kjer lahko enačimo:

- Roadside ITS station (kratica: R-ITS-S) sovpada z Roadside Unit (RSU),
- Vehicle ITS station (kratica: V-ITS-S) sovpada z Onboard Unit (OBU),
- Personal ITS station (kratica P-ITS-S) sovpada z aplikacijo na mobilnem telefonu in
- Central ITS station (kratica C-ITS-S), ki ohranja svoje poimenovanje kot centralna postaja C-ITS.



Slika 3: Predstavitev podsistemov C-ITS po standardizaciji ISO/ETSI (upoštevano tudi v C-Roads)

Na sliki 3 so predstavljeni tudi posamezni podsklopi postaj, ki omogočajo povezljivost znotraj postaj in navzven proti centralnemu delu ter zunanjim sistemom (npr. komunikacijski prehodni in robni usmerjevalniki).

### 3.1 Nadgradnja centralnega dela (CUP MOL)

Uvajanje sistema C-ITS v CUP MOL zahteva vpeljavo arhitekture, določene v platformi C-Roads ter standardizaciji ISO in ETSI. Obsežnost nadgradnje je odvisna od pripravljenosti obstoječe informacijske in komunikacijske infrastrukture CUP MOL na spremembe, predvsem na področjih programskih vmesnikov, podatkovnih baz, programske logike, npr. pristopov z umetno inteligenco za zbiranje, obdelavo in dostop do podatkov, ter komunikacijskega omrežja do cestnega segmenta in zunanjih akterjev (DARS, NCUP).

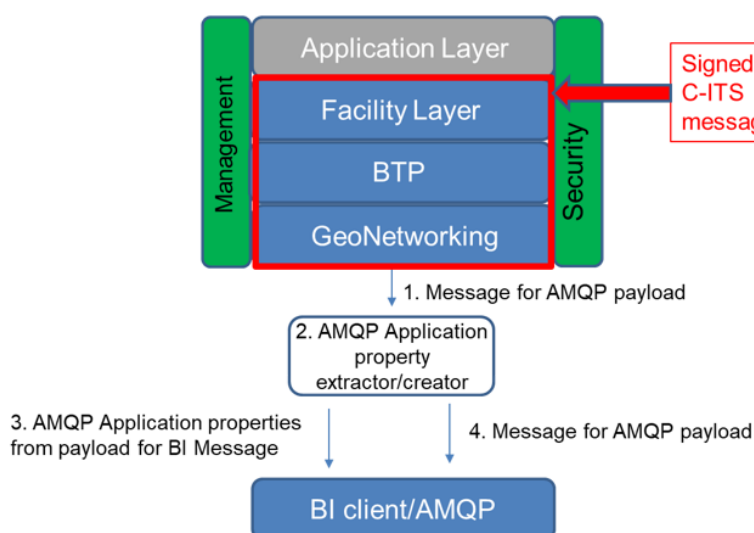
Osrednji C-ITS element v CUP bo centralna postaja ITS (C-ITS-S, angl. Central ITS station) kot ključna točka za obdelavo in upravljanje podatkov znotraj ekosistema C-ITS. Na njej se zbirajo podatki z različnih virov, kot so obcestne postaje RSU, enote v vozilih OBU ter (opcijsko) zunanji sistemi, npr. vremenske postaje ali detekcijske kamere, v kolikor te niso del obstoječega centra za upravljanje prometa. Centralna postaja ITS tudi oblikuje vsebino sporočil C-ITS za potrebe storitev v različnih scenarijih ter jih posreduje na Osnovni vmesnik BI za IP-komunikacijo do vozil in do drugih akterjev.

Centralna postaja ITS je programska rešitev, katere izvedba na evropskem nivoju ni predpisana (določeno je le delovanje). Praviloma vsak večji akter vzpostavi lastno rešitev, katera mu omogoča integracijo z ostalimi

sistemi za nadzor in upravljanje prometa, npr. centralna postaja v arhitekturi DARS je lastno izvedena, skupaj s prilagoditveno programsko opremo (angl. middleware). V okviru centralne postaje ITS se izvede tudi BI, ki mora generirana sporočila C-ITS vozilom posredovati prek obcestnih enot RSU s tehnologijo ITS-G5 in ranljivim uporabnikom (pešcem in kolesarjem) prek mobilnega omrežja 4G/5G na njihove BI-združljive naprave.

Na nacionalnem nivoju bo NCUP vzpostavil lastno rešitev centralne postaje ITS s široko podporo različnim scenarijem C-ITS za avtoceste, državne ceste, občinske ceste in druge. Trenutno potekajo dogovori, da bi NCUP pod okriljem Ministrstva za infrastrukturo zagotovil programsko opremo tudi za MOL, saj uporaba poenotenih platform omogoča večjo združljivost, lažje vzdrževanje in nadgradnje ter hitrejši vstop v svet C-ITS vsem novim akterjem. Za majhne akterje lahko vlogo centralne postaje ITS prevzame tudi postaja na NCUP, za MOL pa je lastna postavitvev praktično nujna, saj se s tem pridobi višja stopnja avtonomnosti pri nadzoru in upravljanju prometa. Dokler trenutni načrti o enotni nacionalni programski rešitvi ne bodo uradno potrjeni, lahko le predpostavimo, da bo MOL v roku 1 leta lahko prejel rešitev od NCUP oz. Ministrstva za infrastrukturo.

Za varno izmenjavo podatkov med akterji in uporabniki je potrebno zagotoviti tudi skladnost z infrastrukturo javnih ključev PKI (angl. Public Key Infrastructure), kar s podpisovanjem sporočil omogoča zaupanje v pravilnost informacij in pošiljatelje. Osnovni model prenosa podpisanih sporočil čez vmesnik BI je prikazan na sliki 4.



Slika 4: Varna izmenjava podatkov s podpisovanjem sporočil (po specifikaciji C-Roads)

Prilagoditvena programska oprema (angl. middleware) v CUP MOL bo v MOL rešitvi lastna, saj bo povezovala obstoječo arhitekturo CUP MOL z arhitekturo C-ITS. Kot je prikazano na primeru arhitekture DARS na sliki 2, je potrebno uvesti programske vmesnike, ki trenutno niso znani. Za določitev funkcij prilagoditvene programske opreme zato predlagamo študijo, ki bo na podlagi obstoječega stanja sistemov v CUP MOL, zahtev za centralno C-ITS postajo in po vzoru dobrih praks opredelila vse zahteve za izvedbo.

## 3.2 Nadgradnja obcestnega dela infrastrukture

Obcestni del predstavlja geografsko območje, ki se nahaja v neposredni bližini prometnih poti (ceste, površine za pešce in kolesarje). V prvi fazi projekta se načrtuje pokritost 38 križišč (uporabljene so interne oznake križišč v MOL): C4, V15, V15A, V1, V1A, V2A, V2, V13, V3, V3A, V4, V49 in V5 na Tržaški cesti (skupno 13), C10, C10A, C10B, B01, B01A, B02, B02A, B03, B04, B25, B05A, B05, B05B, B06A, B06, B33, B34, B34A, B07, B08, B08A in B09 na Dunajski cesti (skupaj 22) ter C02, C01 in C01B na Bleiweisovi ter Tivolski ulici (skupaj 3).

Na teh križiščih na dveh glavnih mestnih vpadnicah bo postavljena obcestna oprema za zbiranje podatkov, kar bo vključevalo uvedbo sistemov za zaznavanje prometa z razvrščanjem vozil, detekcijske kamere s

prepoznavanjem prometa, števce prometa ter nadgradnjo semaforškega sistema. Tu bodo v povprečju nameščene 4 kamere, 4 znančni ali mikrovalovni detektorji prometa in 4 pari tipkov za pešce z zvočnimi in taktilnimi signali za slepe in slabovidne.

Ker so križišča trenutno različno opremljena in različnih topologij, je za nadgradnjo potrebno izvesti analizo obstoječe opreme, identificirati manjkajočo ali ne dovolj zmogljivo ter za vsako posamezno križišče izvesti študijo izvedbe vzpostavitve sistema za zbiranje podatkov in tudi vključevanja opreme C-ITS.

V okviru nadgradnje semaforškega sistema za priključitev ITS-G5 RSU in dodatne opreme za zbiranje podatkov je torej potrebno zagotoviti ustrezno strojno in programsko zmogljivost lokalnih procesnih enot in komunikacijskih vmesnikov proti centralnemu delu.

### 3.3 Nadgradnja komunikacijskega dela

Z uvedbo sistema C-ITS v sisteme upravljanja prometa se potreba po zmogljivosti in varnosti komunikacijskih poti močno poveča. Vsaka obcestna enota ITS-G5 RSU praviloma zahteva priključitev na zanesljivo optično povezavo proti centru, zato je potrebno vse manj zmogljive povezave (npr. mobilne) nadomestiti z optičnimi.

Kljub izpolnjenim pogojem razpoložljive optične povezave v semaforiziranih križiščih je potrebno za komunikacijo med RSU in centralno postajo ITS zagotoviti ustrezne komunikacijske kanale, npr. ločena podomrežja, navidezna zasebna omrežja VPN (angl. Virtual private network) in podobno. To bo v nekaterih primerih zahtevalo menjavo ali vpeljavo dodatne omrežne opreme (omrežnih stikal), ki bodo združevala različne prometne tokove v optično vlakno.

Namestitev enot ITS-G5 RSU (R-ITS-S) v križišča bo zahtevalo študijo radijske pokritosti za vsako lokacijo posebej. Priporočljiva višina namestitve enot RSU z vgrajeno anteno je nad 5 m, kar pomeni, da bi se lahko namestili na semaforške drogove in portale nad cestiščem. Izhodiščno se predvideva namestitev 1 RSU na križišče, vendar je dejansko število odvisno od pogojev širjenja radijskega valovanja in zahtev po dolžini pokrivanja cest stran od križišča. Pri testiranjih na avtocesti (DARS) je bil ugotovljen močan negativen vpliv okoliških objektov in ukrivljenosti trase, npr. nadvožov in ovinkov, ki je sicer uporabno razdaljo do 1000 m na prostem zmanjšalo na 100-300 m. Polna pokritost cestnega omrežja s signali ITS-G5 sicer ni pogoj za uspešno delovanje sistema, saj se večina sporočil iz CUP pošilja geografsko na skupino RSU, kar pomeni, da je nek dogodek na cesti pred vozilom bil sporočen tudi že prek RSU nekaj križišč nazaj. Polna pokritost je nujna na kritičnih odsekih, kjer se npr. varuje ranljive udeležence v prometu, saj so tam zakasnitve obveščanja vozil o zaznanih nevarnostih prek kamer in drugih detektorjev nedopustna.

V študiji namestitve enot RSU je potrebno poleg njihovega števila po posameznem križišču za potrebe pokrivanja, določitve mikro-lokacije in načina pritrditve, zagotavljanja ustrezne Ethernet povezljivosti zagotoviti tudi zadostno napajanje (tipično prek Ethernet kabla PoE, Power-over-Ethernet) in delovanje v primeru izpada glavnega vira energije s sistemi UPS (angl. Uninterruptible Power Supply).

Za uporabnike sistema C-ITS s tehnologijo ITS-G5 se zagotovijo enote OBU (V-ITS-S), ki omogočajo komunikacijo med vozili (V2V) in povezljivost z obcestnimi enotami RSU (V2I). Ker danes v vozila tehnologija ITS-G5 še ni vgrajena, je potrebno določiti ciljno skupino uporabnikov (npr. vozila na nujni vožnji, vozila javnega potniškega prometa), kamor bodo enote OBU nameščene. Poleg napajanja iz vozila se priporoča tudi priključitev OBU na notranja komunikacijska vodila vozila, s čimer lahko OBU pridobi podatke tudi iz senzorjev vozila, npr. aktivacija zavore, brisalcev, signalizacije, proženja airbag-ov, in te podatke sporoči naprej v okolico oz. v zaledni centralni sistem. Prikaz prejetih informacij se v primerljivih pilotnih projektih tipično izvede z dodatno tablico v vozilu, ki podatke iz OBU vozniku poda na uporabniku prijazen, čim manj moteč način.



## 4 Nabor storitev C-ITS

Storitve C-ITS se po specifikacijah platforme C-Roads delijo na:

- In-Vehicle Signage (IVS) - prikaz prometne signalizacije v vozilu,
- Hazardous Locations Notification (HLN) - opozarjanje na različne vrste nevarnosti,
- Road Works Warning (RWW) - opozarjanje na cestne zapore zaradi vzdrževanja cest,
- Signalised Intersections (SI) - storitve v navezavi s fazo semaforja, npr. zeleni val (GLOSA),
- Automated Vehicle Guidance (AVG) - storitve, namenjene avtonomni vožnji,
- Topology Information (TI) - informacije o topologiji omrežja, npr. cestninskih postajah,
- Collective Perception (CP) - storitve s sodelovanjem več vozil, npr. zaznavanje ovir, VRU,
- Probe Vehicle Data (PVD) - pošiljanje podatkov o zaznavi iz vozila v centralni del.

Navedene storitve se izvajajo s pomočjo v C-Roads definiranih uporabniških primerov UC (angl. Use Case), npr. storitev opozarjanja HLN se razdeli na označevanje mesta nesreče, okvarjenega vozila, izrednih vremenskih razmer, vožnjo v napačno smer in podobne.

NCUP je v »Tehnični specifikaciji za centralni nacionalni oblak za C-ITS« predvidel osnovni nabor UC, ki pokriva predvsem splošne scenarije na avtocestah in državnih cestah, ne pa tudi cestah v urbanih središčih. Posebnosti scenarijev in UC v MOL so tako:

- zagotavljanje pretočnosti prometa s pomočjo priporočanja hitrosti vožnje do križišča (GLOSA),
- prioritizacija prometa za vozila na nujni vožnji (obveščanje okolice, prednost v križiščih),
- prioritizacija javnega prometa v povezavi z današnjimi rumenimi pasovi (npr. tekoč promet LPP) in
- pametno upravljanje prometa z realno-časovnim usmerjanjem prometa glede na zasedenost cest.

V tabeli 1 je podan predlog implementiranih scenarijev in UC za projekt X4ITS v MOL. Oznaka »+« predstavlja vključenost v nabor razpoložljivih UC, kar je potrebno podpreti v enotah OBU kot tudi na centralni postaji ITS. Z barvnim ozadjem so označeni tisti primerki, katerih vpeljava je praktično nujna za doseg zadanih ciljev vpeljave sistema C-ITS v urbanem okolju.

## 5 Zaključek

V dokumentu je predstavljen pregleden povzetek potrebnih aktivnosti in arhitekture za vzpostavitev sistema C-ITS v Mestni občini Ljubljana. Nadgradnje v centralnem delu v okviru trenutnega Centra za upravljanje prometa MOL bodo omogočile v prihodnosti hibridno delovanje, to je z uporabo mikrovalovne tehnologije ETSI ITS-G5 na 5,9 GHz in tudi z uporabo podatkovnih prenosov čez mobilna omrežja 4G/5G. V okviru projekta X4ITS se načrtuje posodobitev semaforiziranih križišč z dodatnimi detektorji in z mikrovalovno opremo ITS-G5, medtem ko vključevanje uporabnikov z mobilnimi napravami (telefoni) v prvi fazi ni predvideno. Tehnologija ITS-G5 je zrela in dobro preizkušena, še vseeno pa v evropskem prostoru obstaja nekaj odprtih vprašanj, ki se v okviru platform, kot je C-Roads, stalno dopolnjujejo. Današnji sistem C-ITS je tako živ in razvijajoč se sistem, ki stremi proti harmonizaciji storitev v evropskem prostoru, še posebej na omrežju cestnih koridorjev TEN-T. Zaradi še vedno nedokončane harmonizacije storitev se tudi avtomobilski proizvajalci ne odločajo za vgradnjo standardizirane C-ITS komunikacije v vozila in se raje zanašajo na lastniške aplikacije in podatkovne prenose čez mobilna omrežja 4G/5G. Predvideva se, da bodo storitve C-ITS dobro zaživele šele pri višjih stopnjah penetracije tehnologij C-ITS v vozila in na uporabniške mobilne naprave, zato v prihodnjih 5 letih ni možno pričakovati širšega razmaha uporabe tehnologij ITS-G5 v vozila, sploh ob predpostavki, da se starost evropskega voznega parka giblje okoli 10 let. Bodo pa učinki nadgradnje cestnega omrežja v MOL hitro vidni na področjih javnega potniškega prometa in služb na nujni vožnji.

Tabela 1: Predlog nabora storitev in uporabniških primerov (UC) za MOL

Storitev	Primeri uporabe (angl. use cases)	Predlog uporabe
IVS	Traffic Signs (IVS – TS)	+
IVS	Free Text (IVS – FT)	+
IVS	Smart Routing (IVS – SR)	+
HLN	Accident Zone (HLN – AZ)	+
HLN	Traffic Jam Ahead (HLN – TJA)	+
HLN	Stationary vehicle (HLN – SV)	+
HLN	Weather Condition Warning (HLN – WCW)	+
HLN	Temporarily slippery road (HLN – TSR)	
HLN	Animal or person on the road (HLN – APR)	
HLN	Obstacle on the road (HLN – OR)	+
HLN	Emergency or Rescue/Recovery Vehicle in Intervention (HLN – ERVI)	+
HLN	Emergency or Prioritised Vehicle Approaching (HLN – EPVA)	+
HLN	Railway Level Crossing (HLN – RLX)	+
HLN	Unsecured Blockage of a Road (HLN – UBR)	
HLN	Alert Wrong Way Driving (HLN – AWWDD)	+
HLN	Public Transport Vehicle Crossing (HLN – PTVC)	+
HLN	Public Transport Vehicle at a Stop (HLN – PTVS)	+
RWW	Lane Closure (and other restrictions) (RWW – LC)	+
RWW	Road Closure (RWW – RC)	+
RWW	Road Works Mobile (RWW – RM)	+
RWW	Winter Maintenance (RWW – WM)	+
SI	Signal Phase and Timing Information (SI – SPTI)	+
SI	Green Light Optimal Speed Advisory (SI – GLOSA)	+
SI	Imminent Signal Violation Warning (SI – ISVW)	+
SI	Traffic Light Prioritisation (SI – TLP)	+
SI	Emergency Vehicle Priority (SI – EVP)	+
SI	Toll Station Crossing (SI – TSC)	
AVG	SAE Level Guidance (AVG – SAE LG)	
AVG	Platoon Support Information (AVG – PSI)	
TI	Toll Station Approaching (TI – TSA)	
CP	Collective Perception on Motorways (CP – MW)	
CP	Collective Perception on Urban/Interurban Intersections (CP – UI)	+
PVD	Vehicle Data Collection (PVD – VDC)	+
PVD	Event Data Collection (PVD – EDC)	+