

Univerza  
v Ljubljani

Fakulteta  
za gradbeništvo  
in geodezijo



Jamova cesta 2  
1000 Ljubljana, Slovenija  
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

**DRUGG** – Digitalni repozitorij UL FGG  
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Pelko, S. A., 2014. Uvajanje reverzibilnih pasov v Sloveniji, preveritev na primeru Škofljica. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Maher, T.): 62 str.

Datum arhiviranja: 03-03-2015

University  
of Ljubljana

Faculty of  
Civil and Geodetic  
Engineering



Jamova cesta 2  
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia  
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

**DRUGG** – The Digital Repository  
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Pelko, S. A., 2014. Uvajanje reverzibilnih pasov v Sloveniji, preveritev na primeru Škofljica. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljani, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Maher, T.): 62 pp.

Archiving Date: 03-03-2015

Univerza  
v Ljubljani

Fakulteta za  
*gradbeništvo in  
geodezijo*

Jamova 2  
1000 Ljubljana, Slovenija  
telefon (01) 47 68 500  
fax (01) 42 50 681  
fgg@fgg.uni-lj.si



VISOKOŠOLSKI STROKOVNI  
ŠTUDIJ PRVE STOPNJE  
OPERATIVNO GRADBENIŠTVO

**SARA ANA PELKO**

**UREJANJE REVERZIBILNIH PASOV V SLOVENIJI,  
PREVERITEV NA PRIMERU ŠKOFLJICA**

Diplomska naloga št.: 70/OG-MP

**THE CHALLENGES OF INTRODUCING REVERSIBLE  
LANES IN SLOVENIA – ŠKOFLJICA CASE STUDY**

Graduation thesis No.: 70/OG-MP

**MENTOR:**  
doc. dr. Tomaž Maher

**PREDSEDNIK KOMISIJE:**  
prof. dr. Žiga Turk

Ljubljana, 27. 10. 2014



**STRAN Z IZJAVAMI**

Podpisana Sara Ana Pelko izjavljam, da sem avtor diplomskega dela z naslovom »Problem uvajanja reverzibilnih pasov v Sloveniji, preveritev na primeru Škofljica«.

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Ljubljana, 17. 10. 2014

Sara Ana Pelko

## **BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK**

<b>UDK:</b>	<b>656.11:625.711.1(497.4)(043.2)</b>
<b>Avtor:</b>	<b>Sara Ana Pelko</b>
<b>Mentor:</b>	<b>doc. dr. Tomaž Maher</b>
<b>Naslov:</b>	<b>Urejanje reverzibilnih pasov v Sloveniji, preveritev na primeru Škofljica</b>
<b>Tip dokumenta:</b>	<b>Diplomska naloga – visokošolski strokovni študij</b>
<b>Obseg in oprema:</b>	<b>62 str., 29 slk.</b>
<b>Ključne besede:</b>	urejanje prometa, vodenje prometa, reverzibilni pas, levi zavijalci, Lavrica – Škofljica, dnevni zastoji ob prometnih konicah, inteligentni transportni sistemi

### **Izvleček**

Zaradi povečanega števila avtomobilov na cestah se je pojavila potreba po preurejanju že obstoječih infrastruktur. Rešitve, kot so širitve cestišča, postavitve semaforiziranih križišč, uvedba krožišč, nadvozov ali obvoznic, včasih ne zadovoljujejo potreb ali pa niso mogoči. Za hitro, varno in učinkovito urejanje prometa v današnjem času pogostokrat uporabljamo bolj kompleksne alternative in integracij inteligentnih transportnih sistemov. Dnevno se na cesti Lavrica – Škofljica pojavljajo zastoji ob prometnih konicah. Zaradi prostorske stiske, saj skozi celoten odsek na eni strani poteka železniška proga na drugi strani pa hribovje, možnosti širitve in dodajanje pasov ni, zato je treba preurediti obstoječo infrastrukturo in omogočiti boljšo prometno pretočnost ob prometnih konicah. V diplomski nalogi je predstavljena posebna prometna ureditev z uvedbo reverzibilnih pasov. Sicer take prakse v Sloveniji še ni, kljub temu pa gre za smiselno rešitev, ko je infrastruktura preobremenjena, ko so zastoji predvidljivi in konstantni, hkrati pa je omejenost s prostorom. Cesta Lavrica – Škofljica je trenutno dvopasovna cesta z odstavnim pasom. Ideja projekta je preureditev ceste v tripasovnico, katere sredinski pas bi bil reverzibilno voden. To pomeni, da bi sredinski pas zjutraj deloval kot dodatni pas za vožnjo v smeri proti Ljubljani in popoldne v smeri proti Škofljici. Pri tem je najpomembnejše, da voznik prejema ves čas nedvoumne informacije kateri pas lahko uporablja. Posebno težavo v tem primeru predstavljajo levi zavijalci, za katere je treba poskrbeti z dodatnimi križišči, obračališči in ustreznimi alternativnimi cestami.

**BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT**

<b>UDC:</b>	<b>656.11:625.711.1(497.4)(043.2)</b>
<b>Author:</b>	<b>Sara Ana Pelko</b>
<b>Supervisor:</b>	<b>Assist. Prof. Tomaž Maher, Ph.D.</b>
<b>Title:</b>	<b>The challenges of introducing reversible lanes in Slovenia – Škofljica case study</b>
<b>Document type:</b>	<b>Graduation Thesis – Higher professional studies</b>
<b>Scope and tools:</b>	<b>62 p., 29 fig.,</b>
<b>Keywords:</b>	Traffic management, reversible lanes, left turning, road section Lavrica - Škofljica, daily congestions at peak hours, intelligent transportation system

**Abstract**

In order to accommodate the increased traffic volume, the need to upgrade existing traffic infrastructure had arisen. Solutions such as roadway expansions, additional traffic light installations, roundabouts, overpasses or bypasses are not always available. Nowadays, more complex alternatives and integrated intelligent traffic systems are used in order to quickly, efficiently and safely manage traffic. Road section Lavrica – Škofljica is subjected to daily congestions at peak hours. Due to a very constrained land configuration – railway on one side of the road section and a hilly landscape on the other side, it is not possible to substantially widen the existing roadway and add additional lanes. Therefore, the only option is to adapt the existing infrastructure in order to achieve a better traffic flow during peak hours. This paper presents an alternative traffic configuration by introducing reversible lanes. Slovenia has yet to implement this kind of practice, however it seems to be a sensible solution when the existing traffic infrastructure is overloaded, when congestions are recurring and predictable and there are spatial constraints. Road section Lavrica-Škofljica is currently a two lane roadway with a hard shoulder. The project in this paper proposes transforming the roadway into a three lane one with a reversible center lane. This means that in the morning the center lane would provide an additional lane in the direction to Ljubljana and, consequently, an additional lane in the direction to Škofljica in the afternoon. It is of paramount importance, that the drivers receive unambiguous information which lanes they can use. This road section poses another challenge for all the vehicles turning to the left, as additional intersections, turning areas and additional roads would need to be introduced.

## ZAHVALA

Zahvalila bi se svojemu mentorju, Tomažu Maherju, za predlagani naslov diplomske naloge, potrpežljivost in ažurnost. To področje mi je bilo na začetku neznano in prav tako tudi izziv, ki sem se ga lotila raziskovati z velikim veseljem in navdušenjem.

Hvala Damirju Hamziću in Urški Tršinar, ki sta mi stala ob strani skozi celoten študij, sodelovala z mano v skupinskih projektih in krajšala čas med predavanji in na kavah.

Hvala mojima staršema, ki sta bila skozi študij moja glavna sponzorja in največja motivatorja, hkrati pa tudi moja slaba vest, ko je bilo potrebno. Mislim, da sta ob mojem zaključku študija najbolj srečna starša na svetu.

Posebna zahvala gre mojemu partnerju Mihju, saj je v moje življenje prišel v pravem trenutku. Hvala mu za pomoč pri prevodu literature, za vse brce v rit, ko je bilo treba zaključiti diplomu, za vero vame in vsa kosila, ki mi jih je kuhal med pisanjem diplomske naloge.

Hvala fakulteti za inženirsko izobrazbo, za katero upam, da mi bo v življenju in pri zaposlitvi prišla prav.

**KAZALO VSEBINE**

<b>1</b>	<b>UVOD.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>REVERZIBILNI SISTEM .....</b>	<b>2</b>
2.1	PROSTORSKE KARAKTERISTIKE .....	3
2.2	ČASOVNE KARAKTERISTIKE .....	5
2.3	PLANIRANJE IN NAČRTOVANJE .....	5
2.3.1	<i>Planiranje.....</i>	5
2.3.1.1	<i>Razlogi in upravičenost.....</i>	6
2.3.1.2	<i>Določitev pasu .....</i>	7
2.3.1.3	<i>Prepoved zavijanja v levo.....</i>	7
2.3.1.4	<i>Splošne zahteve .....</i>	9
2.3.1.5	<i>Informiranje, izobraževanje in komunikacija z javnostjo.....</i>	9
2.3.2	<i>Načrtovanje.....</i>	10
2.3.2.1	<i>Lastnosti v prečnem prerezu .....</i>	10
2.3.2.2	<i>Prehodno območje, vstopne in izstopne točke .....</i>	11
2.3.2.3	<i>Križišče .....</i>	12
2.3.2.4	<i>Uporaba pregrad.....</i>	13
2.4	NADZOR, UPRAVLJANJE IN IZVAJANJE.....	14
2.4.1	<i>Naprave za kontrolo prometa .....</i>	14
2.4.1.1	<i>Znaki.....</i>	14
2.4.1.2	<i>Svetlobna signalizacija .....</i>	15
2.4.1.3	<i>Označbe na cestišču .....</i>	17
2.4.2	<i>Ključne ugotovitve.....</i>	17
2.5	PRESOJA IN OCENA.....	18
2.5.1	<i>Merila uspešnosti.....</i>	18
2.5.2	<i>Varnost.....</i>	18
2.5.3	<i>Drugi stroški in prednosti .....</i>	19
<b>3</b>	<b>ODSEK LAVRICA - ŠKOFLJICA .....</b>	<b>20</b>
3.1	ZNAKI NAD CESTIŠČEM.....	20
3.2	PREHODI V IN IZ REVERZIBILNEGA SISTEMA UPRAVLJANJA PROMETA .....	22



3.3	KRIŽIŠČA .....	24
3.4	PROBLEMI PRI UVAJANJU REVERZIBILNIH PASOV .....	28
3.4.1	<i>Predstavitev po odsekih</i> .....	28
4	<b>ZAKLJUČEK</b> .....	<b>35</b>
	<b>VIRI</b> .....	<b>37</b>

**KAZALO SLIK**

Slika 1 Primer uporabe reverzibilnih pasov [3] .....	2
Slika 2 Konfiguracija segmentov reverzibilnega sistema [1] .....	4
Slika 3 Pas rezerviran za levo zavijanje [4] .....	8
Slika 4 Vstopno oz. izstopno križišče trase z reverzibilno ureditvijo prometa [3] .....	12
Slika 5 Integrirano križišče brez možnosti zavijanja v levo [3].....	13
Slika 6 Primer ureditve signalizacije voznih pasov na trasi s koordiniranimi svetlobnimi signalnimi napravami [3] .....	16
Slika 7 Dvojna prekinjena črta V-7 [6] .....	20
Slika 8 Svetlobni znaki za urejanje prometa[6] .....	21
Slika 9 Znak za leve zavijalce .....	22
Slika 10 Semaforizirano križišče Rudnik[7].....	23
Slika 11 Semaforji nad cestiščem na začetku reverzibilnega odseka .....	23
Slika 12 Krožišče Klanec [7].....	24
Slika 13 Znak za zapiranje voznega pasu III – 112 [6] .....	24
Slika 14 K1 Črna pot (levo) in K8 Arbežnikov hrib (desno) [7] .....	25
Slika 15 Križišče s pasom za levo zavijanje [7] .....	25
Slika 16 Potek izpraznitve križišča [8] .....	26
Slika 17 Križišči K10 in K11 [7].....	26
Slika 18 Znak za uporabo alternativnih poti za levo zavijanje [6] .....	27
Slika 19 Obračališče [7] .....	27
Slika 20 Odsek 1 [7].....	28

Slika 21 Odsek 2.....	29
Slika 22 Odsek 3 [7].....	29
Slika 23 Odsek 4 [7].....	30
Slika 24 Odsek 5 [7].....	31
Slika 25 Odsek 6 [7].....	31
Slika 26 Odsek 7 [7].....	32
Slika 27 Odsek 8 [7].....	33
Slika 28 Odsek 9 [7].....	33
Slika 29 Odsek 10 [7].....	34

**KRATICE**

**AASHTO** American Association of State Highway and Transportation

**FHWA** Federal Highway Administration

**HOV** High Occupancy Vehicle

**ITE** Institut of Transportation Engineers

**RILSA** Richtlinien für Lichtsignalanlage

## 1 UVOD

S prvimi avtomobili na cesti se je pojavila tudi prva potreba po urejanju prometa, zato so v Londonu leta 1868 postavili prvi semafor, katerega edini namen je bil preprečevanje trkov. Sestavljen je bil iz vrtljivega nosilca, na katerem sta bili rdeča in zelena plinska svetilka. Rdeča luč je pomenila stop, zelena pa pozor. Deloval je le nekaj mesecev, saj je eksplodiral in hudo ranil človeka, ki ga je upravljal. Vendar se je promet v večjih mestih hitro povečeval in začelo je prihajati do prvih avtomobilskih zastojev. Potreba po urejanju prometa se je večala, zato je leta 1912 policist Lester Wire izumil prvi električni semafor, ki je vseboval rdečo in zeleno luč, na spremembo barve pa je opozarjal zvonec. Od konca 19. stoletja, ko so bili izdelani prvi avtomobili, do danes, se je na prometnem področju marsikaj spremenilo. Že sama funkcija semaforja ni več le preprečevanje trkov, temveč tudi usmerjanje in urejanje prometa. Mnogo več je avtomobilov, zato infrastruktura postaja vedno bolj zapletena in pojavila se je potreba po kompleksnejših napravah in sistemih za vodenje prometa.

Pri že obstoječi prometni infrastrukturi, ki ne zadovoljuje več potreb današnjega prometa, moramo velikokrat uporabiti druge alternative za upravljanje le tega, saj je pogosto gradnja dodatne infrastrukture onemogočena zaradi prostorskih omejitev, kot sta okoliška infrastruktura in geografska umestitev. Eden takih kompleksnih sistemov za vodenje prometa je reverzibilni sistem upravljanja prometa. To je sistem, kjer se določeni pasovi uporabljajo izmenično v obe smeri. V Sloveniji še ne poznamo takega primera, vendar pa je v tujini ta praksa zelo dobro sprejeta.

Na odseku regionalne ceste Lavrica - Škofljica dnevno prihaja do velikih zastojev in cesta že zdavnaj več ne ustreza gostoti prometa. Prva težava, s katero se srečamo tu, je prostorska stiska. Ta odsek je po celoti na eni strani omejen z naseljem in strmim hribom, na drugi strani pa z železnico, ki poteka vzporedno s cesto po vsej dolžini. Torej možnost širitve cestišča v tem primeru ne pride v poštev.

Zastoji se pojavljajo dvakrat na dan ob prometnih konicah (zjutraj in popoldne). Ker so konstantni in se jih da predvideti, upravičujejo postavitve dodatnega reverzibilnega pasu. Ta bi omogočil boljšo razporeditev prometa v času prometnih konic in s tem povečal pretočnost ceste. Dodatni reverzibilni pas bi deloval zjutraj v smeri proti Ljubljani in popoldne v smeri Škofljice. To pomeni, da bi na dodatni pas usmerili promet iz bolj obremenjene smeri in s tem povečali pretočnost.

Čeprav ta sistem upravljanja prometa reši problem zastojev v času jutranjih in večernih konic, povzroči tudi nekaj problemov za stanovalce. Največji problem so levi zavijalci, prav tako tudi stanovalci, ki so do sedaj lahko zavijali levo na cesto neposredno s svojih dvorišč. Na križiščih je treba uvesti dodatni pas za leve zavijalce, prav tako pa jim je treba omogočiti obračališča ali alternativne poti.

Prostorska stiska onemogoča tudi kolesarsko pot ob cestišču na celotnem reverzibilnem odseku. Kolesarska pot ob cestišču se začne na semaforiziranem križišču K1 in vodi v obe smeri. Od križišča K0 in K1 pa poteka makadamska poljska pot vzporedno z železnico, ki bi jo bilo treba asfaltirati in narediti kolesarsko pot v obe smeri. Poskrbeti bi bilo treba tudi za prehode čez železniške tire in jih primerno zaščititi.

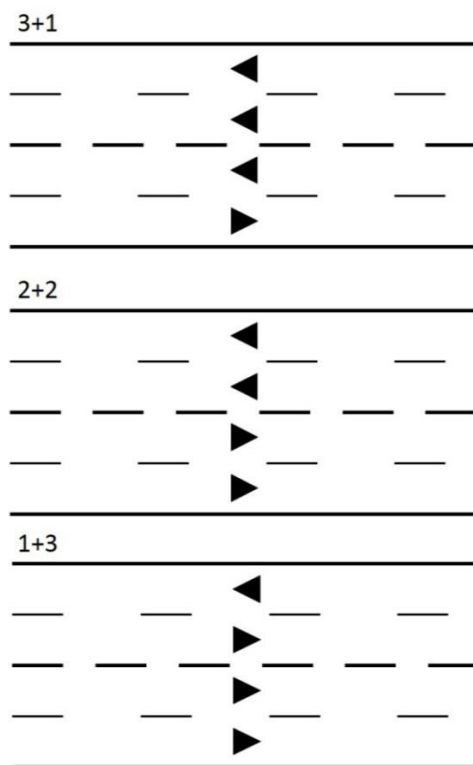
## 2 REVERZIBILNI SISTEM

Prilagajanje obstoječih cest za različne potrebe v določenih časovnih obdobjih v dnevu je samo ena izmed metod, ki jih uporabljajo načrtovalci, kot najbolj stroškovno učinkovito metodo za uravnavanje spremenljivega prometnega toka in povečanje kapacitet obstoječih cest.

Reverzibilni pasovi imajo zgodovino dolgo že približno 75 let in v tem času so se uporabljali za različne namene. Danes tako ureditev uporabljamo v treh glavnih situacijah: v primeru pogostih in predvidljivih prometnih konic, pri organizaciji občasnih dogodkov in v nujnih primerih, kot na primer evakuacijske poti.

Ena izmed prvih uvedb reverzibilnih pasov je bila v Los Angelesu leta 1928, ko so ves promet preusmerili v smer izven središča mesta. Med letom 1940 in 1960 se je močno povečala uporaba reverzibilnih pasov na arterijskih cestah v urbanih območjih. Kasneje leta 1970 se je uporaba reverzibilnih pasov razširila še na avtoceste, mostove in predore, pojavili pa so se tudi v Avstraliji in Evropi. Med letom 1970 in 1980 so se uporabljali v povezavi z drugimi načini urejanja prometa, kot je HOV (pas rezerviran za vozila z dvema ali več potnikoma) in pas rezerviran za avtobuse v urbanih območjih. [1]

Reverzibilni sistem je definiran kot razmerje med številom pasov, ki vozijo v eno smer in številom pasov, ki vozijo v nasprotno smer. Na primer, štiri pasovna cesta je običajno definirana kot 2:2, lahko pa se pretvori 3:1 ali 4:0, če spremenimo smer vožnje enemu ali več pasovom. [2]



Slika 1 Primer uporabe reverzibilnih pasov [3]

Osnovni princip reverzibilnega sistema je konfiguriranje pasov na cesti tako, da se izkoristi zmogljivosti prometnih pasov. Učinkoviti so zlasti zato, ker izkoristijo prednost neizkoriščene kapacitete prometa v manj obremenjeni smeri vožnje tako, da povečajo pretočnost v bolj obremenjeni smeri vožnje in pri tem ni potrebe po gradnji dodatnih pasov. Cilj reverzibilnih pasov je zagotoviti dodatne zmogljivosti za redne neuravnotežene obremenitve pasov ob hkratnem zmanjšanju skupnega števila pasov na cestišču.

Reverzibilni pasovi in ceste obsegajo širok izbor ukrepov, ki so prilagojeni različnim prometnim razmeram. Izbira reverzibilnih ukrepov je odvisna od tega, kaj želimo sporočiti v svojih prometnih situacijah. Na primer: sprememba smeri prometnega toka, tip vozil, ki jim je dovoljena vožnja na določenem pasu, oznaka dovoljenih ali prepovedanih manevrov (vožnja, obračanje, parkiranje). Izbira načina ukrepa je odvisna od ciljev, topografije in prometnih karakteristik lokalnega območja. Dva glavna vpliva na oblikovanje, načrtovanje in izbiro ukrepov reverzibilnih pasov sta dolžina reverzibilnega območja in čas trajanja, ki vključuje tudi čas, ki je potreben za prehod vožnje iz ene v drugo smer. [2]

Pretvorimo lahko le en pas, celotno cesto ali pa odstavne pasove. Prav tako lahko spremembo smeri vožnje izvedemo večkrat v dnevu, določene dneve v tednu ali ob posebnih dogodkih. Tudi načini, kako delujejo reverzibilne ceste, se močno razlikujejo. Na nekaterih reverzibilnih pasovih se promet usmerja in nadzira samo s pomočjo prometne signalizacije, nekatere zahtevajo kompleksnejšo računalniško vodeno signalizacijo ali z uporabo samodejnih pregradnih sistemov.

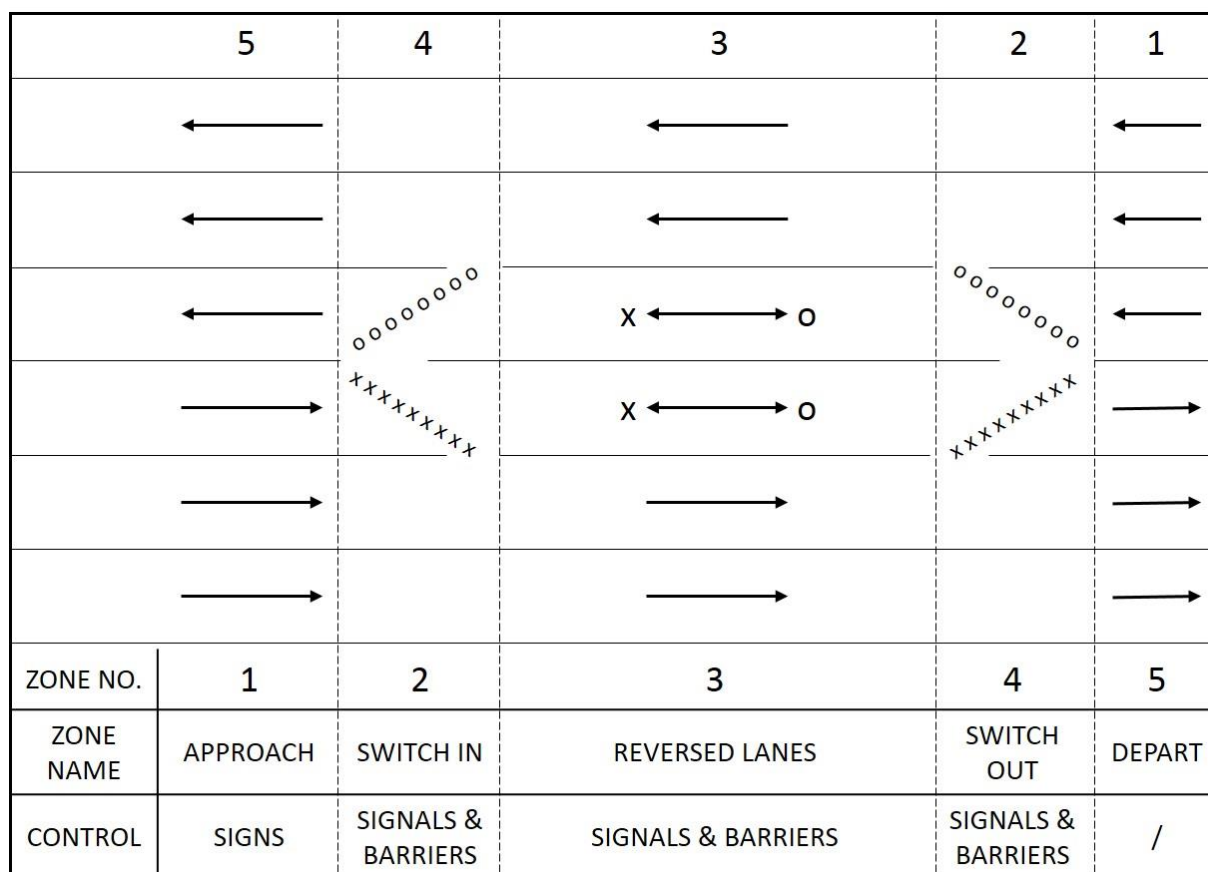
Načrtovanje in gradnja reverzibilnih pasov temelji izključno na izkušnjah, strokovni presoji in empiričnih opazovanjih. Organizacije, kot so ITE, AASHTO, FHWA so skupaj s praktično uporabo predlagale usmeritve in pravila za lažjo uporabo in delovanje reverzibilnih sistemov [2]. Kljub temu pravila niso niti približno tako specifična in dosledna, kot so pri kateri koli drugi dolgotrajni obliki upravljanja in nadzora prometa. Kljub temu, da taka dvoumnost velikokrat povzroči težavo pri poenotenju praks, je v primeru reverzibilnih pasov, relativno malo število standardov ustaljene prakse, kar omogoča načrtovalcem več možnosti pri razvijanju in prilagajanju prakse za različne potrebe in okolje.

## 2.1 Prostorske karakteristike

Na prostorsko načrtovanje vplivajo geometrijske karakteristike, kot so celotna dolžina ceste, število pasov, konfiguracija ter dolžina vhodnih in izhodnih prehodov. Pomembno je tudi trajanje in pogostost prehoda prometa iz ene smeri v drugo.

Lathrop (1972) je posplošil konfiguracijo segmentov reverzibilnih cest v kontekst petih con (slika 2). Cona 1 je označena kot pristopna cona, tj. cona, v kateri morajo biti vozniki obveščeni, da se približujejo reverzibilnemu območju. Informacije morajo zajemati oznake in število pasov, ki so vozniku na razpolago. Cona 2 je cona odločitve, kjer se mora voznik umakniti na reverzibilni pas ali pa z njega. Tu je potrebna posebna previdnost pri načrtovanju, saj se ta cona obravnava kot potencialno najbolj tvegana, ker se na tem območju pojavljajo združitve in vijuganje oz. menjava pasov, spremeni pa se tudi število pasov. V coni 3 vozniki nadaljujejo svojo vožnjo ali na običajnem ali na reverzibilnem pasu.

Tu so potrebne prometne oznake, ki voznika opominjajo oziroma mu sporočajo kateri pasovi so odprti za uporabo. Ustrezní nadzor v coni 3 je ključnega pomena, saj je zaradi nasproti vozečega prometa na sosednjem pasu večja možnost čelnega trčenja. Prehod vozil z reverzibilnega pasu na normalnega se zgodi v coni 4. Tako kot v coni 2 je tudi v coni 4 potrebno načrtovati dovolj dolgo razdaljo, saj se tu promet meša in združuje. V coni 5 se promet oddalji od reverzibilnih pasov in nadaljuje pot v običajni smeri in pasu. [1]



Slika 2 Konfiguracija segmentov reverzibilnega sistema [1]

Z operativnega vidika so območja prehajanja vozil med pasovi najbolj kritični deli reverzibilnih pasov. Da bi reverzibilni pasovi bili učinkoviti, morajo območja prehajanja vozil med pasovi biti narejena na način, da omogočijo prehod večjega števila vozil, saj je v nasprotnem primeru povečana pretočnost ceste zaradi uporabe reverzibilnih pasov nična.

Iz prakse se vidi, da so reverzibilna območja relativno kratka. Pregledi in analize reverzibilnih ukrepov v Veliki Britaniji so pokazali, da je skoraj 80 odstotkov reverzibilnih sistemov krajših od enega kilometra.[1]



## 2.2 Časovne karakteristike

Ker so običajno reverzibilni pasovi postavljeni zaradi večje pretočnosti dnevnega prometa, je večina teh ureditev narejenih tako, da trajajo le nekaj časa. V največ primerih 1 do 3 ure med jutranjim in večernim obdobjem najbolj gostega prometa.

Ustaljena praksa v urbanih naseljih je, da se reverzibilni pasovi uporabljajo 4 ure na dan; 2 uri (navadno med 7. in 9. uro zjutraj) med jutranjim obdobjem povečanega prometa in 2 uri med popoldanskim obdobjem povečanega prometa (navadno med 4. in 6. uro popoldan). Veliko cest, ki uporablja sistem reverzibilnih pasov, deluje po t.i. poldnevnih ciklih. To pomeni, da promet po reverzibilnem pasu v jutranjih urah teče v eno smer, v večernih urah pa v drugo smer.[1]

Najbolj kritično obdobje za reverzibilne pasove je čas menjave toka prometa iz ene smeri v drugo smer. Ta čas je posebej pomemben, saj je v tem obdobju, v primeru, da menjava smeri ni uspešno končana, največ možnosti, da se srečata vozila, ki vozita v nasprotno smer. Na splošno je pomembno, da obdobje menjave smeri toka prometa po reverzibilnem pasu traja dovolj časa, da omogoči, da vsa vozila zapustijo reverzibilni vozni pas, preden nanj spustijo promet v drugo smer. Obenem pa je zaželeno, da obdobje menjave smeri prometa po reverzibilnem pasu traja čim manj časa. Zato je treba pri določanju časa menjave smeri prometa po reverzibilnem pasu upoštevati tako učinkovitost kot varnost udeležencev v prometu.

## 2.3 Planiranje in načrtovanje

Raziskava planiranja in načrtovanja sistemov reverzibilnih pasov je pokazal, da so se uvedbe reverzibilnih segmentov dogajale z uporabo različnih tehnik in stopenj zahtevnosti. [1]

V praksi je po navadi tako, da se za vpeljavo reverzibilnih pasov, kot način urejanja prometa odločijo le redko, ne gleda na to, kakšne so potrebe in pogoji. V mnogih primerih je odločitev, da se uporabi reverzibilni sistem na cestah z normalno prometno ureditvijo, sprejeta šele potem, ko so ostale, bolj konvencionalne metode, spoznane kot neprimerne.

### 2.3.1 Planiranje

Tradicionalen pristop procesa načrtovanja prometa uporablja nabor principov za analizo, oceno in izbor primernih projektov, ki bodo rešili potrebe določene lokacije.

Planiranje reverzibilnih pasov je odvisno od volumnih karakteristik, finančne upravičenosti, nivoja kompleksnosti prometne kontrole, od tipa in funkcionalnosti ceste, na kateri je reverzibilni sistem, od namena in/ali ciljev vpeljave reverzibilnega sistema, in pa razpoložljivosti sredstev izvajalca, planiranja, načrtovanja, izvajanja in upravljanja. Posledično so sistemi na hitrih cestah veliko dražji, saj pogosto zahtevajo robustnejše ločitvene ograje in sisteme za ločitev pasov.[2]

Začetni gradniki procesa načrtovanja vključujejo identifikacijo in definicijo težav, ki se jih mora rešitev oziroma strategija lotiti. Kasneje sledi definiranje ciljev, ki naj bi bili doseženi z uvedbo te rešitve. S temi cilji v mislih se začnejo izbirati različni načrti in strategije, ki se nato ocenijo s presojo v kakšni meri in s kakšnimi stroški je vsaka od njih sposobna zadovoljiti postavljene cilje. Na koncu se izbere rešitev oziroma strategija, ki prinese največ prednosti, sorazmerno s stroški.

Čeprav načrtovanje reverzibilnih cestnih ureditev sledi enakemu tradicionalnemu procesu, so raziskave pokazale, da so v večini primerov dejavnosti načrtovanja, ki so privedle do ugotovitve, da je uporaba reverzibilnih pasov smiselna, veliko manj formalne. Na splošno so odločitve, da se uvede reverzibilen pas, sprejete bolj po občutku, šele potem, ko pride do spoznanja, da ne glede na potrebo po večji pretočnosti ceste, ni mogoče tako prostorsko kot stroškovno zgraditi dodatnih voznih pasov. V primerih, kjer se z uvedbo reverzibilnih pasov želi dvigniti pretočnost prometa le začasno, posebej za izredne dogodke ali v primerih gradnje ob oziroma na obstoječi cesti, se le redko naredijo študije izvedljivosti, čeprav bi le-te bile potrebne.

### 2.3.1.1 Razlogi in upravičenost

Današnja merila za postavitev reverzibilnih pasov so se razvijala preko let, ko so si prometni inženirji nabirali izkušnje in spoznavali principe njihovega delovanja ter prednosti in stroške, ki jih prinašajo. Čeprav so se merila delno spreminjalala skozi leta, se osnovna načela, ki govorijo v prid uporabi reverzibilnih pasov, niso spremenila.

Principi uporabe reverzibilnih sistemov so pomembni, saj vplivajo na nivo mobilnosti tako na primarni cesti, kot na tistih, ki se priključujejo nanjo. Čeprav je cilj teh principov, da zadovoljijo potrebe po mobilnosti vse populacije, se dostikrat zgodi, da dosežejo svoj cilj z omejitvijo gibanja in dostopnosti nekaterih posameznih voznikov. Dva primera takih principov sta prepoved zavijanja levo in prepoved parkiranja na ulici v času, ko je reverzibilni pas aktiven. [1]

Zaradi visokih medsebojnih odvisnosti in visokih stroškov ureditve, upravljanja in vzdrževanja označevalnih sistemov na reverzibilnih voznih pasovih, je smiselno preučiti tudi alternativne ukrepe. V začetnih raziskavah je treba upoštevati vse relevantne dejavnike kot npr.:

- Jakost prometa v obe smeri ob različnih delih dneva in ob različnih dnevih v tednu
- Spremembe obremenitve ceste znotraj kratkih časovnih intervalov
- Dotok in odtok prometa na cesto na pomembnih vozliščih
- Zmogljivost okoliškega cestnega omrežja
- Jakost prometa v času izrednih prireditev okoli dotičnega odseka ceste in njihov vpliv na njegovo obremenitev
- Analiza potrebne proste površine za to prometno ureditev
- Potrebni dodatni ukrepi oz. ureditve
- Stroški uvedbe in vzdrževanja. [3]

Pri predhodni raziskavi je pomembno, da se na vseh pomembnih točkah ceste na kateri naj bi se uvedel reverzibilni pas oceni dovolj visoka zmogljivost za vse načrtovane načine delovanja.

### 2.3.1.2 Določitev pasu

Najosnovnejše pravilo za uporabo reverzibilnih pasov je izboljšanje kapacitete vozišča, ki je na voljo. Pravila dodeljevanja števila voznih pasov neposredno vpliva na pretočnost dotičnega cestišča, ravno tako pa vplivajo na promet na sosednjih cestiščih, saj se nekaj prometnih tokov preusmeri na druge ceste v bližini, hkrati pa so nekateri vozniki prisiljeni uporabiti alternativne poti, da pridejo do svojega cilja.

Čeprav je logično, da se vozni pasovi dodelijo izključno glede na količino prometa, ki teče v vsako smer, je vseeno nujno, da se zagotovita dovolj visoka pretočnost in neoviran promet tudi v tisto smer, v katero teče manj prometa, čeprav taka dodelitev ni popolnoma v skladu z razmerjem med prometnima tokovoma v vsako smer. [1]

Označevanje voznih pasov je eno od operativnih ukrepov, ki omogoča fleksibilno upravljanje poteka prometa s pomočjo označb voznih pasov. Uporablja se v naslednjih primerih:

- Dinamična dodelitev voznih pasov s prometom v nasprotno smer (menjava smeri prometa): smer vožnje po nekaterih voznih pasovih na določenem cestnem odseku se spreminja glede na gostoto prometa, ki prihaja iz obeh smeri. S temi ukrepi je pretočnost cest možno prilagoditi trenutnemu stanju gostote prometa.
- Dinamična dodelitev voznih pasov brez prometa z nasprotne smeri (zavarovanje voznega pasu, sprostitve voznega pasu): bodisi se zapre vozni pas, ki je drugače odprt za promet (zavarovanje voznega pasu), bodisi se za promet odpre vozni pas, ki je drugače za promet zaprt (sprostitve voznega pasu). [3]

Obe ureditvi se lahko tudi uporabljata naenkrat (npr. pri upravljanju prometa v predorih).

Najbolj očitna prednost teh ureditev je, da obe omogočata večjo pretočnost v smer, ki je v tistem trenutku bolj obremenjena. Še več, povečana zmogljivost ceste je možna za promet v obe smeri na isti cesti, saj se smer prometa lahko prilagodi med jutranjim in večernim obdobjem povečanega prometa. Med dodatne prednosti šteje tudi odprava potrebe po stranskih, vzporednih ulicah, ki bi bile potrebne, če bi promet potekal samo po enosmernih ulicah, bolj učinkovita izraba vzporednih glavnih cestišč, in odprava potrebe, da se promet prerazporedi na druge ceste.

### 2.3.1.3 Prepoved zavijanja v levo

Zavijalci v levo so najbolj moteč dejavnik v ureditvah cest z reverzibilnimi voznimi pasovi in se lahko le z velikim naporom integrirajo v tovrstno prometno ureditev. Zaradi tega je na teh odsekih veliko prepovedi zavijanja. Zaradi bistvenega vpliva označevanja voznih pasov pri

ureditvah z reverzibilnim voznim pasom na celotno prometno ureditev, morajo le-ti biti skrbno vključeni v celotno cestno omrežje. [3]

Med pogostimi pravili pri uporabi reverzibilnih pasov je prepoved zavijanja v levo na delih ceste, kjer je število voznih pasov različno v eno smer kot v drugo. Prepoved zavijanja v levo je pomembna tako z vidika operativne učinkovitosti kot zagotavljanja varnosti. Z operativnega vidika zavijanje v levo pogosto upočasni, ali celo ustavi tok prometa, ko vozniki, ki zavijajo, čakajo na prostor med vozili, ki vozijo v nasprotni smeri, da lahko varno prečkajo njihov vozni pas. Ker je glavni cilj uvedbe reverzibilnih pasov prav povečanje pretočnosti prometa, bi bilo nelogično, da bi dovolili zavijanje v levo, saj ga le-ta upočasnjuje. Obenem bi lahko zavijanje v levo tudi dodatno zmotilo voznike, saj bi se lahko zmedli, kateri vozni pas v njihovi smeri je skrajni levi in kako naj se pravilno razvrstijo v večjih semaforiziranih križiščih.[1]

Pretekle izkušnje so pokazale povečanje prometnih nesreč, ko je voznik pomotoma zavijal na levo z ne skrajno levega pasu in s tem zaprl pot vozilu, ki je vozilo naravnost po skrajno levem voznem pasu. V praksi se je pokazalo, da nekateri vozniki niso vedeli, da se vozni pas na njihovi levi ravno tako uporablja za vožnjo v isto smer. Zmeda bi bila lahko še večja v ureditvah, kjer bi sredinski pas, ki se v obdobju manj gostega prometa uporablja za zavijanje na levo, bil spremenjen v reverzibilen vozni pas v obdobju bolj gostega prometa.[1]

Problematika zavijanja v levo je pomembna tudi pri semaforiziranih križiščih na reverzibilnih pasovih. Ker vozniki pogosto pričakujejo, da so pasovi za zavijanje na levo na križiščih označeni na tleh in na semaforjih, bi jih lahko zmedlo, če bi se na istem mestu znašli na reverzibilnem voznem pasu. Ena od možnih rešitev tega problema je uporaba neprestanega sredinskega pasu namenjenega zavijanju na levo z dinamično prometno signalizacijo nad njim (slika 3). Drug način dostopa do križišča, ki ga je težko nadzorovati, je dodaten pas za zavijanje na levo v križišču.



Slika 3 Pas rezerviran za levo zavijanje [4]

#### **2.3.1.4 Splošne zahteve**

Obstaja še kar nekaj pravil, ki vplivajo na režim uvedbe reverzibilnih vozniških pasov, ki jih je treba nasloviti v fazi načrtovanja. To so na primer ureditve, kot so medobčinski dogovori in ureditve v primerih, ko reverzibilna prometna ureditev poteka skozi več občin, vprašanja pravne odgovornosti, kar se tiče varnosti v prometu, vprašanja, kot so prijaznost prometne ureditve do načina življenja in prometnih navad lokalnega prebivalstva ter vpliva na okolje.

Ovisno od načina uporabe morajo biti izpolnjeni določeni gradbeni in operativni predpogoji. Čeprav za odstavni pas na splošno ne veljajo posebna gradbena merila, je pri reverzibilnih pasovih potrebno upoštevati nekaj spremljajočih dejavnikov. Na splošno je treba upoštevati naslednje:

- Svetlobna signalizacija pri reverzibilnih pasovih mora praviloma delovati neprestano.
- Odsek z reverzibilnim pasom mora biti označen kot prednostna cesta.
- Parkiranje in dostava ne sme potekati po vozniških pasovih označenih s svetlobno signalizacijo.
- Vključevanja in izključevanja iz prometa s parcel, ki ležijo ob cesti mora biti čim manj.
- Oviranje prometa z vključevanjem in izključevanjem se mora čim bolj preprečiti. Zavijanje v levo naj bo na splošno dopuščeno le v primeru, ko je možno zagotoviti ločen pas za zavijanje v levo. Poleg tega je treba upoštevati, da je zavijalcem v levo možno zagotoviti varno prečkanje le s posebnimi predpisi. V obdobju povečanega prometa naj bo zavijanje v levo onemogočeno. Dopustnost vključevanja v promet z ostalih cest in dovozov se mora oceniti za vsak primer posebej.
- Vozila, ki prečkajo cesto ali se nanjo vključujejo, morajo imeti ustrezno prometno signalizacijo.
- Območja, kjer pešci prečkajo cesto, se morajo zaradi zagotavljanja varnosti označiti s semaforji ali pa se mora prečkanje urediti z nad ali podhodi.[3]

Pri avtobusnem prometu, ki poteka tudi na odsekih z reverzibilnimi voznimi pasovi, je treba urediti postajališča, ki morajo biti ob skrajno desnem voznem pasu.

Pri ureditvi z reverzibilnimi pasovi je ravno tako možno urediti pas, rezerviran z avtobusni promet. Včasih že zadostuje, da se uredi poseben vozni pas za avtobuse samo v smeri, v kateri je povečan promet, medtem ko v nasprotni smeri avtobusi vodijo po običajnih voznih pasovih.[3]

#### **2.3.1.5 Informiranje, izobraževanje in komunikacija z javnostjo**

Ker uvedba reverzibilnih pasov ni prav pogost pojav, veliko voznikov ni seznanjenih z načinom njihovega delovanja. Zaradi tega so pogosto po uvedbi reverzibilnih pasov vozniki zmedeni in novo ureditev le težko sprejmejo. Po nekem uvodnem obdobju se navadno začetna zadržanost voznika spremeni v sprejemanje in navdušenje nad novo prometno ureditvijo. To se po navadi zgodi takrat, ko vozniki začnejo izkoriščati dodaten vozni pas in opazijo, da je nov prometni režim omogočil manj gneče na cesti in skrajšal potovalni čas

(DeRose 1966). Edini nasprotniki te prometne ureditve so bili lastniki trgovin ob cestah, kjer so se uvedli reverzibilni pasovi, saj so menili, da manj gneče na cesti, ki teče mimo njihovih trgovin, pomeni slabši obisk kupcev.[1]

### 2.3.2 Načrtovanje

Merila za načrtovanje cest z reverzibilnimi pasovi so podobna tistim za gradnjo navadnih cest. Verjetno je tako tudi zato, ker je večino cest z reverzibilnimi pasovi dejansko bilo narejenih na cestah, ki so prej imele standardno prometno ureditev.

Analiza vseeno kaže, da zaradi unikatnih lastnosti cest z reverzibilnimi pasovi, njihovo načrtovanje pogosto zahteva poseben pristop. To je še posebej vidno za novo načrtovane prometne ureditve in za avtoceste, kjer je obvezna postavitve fizične ovire med pasovoma kjer promet teče v nasprotno smer. Posebni načrti so bili uporabljeni na navadnih cestah, ki so jih spremenili v ceste, ki omogočajo prometno ureditev z reverzibilnimi voznimi pasovi.

#### 2.3.2.1 Lastnosti v prečnem prerezu

Na splošno horizontalni in vertikalni prerez reverzibilnih voznih pasov ni nič drugačen od tistega pri standardnih cestah. To je predvsem zato, ker so osnovne zahteve pri postavitvi (npr. učinkovitost operacij, vidljivost in odvodnjavanje) enake za tradicionalne ceste. Obstaja le manjša izjema pri prečnem prerezu.[1]

Po celotni dolžini odseka mora biti zagotovljen dovolj velik prečni prerez, da se lahko namestijo primerni prometni znaki in označevalne naprave. To je pomembno predvsem v predorih in ob gradbiščih.[3]

Glavne lastnosti prečnega prereza ceste so vozni pasovi, odstavni pasovi in bočni elementi, kot so bankine in vmesni pasovi. Načrtovanje teh elementov upošteva zahtevane širine, naklone in vozne površine, ki so potrebne, da ločijo in varno ter učinkovito vodijo promet. Zraven morajo še upoštevati, da se učinkovito loči tok prometa v nasprotnih smereh, da se zniža verjetnost, da se vozilo prevrne, da iz cestišča odteka voda in da se vse to naredi čim ceneje. Načrti prečnih prerezov cest z reverzibilnimi pasovi morajo upoštevati, da se na nekaterih voznih pasovih smer vožnje spreminja. Varnostni elementi kot so varnostne ograje, naletne blazine, odcepi in nakloni na avtocestah, ki so prilagojeni prometu v le eno smer, morajo biti prilagojeni za promet v obeh smereh. Možna je tudi potreba po večji širini pasu, da se lahko učinkovito namestijo prenosni elementi za začasno usmerjanje prometa kot so stožci ali fiksni elementi kot na primer pregrade.[1]

Širina voznega pasu je še en element v prečnem prerezu, ki so ga spremenili na mnogo cestah, kjer so uvedli ureditev z reverzibilnimi pasovi (RiLSA standard minimalna širina pasu 3 m). Ta širina voznega pasu je primerna za večino vozil, saj zagotavlja nekaj prostora za prečno gibanje med vožnjo, hkrati pa omogoča tudi dovolj prostora med voznimi pasovi v isto ali nasprotno smer. Ena od težav postavitve prometne ureditve z reverzibilnim voznim pasom

na obstoječo cesto je potreba po umestitvi dodatnega voznega pasu v obstoječo širino, ki je na voljo v prečnem prerezu. Čeprav se vedno išče možnost, da bi obdržali širino pasu med 3 in 3,5 metra, reverzibilne pasove pogosto zgradijo tako, da dele vozišča, kot so parkirna mesta ob cesti ali sredinski pasovi za zavijanje v levo spremenijo v čim več voznih pasov. Eden od načinov, kako so uspešno rešili problem preozkih voznih pasov je z delnim prekrivanjem voznih pasov na sredini, po katerih lahko vozila vozijo, medtem ko se ostala vozila pomaknejo na zunanjo stran svojega pasu. Na primer, dva 4,6-4,9 metrska pasova so spremenili v tri vozne pasove, tako da srednji pas delno prekriva skrajna dva. [1]

### **2.3.2.2 Prehodno območje, vstopne in izstopne točke**

Minimalni čas za prehodno obdobje je čas, ki je potreben, da zadnje vozilo vstopi in izstopi iz reverzibilnega odseka. Po navadi je to vozilo policijsko ali pa servisno, ki zagotovi popolnoma prazen pas, ki je varen za nasprotni promet. Pojav bolj prefinjenih ITS je močno skrajšalo prehodna obdobja. Ena boljših rešitev je postavitve SPIS portalov preko vseh pasov. [1]

Dva ključna elementa močno vplivata na celotno učinkovitost prometnega režima z reverzibilnim pasom. To sta vstop in izstop v reverzibilni sistem. Zadostna zmogljivost in nemotena pretočnost na teh področjih sta ključni, saj vplivata na uporabnost in pretočnost celotnega odseka. Če obstaja preveč omejitev pri vstopu vozil v tak sistem, le-ta ne bo nikoli dosegel takega povečanja pretočnosti kot bi ga lahko. Če obstaja preveč omejitev pri izstopu iz odseka, kot na primer združevanje dveh pasov v enega, lahko to privede do zastojev, ki se bodo širili v območje z reverzibilno ureditvijo in s tem zmanjševali njegovo pretočnost. [1]

Vstopi in izstopi iz reverzibilnih odsekov se razlikujejo glede na način uporabe in glede na cesto, na kateri je. Vhodi in izhodi se lahko nadzirajo tudi z učinkovitim načrtovanjem in prometno signalizacijo. Še boljše pa je, da se uporabi kombinacija obeh.

Na vstopnih točkah odsekov z reverzibilno ureditvijo število voznih pasov, ki vodijo na njih, ne sme biti večje, kot je maksimalno število voznih pasov v eno smer na tem odseku. [3]

Na izstopnih točkah cest z reverzibilnimi pasovi mora biti na voljo ali najmanj toliko voznih pasov kot jih je največ na voljo z vožnjo v isto smer na tem odseku, ali pa mora biti urejen prehod na zožen prečni prerez z ustrezno prometno signalizacijo in prometnimi znaki. Ceste, ki vodijo v ali se nadaljujejo iz odsekov z reverzibilno ureditvijo, morajo biti dovolj zmogljive, da omogočijo nemoteno pretočnost prometa, ki pride po cesti z reverzibilno ureditvijo. [3]

Čeprav so prehodna področja na vseh in izhodi v reverzibilne pasove na navadnih cestah po navadi označeni samo s prometno signalizacijo, je ta ureditev na hitrih cestah bolj zapletena, saj vozniki na teh cestah potrebujejo več pomoči pri razvrščanju.

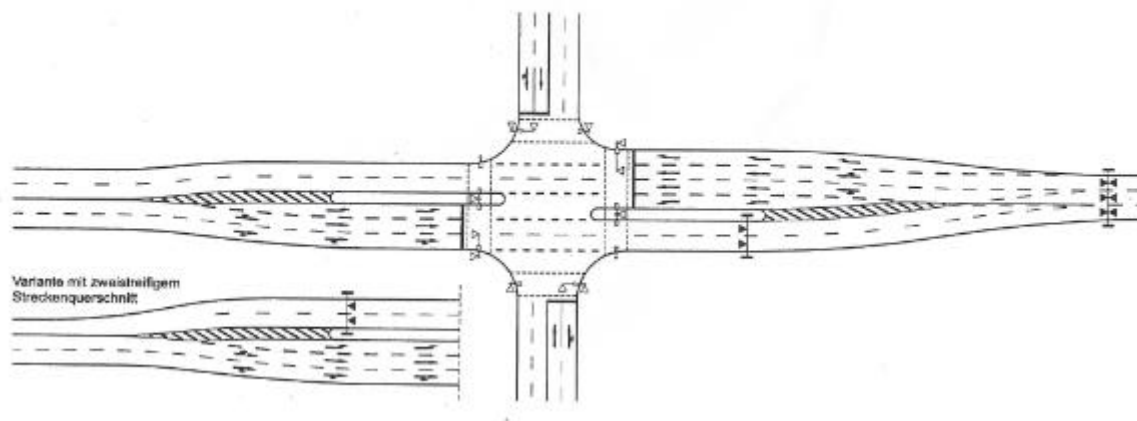
Nekateri so tudi mnenja, da veliko število vozil v času prometnih konic pripomore k zmanjšanju avtomobilskih nesreč, saj je razmik med vozili manjši in je s tem jasno, v katero smer poteka promet zato je vključevanje vozil s stranskih cest vzdolž reverzibilnega odseka lažje. [1]

### 2.3.2.3 Križišče

Križišča se dajo dobro umestiti na ceste z reverzibilno ureditvijo in tudi dovolj preprosto označiti, dokler lahko prečni prerez cestnega odseka in smer prometa po voznih pasovih v področju križišča ostane nespremenjen. Na splošno to velja samo za križišča, na katerih se ne zavija na in s ceste. V vseh drugih primerih so potrebni tako ureditveni kot gradbeni posegi, ki križišča naredijo bolj razumljiva in varna, seveda pa te ureditve zahtevajo veliko več prostora. [3]

Križišča morajo biti zgrajena na tak način, da omogočajo varne, hitre in nemotene prehode v vseh možnih konfiguracijah reverzibilnih pasov. Zato je treba križišča zasnovati posebej skrbno z vidika razvrstitve in dodelitve voznih pasov. Glede na smer vožnje se ločijo vozni pasovi, kjer promet poteka le v eno smer in tisti po kateri lahko promet poteka v obe smeri. Pasovi po katerih je možen promet v obe smeri ne smejo biti označeni s puščicami, ki označujejo smer vožnje. [3]

Na začetku in konca odseka z reverzibilno ureditvijo pogosto ni potrebno, da se na križišču izvede ureditev z variabilno dodelitvijo voznih pasov (slika 4).

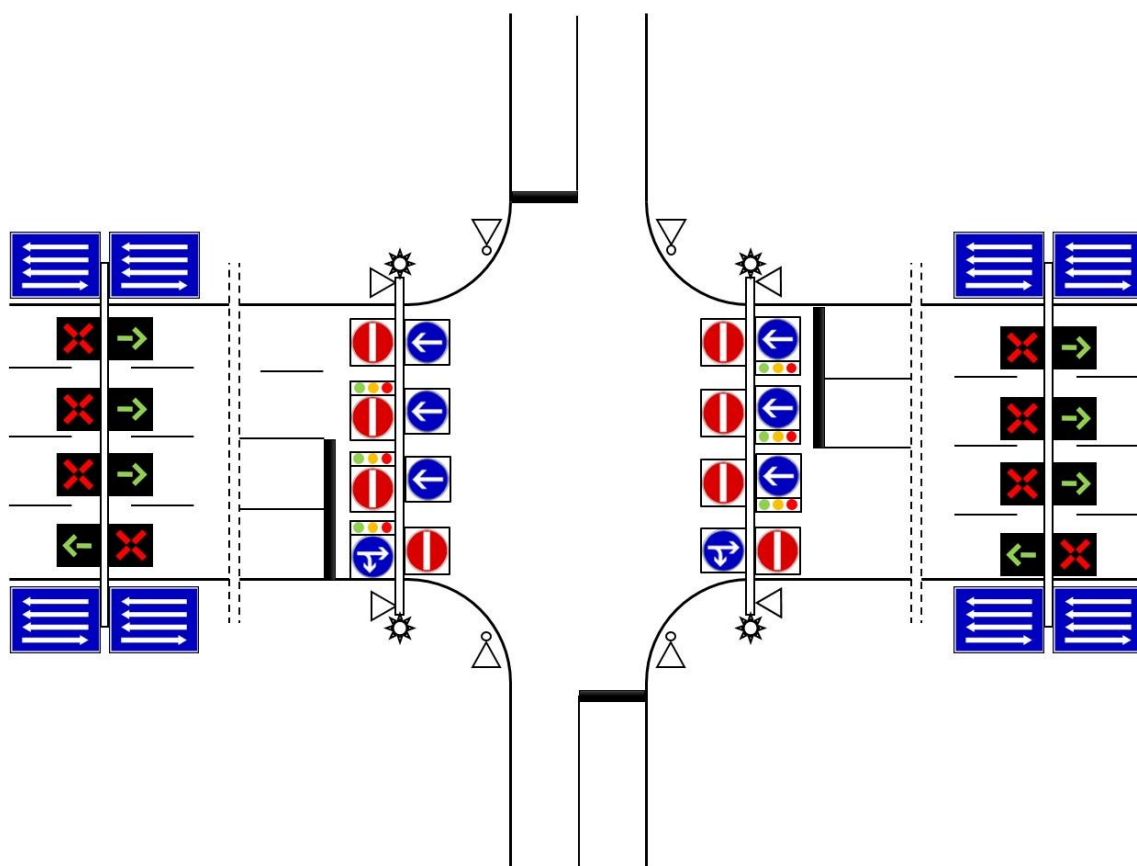


Slika 4 Vstopno oz. izstopno križišče trase z reverzibilno ureditvijo prometa [3]

Vendar, ker je treba upoštevati vse možne konfiguracije reverzibilne ureditve, to v pravilu s seboj prinese potrebo po zelo velikih površinah potrebnih za križišča. Če so znotraj odsekov z reverzibilno ureditvijo tudi križišča, morajo le-ta ravno tako biti prilagojena reverzibilni ureditvi (slika5).[3]

Zavijanje na levo na reverzibilnem odseku, ki nima posebnega pasu, namenjenega zavijanju v levo, mora biti zaradi zagotavljanja varnosti onemogočeno.





Slika 5 Integrirano križišče brez možnosti zavijanja v levo [3]

V pravilu morajo v času menjave režima na reverzibilnih pasovih spremenjeni tudi robni pogoji za ureditev prometne signalizacije na križiščih. Tako je na primer potrebno pri izračunu trajanja intervalov upoštevati, da morajo prometni tokovi, ki se vključujejo ali prečkajo križišče, iti preko različnega števila voznih pasov, odvisno od režima reverzibilnih pasov, ki v tistem trenutku velja. Zato je smiselno, da se pri določanju programa signalizacije upošteva tista konfiguracija, pri kateri je za prečkanje križišča potrebno največ časa. [3]

Če so signalne naprave (semaforji) na križiščih nameščeni tudi nad voznimi pasovi, ki so reverzibilni, morajo imeti izbiro, da se popolnoma ugasnejo, saj obstaja verjetnost, da bi jih vozila javnega prometa lahko napačno interpretirala kot oznake, da je vozni pas rezerviran za njih. [3]

#### 2.3.2.4 Uporaba pregrad

Za reverzibilne pasove se uporabljajo različni tipi pregrad. Sistem premičnih pregrad postaja čedalje bolj priljubljen pri načrtovanju reverzibilnih pasov. Premične pregrade se uporabljajo tako pri trajnih rešitvah za cestišča in mostove, kot pri začasni rešitvah okoli gradbišč, kjer je prometni tok iz različnih smeri spremenljiv. [1]

Na lokacijah, kjer se tok prometa spremeni večkrat (na primer dvakrat dnevno, da se prilagaja gostoti prometa v in iz mesta), so zelo pogosti sistemi samodejnih pregrad. Na takih lokacijah so postavljene vzdolžne pregrade, ki onemogočajo vstop v reverzibilne pasove. Poleg te pregrade pa je nad cestiščem nameščen tudi dinamičen sistem označevanja, ki označuje prosto pot po teh pasovih.

Ne glede na uporabo vseh teh sistemov so izkušnje pokazale, da vseeno ne morejo popolnoma preprečiti vstopov v reverzibilne pasove z napačne smeri in vseh nevarnosti, ki jih to prinese. Da bi to preprečili in zagotovili večjo varnost, so razvili in uvedli različne sisteme ustavljanja vozil, ki preprečujejo vstop na območje reverzibilnih pasov z napačne smeri. Enemu takih sistemov, ki uporabljajo mrežo in žičnate zaviralce in delujejo po enakem principu kot sistemi, ki ustavljajo letala na letalonosilkah, rečejo »Dragnet«.[1]

## **2.4 Nadzor, upravljanje in izvajanje**

Pregled literature nam pokaže, da obstaja pet osnovnih tehnik, s katerimi upravljajo in nadzirajo promet na reverzibilnih pasovih. To so: znaki ob cesti, znaki na cesti, kontrolni signali za uporabo voznih pasov, oznake na cestišču in prenosni elementi kot so stožci, valji in stojala.[1]

Uporaba teh tehnik zajema vse od uporabe ustaljenih prometnih znakov, semaforjev in oznak po cestišču, do bolj zapletenih in delovno bolj intenzivnih metod, kot so avtomatizirane kontrole za dinamično uporabo voznih pasov ter ročno usmerjanje prometa (prometniki).

### **2.4.1 Naprave za kontrolo prometa**

Najpogostejša sredstva za usmerjanje in nadzor prometa, ki vstopa, se vozi po, ali izstopa z reverzibilnih pasov so tipični prometni znaki, semaforji in oznake na cestišču.

#### **2.4.1.1 Znaki**

Prometni znaki morajo vedno podajati informacije, kot so: čas obratovanja, vozni pasovi, ki so na voljo, lokacije kam se promet preusmerja. Znaki za območje z reverzibilnimi pasovi se lahko postavijo tako ob, kot nad cestiščem.

Prvi znaki so bili dvostranski (da se jih je videlo pri vožnji iz obeh smeri), postavljeni na podstavek, zato da so jih lahko premikali po potrebi. Postavljeni so bili neposredno na vozišče med voznimi pasovi ali pa takoj ob robu cestišča.[1]

Ker so se uporabljali občasno, so zgodnji sistemi reverzibilnih pasov terjali veliko ročnega dela, saj so prestavljali prometne znake na pravilno mesto ob različnih obdobjih v dnevu. Z razvojem so moderni sistemi usmerjanja prometa po reverzibilnih pasovih postali

avtomatizirane elektronske in mehanske naprave, ter v zadnjem času tudi dinamični kontrolni in komunikacijski sistemi.[1]

MUTCD standard dovoljuje tako uporabo obcestnih vkopanih znakov kot označb nad cestiščem nad pasovi, ki so reverzibilni. Vseeno pa zahteva, da so vse prometne označbe za reverzibilne pasove nameščene nad njimi. Označbe na tleh so lahko nameščene dodatno.

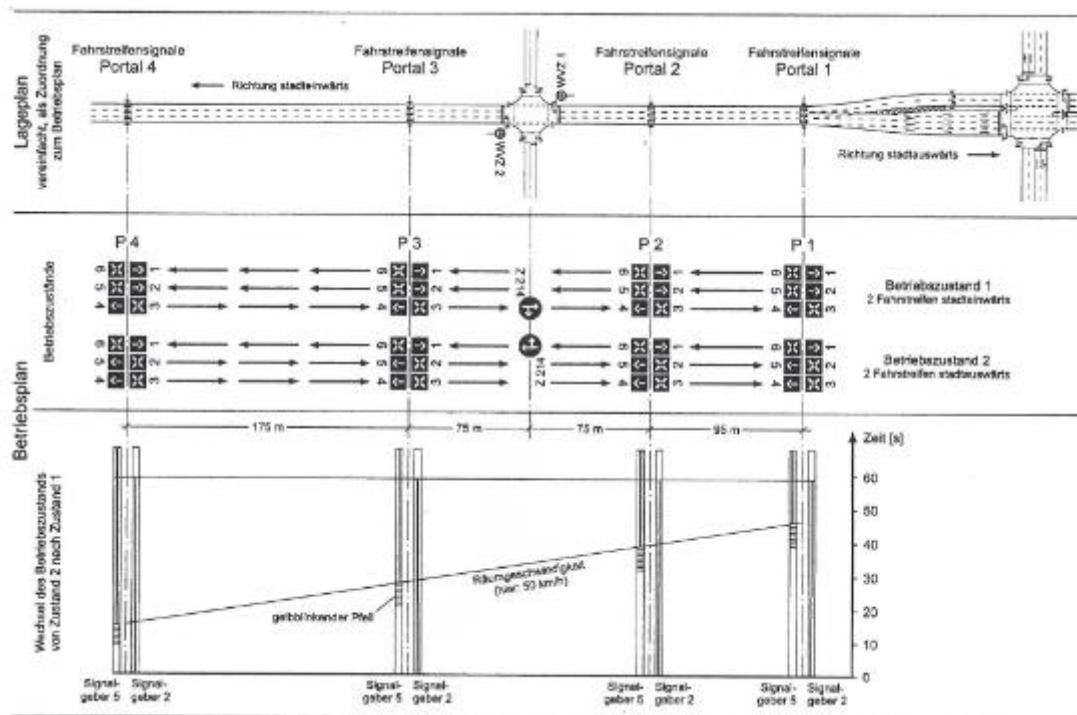
Še ena ključna zahteva MUTCD standarda je, da so označbe nameščene tako, da je v vsakem trenutku vidna vsaj ena, še raje pa dve označbi. Namen tega pravila je doseči, da bo voznik, ki bo vozil po reverzibilnem pasu v vsakem trenutku nedvomno imel informacijo, kateri pasovi so namenjeni vožnji v katero smer.[1]

#### **2.4.1.2 Svetlobna signalizacija**

Po drugi svetovni vojni se je močno razširila uporaba avtomatiziranih sistemov za upravljanje prometa. V letih 1950 in 1960 se je upravljanje prometa v in iz reverzibilnih pasov spremenilo v manj delovno intenziven način z različnimi, bolj vidnimi, elektronskimi in mehanskimi napravami. Ti sistemi so ravno tako skrajšali čas in stroške potrebne za spremembo smeri prometa iz ene v drugo. Najbolj pogosta od teh naprav je bil semafor, ki je nakazoval dovoljeno uporabo voznega pasu.[1]

Svetlobni znaki za uporabo voznega pasu se uporabljajo tako, da pokažejo kateri vozni pasovi reverzibilnega pasu so v tistem trenutku odprti (ali zaprti) za promet v tisto smer. V nekaterih primerih lahko celo pokažejo, kateri vozni pasovi so ravno v postopku menjave smeri prometa. MDOT semaforji so bili med prvimi napravami, ki so uporabljali sistem osvetljene rdeče črke X in zelene puščice za označevanje odprtih in zaprtih voznih pasov. [1]

Za operativno stanje nadcestnih signalnih označb na odsekih cest, po katerih tečejo reverzibilni pasovi, je treba imeti nadzor nad stanjem vsake signalne naprave, ki je nameščena nad voznim pasom. Primer operativnega načrta je pokazan na sliki 6. Stanje signalnih naprav mora biti prikazano na tako razumljiv način, da je v vsakem trenutku jasno, ali signalna naprava kaže zaporo smeri ali odprto smer. Posamezni režimi delovanja morajo biti predstavljeni skupaj in ilustrirani na shemi načrta voznih pasov. Časovna obdobja morajo biti oštevilčena. Preklopi med režimi delovanja morajo biti jasno označeni in časovno merjeni, tako da je jasno, koliko časa bodo še aktivni. Ker mora vklop določenega režima delovanja biti v trenutku usklajen z vklopom pravih oznak nad voznimi pasovi, se za večjo varnost uporabljajo dodatni ukrepi (npr. prepoved zavijanja) še preden se sistem aktivira.[3]



Slika 6 Primer ureditve signalizacije voznih pasov na trasi s koordiniranimi svetlobnimi signalnimi napravami [3]

Režim menjave smeri po reverzibilnem pasu poteka prek korakov: izprazniti, zavarovati, sprostiti. Da bi se preprečilo voznikom, da bi spregledali, da se je prižgal signal, da je vozni pas v njihovo smer zaprt, se v vmesnem času uporablja utripajoča rumena puščica.[3]

MUTCD priročnik ponuja še dodatna znaka:

- Bel znak z dvema puščicama za zavijanje v levo nakazuje, da se ta vozni pas lahko uporablja za zavijanje v levo za vozila z obeh strani. Po njem pa ni dovoljeno voziti.
- Bel znak z eno puščico za zavijanje v levo vozniku dovoli, da s tega pasu zavije na levo, po njem pa ne sme voziti. [1]

Za prehodno obdobje, torej čas, v katerem se mora vozni pas sprostiti, se priporoča 7 sekund. Izpraznitev voznega pasu pri reverzibilni prometni ureditvi lahko poteka na več načinov:

- Izpraznitev poteka z menjavo voznega pasu. Ker se proces izpraznitve lahko dogaja hkrati po celotni dolžini odseka z reverzibilnim pasom, je prehodni čas lahko kratek. Vseeno je treba zagotoviti, da pas, na katerega se umikajo avtomobili z reverzibilnega, ni tako obremenjen, da se avtomobili nanj ne bi mogli pravočasno umakniti.
- Izpraznitev poteka postopoma, v smeri prometa. Pri tem načinu se oznake nad cestiščem ne spremenijo sočasno, temveč ena za drugo. Tempiranje preklopa posamezne označbe nad cesto se določi s pomočjo hitrosti, s katero se vozila premikajo po voznem pasu (slika 6). Trajanje preklopa v tem primeru seveda traja dlje kot v prejšnjem primeru. Ravno tako se lahko tudi v tem primeru preklon naredi

samo v primeru, ko vozni pas ob reverzibilnem omogoča dovolj hitro vključevanje vozil, ki vozijo po reverzibilnem.

- Izpraznitev poteka z zaporo dotoka prometa od zadaj. Hkrati z zaporo dotoka se zgodi izpraznitev reverzibilnega pasu s tem, ko avtomobili zapustijo odsek z reverzibilnim pasom ali zamenjajo vozni pas. Po izpraznitvi se lahko vse označbe nad cesto prižgejo naenkrat in označujejo promet v nasprotno smer. Ta metoda je posebej varna in pogosto uporabljana pri bolj zapletenih menjavah režima. [3]

Da bi zavarovali oba nasproti vozeča tokova prometa, je pred sprostitvijo voznega pasu za promet v nasprotno smer predvideno dovolj dolgo prehodno obdobje. Pred dejansko sprostitvijo voznega pasu je priporočljivo preveriti, ali je vozni pas res izpraznjen.

MUTCD priročnik ponuja tudi smernice kako horizontalno in vertikalno namestiti te naprave po cestišču ter da morajo biti vidne z razdalje vsaj 700 metrov. Predpisi o vidljivosti semaforjev so podobni tistim za znake, saj ravno tako zahtevajo, da so nameščeni tako, da je v vsakem trenutku viden vsaj en semafor, še raje pa dva. [1]

#### **2.4.1.3 Označbe na cestišču**

Tako kot znaki in semaforji so se s časom pri označevanju reverzibilnih pasov spremenile tudi talne označbe. Smernice MUTCD za označevanje reverzibilnih pasov predpisujejo uporabo dveh normalnih prekinjenih črt na vsaki strani pasu za označbo voznega pasu, kjer je mogoč promet v obe smeri. Obstajajo tudi cestišča, kjer je reverzibilnih tudi vseh 5 voznih pasov. Pri bolj konvencionalnih postavitvah pa so zunanji vozni pasovi nereverzibilni.[1]

V Hannoveru v Nemčiji je primer postavitve, kjer so nadgradili semaforje nad voznimi pasovi s serijo različnih grafičnih podob, ki shematično označujejo lokacijo točk vstopa in izstopa.[1]

#### **2.4.2 Ključne ugotovitve**

Stroški, povezani z namestitvijo in odstranitvijo kontrolnih naprav, so lahko visoki. Teži se k uporabi samodejnih in daljinsko vodenih naprav, čeprav stanejo več.

Obstaja potreba, da se vzpostavijo pravila uporabe in upravljanja reverzibilnih pasov med obdobji brez, zmanjšanega in normalnega prometa.

Vsa potrebna pravila in navodila za upravljanje morajo biti definirana v navodilu za uporabo. Navodilo mora pojasniti vse možne režime delovanja in definirati vse možne ukaze za priklop, preklop in izklop naprav, definirati ostale postopke, kako ravnati v primeru izpada posamezne ali vseh svetlobnih signalnih naprav. Zraven sodi še spisek vseh možnih napak z dovolj obširnimi navodili, kako ravnati v teh primerih in kako napake odpraviti. [3]

Preprosta in pogosta vzdrževalna dela morajo biti dovolj preprosto definirana, da za njih ni potrebno imeti programske-tehničnih znanj. Vsi posegi morajo biti tako zavarovani, da tudi v primeru, da se pri posegu zgodi napaka, to ne ogroža prometa, ki teče po cesti, niti ne pride do zastoja sistema.

## 2.5 Presoja in ocena

Raziskava podatkov preteklih 70 let je pokazala, da so bile prednosti pri uvedbi reverzibilnih pasov precej konstantne. Višina stroškov je v tem času precej nihala, saj so kontrolni sistemi in strategije upravljanja postali bolj zapleteni. Hkrati pa so reverzibilne pasove začeli uvajati tudi na cestah višjih kategorij, na primer avtocestah.[1]

### 2.5.1 Merila uspešnosti

Priporočljivo je razmerje večjega prometnega volumna proti manjšemu 2:1, še bolje 3:1. AASHTO meni, da je vpeljava reverzibilnega pasu opravičljiva, ko se v času prometnih konic 65 % ali več prometa premika v eno smer. Prav tako tudi MUTCD, ki predlaga vsaj 66 do 75 % prometa v prevladujoči smeri. S štetjem prometa na več lokacijah v samem odseku določimo, kdaj dodatna kapaciteta ni več potrebna oz. kdaj se mora ohraniti zmogljivost v manjši smeri.[2]

### 2.5.2 Varnost

Ena največjih skrbi pri uvedbi reverzibilnih pasov so prometne nesreče. Vprašanja varnosti se nanašajo na različna področja, med njimi možnost čelnega trka vozil, ki so vozili po istem pasu v nasprotno smer, trk med vozilom ki zavija in vozilom, ki vozi naravnost, trki z vozili, ki se vključujejo v promet. Zraven pa še zmedenost voznikov, ki niso vajeni reverzibilnih pasov, njihovih oznak in lastnosti. Na reverzibilnih pasovih poznamo tri običajne tipe prometnih nesreč:

- Zavijanje v levo pred prometom, ki vozi v isto smer. Te nesreče se zgodijo, ko voznikom ni popolnoma jasno, kateri vozni pasovi so odprti za njihovo smer vožnje in tako po nesreči zaprejo pot vozilom na svoji levi.
- Zavijanje v levo v napačno smer vožnje. Te nesreče se zgodijo, ko morajo vozniki prečkati različno število pasov (ker so nekateri pasovi reverzibilni) kot takrat, ko na cesti ne velja režim reverzibilnih pasov.
- Voznik, ki zavija v levo, trči z nasproti vozečim vozilom ali nekdo vanj trči od zadaj. Nesreče se zgodijo tam, kjer je zavijanje v levo prepovedano med tem, ko na cesti velja režim reverzibilnih pasov.[1]

Skrbi za varnost na reverzibilnih pasovih na avtocestah so nekaj drugačne od tistih na navadnih cestah, saj imajo avtoceste dostope in izstope strožje nadzorovane.

Področje varnosti uvedbe reverzibilnih pasov, ki mu do zdaj ni bilo posvečeno veliko pozornosti, je vpliv na pešce in kolesarje. Sklepa se, da je problematika pešcev omejena na navadne ceste, kjer se ljudje ne bi zavedali, s katere strani prihajajo vozila. Vpliv na pešce bi bil največji na cestah, kjer so vsi vozni pasovi reverzibilni in je poleg njih pločnik.

### **2.5.3 Drugi stroški in prednosti**

Pozitivni učinki reverzibilnih pasov so na splošno priznani že dlje časa. ITE jih opisuje kot ena od najbolj učinkovitih metod, kako povečati pretočnost obstoječih cest v obdobju povečanega prometa. Razlog za to je, da je reverzibilne pasove, glede na konfiguracijo, možno uvesti z minimalnimi naložbenimi stroški, še posebej na mestih, kot so predori in mostovi, kjer je izgradnja dodatnih pasov zelo draga, če ne celo nemogoča.[1] Čeprav je težko natančno izračunati prihranke s tega naslova, jih načeloma še vedno bolj razumejo kot stroške, ki so povezani z reverzibilnimi voznimi pasovi.

Stroški upravljanja reverzibilnih pasov se pogosto merijo po merilih operacij, varnosti, gradnje in vzdrževanja. Ne glede na to je splošno sprejeto mnenje, da so stroški reverzibilnih voznih pasov na obstoječem cestišču občutno nižji kot stroški gradnje dodatnih pasov.

### 3 ODSEK LAVRICA - ŠKOFLJICA

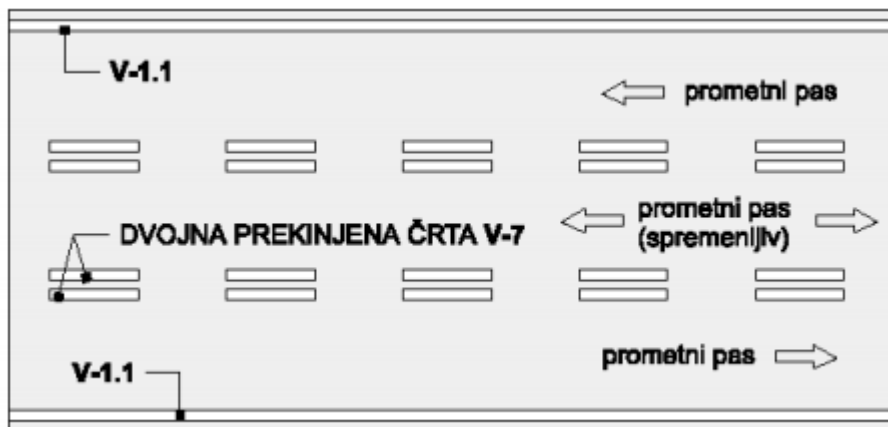
Škofljica se po velikosti šteje med manjše občine. Meri 43,3 km<sup>2</sup> in leži na skrajnem jugovzhodnem robu Ljubljanskega barja ob cesti Ljubljana – Kočevje. Prav tu se dvakrat dnevno pojavljajo veliki zastoji med jutranjimi in popoldanskimi prometnimi konicami, saj se po tej cesti dnevno v obe smeri vozi 18.000 vozil, od tega 16.000 osebnih [5]. Glede na to, da je ta cesta zelo pomembna za vse kraje od Škofljice do Kolpe, je nujno potrebna preureditev prometne infrastrukture.

Težava se pojavi, ker je Škofljica obcestno naselje, hkrati pa je po celotni dolžini omejena na eni strani s hribovitim zaledjem, na drugi strani pa z železnico Ljubljana – Novo mesto. Fizična sprememba zaradi teh karakteristik ni možna, zato je smiselno poseči po alternativnih prometnih ureditvah. Ena izmed izbir je uvedba dodatnega reverzibilnega pasu, ki bi deloval v smeri proti Ljubljani v jutranjih urah od 6.00 do 9.00 in v smeri Škofljice med 15.00 in 18.00 v popoldanskih urah.

V tem poglavju je prikazan reverzibilni sistem upravljanja prometa na odseku Lavrica – Škofljica. Odsek z reverzibilnim pasom je dolg 5 km in poteka od priključka Ljubljana – Jug na Dolenjsko cesto in se konča s križiščem pri Klanču. Poleg vseh potrebnih svetlobnih signalizacij in znakov za nemoten potek prometa je treba še posebej preučiti križišča, pešce, kolesarje ter leve zavijalce.

#### 3.1 Znaki nad cestiščem

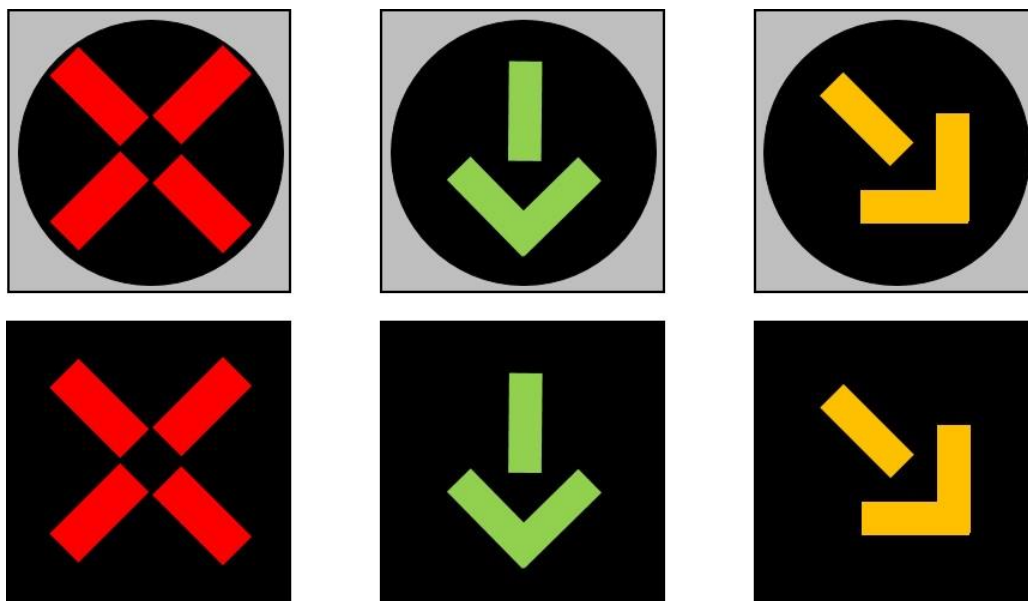
Po celotni dolžini reverzibilnega odseka morajo biti pasovi med seboj ločeni z dvojno prekinjeno belo črto V-7 (slika 7), ki je potrebna za zaznamovanje prometnih pasov s spremenljivo smerjo vožnje, na katerih je promet urejen z napravami za dajanje svetlobnih prometnih znakov. Presledek med označenima črtama mora biti enak dolžini označene črte.[6]



Slika 7 Dvojna prekinjena črta V-7 [6]



Če se z napravami za dajanje svetlobnih znakov za urejanje prometa vozil ureja promet vozil na vozišču z več kot dvema prometnima pasovoma, ki so zaznamovani z dvojnimi prekinjenimi črtami, mora biti nad vsakim od prometnih pasov postavljen svetlobni znak, ki ureja promet vozil na pasu, nad katerim je postavljen (slika 8)[6]. Uporabljajo se tako, da jasno pokažejo, kateri pasovi so v tistem trenutku zaprti ali odprti za promet v tisto smer in kateri pasovi so v postopku menjave smeri.



Slika 8 Svetlobni znaki za urejanje prometa[6]

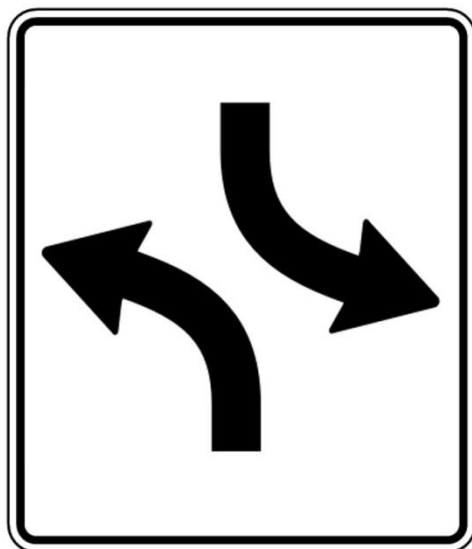
Če so znaki za dajanje svetlobnih znakov nameščene tako, da visijo nad voziščem, mora biti spodnji rob naprave vsaj 4,5 m nad voziščem.[6]

Semaforji morajo biti postavljeni na obeh straneh, tako da so vidni z obeh smeri vožnje. Nameščeni morajo biti tako, da je v vsakem trenutku viden vsaj en, še boljše, če sta vidna dva sklopa semaforjev. Namen tega je, da ima voznik, ki vozi po reverzibilnem pasu, vedno nedvoumno informacijo, če je pas odprt v njegovi smeri vožnje. Na celotnem 5 km odseku bo postavljenih približno 32 semaforjev za označevanje pravilne smeri vožnje.

Izpraznitev voznega pasu lahko poteka z menjavo voznega pasu, kjer se proces dogaja hkrati po celotni dolžini odseka, ali pa izpraznitev poteka postopoma, kar pomeni, da se semaforji nad cestiščem spreminjajo eden za drugim vzdolž reverzibilnega odseka. Princip menjave smeri na reverzibilnem pasu je: izprazniti, zavarovati, sprostiti, zato se lahko v vmesnem času, da voznik ne spregleda menjave pasu, uporabi utripajoča rumena poševna puščica.

Glede na to, da se prometni zastoji pojavljajo le v času prometnih konic, sicer je gostota prometa majhna, je nujna reverzibilna ureditev med 6. in 9. uro zjutraj ter med 15. in 18 uro popoldne. V vmesnem času bi se lahko sredinski reverzibilni pas uporabljal za levo zavijanje, kar bi pripomoglo k reševanju problema levih zavijalcev. V tem primeru bi moral semafor na

sredinskem pasu ponujati dodatni znak z dvema puščicama za zavijanje v levo (slika 9), ki nakazuje da se ta vozni pas lahko uporablja za zavijanje v levo za vozila v obeh smer, sicer pa vožnja po njem ni dovoljena.



Slika 9 Znak za levo zavijalce

V našem Pravilniku o prometni signalizaciji in prometni opremi na javnih cestah tak znak ne obstaja, vendar pa je to ena izmed rešitev za boljše izkoriščanje reverzibilnih sredinskih pasov v času, ko niso aktivni.

### 3.2 Prehodi v in iz reverzibilnega sistema upravljanja prometa

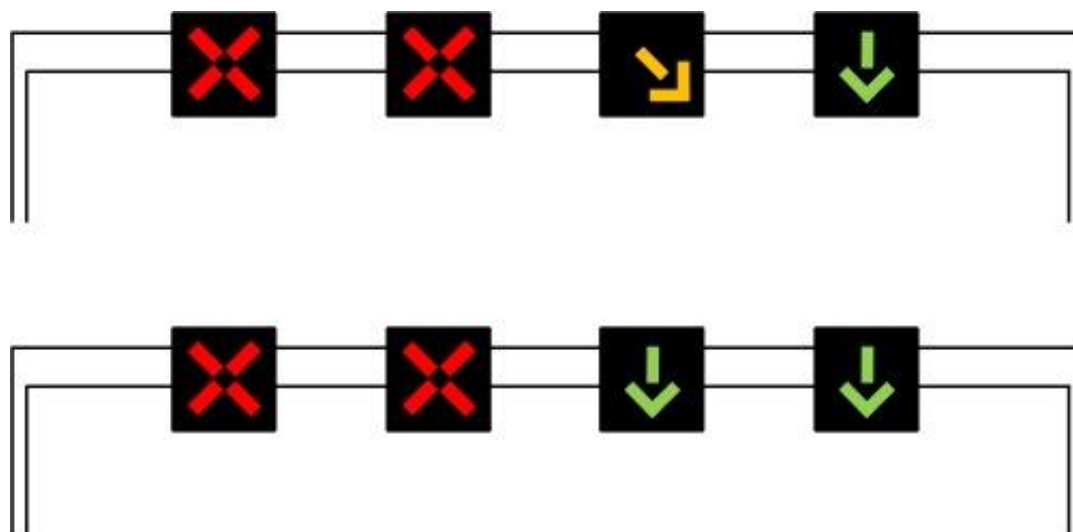
Ne celotnem reverzibilnem odseku je postavljenih 14 križišč in eno krožišče. Kar nekaj od teh križišč bo novih in predvsem prilagojenih za levo zavijalce. Tudi že obstoječa križišča bo treba preurediti.

Potrebno je ustrezno dimenzionirati prehode, kjer se režim urejanja prometa spremeni v reverzibilnega in obratno, kjer se reverzibilni sistem konča. Potrebna je ustrezna signalizacija, ki vozniku poda nedvoumno informacijo.



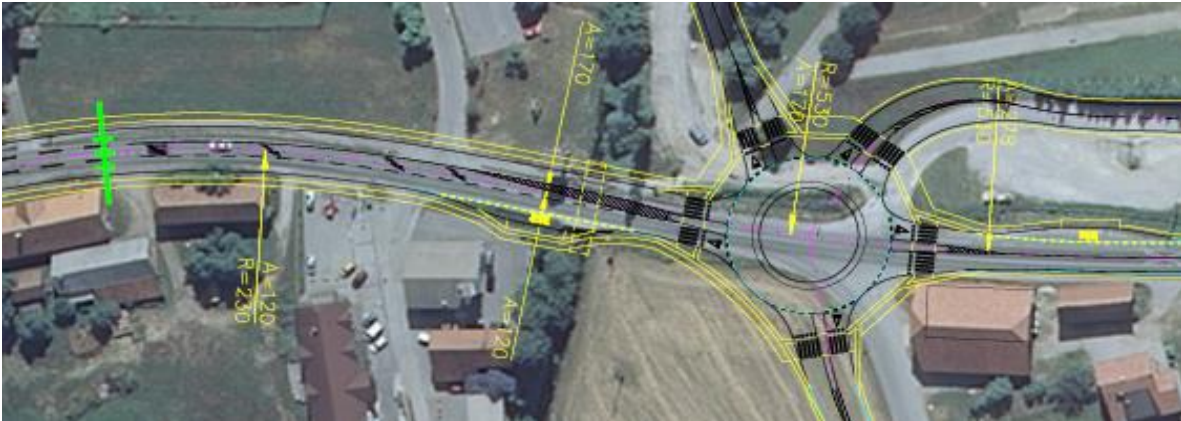
Slika 10 Semaforizirano križišče Rudnik[7]

Na začetku reverzibilnega odseka (slika 10) pri Rudniku v smeri Ljubljane ni večjih težav, saj se Dolenjska cesta nadaljuje z dvema pasovoma, tako da tu ne pride do težav v obeh primerih, če sta v smeri proti Ljubljani en ali dva vozna pasova. Tu je treba več pozornosti posvetiti v smeri Škofljice. Na delu, kjer se štiripasovnica spremeni v tripasovnico, je potrebna postavitve portala čez cestišče s štirimi semaforji (nad vsakim pasom enega), ki usmerjajo promet. V primeru, da sta v smeri Škofljice odprta dva pasova, imata oba desna pasova zeleni puščici (slika 11 spodaj), drugače je potrebna preusmeritev prometa na desni pas s poševno puščico (slika 11 zgoraj).



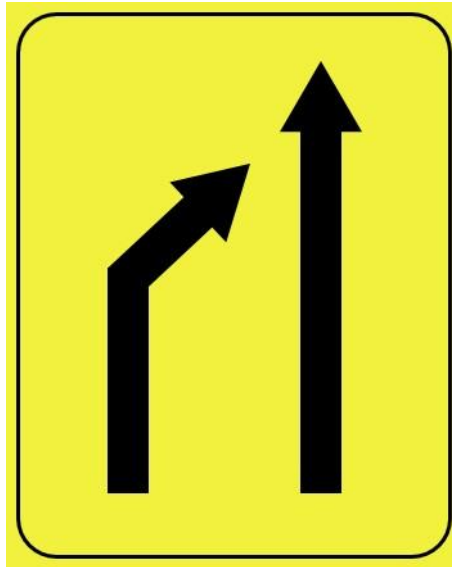
Slika 11 Semaforji nad cestiščem na začetku reverzibilnega odseka

Reverzibilni pas se konča na križišču s cesto Škofljica - Ig s krožiščem Klanec (slika 12). V smeri proti Ljubljani iz krožišča ven vodi en vozni pas, na katerem lahko kasneje preusmerimo promet tudi na reverzibilni pas z ustrezno signalizacijo, če le ta deluje v isto smer.



Slika 12 Krožišče Klanec [7]

V smeri proti Škofljici je treba končati reverzibilni pas in ga preusmeriti na skrajno desnega. Tu pride v poštev znak za zapiranje prometnega pasu III – 112 (slika 13), ki označuje mesto, kjer je ukinjen eden od prometnih pasov, namenjenih za vožnjo vozil v isti smeri. Število ravnih puščic mora ustrezati številu prometnih pasov.[6]

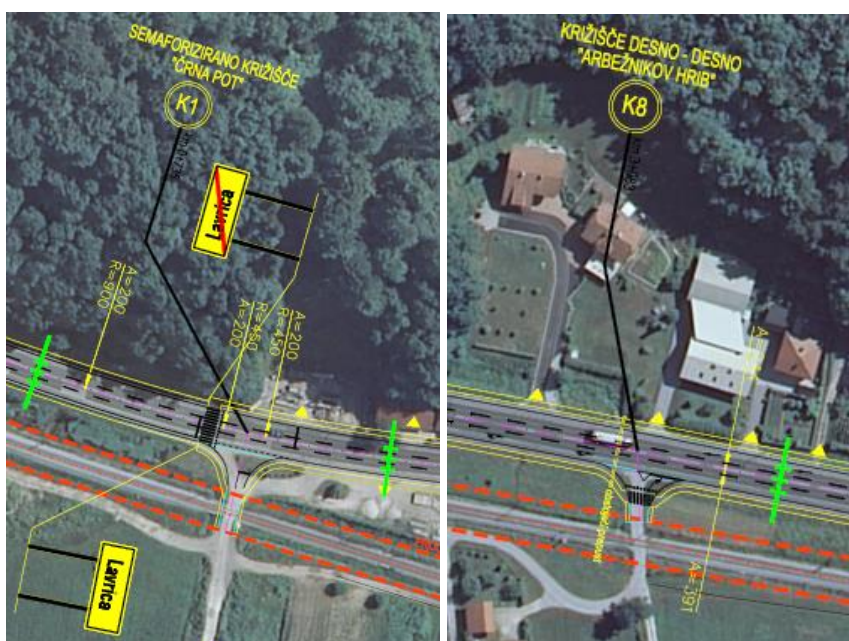


Slika 13 Znak za zapiranje voznega pasu III – 112 [6]

### 3.3 Križišča

Prvo semaforizirano križišče (K1 Črna pot) je predvsem namenjeno kolesarjem, saj se tu začne kolesarska pot proti Škofljici ob cestišču, hkrati pa konča v smeri proti Ljubljani (slika 14). Od začetka reverzibilnega odseka pa do semaforiziranega križišča K1 poteka kolesarska pot med cesto in železniško progo, ki je trenutno poljska pot, vendar ima vse pogoje za preureditev v dvosmerno kolesarsko pot.

Podobno križišče je še K8, ki omogoča vključevanje s stranske poti, in sicer je to križišče desno-desno, kar pomeni, da je dovoljeno samo desno zavijanje, tako z glavne ceste na stransko, kot s stranske na glavno.



Slika 14 K1 Črna pot (levo) in K8 Arbežnikov hrib (desno) [7]

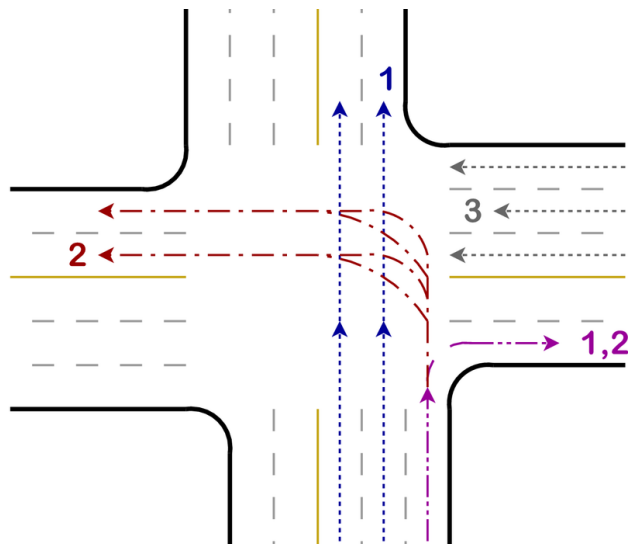
Ostala križišča so bolj kompleksna, saj je treba omogočiti levim zavijalcem varen prehod, hkrati pa naravnost vozečim vozilom omogočiti prost pretok. To se zagotovi z dodatnim pasom na desni strani cestišča (slika 15).



Slika 15 Križišče s pasom za levo zavijanje [7]

Na križiščih K2, K3, K5, K6 in K9 je pas za levo zavijalce na desni strani, gledano v smeri proti Ljubljani, saj so stranske ceste z leve smeri. Na križiščih K4, K7, K10, K12, K13 in K14 pa so dodatni pasovi pred križiščem na desni strani cestišča, gledano v smeri proti Škofljici.

Vsa ta križišča so semaforizirana, vendar morajo vsebovati dodaten interval, ki omogoča izpraznitev pasu in prosto pot levim zavijalcem.



Slika 16 Potek izpraznitve križišča [8]

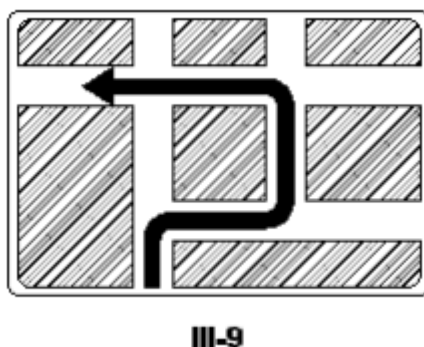
Na teh križiščih poteka izpraznitev v treh intervalih (slika16). Prvi in najdaljši interval je zelena luč v smeri glavne ceste. Ko se prižge rdeča za glavno smer, se sprostí pas za levo zavijanje. V tej fazi se lahko premikajo le vozila na skrajno desnem pasu. Ta interval je krajši, saj izpraznitev poteka le na enem pasu. Ko se konča drugi interval z rdečo lučjo za vse pasove v glavni smeri, se sproti še promet, ki prihaja s stranske priključne ceste.

Posebnosti sta tudi križišči K10 in K11 (slika17). K10 je semaforizirano križišče s pasom za levo zavijanje, K11 pa je križišče desno-desno.



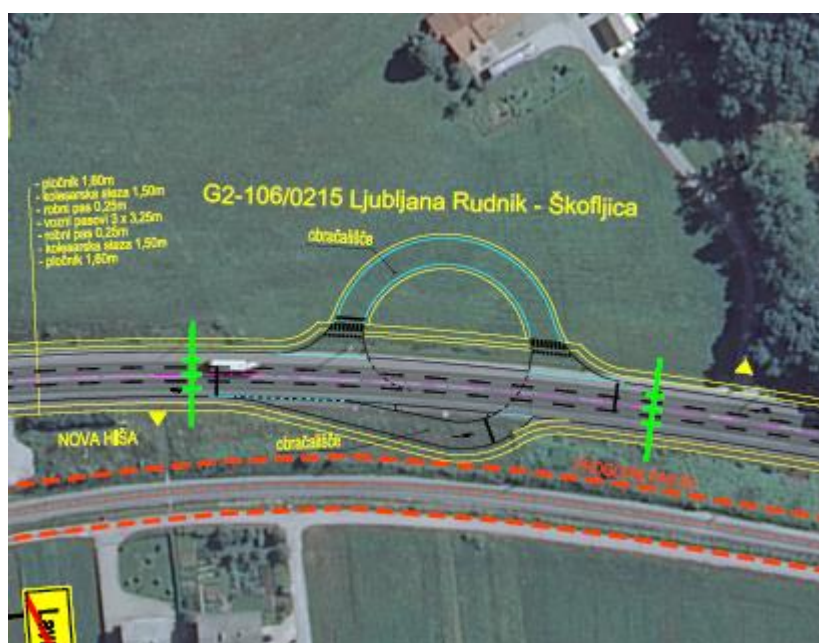
Slika 17 Križišči K10 in K11 [7]

Tu se lahko izognemo problemu levega zavijanja z novo povezovalno cesto. V tem primeru je pred križiščem K11 v smeri proti Ljubljani in pred križiščem K10 v smeri proti Škofljici, potrebna postavitve znaka III – 9 (slika 18), ki označuje smer vožnje vozila, ki namerava zaviti levo na križišču, na katerem je prepovedano zavijanje na levo ter označuje cesto, po kateri mora voziti vozilo, če namerava zaviti levo na naslednjem križišču, na katerem je zavijanje v levo prepovedano.[6]



Slika 18 Znak za uporabo alternativnih poti za levo zavijanje [6]

Približno na sredini celotnega odseka je možnost za postavitve obračališča (slika 19).



Slika 19 Obračališče [7]

Na obeh straneh obračališča je nujna postavitve dveh semaforjev nad cestiščem, z jasno oznako, kateri pas je trenutno vozen v določeno smer. Tu mora imeti voznik nedvoumno informacijo o smereh na voznih pasovih.

### 3.4 Problemi pri uvajanju reverzibilnih pasov

Uvedba reverzibilnega pasu prinese veliko prednosti, kot sta zmogljivost in pretočnost ceste, še posebej v primeru ceste Lavrica – Škofljica, ki je tudi zelo tranzitna cesta, vendar pa za domačine in lokalne prebivalce to prinese tudi neugodnosti. Za voznike, ki bi zavijali levo s ceste, je poskrbljeno (v prejšnjem poglavju) z dodatnimi pasovi na križiščih za leve zavijalce. Največjo težavo bodo imeli stanovalci, ki imajo zemljišče ob cesti, z izvozom z dvorišča neposredno na cesto. Do zdaj so lahko zavijali s svojih dvorišč na cesto levo ali desno, saj sta bila dva pasova ločena s prekinjeno črto. Pri tripasovnici se pojavi dodatna težava, saj je levo zavijanje neposredno z dvorišč onemogočeno. Tako bo za njih vedno obvezno desno uvrščanje na cesto in kasneje uporaba alternativnih poti.

#### 3.4.1 Predstavitev po odsekih



Slika 20 Odsek 1 [7]

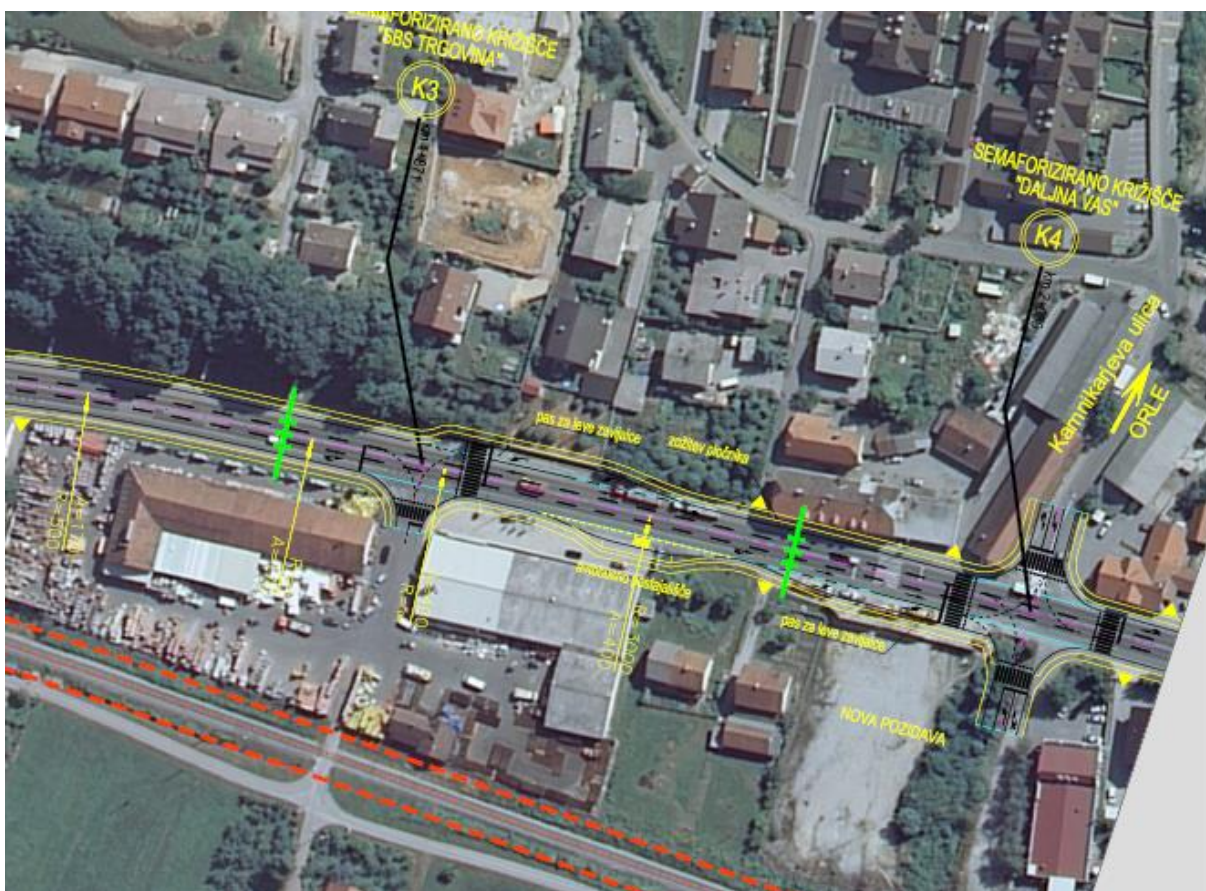
V tem primeru stanovalci na strani proti Ljubljani nimajo možnosti levega zavijanja, prav tako tudi ne obračanja, saj je najbližje križišče tisto z obvoznico in Dolenjsko cesto. Medtem ko stanovalci na strani proti Škofljici lahko uporabljajo križišča K2 in Nebčeve ceste za obračanje v smeri proti Ljubljani.





Slika 21 Odsek 2

Tudi ta odsek nima večjih težav, saj imajo na voljo Nebčevó cesto, če želijo spremeniti smer vožnje proti Škofljici.



Slika 22 Odsek 3 [7]

To naselje ima dostop do ceste s semaforiziranim križiščem v obe smeri, prav tako je omogočen dostop do naselja z dodatnim pasom za leve zavijalce v križišču. Glede na to, da je tu tudi tovarna, je smotno narediti pas za dostop do tovarne, kot kaže slika.



Slika 23 Odsek 4 [7]

Ta odsek je ravno med križiščema K4 in K7, ki oba omogočata obračanje in spremembo smeri vključevanja na cesto. Alternativa tema križiščema sta tudi vmesni križišči K5 in K6, kjer se da uporabiti povezovalno cesto med Vrečarjevo ulico in Babnogoriško cesto. Tu je opcij veliko, zato lahko vozniki izbirajo njim najljubšo pot.



Slika 24 Odsek 5 [7]

Tu je ponovno naselje, ki ima semaforizirano križišče prav tako pa tudi pas za levo zavijanje v naselje. Hiše na strani proti Škofljici lahko uporabljajo obračališče na spodnji sliki.



Slika 25 Odsek 6 [7]

V tem odseku ni večjih težav. Stanovalci naselja lahko uporabljajo stranske ceste, katerih priključki na glavno cesto so urejeni s semaforiziranim križiščem. Še boljše je, če uporabijo obračališče. Obračališče je postavljeno približno na sredini celotnega reverzibilnega odseka, kar pomeni, da pokriva kar nekaj območja z reverzibilno ureditvijo. Za marsikaterega voznika bo to optimalna izbira v primeru menjave smeri vožnje.



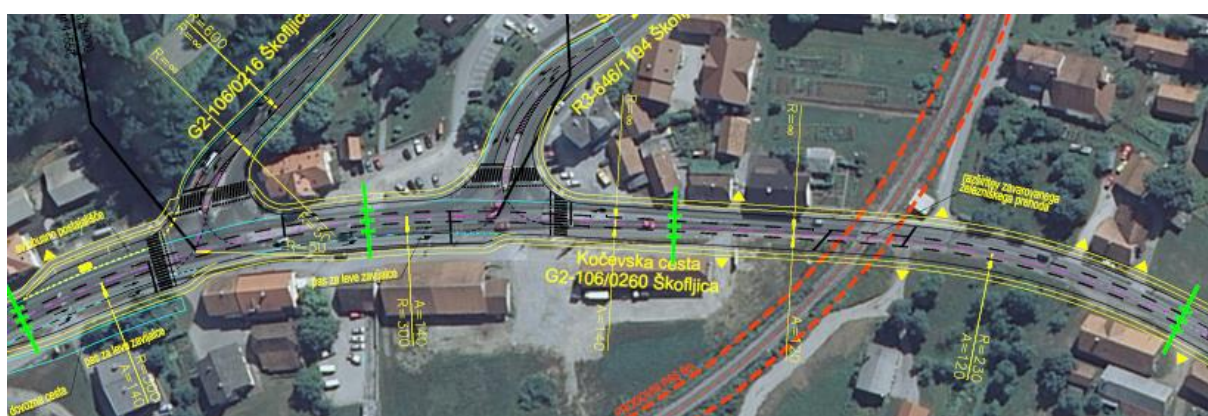
Slika 26 Odsek 7 [7]

Naselje na desni strani v smeri proti Ljubljani ima eno semaforizirano križišče in pa povezovalno cesto za uporabo le-tega.



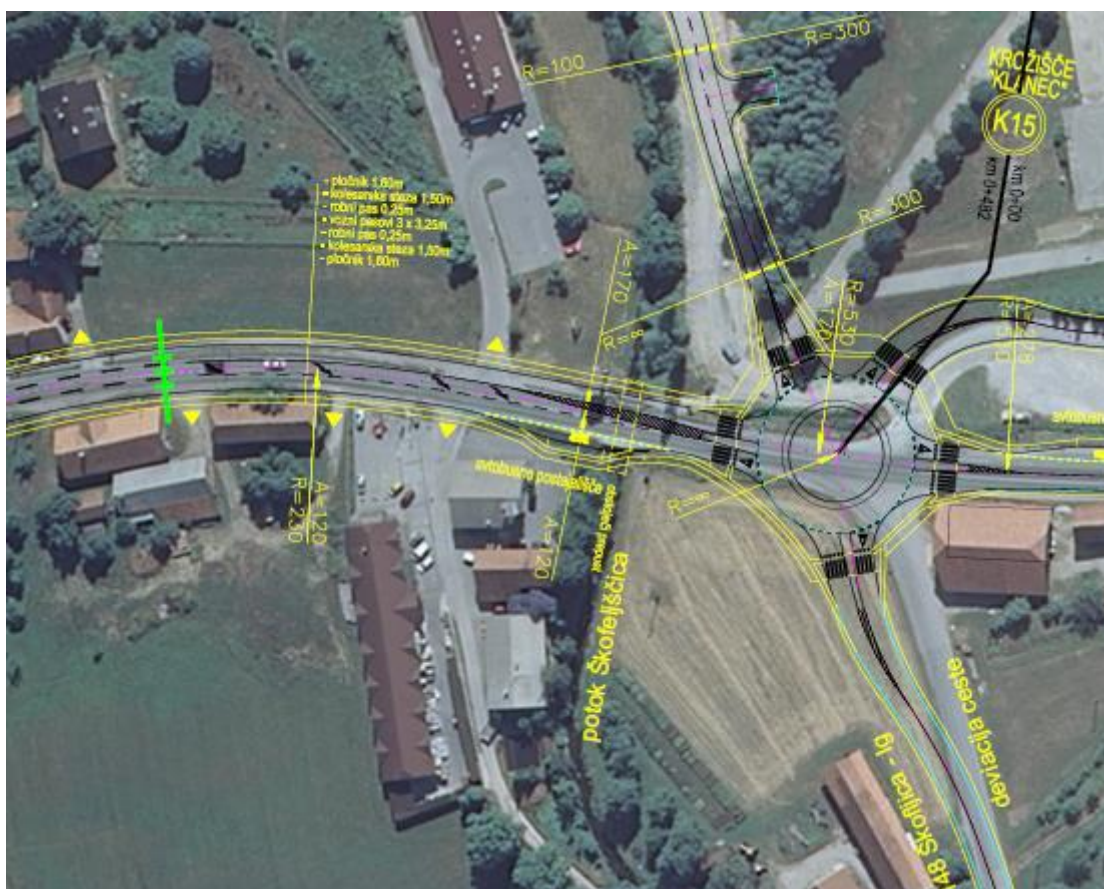
Slika 27 Odsek 8 [7]

Stanovalci z odseka 7 lahko za spremembo smeri vožnje uporabijo križišče K12 in nato cesto Ob pošti.



Slika 28 Odsek 9 [7]

Obe cesti, ki se priključujeta tu, imata semaforizirano križišče in možnost zavijanja levo ali desno na cesto. Za stanovalce ob cesti na strani proti Škofljici pa je v bližini krožno križišče, ki ga lahko uporabijo za vožnjo v smeri proti Ljubljani.



Slika 29 Odsek 10 [7]

Za stanovalce pred krožiščem je najboljše obračališče in sprememba smeri vožnje krožišče, ki je tudi preprost za uporabo.

## 4 ZAKLJUČEK

Po temeljiti analizi cestnega odseka Lavrica – Škofljica to diplomsko delo ugotavlja, da so trenutne prometne razmere nemogoča, saj cesta med Lavrico in Škofljico že zdavnaj več ne zmore prenesti obremenitev današnjega prometa. Gradnja novih naselij, tovarn in trgovskih centrov samo še dodatno obremenjuje obstoječo prometno infrastrukturo. Najbolj optimalna rešitev bi bila izgradnja obvoznice Škofljica – Lavrica in priključitev na 3a razvojno os do meje s Hrvaško, vendar pa je to kratkoročno nemogoče. Slovenija je v Evropski projekt Natura 2000 vključila tudi del zemljišč Lavrice in Škofljice, po katerih je predvidena trasa obvoznice, da bi s tem zaščitila ogrožene vrste ptic in metuljev ter rodovitna kmetijska zemljišča. Ker je treba dokazovati namembnost in upravičenost projekta, urediti novo okolje za ogrožene vrste, ter čakati na potrditev Evropske unije, je treba v vmesnem času preučiti alternative in rešitve, ki se lahko uvedejo relativno hitro.

Ker je obstoječa prometna infrastruktura okoljsko omejena s hribovjem na eni strani in železniško progo na drugi strani, ni možno niti širjenje cestišča niti dodajanje vozniških pasov. Treba je poseči po drugih načinov urejanja prometa, kot na primer uvedba reverzibilnega pasu. Ta način ureditve je primeren tudi zato, ker so gneče na cesti predvidljive in konstantne ob prometnih konicah tako zjutraj, kot popoldne. Uvedba reverzibilnega pasu bi omogočila odprtje dodatnega pasu v smeri Ljubljane zjutraj med 6.00 in 9.00 in dodatnega pasu v smeri Škofljice med 15.00 in 18.00 v popoldanskih urah. S tem bi preusmerili gosti promet v bolj obremenjeni smeri na dodatni pas, ne da bi s tem zmanjšali pretočnost prometa v manj obremenjeni smeri.

Reverzibilna ureditev, predstavljena v diplomskem delu, poteka od križišča Dolenjske ceste z avtocestnim priključkom Ljubljana – jug ter vse do Kočevske ceste, kjer se konča s krožiščem Klanec. Tripasovnica s sredinskim reverzibilnim pasom, kjer bi promet potekal izmenično v obe smeri, je dolg 5 km in vsebuje 2 križišči desno-desno ter 12 semaforiziranih križišč, od tega 10 križišč urejenih z dodatnim pasom za leve zavijalce na desni strani. Ker je osnovni namen uvedbe reverzibilnih pasov zmanjševanje zastojev in povečanje pretočnosti, je treba postaviti pas za leve zavijalce na desno stran cestišča ter s tem preprečiti zastoje na reverzibilnem pasu. V tem primeru se na semaforjih doda še dodatni interval zelene luči za leve zavijalce. Tako vodena križišča so postavljena na delih kjer so naselja, pošte in tovarne in se pričakuje več levega zavijanja.

Pri takem sistemu vodenja prometa, kot je uvedba reverzibilnega pasu, je zelo pomembno, da ima voznik nenehno nedvoumno informacijo, kateri pas je odprt za promet v določeno smer. To dosežemo s tem, da nad cestišče, za vsak pas posebej, namestimo svetlobne znake, ki urejajo promet vozil na vozniškem pasu, nad katerega so postavljeni. V primeru, da je voznik odprt za promet v tej smeri, je na svetlobnem znaku vidna zelena puščica, v nasprotnem primeru pa rdeči križ. Običajno so postavljeni tako, da je v vsakem trenutku voznik viden vsaj en svetlobni znak nad cestiščem, še bolje je, če sta vidna dva. V primeru Škofljice je skozi celotni reverzibilni odsek postavljenih 32 takih svetlobnih znakov čez cestišče (približno eden na 150 metrov).

Urediti je treba tudi prehode v in iz reverzibilnega sistema vodenja prometa. Na strani Škofljice se bo reverzibilni pas začel s krožiščem, v in iz katerega pelje samo en pas. Voznik, ki bo pripeljal iz krožišča v reverzibilni sistem, pa bo dobil informacijo o številu vozniških pasov v

njegovo smer. V smeri z Lavrice pa je treba 700 m pred krožiščem postaviti znak za zapiranje pasu, tako da v krožišče pripelje samo en vozni pas. Na strani Lavrice je prehod iz reverzibilnega sistema manj zapleten, saj se Dolenjska cesta nadaljuje z dvema pasovoma. Zato pa je bolj težaven prehod na reverzibilni sistem, saj je v primeru, da je proti Škofljici odprt samo en pas, treba preusmeriti vsa vozila na en pas. To dosežemo s postavitvijo svetlobnih znakov nad cestiščem, nad vsakim pasom posebej, ki bodo v tem primeru prikazovali utripajočo oranžno puščico.

Reverzibilni sistem lahko deluje pol dneva v eno smer in pol dneva v drugo smer, vendar predlagam, da se v primeru Škofljica, v vmesnem času uvede obdobje levega zavijanja. To pomeni, da se reverzibilni pas, kot dodaten pas za povečevanje pretočnosti prometa, uporablja samo zjutraj in popoldne tri ure, v vmesnem času, pa bi bil sredinski reverzibilni pas uporabljen za zavijanje v levo.

Kljub temu, da je v načrtu postavitvev dodatnih semaforiziranih križišč, ki bi omogočala levo zavijanje v stranske ulice, celotna ureditev pomeni problem za stanovalce vzdolž ceste. Namreč tem stanovalcem je bilo do zdaj omogočeno zavijanje levo na cesto neposredno iz svojih dvorišč. Zdaj se bodo morali vključevati na glavno cesto obvezno desno in iskati križišča ter ostale povezovalne in stranske ceste, kjer bodo lahko spreminjali smer vožnje. Ena izmed možnosti je tudi uporaba obračališča, ki je na sredini celotnega odseka, vendar tudi ta ne pride v poštev za vse prebivalce.

Uvedba reverzibilnega sistema za vodenje in upravljanje prometa bi pripomogla k zmanjšanju jutranjih in popoldanskih zastojev v prometnih konicah, ter povečala pretočnost ceste. To bi olajšalo dostop do Ljubljane vsem dnevnim migrantom z južne smeri. Predlagana ureditev prometa se pokaže kot optimalna, saj je edina, ki se lahko umesti na obstoječe cestišče brez večjih posegov v okolje. Omejitve, kot so evropski projekt Natura 2000 in prostorska stiska, še dodatno govorijo v prid uvedbi reverzibilnega pasu. Pred samo odločitvijo za uvedbo je treba vseeno upoštevati potencialne nevšečnosti za prebivalce, ki živijo neposredno ob obravnavanem cestnem odseku, saj bi taka ureditev terjala precejšnjo prilagoditev njihovih prometnih navad.

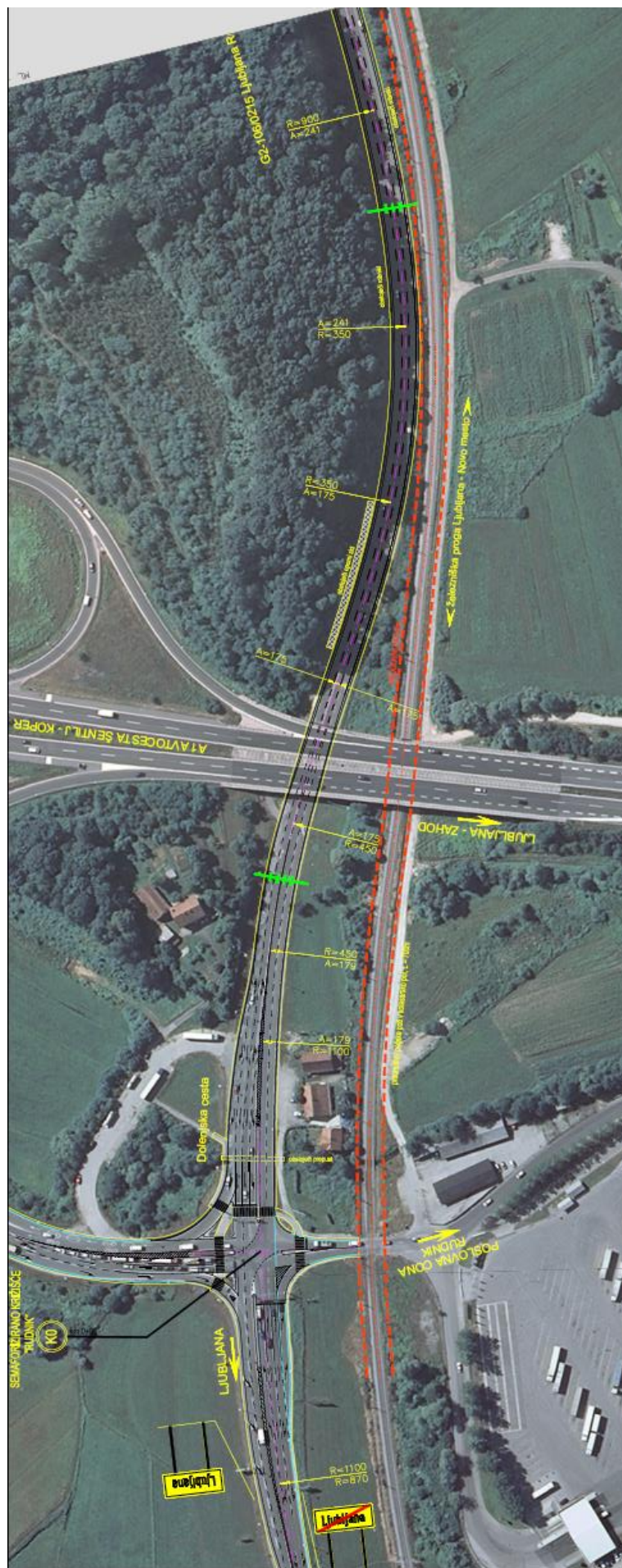


## VIRI

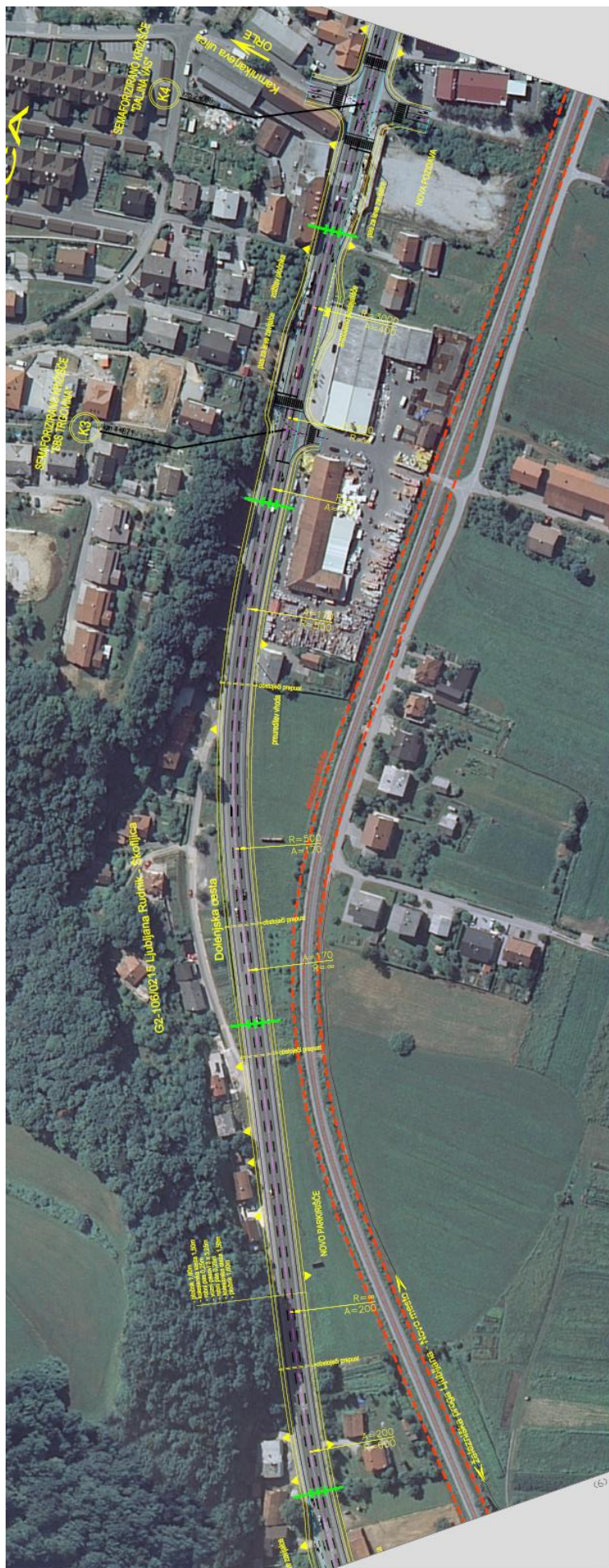
- [1] Transportation research board. 2014. Convertible Roadways and Lanes.  
[http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/nchrp/nchrp\\_syn\\_340.pdf](http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/nchrp/nchrp_syn_340.pdf)  
(Pridobljeno 14. 03. 2014.)
- [2] Transportation research board. 2014. Planing and operational practices for reversible roadways.  
<http://trid.trb.org/view.aspx?id=789858> (Pridobljeno 14. 03. 2014.)
- [3] Maher, T. 2014. Nemška direktiva, RiLSA, Lictsignalanlagen Richtlinien. Osebna komunikacija. (02. 09. 2014.)
- [4] Project for public spaces. 2014. East blvd after dual left hard turn lane.  
<http://www.pps.org/reference/rightsizing-strategies-glossary/east-blvd-after-dual-left-hard-turn-lane/> (Pridobljeno 09. 05. 2014.)
- [5] Prometne obremenitve. 2011.  
[http://www.dc.gov.si/fileadmin/dc.gov.si/pageuploads/Stetje\\_prometa/Stetje2011.pdf](http://www.dc.gov.si/fileadmin/dc.gov.si/pageuploads/Stetje_prometa/Stetje2011.pdf)  
(Pridobljeno 01. 09. 2014.)
- [6] Pravno-informacijski sistem – PISRS. 2014. Pravilnik o prometni signalizaciji in prometni opremi na javnih cestah.  
<http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=PRAV2547>  
(Pridobljeno 10. 05. 2014.)
- [7] Žura, M. 2014. Karakteristični in vzdolžno profil ter tloris trase Lavrica – Škofljica. Sporočilo za: Pelko, S. A. 2014. Osebna komunikacija. (23. 01. 2014.)
- [8] Hook turn. 2014.  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Hook\\_turn](http://en.wikipedia.org/wiki/Hook_turn) (Pridobljeno 02. 09. 2014.)



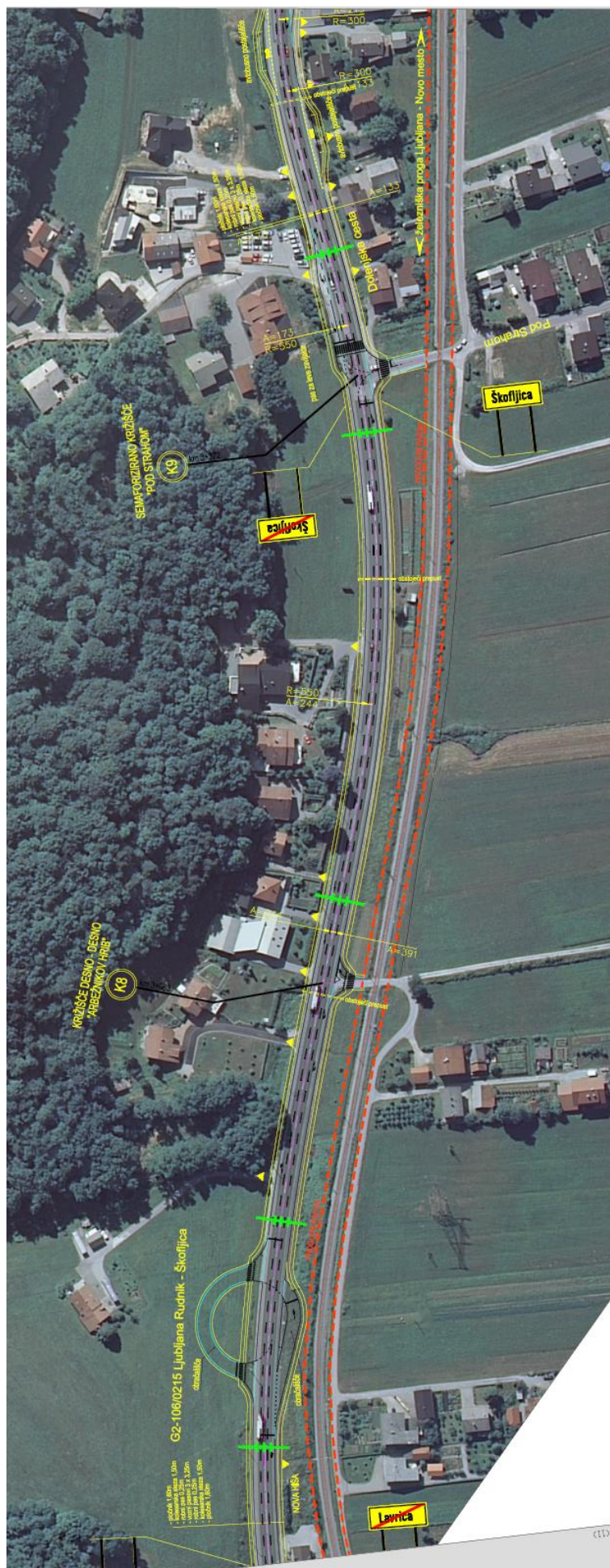
**PRILOGA A: SITUACIJA PROMETNE UREDITVE; Cesta: G2 – 106; Odsek: 0215  
LJUBLJANA (Rudnik) – ŠKOFLJICA in 0260 ŠKOFLJICA**



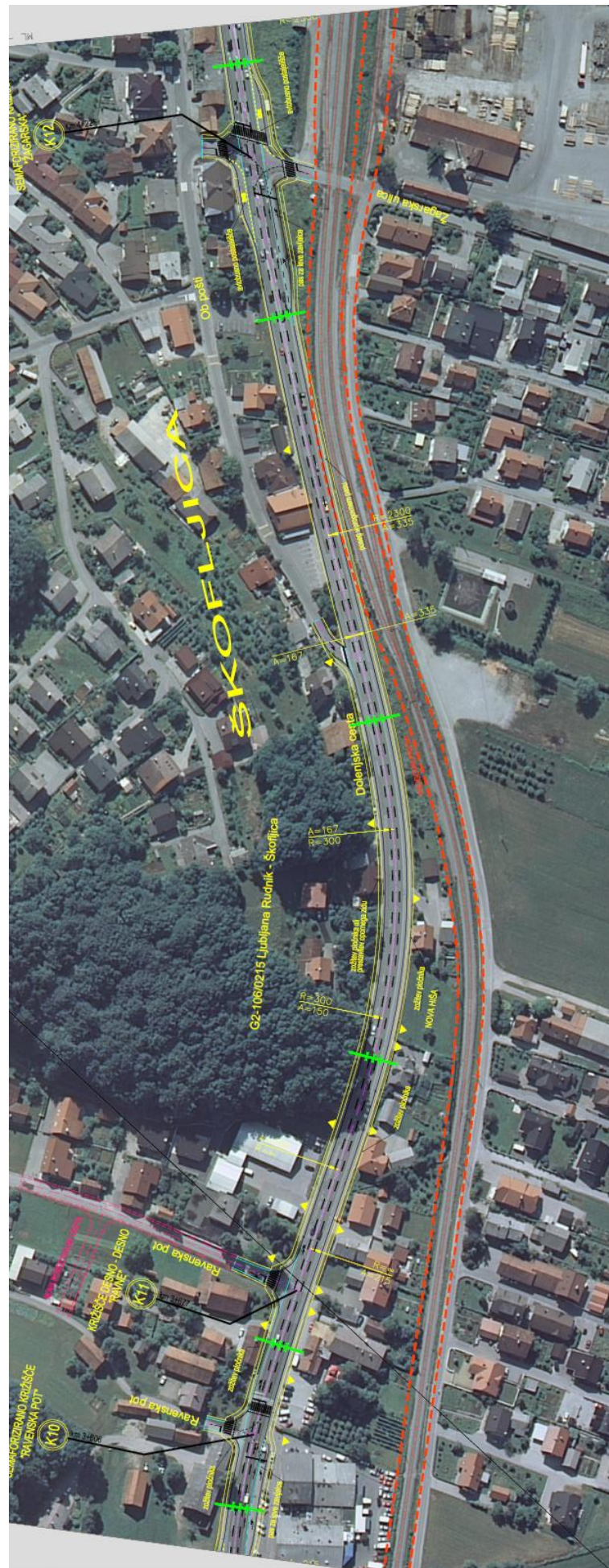




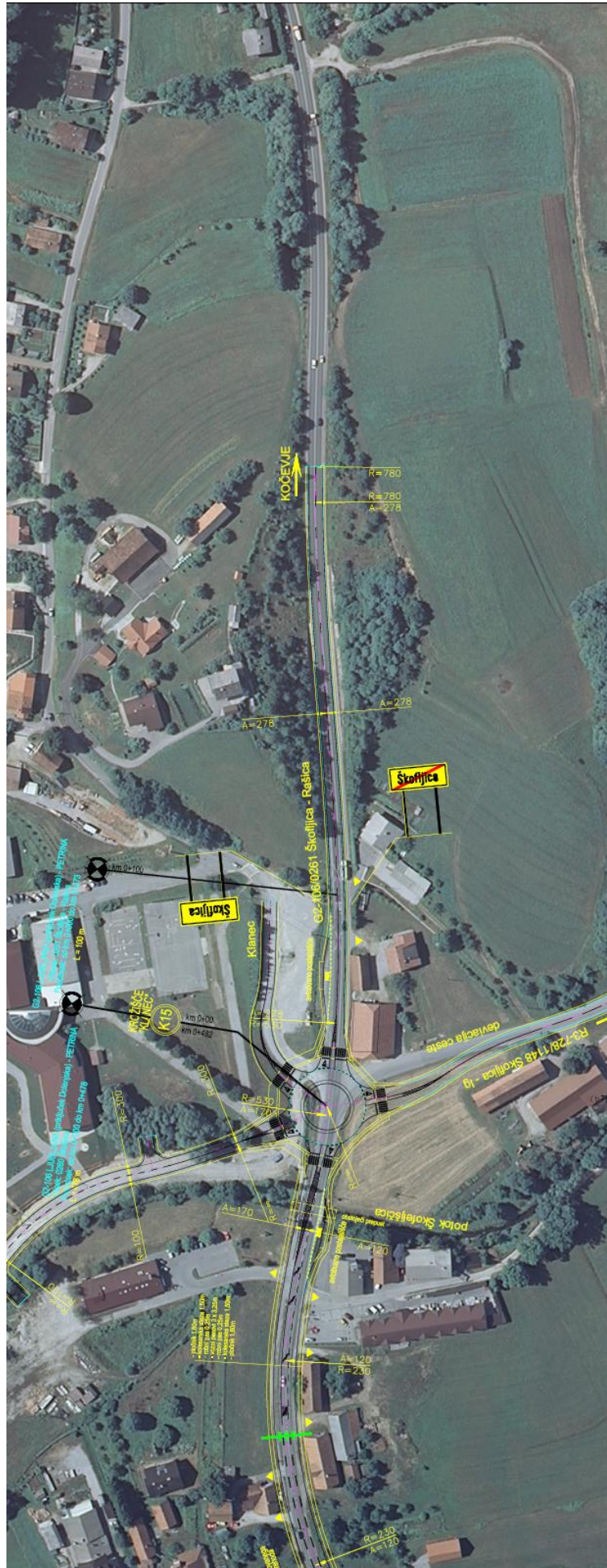






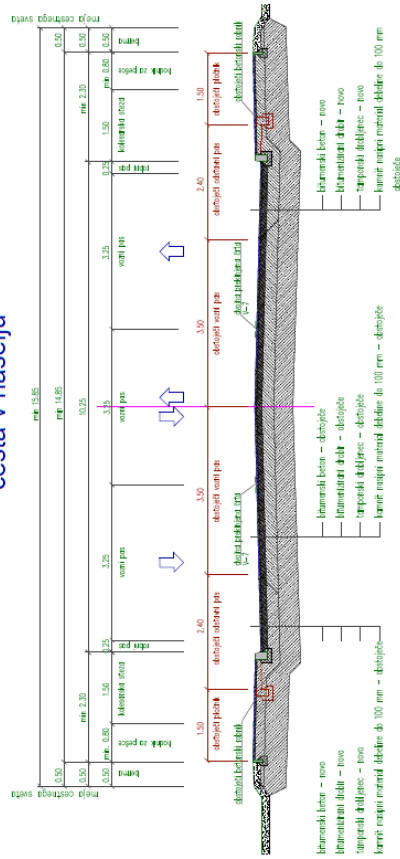








G2-106/0215 Ljubljana Rudnik - Škofljica  
cesta v naselju



G2-106/0215 Ljubljana Rudnik - Škofljica  
cesta izven naselja

