

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:

Žibert, G., 2016. Vpliv prometno-tehničnih karakteristik voznih pasov na prometno varnost na večnivojskih križiščih. Magistrsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Juvanc, A.): 124 str.

Datum arhiviranja: 28-09-2016

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:

Žibert, G., 2016. Vpliv prometno-tehničnih karakteristik voznih pasov na prometno varnost na večnivojskih križiščih. M.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Juvanc, A.): 124 pp.

Archiving Date: 28-09-2016

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*

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



**PODIPLOMSKI ŠTUDIJSKI
PROGRAM GRADBENIŠTVO
PROMETNA SMER**

Kandidat:

GORAZD ŽIBERT

**VPLIV PROMETNO-TEHNIČNIH KARAKTERISTIK
VOZNIH PASOV NA PROMETNO VARNOST NA
VEČNIVOJSKIH KRIŽIŠČIH**

Magistrsko delo št.: 292

**IMPACT OF TRAFFIC-TECHNICAL
CHARACTERISTICS OF TRAFFIC LANES ON ROAD
SAFETY IN MULTI-LEVEL INTERSECTIONS**

Graduation – Master Thesis No.: 292

Mentor:
doc. dr. Alojzij Juvanc

Predsednik komisije:
izr. prof. dr. Marijan Žura

Ljubljana, 21. 09. 2016

IZJAVA

Spodaj podpisani študent **GORAZD ŽIBERT**, vpisna številka **26108379**, avtor pisnega zaključnega dela študija z naslovom **VPLIV PROMETNO-TEHNIČNIH KARAKTERISTIK VOZNIH PASOV NA PROMETNO VARNOST NA VEČNIVOJSKIH KRIŽIŠČIH**

IZJAVLJAM

1. da je pisno zaključno delo študija rezultat mojega samostojnega dela;
2. da je tiskana oblika pisnega zaključnega dela študija istovetna elektronski obliki pisnega zaključnega dela študija;
3. da sem pridobil vsa potrebna dovoljenja za uporabo podatkov in avtorskih del v pisnem zaključnem delu študija in jih v pisnem zaključnem delu študija jasno označil;
4. da sem pri pripravi pisnega zaključnega dela študija ravnal v skladu z etičnimi načeli in, kjer je to potrebno, za raziskavo pridobil soglasje etične komisije;
5. soglašam, da se elektronska oblika pisnega zaključnega dela študija uporabi za preverjanje podobnosti vsebine z drugimi deli s programsko opremo za preverjanje podobnosti vsebine, ki je povezana s študijskim informacijskim sistemom članice;
6. da na UL neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve avtorskega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico dajanja pisnega zaključnega dela študija na voljo javnosti na svetovnem spletu preko Repozitorja UL;
7. da dovoljujem objavo svojih osebnih podatkov, ki so navedeni v pisnem zaključnem delu študija in tej izjav, skupaj z objavo pisnega zaključnega dela študija.

V/Na: Ljubljana
Datum: 21.09.2016

Podpis Študenta:
Gorazd Žibert

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	625.739:656.1.08(043.3)
Avtor:	Gorazd Žibert, univ. dipl. inž. vki.
Mentor:	doc. dr. Alojzij Juvanc, univ. dipl. inž. grad.
Naslov:	Vpliv prometno-tehničnih karakteristik vozni pasov na prometno varnost na večnivojskih križiščih.
Obseg in oprema:	124 str., 19 pregl., 34 sl., 5 pril.
Ključne besede:	večnivojska križišča, prometna varnost

Izveček

Večnivojska križišča predstavljajo pomemben element cestne infrastrukture. Do danes se večnivojskim križiščem ni posvečalo veliko pozornosti. Na podlagi dejstva, da se na večnivojskih križiščih, na relativno kratki razdalji pojavlja večje število najrazličnejših elementov vozni površin, ki lahko vplivajo na prometno varnost je bil postavljen tudi glavni cilj magistrske naloge, in sicer kako izbira prometno-tehničnih karakteristik vozni pasov vpliva na prometno varnost na večnivojskih križiščih. Prvi znaki po urejanju večnivojskih križišč so bili storjeni že leta 2002 s pripravo Tehnične specifikacije za javne ceste, in sicer TSC 03.343 (predlo, februar 2002): Večnivojski priključki in vozlišča, a je ostalo le pri predlogu. Zato je tudi namen magistrske naloge, najti ustrezne predloge, ki naj se smiselno vključijo v končno verzijo navedene tehnične specifikacije. V nalogi so predstavljena večnivojska križišča. Kdaj, kje in zakaj se uporabljajo. Predstavljene so delitve večnivojskih križišč, kot tudi njihovi glavni sestavni elementi. Ugotovljeno je bilo, da je urejenost zakonodaje in terminologije na tem področju slaba, zato so predstavljeni predlogi. Obravnavana je prometna varnost, na katero vplivajo voznik, vozilo in okolje, kot tudi metode za njeno določevanje. Preko odgovorov na zastavljene hipoteze smo prišli do spoznanja, da se s pravilno izbiro prometno-tehničnih elementov na večnivojskih križiščih da vplivati na stopnjo prometne varnosti na njih. Na podlagi izdelanih analiz, pri iskanju odgovorov na postavljene hipoteze in terenskega ogleda večnivojskih križišč, pa so podani tudi predlogi za izboljšanje stanja.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC: 625.739:656.1.08(043.3)
Author: Gorazd Žibert, B. Sc.
Supervisor: Assist. Prof. Alojzij Juvanc, B. Sc.
Title: Impact of Traffic-technical Characteristics of Traffic Lanes on Road Safety in Multi-level Intersections
Notes: 124 p., 19 tab., 34 fig., 5 enn.
Key words: Multi-level Intersections, Road Safety

Abstract

Multi-level intersections are considered to be an important factor of road infrastructure. Unfortunately, there has not been enough attention paid to them in the recent years. Considering the fact that on a relatively short distance multi-level intersections include many different elements of road surfaces which can influence road safety, the main aim of the Master's thesis was set, namely how the choice of traffic-technical characteristics influences road safety in multi-level intersections. By introducing motion of Technical Specifications for Public Roads in February 2002 (TSC 03.343: Multi-level Road Junctions and Interchanges), there were first steps made towards regulating the multi-level intersections. But it went no further than that; therefore the purpose of the Master's thesis to find sensible suggestions to be included in the final version of the technical specification. Following the introduction of multi-level intersections regarding their use of time, place and purpose, the thesis presents different types of multi-level intersections as well as their main components. Since it was found out that legislation and terminology concerning the topic are not adequate, propositions were made. The thesis also deals with road safety which is influenced by drivers, vehicles and the environment and it includes the methods for its specification. By testing the hypotheses, it was realised that it is possible to influence the level of road safety if traffic-technical elements in multi-level intersections are chosen correctly. Finally, based on the analyses, suggestions for road condition improvement are put forward.

ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujem vsem, ki so me podpirali in mi stali ob strani v času nastajanja magistrske naloge, še posebej pa:

- mentorju doc. dr. Alojziju Juvancu za strokovno pomoč, zaupanje in usmerjanje in
- svoji družini in vsem prijateljem, ki so mi skozi leta študija nudili pomoč.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
1.1	Predmet magistrske naloge	1
1.2	Namen in cilj naloge.....	1
1.3	Metode dela.....	2
1.4	Delovne hipoteze.....	2
1.5	Struktura poglavij.....	4
2	VEČNIVOJSKA KRIŽIŠČA.....	6
2.1	Kaj je večnivojsko križišče	6
2.2	Namen.....	7
2.3	Razdelitev večnivojskih križišč.....	7
2.4	Prometno tehnična razvrstitev cest	8
2.5	Področja uporabe	9
2.6	Tipične vozne površine na VNK	10
2.6.1	Rampe.....	11
2.6.2	Izvozni pasovi.....	13
2.6.2.1	Prehodni del	14
2.6.2.2	Zaviralni del	14
2.6.3	Uvozni pasovi	14
2.6.3.1	Pospeševalni del.....	15
2.6.3.2	Vključevalni del	15
2.6.4	Pasovi za prepletanje.....	15
2.7	Ostale razdelitve VNK	16
2.1.1	Razdelitev VNK glede na višinsko vodenje ramp.....	16
2.1.2	Razdelitev VNP glede na geometrijsko obliko ramp	17
2.1.3	Razdelitev VNP glede na način navezave na podrejeno cesto.....	17
2.1.4	Razdelitev VNK glede na obliko	17
2.8	Razdelitev VNV	18
2.8.1	Trikraka VNV.....	18
2.8.1.1	Trobenta.....	18

2.8.1.2	Trikotnik.....	19
2.8.1.3	Razcep.....	20
2.8.1.4	Ipsilon	21
2.8.2	Štiri kraka VNV	21
2.8.2.1	Deteljica	21
2.8.2.2	Modificirana deteljica.....	23
2.8.2.3	Posebne izvedbe štirikrakah vozlišč	23
2.9	Razdelitev VNP	24
2.9.1	Trikraki VNP	24
2.9.2	Štirikraki VNP	25
2.9.2.1	Polovična deteljica.....	25
2.9.2.2	Romb.....	26
2.9.2.3	Diamant	27
3	PROMETNA VARNOST NA VEČNIVOJSKIH KRIŽIŠČIH	28
3.1	Voznik	28
3.1.1	Človeški vzroki za nezgodo	28
3.1.2	Človeške napake pri nezgodi.....	29
3.1.3	Modeli vedenja voznikov	30
3.1.4	Prihodnost voznikov	31
3.2	Vozilo.....	31
3.2.1	Vpliv vozila na prometno varnost	31
3.2.1.1	Aktivna varnost vozil.....	32
3.2.1.2	Pasivna varnost vozil	32
3.2.2	Vzdrževanje vozila	33
3.2.3	Prihodnost vozil.....	33
3.3	Okolje	34
3.3.1	Hitrost	35
3.3.1.1	Sistemi za spreminjanje hitrosti vozila	36
3.3.2	Preglednost	38
3.3.2.1	Vrste preglednosti	38
3.3.2.2	Zaustavna preglednost	39
3.3.2.3	Horizontalna preglednost	41
3.3.2.4	Vertikalna preglednost	42
3.3.3	Pogostost VNK	43
3.3.4	Prometne obremenitve in prepustnost ceste.....	45
3.3.4.1	Prometna obremenitev	45
3.3.4.2	Praktična prepustnost ceste	46
3.4	Zagotavljanje prometne varnosti	46

3.5	Metode za določevanje varnosti.....	48
3.5.1	Pogostost nesreč.....	48
3.5.2	Stopnja prometnih nesreč.....	49
3.5.2.1	Stopnja prometnih nesreč na odseku.....	49
3.5.2.2	Povprečna stopnja prometnih nesreč za skupino odsekov.....	50
3.6	Usklajenost elementov vozni površin na večnivojskih križiščih.....	51
3.6.1	Usklajenost polmerov horizontalnih krivin.....	52
3.6.2	Usklajenost horizontalnih elementov osi ceste za izogibanje nevarnih mest.....	52
3.6.3	Prostorska uskladitev elementov osi ceste.....	54
3.7	Problemi izključevanja in vključevanja.....	55
3.7.1	Direktiva o izboljšanju varnosti cestne infrastrukture.....	57
3.7.2	EuroRAP.....	58
3.7.3	Dosedanje raziskave.....	59
4	ANALIZA VNK IZ VIDIKA PROMETNE VARNOSTI.....	60
4.1	Podatki o prometnih nesrečah na Slovenskih avtocestah in hitrih cestah.....	60
4.2	Izbor podatkov za analizo.....	63
4.3	Obravnavanje hipotez.....	65
4.3.1	Hipoteza 1: Večnivojska križišča so s stališča prometne varnosti bolj problematična kot odprta trasa.....	65
4.3.1.1	Pogostost nesreč.....	66
4.3.1.2	Stopnja prometnih nesreč.....	67
4.3.1.3	Podrobnejša analiza.....	68
4.3.1.4	Ugotovitev.....	69
4.3.2	Hipoteza 2: Izbira vrste in oblikovanja VNK ne vpliva na prometno varnost v takem križišču.....	70
4.3.2.1	VNP.....	70
4.3.2.2	VNV.....	74
4.3.2.3	Ugotovitve.....	75
4.3.3	Hipoteza 3: Oblikovanje in dimenzioniranje izvoznih in uvoznih pasov na VNK ni odvisno od prometnih obremenitev na glavni smeri in na rampah.....	76
4.3.3.1	Splošno.....	77
4.3.3.2	VNP.....	78
4.3.3.3	VNV.....	82
4.3.3.4	Ugotovitve.....	84

4.3.4	Hipoteza 4: Izbira in zaporedje velikosti geometrijskih in tehničnih elementov vozni pasov na rampah VNK nimata vpliva na nastajanje prometnih nesreč.....	84
4.3.4.1	Problematika in rešitve.....	85
4.3.4.2	Ugotovitve	92
4.3.5	Hipoteza 5: Višinsko vodenje ramp nima vpliva na nastajanje prometnih nesreč.....	92
4.3.5.1	VNP	93
4.3.5.2	Ugotovitve	95
4.3.6	Povzetek hipotez.....	96
5	PREDLOGI IZBOLJŠAV STANJA.....	98
5.1	Prizadevanj za izboljšanje prometne varnosti.....	98
5.2	Urejenost zakonodaje	99
5.3	Urejenost terminologije.....	99
5.4	Vpliv javne razsvetljave	101
5.5	Vpliv prometne signalizacije in opreme	102
5.6	Vpliv pogostosti VNK	106
5.7	»Idealno« VNK.....	107
5.7.1	»Popolno« VNP	107
5.7.2	»Popolno« VNV	108
	POVZETEK.....	109
	SUMMARY.....	113
	ZAKLJUČEK.....	117
VIRI		120

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1:	Vrsta ceste glede na prometno funkcijo	8
Preglednica 2:	Minimalni elementi za dimenzioniranje ramp	12
Preglednica 3:	Minimalna vidna višina ovire na cesti	43
Preglednica 4:	Minimalna razdalja med večnivojskimi križišči	44
Preglednica 5:	Sedanje stanje obravnavanih odsekov s karakteristikami	61
Preglednica 6:	Število prometnih nesreč na en kilometer za posamezno skupino odsekov	66
Preglednica 7:	Pogostost nesreč za posamezno skupino odsekov	66
Preglednica 8:	Stopnja prometnih nesreč za posamezno skupino odsekov (Rj).....	67
Preglednica 9:	Št. prom. nesreč/km in stopnja prometnih nesreč glede na dejansko stanje	68
Preglednica 10:	Št. prom. nesreč/km in stopnja prometnih nesreč glede na dejansko stanje	68
Preglednica 11:	Primerjava VNK	71
Preglednica 12:	Specifikacija prometnih nesreč na VNK Kranj zahod	81
Preglednica 13:	Primerjava ramp z različnimi tehničnimi elementi	86
Preglednica 14:	Določevanje prometne varnosti VNP glede na višinsko vodenje ramp z upoštevanjem vseh nesreč na VNP.....	93
Preglednica 15:	Določevanje prometne varnosti VNP glede na višinsko vodenje ramp z upoštevanjem nesreč brez pospeševalnih in zaviralnih pasov	94
Preglednica 16:	Določevanje prometne varnosti VNP glede na višinsko vodenje ramp z upoštevanjem nesreč samo na rampah.....	94
Preglednica 17:	Določevanje prometne varnosti VNP glede na višinsko vodenje ramp z upoštevanjem vseh nesreč na VNP.....	94
Preglednica 18:	Določevanje prometne varnosti VNP glede na višinsko vodenje ramp z upoštevanjem nesreč brez pospeševalnih in zaviralnih pasov	95
Preglednica 19:	Določevanje prometne varnosti VNP glede na višinsko vodenje ramp z upoštevanjem nesreč samo na rampah.....	95

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Minimalna velikost polmerov krožnih lokov za določeno računsko hitrost	12
Grafikon 2: Upadanje števila nesreč z naraščanje dolžin AC po letih	62

KAZALO SLIK

Slika 1: Prikaz glavnih elementov VNK na VNV Koseze.....	10
Slika 2: Direktna, pol direktna in indirektna rampa	11
Slika 3: Tip ramp in priporočene računске hitrosti v km/h	13
Slika 4: VNP Brnik v obliki desne trobente	18
Slika 5: VNV tipa Hruška s prednostjo smerjo B-C	19
Slika 6: VNV Zadobrova s tremi enoetažnimi objekti	20
Slika 7: VNV Kozarje v obliki razcepa	20
Slika 8: VNV v obliki ipsilona	21
Slika 9: Deteljica z različnim vodenjem ramp in razdelilnih ramp v posameznih kvadrantih	22
Slika 10: Modifikacija deteljice z vodenjem enih levih zavijalcev s pol direktno rampo in z direktno rampo	23
Slika 11: Mlin na veter in malteški križ	24
Slika 12: VNP Lesce v obliki trobent	25
Slika 13: Nesimetrična polovična deteljica z notranjimi in vzporednimi pasovi za leve zavijalce in simetrična polovična deteljica	26
Slika 14: Romb z notranjimi zaporednimi in vzporednimi pasovi za leve zavijalce	26
Slika 15: Romb s krožiščem in romb z zunanjimi pasovi za leve zavijalce	27
Slika 16: Zaustavna dolžina za tehnično skupino cest A	39
Slika 17: Shema določitve polja horizontalne preglednosti	41
Slika 18: Pomožne rešitve pri $L < L_{\text{minimalno dopustno}}$	45
Slika 19: Primer deformacije vozišča na izvozu iz VNK	53
Slika 20: Grafični prikaz obravnavanih odsekov AC	63
Slika 21: Primer zbiranja podatkov	64
Slika 22: VNP Brnik in VNV Dolga vas	71
Slika 23: VNP Lesce tip trobenta	72
Slika 24: VNP Celje zahod	73
Slika 25: Ključni deli uvoznih in izvoznih pasov	79

Slika 26: Primer neupoštevanja horizontalnih označb na prehodnem delu izvoznega pasu	80
Slika 27: Konec izvoznega pasu VNP Lipce	81
Slika 28: Neprimerna ureditev prečnega profila rampe na VNV Kozarje	83
Slika 29: Prikaz krivine pred rampo VNV	87
Slika 30: VNV Dolga vas tip trobenta.....	88
Slika 31: Različni tip ENK na VNP Kranj vzhod	90
Slika 32: Morebitni vpliv poteka GPS na prometno varnost.....	91
Slika 33: Primer VNP Lendava opremljenega z javno razsvetljavo	102
Slika 34: VNV Dolga vas - Primer dobro urejenega VNV s prometno signalizacijo in opremo	105

SEZNAM UPORABLJENIH KRATIC

ENK	enonivojsko križišče
VNK	večnivojsko križišče
VNV	večnivojsko vozlišče
VNP	večnivojski priključek
SLO	Republika Slovenija
GPS	glavna prometna smer
SPS	stranska prometna smer
oz.	oziroma

1 UVOD

Tako kot je promet le en del stroke v gradbeništvu, tako so križišča le en del velikega sistema cest. Tekom let se je promet razvijal in tako so se razvijala tudi križišča. Na začetku predvsem iz izkustev, kasneje vse bolj s posrednim prispevkom uporabnikov križišč in neposredno stroke. Promet pa se tu ni ustavil, temveč se je naprej delil na različna bolj specializirana področja. To velja tudi pri križiščih, ki so se naprej delila na nivojska in večnivojska križišča. Danes obstaja več vrst tako nivojskih kot tudi večnivojskih križišč. Slednja bodo podrobneje predstavljena v nadaljevanju.

Z leti se je povečal tudi delež uporabnikov, ki so sodelovali pri razvoju. S tem se je povečal tudi njihov doprinos in upravičeno tudi njihove zahteve. Ni jim več zadostovalo, da se le pripeljejo iz točke A do točke B. Iskali so udobnost, gospodarnost in ekonomičnost. Za zadovoljitev njihovih zahtev, so se posredno vse bolj ukvarjala specializirana področja. Poleg navedenega, so uporabniki cest podzavestno želeli izpolnitev še ene zahteve. To je varnosti v prometu oz. prometne varnosti.

1.1 Predmet magistrske naloge

Na zgoraj zapisano je predmet magistrske naloge pregledati prometno varnost na večnivojskih križiščih. Predstavljena bo tematika večnivojskih križišč in na teh izhodiščih analizirala prometna varnost na njih.

1.2 Namen in cilj naloge

Na podlagi dejstva, da se na večnivojskih križiščih, na relativno kratki razdalji pojavlja večje število najrazličnejših prometno-tehničnih elementov voznih površin, ki lahko vplivajo na prometno varnost, je bil postavljen glavni cilj magistrske naloge. Cilj magistrske naloge je ugotoviti, kako izbira prometno-tehničnih karakteristik voznih pasov vpliva na prometno

varnost na večnivojskih križiščih. Glede na to, da trenutno še vedno le obstaja Tehnična specifikacija za javne ceste TSC 03.343: Večnivojski priključki in vozlišča, le kot predlog iz februarja 2002 je tudi namen magistrske naloge, najti predloge, ki bi se smiselno vključili v končno verzijo prej omenjene tehnične specifikacije.

1.3 Metode dela

Pri pisanju magistrske naloge so bile uporabljene naslednje metode (klasifikacija po Ivanko, 1996), ki so bile uporabljene pri kabinetnem in terenskem delu:

- deskriptivne (opisovanje in postavljanje osnovnih hipotez ter pojasnjevanje raziskovanih pojavov),
- metode opazovanja (omogoča neposreden način spoznavanja s pojavi in procesi raziskovanja, pri čemer rezultat predstavljajo zbrani podatki in informacije o dejstvih, pojavih in procesih ter spoznavanje odnosov in povezanosti med njimi),
- komparativne (postopek primerjanja pojavov, procesov in odnosov oziroma ugotavljanje njihovih podobnosti v obnašanju in intenzivnosti ter razlik med njimi),
- študije primerov (posamezni primeri so proučevani z določenega področja in na podlagi proučevanj več primerov so izvedeni zaključki).

1.4 Delovne hipoteze

Pred samo izdelavo magistrske naloge so bile zastavljene naslednje hipoteze, ki so se tekom magistrskega dela preverile. Namen magistrskega dela bo dosežen ob potrditvi ali ovržbi naslednjih delovnih hipotez.

Hipoteza 1: Večnivojska križišča so s stališča prometne varnosti bolj problematična kot odprta trasa.

Ob predpostavki, da večnivojska križišča na relativno kratkem odseku v primerjavi z odprto traso ceste, vsebujejo večje število geometrijskih in tehničnih elementov, in da tu prihaja do združevanja, razcepljanja in prepletanja prometnih tokov se predvideva, da so s stališča prometne varnosti bolj problematična kot odprta trasa. Hipoteza se preveri tako, da se preveri oz. analizira dejansko število prometnih nesreč na večnivojskih križiščih v primerjavi z odprto traso v enakem časovnem obdobju z različnimi metodami za določevanje prometne varnosti.

Hipoteza 2: Izbira vrste in oblikovanja večnivojskih križišč ne vpliva na prometno varnost v takem križišču.

S postavitvijo te hipoteze se želi ugotoviti ali ima izbira tipa večnivojskega križišča in samo oblikovanje kakšen vpliv na prometno varnost v takem križišču. Hipoteza se preveri tako, da se analizira število prometnih nesreč po posameznih skupinah večnivojskih križišč, ki se razlikujejo po obliki, ob upoštevanju čim bolj podobnih ostalih dejavnikov, ki vplivajo na prometno varnost.

Hipoteza 3: Oblikovanje in dimenzioniranje izvoznih in uvoznih pasov na večnivojskem križišču ni odvisno od prometnih obremenitev na glavni smeri in na rampah.

S to hipotez se želi ugotoviti ali imajo prometne obremenitve na večnivojskih križiščih kakšen vpliv na oblikovanje in dimenzioniranje izvoznih in uvoznih pasov. Ob tem se bo tudi preučilo kako dimenzija in oblika navedenih pasov vpliva na prometno varnost. Analiza je narejena na primerjavi podobnih večnivojskih križišč z različno stopnjo prometne obremenitve.

Hipoteza 4: Izbor in zaporedje velikosti geometrijskih in tehničnih elementov voznih pasov na rampah večnivojskih križišč nimata vpliva na nastajanje prometnih nesreč.

S to hipotezo se želi ugotoviti kako zaporedje velikosti geometrijskih in tehničnih elementov voznih pasov na rampah vplivata na nastanek prometnih nesreč. Analiza bo temeljila na primerjavi podobnih večnivojskih križišč z različnimi velikostmi geometrijskih elementov in različnimi tehničnimi rešitvami.

Hipoteza 5: Višinsko vodenje ramp nima vpliva na nastajanje prometnih nesreč.

S postavitvijo te hipoteze se želi ugotoviti, kako višinsko vodenje ramp vpliva na nastajanje prometnih nesreč. Predvsem, kako vpliva potek rampe na nastanek prometnih nesreč, če so izvozni oziroma uvozni pasovi na večnivojskem priključku zaključujejo oziroma začenejo pod ali nad niveleto glavne smeri oz. glavne trase. Hipoteza se preveri tako, da se analizira vpliv niveletnega poteka rampe v spustu oziroma v vzponu. Ob navedenem se izvede tudi analiza na primerjavi oblikovno podobnih večnivojskih priključkov, ki so si podobni tudi po jakosti prometnega toka, različni pa po višinskem vodenju ramp.

1.5 Struktura poglavij

Magistrska naloga je vsebinsko razdeljena na več poglavij. Uvodu najprej sledi poglavje o večnivojskih križiščih. Predstavljena je razlika med večnivojskimi in enonivojskimi križišči in predlagano njihovo označevanje. Predstavljen je namen uporabe večnivojskih križišč in razlika med večnivojskimi priključki in večnivojskimi vozlišči. V tem poglavju je predstavljena tudi razdelitev večnivojskih križišč glede na skupine, glede na obliko ramp (krožne, paralelne), glede na urejenost nivojskih križišč na koncu ramp, glede na potek glavne smeri in sekundarne smeri in drugo. Predstavljeni so tudi glavni elementi voznih površin v večnivojskih križiščih, med katere sodijo rampe, izvozni pasovi, uvozni pasovi in pasovi za prepletanje.

V naslednjem poglavju je obravnavana prometna varnost na večnivojskih križiščih. Predstavljeno je, da na prometno varnost in na nastanek prometnih nesreč lahko vplivajo voznik, vozilo in okolje ali samostojno ali pa kot kombinacija dveh oziroma vseh treh dejavnikov. Dejavniki okolje je predstavljen bolj podrobno, ker v navedeni dejavniki sodi sestava bolj ali manj usklajenih elementov vozniških površin, ki se nahajajo na večnivojskem križišču. Tu so obravnavani parametri, ki vplivajo na nastanek prometnih nesreč, kot so hitrost, preglednost, prometne obremenitve in podobni. Predstavljene so še metode za ugotavljanje stanja prometne varnosti.

Sledi poglavje analiza večnivojskih križišč iz vidika prometne varnosti. Prikazano je dejansko stanje prometne varnosti na večnivojskih križiščih na avtocestah v Sloveniji in na dolžinah odsekov odprte trase na teh cestah med njimi. V tem poglavju je obravnavana analiza prometnih nesreč, ki so se zgodile na slovenskih avtocestah. Izdelana je po posameznih odsekih na odprti trasi in na večnivojskih križiščih, različnih po obliki in lastnostih elementov vozniških površin. Nato sledi preveritev hipotez, zastavljenih v uvodu magistrske naloge. Na podlagi potrjenih oziroma ovrženih hipotez se bo prišlo do bolj podrobnih spoznanj o ustreznosti uporabljenih elementov vozniških površin na večnivojskih križiščih. In na podlagi teh spoznanj so v tem poglavju podani tudi predlogi ukrepov, s katerimi bi bilo mogoče izboljšati prometno varnost že v fazi projektiranja.

Sledi poglavje s predlogi za izboljšavo stanja. Pri izdelavi raziskave se je namreč pokazalo, da se problemi v zvezi s prometno varnostjo na večnivojskih križiščih ne pojavljajo zgolj le zaradi pomanjkljivosti in napak pri projektiranju ampak tudi zaradi ne dovolj dorečenih tehniških in pravnih predpisov. Predstavljeni so predlogi, ki naj bi z vnosom v tehnične predpise ali smernice omogočili, da bi se zmanjšala verjetnost nastanka prometnih nesreč zaradi nedoslednosti, ki se pogosto pojavljajo že pri planiranju, še bolj pa pri projektiranju in vzdrževanju večnivojskih križišč. Podani so v upanju, da bodo vsaj nekoliko doprinesli k večji prometni varnosti na večnivojskih križiščih.

Sledijo še povzetek in zaključek, ter poglavje o virih in literaturi, ki je bila uporabljena pri izdelavi te magistrske naloge.

2 VEČNIVOJSKA KRIŽIŠČA

Preden bo predstavljena tematika prometne varnosti na večnivojskih križiščih, se je potrebno seznaniti s tem, kaj so večnivojska križišča, kakšen je njihov namen, kje se z njimi srečujemo, kakšne oblike poznamo in predvsem kateri tipični sklopi elementov jih tvorijo. Šele po pojasnitvi teh osnov oziroma izhodišč je mogoče obravnavati prometno varnost na njih in jo analizirati.

2.1 Kaj je večnivojsko križišče

V že samem začetku obravnave navedene tematike je bila ugotovljena neenotna uporaba terminologije. V literaturi se pojavljata vseskozi dva pojma, in sicer izven nivojsko in večnivojsko križišče. Za obravnavano tematiko je bolj primerno slednje, saj se obravnavane ceste lahko križajo ne samo v dveh ampak tudi v večih nivojih. Primer takšnega večnivojskega križišča je tip »Malteški križ« oziroma »Triangel«, kjer je večnivojsko križišče izvedeno v štirih oziroma v treh nivojih. Navedene oblike bodo predstavljene v nadaljevanju. Uporabljati pojem »izven nivojsko« je bolj primerno predvsem pri križanju različnih vrst prometa, kot so na primer izven nivojsko križanje ceste – železnice, motorni promet – kolesarski promet oziroma izven nivojski prehod za pešce. Podobna problematika pri izražanju je opažena tudi pri križiščih v isti ravnini (nivojskih križiščih). Ali je krožno križišče ali krožišče ali celo rondo.

Da definiramo pojem večnivojsko križišče, moramo izhajati iz pojma križišče. Kot navaja Zakon o cestah (ZCes-1, UL RS, št: 109/2019, 48/2012) je križišče prometna površina, ki nastane s križanjem ali združitvijo dveh ali več cest v isti ravnini. Ker se pri tem ceste križajo ali združujejo v eni sami ravnini, lahko tako križišče poimenujemo tudi kot enonivojsko križišče (s kratico: ENK).

Po analogiji se lahko definira tudi pojem večnivojsko križišče (s kratico: VNK): to je prometni prostor, ki nastane s križanjem ali združitvijo dveh ali več cest v najmanj dveh

višinsko ločenih ravninah. Za višinsko ločeno križanje dveh cest je treba na tej površini zgraditi najmanj en premostitveni objekt (podvoz, nadvoz, viadukt), za povezave med njimi pa zgraditi spojne vozne površine, imenovane tudi rampe.

2.2 Namen

Osnovni namen VNK je zagotavljanje neprekinjenega prometnega toka v glavni smeri. S tem je tudi zagotovljena največja možna prepustnost prometnega toka na glavni smeri. VNK v primerjavi z ENK zagotavlja večjo prometno varnost, ker ni konfliktnih točk križanja. S prometno signalizacijo in opremo za vodenje prometa je na tako urejenem križišču dosežen tudi za voznike bolj pregleden način vodenja prometa.

Križajoči se prometni smeri na VNK sta:

- glavna prometna smer (s kratico: GPS) in
- stranska prometna smer (s kratico: SPS).

2.3 Razdelitev večnivojskih križišč

Glede na prometno funkcijo, ki jo vršijo v sistemu cest, VNK ločimo na:

- večnivojska vozlišča (s kratico: VNV) in
- večnivojske priključke (s kratico: VNP).

VNV so VNK, ki jih uporabljamo za križanje in spajanje prometa z dveh cest iste ali sosednje kategorije oziroma s cest z velikimi prometnimi obremenitvami in visokimi prometnimi pričakovanji (dve avtocesti, avtocesta in hitra cesta, dve hitri cesti).

VNP so VNK, ki jih uporabljamo za priključevanje podrejenih cest na primarne ceste. Razlikujejo se po načinu vodenja ramp in predvsem po načinu priključevanja na podrejene ceste. Rampe morajo biti po obliki in dolžini vodene tako, da omogočajo zvezno in za voznika, ter za stabilnost vozila na cesti še sprejemljivo spremembo hitrosti od hitrosti na

nadrejeni cesti do nivojskega križišča na podrejeni cesti in obratno. Pred priključitvijo ramp na ENK na podrejeni cesti je treba upoštevati tudi možnost, da se morajo vozila tam zaustaviti.

Obstajajo še tudi druge razdelitve VNK, ki pa bodo predstavljene v nadaljevanju.

2.4 Prometno tehnična razvrstitev cest

Za lažje razumevanje in v izogib nesporazumom pri nadaljnji obravnavi VNK je potrebno najprej spoznati razvrstitev cest. Pravilnik o projektiranju cest (UL RS, št. 91/2005) ceste razvršča glede na prometno funkcijo v:

- daljinske ceste (DC),
- povezovalne ceste (PC),
- zbirne ceste (ZC) in
- dostopne ceste (DP).

Prometno funkcijo ceste lahko zagotavljajo posamezne vrste ceste, kot je določeno v naslednji tabeli:

Preglednica 1: Vrsta ceste glede na prometno funkcijo (Vir: UL RS, št. 91/2005, 6. člen)

Funkcija ceste	Oznaka	Vrsta ceste	Oznaka
Daljinska cesta	DC	avtocesta, hitra cesta, glavna cesta	AC, HC, GC
Povezovalna cesta	PC	glavna cesta, regionalna cesta	GC, RC
Zbirna cesta	ZC	regionalna cesta, lokalna cesta	RC, LC
Dostopna cesta	DP	lokalna cesta, javna pot	LC, JP

Pri obravnavi VNK so predvsem pomembne prve, daljinske ceste, zato ostalih ne bi podrobno obravnavali. Kot navaja Pravilnik o projektiranju cest v 7. členu (UL RS, št. 91/2005), pod daljinsko cesto sodijo naslednje vrste cest:

- avtocesta (AC) je namenjena prometu motornih vozil z najvišjo stopnjo varnosti in udobja, ima izvennivojska križanja z drugimi prometnicami in ima dve dvo- ali večpasovni smerno ločeni vozišči s sredinskim ločilnim pasom in obojestranskim odstavnim pasom
- hitra cesta (HC) je namenjena prometu motornih vozil z visoko stopnjo varnosti in udobja pri vožnji z večjo hitrostjo, ima izvennivojska križanja z drugimi prometnicami, ima dve dvo- ali večpasovni smerni vozišči s srednjim ločilnim pasom in odstavnim pasom, ki se ga lahko pri manj zahtevnimi premostitvami in/ali terenskimi razmerami (struktura prometa, niveletni potek) nadomesti z odstavnimi nišami
- glavna cesta (GC) je namenjena za vse vrste cestnega prometa, ima dvo- ali večpasovno vozišče z nivojskimi ali po potrebi izvennivojskimi križanji z ostalimi prometnicami in izvennivojska križanja z železniško progo.

2.5 Področja uporabe

VNK se uporablja na daljinskih cestah. Na ostalih cestah se uporabljajo tam, kjer ENK ne zagotavlja predvidenega nivoja uslug.

Rampe VNP se projektirajo za hitrosti od 40 do 60 km/h, rampe VNV pa na GPS za hitrosti minimalno 80 km/h in na SPS za projektno hitrost minimalno 60 km/h. Rampe VNK so na križajočih se cestah spojene z uvoznimi in izvoznimi pasovi. Dimenzije prečnega profila posamezne rampe določajo oblika priključka, prometna obremenitev in projektna hitrost. V krivinah mora biti vozni pas ustrezno razširjen. Enosmerne enopasovne rampe morajo imeti širino voznega pasu najmanj 5,0 m. Na dvosmerni rampi priključka AC ali HC je treba za preprečevanje vožnje v napačni smeri vozni površini v različnih smereh ločiti z ločilnim

pasom širine 1,5 m. Največji dopustni nagib nivelete ramp VNV je do 4 %, ramp VNP pa do 6,0 %. (Pravilnik o projektiranju cest, UL RS, št. 91/2005, 46. člen).

2.6 Tipične vozne površine na VNK

Tipične vozne površine na VNK so:

- rampe (A),
- izvozni pasovi (B),
- uvozni pasovi (C) in
- pasovi za prepletanje (D).



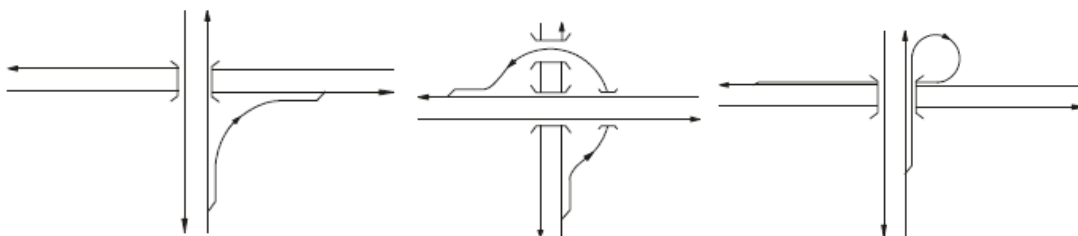
Slika 1: Prikaz glavnih elementov VNK na VNV Koseze

Za prikazane tipične sklope VNK so postavljene hipoteze za ugotovitev stanja prometne varnosti na VNK.

2.6.1 Rampe

Kot smo že spoznali v enem izmed predhodnih poglavij, so rampe tiste, ki ustvarjajo povezavo med dvema cestama v VNK in so bistveni element teh križišč. Spoznali smo tudi njihove karakteristike, zato jih tu ne bi ponovno poudarjali. Pogledali si bomo njihovo razdelitev. Za vodenje ramp v VNV ali VNP imamo tri možnosti:

- direktna rampa,
- pol direktna rampa in
- indirektna rampa.



Slika 2: Direktna, pol direktna in indirektna rampa (Vir: Direkcija Republike Slovenije za ceste. 2003. TSC 03.343 (predlog, februar 2002), str. 12)

Razpoznavnost, tekoč potek trase rampe ter prepustnost prometnega toka, so najboljše pri direktnih rampah in najslabši pri indirektnih rampah. Tako kot ločimo VNV in VNP, ločimo tudi dve skupini ramp, ki sovpadata z njimi:

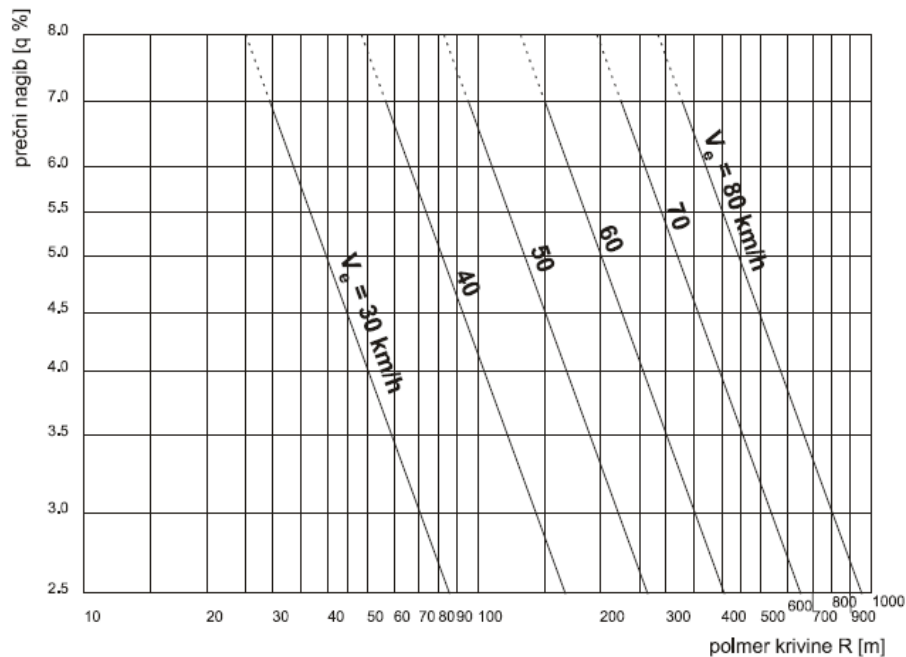
- rampe, ki povezujejo dve enakovredni cesti in
- rampe, ki povezujejo nadrejeno in podrejeno cesto.

Po načinu vodenja jih delimo na prosto vodene rampe in na prilagojene rampe. Rampe oblikujemo glede na računsko hitrost. V naslednji tabeli so podani minimalni elementi ramp, prilagojeni in predpisani za računsko hitrost.

Preglednica 2: Minimalni elementi za dimenzioniranje ramp (Vir: Direkcija Republike Slovenije za ceste. 2003. TSC 03.343 (predlog, februar 2002), str. 19)

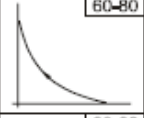
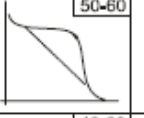
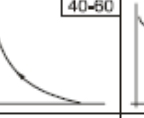
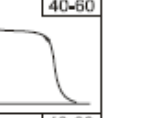

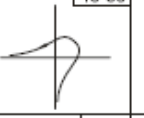
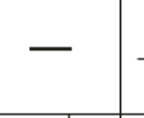
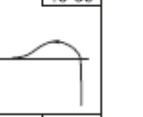

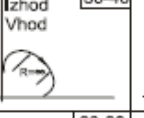

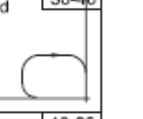


ELEMENT	Oznaka	Minimalni elementi za računske vrednosti V_R [km/h]					
		30	40	50	60	70	80
Minimalni radij	R [m]	25	45	75	120	175	250
Največji vzdolžni nagib	vzpon +s [%]	5,0					
	padec - s [%]	6,0					
Radij konveksne zaokrožitve	R_{KONVEK} [m]	500	1000	1500	2000	2800	4000
Radij konkavne zaokrožitve	R_{KONKAV} [m]	250	500	750	1000	1400	2000
Minimalni prečni nagib	q [%]	2,5					
Maximalni prečni nagib	qk [%]	7,0 (8,0)					
Min. sklon rampe vijačenja	Δs [%]	0,1+a					
		a = razdalja od osi vijačenja do roba rampe					
Min. zaustavna preglednost	L_z [m]	25	30	40	60	85	115

Minimalno velikost polmerov krožnih lokov za določeno računsko hitrost lahko razberemo tudi iz naslednjega grafikona.



Grafikon 1: Minimalna velikost polmerov krožnih lokov za določeno računsko hitrost (Vir: Direkcija Republike Slovenije za ceste. 2003. TSC 03.343 (predlog, februar 2002), str. 19)

Na naslednji sliki je podan pregled tipov za obe skupini ramp, skupaj z okvirnimi računskimi hitrostmi.

Tip rampe (vodenje prometa)	Skupina ramp 1 večnivojsko - večnivojsko		Skupina ramp 2 večnivojsko - nivojsko	
	Vodenje trase			
	Nepriprilagojeno	Prilagojeno	Nepriprilagojeno	Prilagojeno
Direktno				
Poldirektno				
Indirektno				
Direktno				

Slika 3: Tip rampe in priporočene računске hitrosti v km/h (Vir: Direkcija Republike Slovenije za ceste. 2003. TSC 03.343 (predlog, februar 2002), str. 19)

2.6.2 Izvozni pasovi

Izvozni pasovi morajo biti enotno oblikovani po standardnih tipih. Izvozni pasovi na samih rampah, če so tam predvideni, so lahko oblikovani z manjšo zahtevnostjo kot izvozni pasovi iz glavne prometne smeri. Za oblikovanje izvoznih pasov sta poleg prometnih operacij zmanjšanja hitrosti in izvažanja z glavne prometne smeri še bistveni lastnosti razpoznavnost in prometna prepustnost. Zaradi tega je osnovni pogoj za dimenzioniranje izvoznih pasov upoštevanje dolžine zaviranja (zaviralni del izvoznega pasu). Odstavni pas se na območju izvoznega pasu gradi le izjemoma. Vendar naj bo bankina do varnostne ograje v takem primeru tako široka, da dopušča zasilno zaustavljanje vozil brez bistvenih ovir za promet na izvoznem pasu. Na območju izvoznega pasu in samega izvoza se izvede trajna talna označba. (Vir: Direkcija Republike Slovenije za ceste. 2003. TSC 03.343 (predlog, februar 2002), str. 24)

2.6.2.1 Prehodni del

Sestavni del izvoznega pasu je prehodni del, ki omogoča prevoznost med GPS oziroma SPS in izvoznim pasom. Njegov začetek se sklada z začetkom izvoznega pasu, njegov konec pa predstavlja začetek zaviralnega dela izvoznega pasu. V preteklosti se navedenemu delu ni posvečalo veliko pozornosti. Zanj je bila predpisana dolžina 60 m, enaka tisti pri prevozu na pas za počasni promet. Torej za hitrost 50 km/h. Z vse večjimi prometnimi obremenitvami pa se je spoznanje o pomenu tega dela izvoznega pasu močno spremenilo. Da bi lahko zagotavljal varen in udoben prehod vozil z voznega pasu na GPS oz. SPS na zaviralni del izvoznega pasu, mu je treba določiti dolžino, odvisno od vozne hitrosti na GPS oz. SPS (po nekaterih priporočilih – Švica – naj bi to bilo 75% računske hitrosti na GPS oz. SPS), obliko pa glede na geometrijo poteka GPS oz. SPS. Če je ta v premi ali močno iztegnjena, se prehod izvede v obliki S-krivine, v primeru, da je v ostrejši krivini pa v obliki C-krivine.

2.6.2.2 Zaviralni del

Dolžine zaviralnega dela so odvisne od dolžin za zmanjšanje hitrosti (vozna dinamika). Iz tujih raziskav izhaja, da izračuni praviloma dajejo prekratke dolžine in da pomenijo preveliko poenotenje razmeroma komplicirane in večplastne problematike, ki je lahko zajeta le s statično obdelavo opazovanj celovite prometne operacije. Iz tega izhaja dana dolžina zaviralnega dela izvoznih pasov 250 m pri enostavnih izvozi in 500 m pri dvopasovnih izvozi. V posebnih primerih (veliki vzdolžni nagibi) je smiselno izvesti kontrolo dolžine po dinamičnih obrazcih, s tem da upoštevamo le dolžine, ki so večje od predpisanih. (Vir: Direkcija Republike Slovenije za ceste. 2003. TSC 03.343 (predlog, februar 2002), str. 29)

2.6.3 **Uvozni pasovi**

Za oblikovanje uvoznih pasov na glavno in stransko smer je pomembno, da na koncu teh pasov dosežemo čim manjše razlike voznih hitrosti in s tem večjo varnost in prepustnost. Zaradi tega je na vseh uvoznih pasovih potrebno predvideti pospeševalni del. Vozilo, ki na

koncu pospeševalnega dela tega pasu doseže želeno hitrost, potrebuje tudi čas, da se vključi v prometni tok na vozni pas, kamor se vključuje. Zato je treba na uvoznem pasu predvideti tudi dodatno dolžino, imenovano vključevalni del uvoznega pasu. Teh dolžin pri prvih daljinskih cestah pri nas tehnični predpisi niso obravnavali, saj zaradi skromnih prometnih obremenitev za njih ni bilo potrebe. Z močnim povečanjem količine prometa in s tem povečanjem zahtevnosti manevra vključevanja z uvoznega na vozni pas na GPS oz. SPS pa so se razmere spremenile. Sedaj si brez tega dela uvoznega pasu sploh ne predstavljamo več.

2.6.3.1 Pospeševalni del

Za dimenzioniranje dolžin pospeševalnega dela uvoznih pasov moramo upoštevati ista pravila kot veljajo za dolžine zaviralnega dela izvoznih pasov. Pospeševalni del uvoznih pasov je enake širine kot vozni pas ob katerih potekajo. Talne označbe ne vplivajo na širino prečnega profila.

2.6.3.2 Vključevalni del

Glavna lastnost vključevalnega dela je, da omogoči varen prehod vozila z uvoznega pasu na vozni pas. Ob tem morajo njegove prometno-tehnične karakteristike zagotoviti izvedbo manevra ob upoštevanju jakosti prometnega toka na glavni prometni smeri, spremembe parametrov pri vožnji pa ne smejo neugodno vplivati na voznika.

2.6.4 Pasovi za prepletanje

Pas za prepletanje je v bistvu kombinacija uvoznega in izvoznega pasu (weaving). Širok je 3,50 m in ima širši robni pas na zunanji strani. Robni pas ima širino 0,35 m. Število pasov za prepletanje je odvisno od prometne obremenitve glavne prometne smeri in obeh prometnih tokov, ki se prepletata, in razdalje med »nosovoma« uvoznih in izvoznih pasov na oziroma s tega pasu. Pojem zaviralne oziroma pospeševalne dolžine na teh pasovih ni definiran, zato so

v primeru večjih prometnih obremenitev in krožnih ramp z nizko vozno hitrostjo dokaj vprašljivi. Ena vozila na pasu zavirajo, druga pospešujejo. Pri večjih prometnih obremenitvah je zato potrebno, da se pred in izza »nosov« izvede zaviralni oziroma pospeševalni del, upošteva končno hitrost, kakršno lahko dosežejo vozila na priključni oz. odcepni rampi. V primeru zelo velike prometne obremenitve na glavni prometni smeri bi bilo število vzporednih menjalnih pasov veliko. Dolžina je omejena z geometrijo ramp. Zato nemški predpisi zahtevajo, da se menjalni pasovi fizično ločijo od tistih na glavni prometni smeri. Pri zelo visokih prometnih obremenitvah na rampah izvedba pasov za prepletanje strokovno ni upravičena (zmanjšanje hitrosti, problem prepletanja) in je potrebno takšne rampe voditi posebej, običajno v tretjem višinskem nivoju. (Juvanc, A., Izven nivojska križišča, predavanja).

2.7 Ostale razdelitve VNK

Osnovna razdelitev VNK je na VNV in na VNP. Poznamo pa tudi druge razdelitve VNK. Razdelitve so narejene glede na upoštevanje različnih geometrijsko tehničnih elementov VNK. Te razdelitve so naslednje.

2.1.1 Razdelitev VNK glede na višinsko vodenje ramp

Pri razdelitvi VNP glede na višinsko vodenje ramp poznamo naslednji skupini:

- rampe VNK v vzponu (višinsko vodene navzgor),
- rampe VNK v spustu (višinsko vodene navzdol),
- rampe VNK konveksne oblike in
- rampe VNK konkavne oblike

2.1.2 Razdelitev VNP glede na geometrijsko obliko ramp

Glede na geometrijsko obliko ramp ločimo naslednji dve skupini VNK:

- VNK z krožnimi rampami in
- VNK z paralelnimi rampami.

2.1.3 Razdelitev VNP glede na način navezave na podrejeno cesto

VNP se razlikujejo glede na tip navezave ramp na podrejeno cesto. Načeloma so navezave izvedene z različnimi oblikami ENK. Poznamo naslednje skupine:

- VNP brez ENK (tri kraka VNP),
- VNP z ENK oblike T,
- VNP z ENK krožne oblike (krožno križišče),
- VNP z skupnim krožnim križiščem in
- VNP s skupnim križiščem z zunanjimi pasovi za leve zavijalce.

2.1.4 Razdelitev VNK glede na obliko

VNK se razlikujejo tudi po obliki. Navedena imena VNK izhajajo iz subjektivnega videnja določenega VNK, ki se primerja z obliko znanega predmeta. Določene oblike VNK so specifične za določeno vrsto VNK, ki se razlikujejo po številu krakov, kot tudi po osnovni razdelitvi na VNV in VNP. Navedena imena oblik VNK so zelo uveljavljene, ker so bile navedene že v predlogu Tehnične specifikacije za javne ceste TSC 03.343, ki se je od leta 2002 vsaj delno uporabljal za načrtovanje večnivojskih križišč.

2.8 Razdelitev VNV

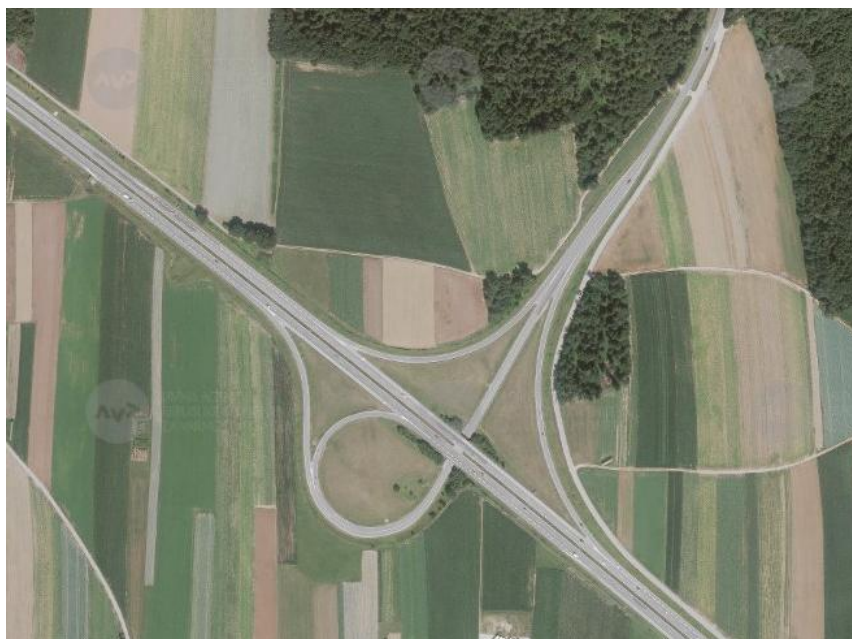
Kot navaja Tehnična specifikacija za javne ceste, in sicer Večnivojski priključki in vozlišča (TSC 03.343, predlog, februar 2002) in druga literatura poznamo več osnovnih tipov VNV. Razlikujejo se večinoma po vodenju ramp. Navedena imena izhajajo iz subjektivnega videnja določenega VNV, ki se primerja z obliko znanega predmeta.

2.8.1 Trikraka VNV

Trikraka VNV so naslednja (Tehnična specifikacija za javne ceste, TSC 03.343, predlog, februar 2002; Večnivojski priključki in vozlišča):

2.8.1.1 Trobenta

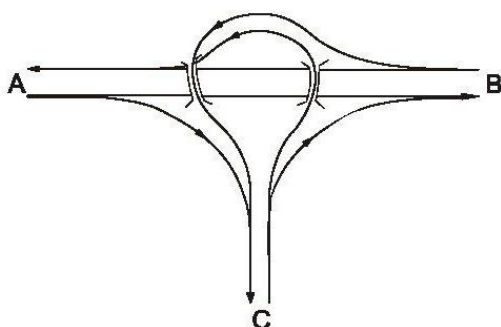
Trobenta je ekonomsko najugodnejši tip trikrakih VNV, hkrati ima najmanjšo porabo prostora. Njena slabost je indirektna rampa, ki je velikokrat izvedena z manjšimi geometrijskimi elementi in ima za posledico veliko spremembo hitrosti.



Slika 4: VNP Brnik v obliki desne trobente (Vir: <http://www.avp-rs.si/>)

To vpliva na prepustnost in posledično na prometno varnost. Velikost navedene rampe vpliva na velikost samega posega v prostor. Zaradi povedanega trobento uporabljamo kot VNV le v primerih, ko je velikost prometnih tokov v nasprotnih smereh zelo različna. To pomeni, da so v eni od teh smeri prometni tokovi močni, v drugi smeri šibkejši. Glede na prometno obremenitev se je treba odločiti ali za levo ali za desno trobento.

Da bi nekoliko ublažili pomanjkljivost indirektno rampe je priporočljivo, da se pred njo izvede manjša krivina, ki deloma pripomore k zmanjšanju hitrosti, poleg tega omogoči izvedbo večjega polmera krivine. Zunanjo rampo je priporočljivo izvesti kot košarasto krivino, ki notranjo rampo samo tangira. S tem so zagotovljeni ugodnejši elementi in posledično manjša sprememba hitrosti. Ena izmed variant trobente je tip hruška, ki nekoliko bolj posega v prostor, ob tem pa vpliva tudi na ekonomičnost (2 premostitvena objekta), a hkrati zagotavlja boljše vozne lastnosti po notranji rampi. Tudi tu ločimo levo in desno obliko hruške.



Slika 5: VNV tipa Hruška s prednostjo smerjo B-C (Vir: Direkcija Republike Slovenije za ceste. 2003. TSC 03.343 (predlog, februar 2002), str. 13)

2.8.1.2 Trikotnik

Trikotnik je naslednji tip VNV. V literaturi zasledimo tudi ime triangel. Pri tem tipu se vožnja za zavijanje levo rešuje s poldirektnimi rampami. Obstaja več variacij trikotnika; s tremi enoetažnimi objekti ali pa z enim dvoetažnim objektom. Velikost trikotnika je odvisna od velikosti izbire geometrijskih elementov. Pri tem tipu so lahko omogočene velike hitrosti.

Vendar se priporočajo le hitrosti okoli 80 km/h, ker je izvedba izvoza s pospeševalnim pasom za izravnavo hitrosti tipiziran sistem za vsa večnivojska križišča.



Slika 6: VNV Zadobrova s tremi enoetažnimi objekti (Vir: <http://www.avp-rs.si/>)

2.8.1.3 Razcep

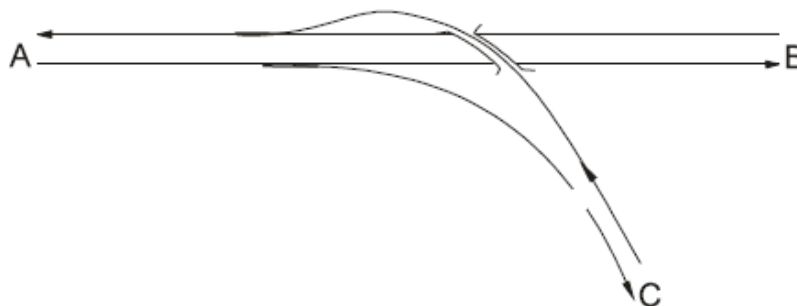
Variacija trikotnika je razcep. S stališča prometne signalizacije ima nekoliko neprimerno poimenovanje. Bolj primerno poimenovanje bi bilo na primer zvezda. Od trikotnika se razlikuje po tem, da so prometne površine tu za vse smeri in vse povezave izvedene z enakim pristopom. Vse leve zavijalce vodene preko direktnih ramp. V primerjavi s trikotnikom predstavlja večji poseg v okolje.



Slika 7: VNV Kozarje v obliki razcepa (Vir: <http://www.avp-rs.si/>)

2.8.1.4 Ipsilon

Variacija trikotnika je tudi oblika ipsilona, v katerem je ena zavijalna smer izločena.



Slika 8: VNV v obliki ipsilona (Vir: Direkcija Republike Slovenije za ceste, 2003. TSC 03.343 (predlog, februar 2002), str. 14)

2.8.2 Štirikraka VNV

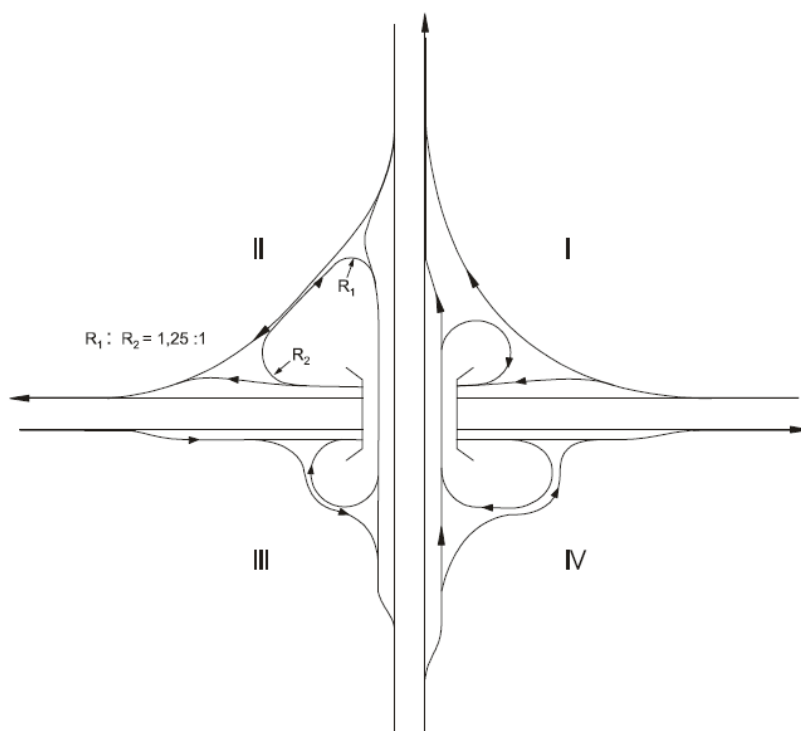
Še pregled štirikrakah VNV (Tehnična specifikacija za javne ceste, TSC 03.343, predlog, februar 2002; Večnivojski priključki in vozlišča):

2.8.2.1 Deteljica

Na splošno najbolj znan tip VNK, ki se hkrati uvršča med štirikraka VNV, je tip deteljica. Je izredno razumljiva in razpoznavna. Glavna značilnost je, da je potreben le en objekt in da je po porabi prostora med štirikraki VNV najbolj ugodna. Pri tem tipu so vsi levi zavijalci vodeni po indirektnih rampah. Največji problem predstavlja potreba za prepletanje prometa na obeh straneh obeh križajočih se cest.

Prvotna oblika deteljice je imela štiri simetrične indirektno rampe (III. kvadrant) in je bilo prepletanje predvideno tik ob vozniških pasovih. Iz take rešitve so izhajali prekratki pasovi za prepletanje in s tem velike težave v prepustnosti in varnosti. Za rešitev tega problema, pri drugače zelo ugodnem tipu vozlišča, so razvili celo vrsto zdaj že standardiziranih rešitev

(oblikovanje notranjih ramp v II. in IV. kvadrantu z uvedbo pasov za prepletanje in uvedba razdelilnih ramp). S temi izboljšavami je deteljica najbolj ekonomično in tudi najpogosteje uporabljeno štirikrako vozlišče. Uporabimo ga lahko, kadar velikost prepletajočih se tokov ni večja kot 1500 vozil/uro in če predvidimo za to prometno operacijo zadostne dolžine ramp za prepletanje. (Vir: Direkcija Republike Slovenije za ceste. 2003. TSC 03.343 (predlog, februar 2002), str. 14)

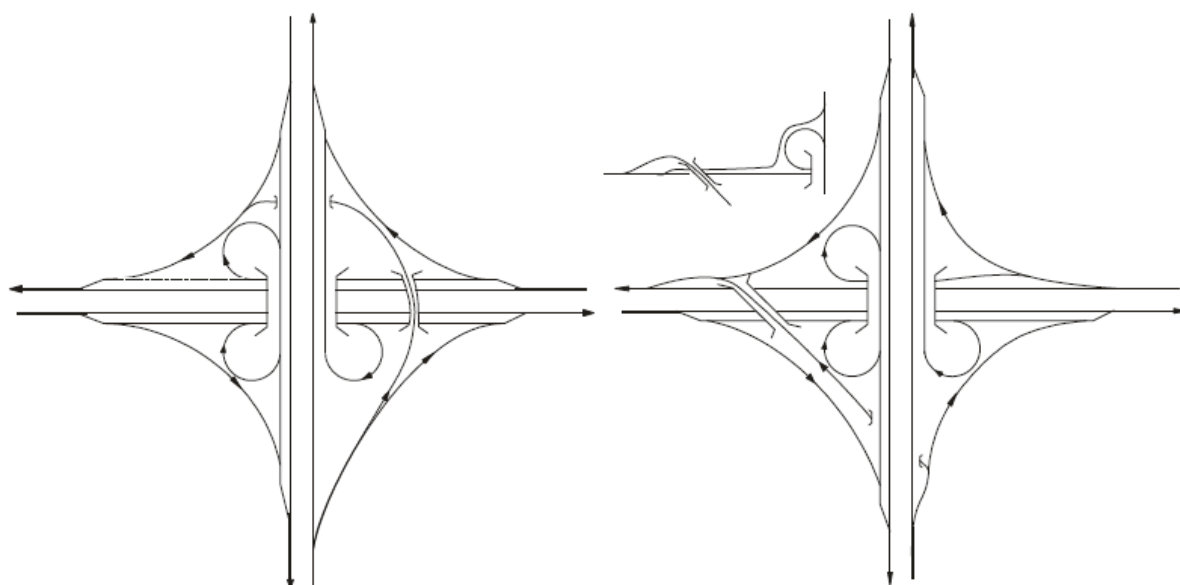


Slika 9: Deteljica z različnim vodenjem ramp in razdelilnih ramp v posameznih kvadrantih (Vir: Direkcija Republike Slovenije za ceste. 2003. TSC 03.343 (predlog, februar 2002), str. 14)

Pri načrtovanju navedenih razdelilnih ramp moramo zagotoviti, da so elementi usklajeni, vozno-dinamično pravilni in vizualno sprejemljivi. Zaželeno je, da se prepletanje zagotovi v premi, ki predstavlja najugodnejši element za izvajanje manevrov. Zavita prilagajanja naj se izvedejo na obeh koncih takšne razdelilne rampe.

2.8.2.2 Modificirana deteljica

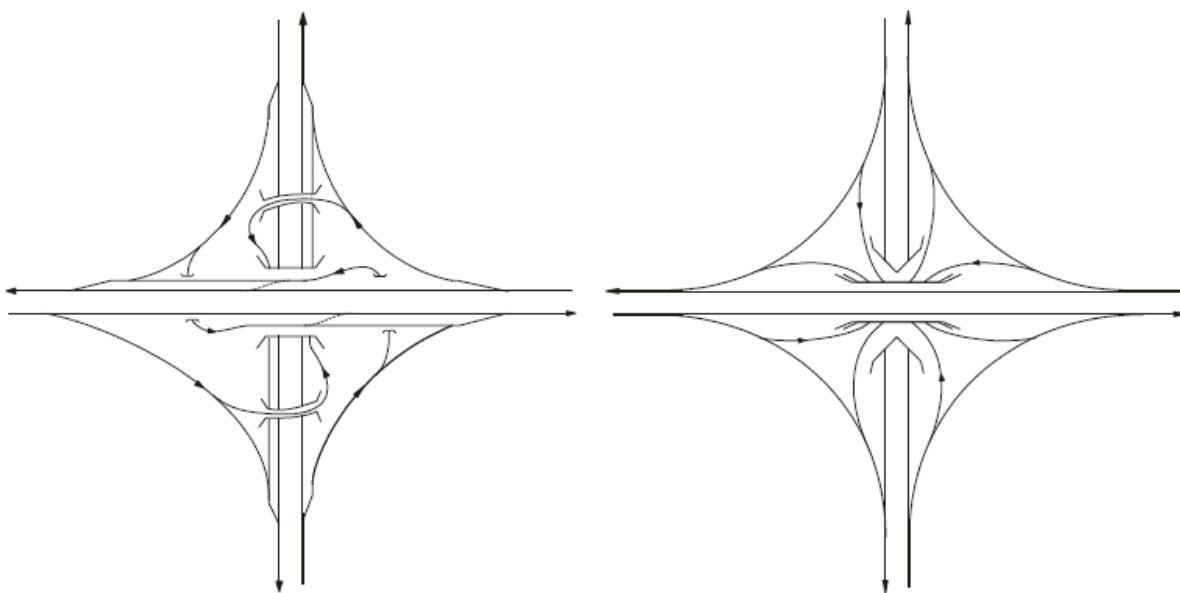
Problem levih zavijalcev pri tipu deteljica je imel za posledico, da so se razvile razne modifikacije osnovne oblike deteljice. Za primer, da je en zavijalni tok izredno močan, so se razvile modifikacije, prikazane na naslednji sliki. Glede na intenzivnost prometnih tokov so možne še druge modifikacije.



Slika 10: Modifikacija deteljice z vodenjem enih levih zavijalcev s pol direktno rampo in z direktno rampo (Vir: Direkcija Republike Slovenije za ceste. 2003. TSC 03.343 (predlog, februar 2002), str. 16)

2.8.2.3 Posebne izvedbe štirikrakah vozlišč

Med posebne izvedbe štirikrakah vozlišč uvrščamo tip »mlin na veter« oziroma »vetrnica«. Navedena izvedba ima prednost pred modificiranimi deteljicami v tem, da vse leve zavijalce vodi s pol direktnimi rampami. Uporablja se pri velikih zavijalnih tokovih. Kadar zaradi velikih zavijalnih tokov tudi navedeni tip ne zadošča, moramo vse leve zavijalce voditi s pol direktnimi rampami s še bolj ugodnimi geometrijskimi in tehničnimi elementi. Navedeni tip se imenuje »malteški križ«. Povezovalne rampe moramo tu voditi v štirih nivojih, kar vpliva, da je ekonomsko najbolj neugoden.



Slika 11: Mlin na veter in malteški križ (Vir: Direkcija Republike Slovenije za ceste. 2003. TSC 03.343 (predlog, februar 2002), str. 16)

2.9 Razdelitev VNP

Kot navaja Tehnična specifikacija za javne ceste Večnivojski priključki in vozlišča (TSC 03.343, predlog, februar 2002) in druga literatura je poznanih več osnovnih tipov VNP. Razlikujejo se večinoma po načinu vodenja ramp. Tudi tu navedena imena izhajajo iz subjektivnega videnja določenega VNP, ki se primerja z obliko znanega predmeta.

2.9.1 Trikraki VNP

Praviloma uporabljamo za trikraki VNP tip trobenta. Načeloma veljajo določila kot pri trikrakem vozlišču, istega tipa, le da lahko glede na druge funkcije izberemo manjše elemente. Razlika je v bistvu ta, da so razlike hitrosti na primarni in sekundarni cesti večje in je tako prehod sekundarne ceste v rampe priključkov treba izvesti z nasprotno usmerjenimi krožnimi loki za že predhodno zmanjšanje hitrosti.



Slika 12: VNP Lesce v obliki trobent (Vir: <http://nesrece.avp-rs.si/>)

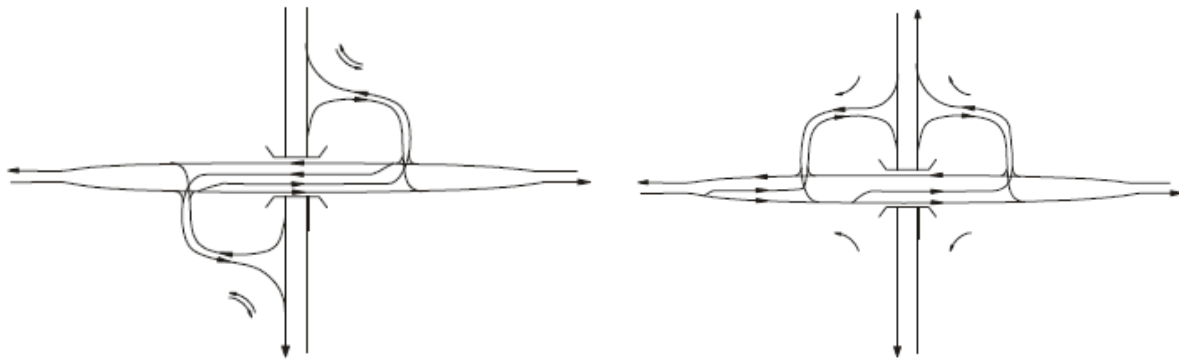
Poleg trobente uporabljamo veliko število specifičnih rešitev, ki imajo lahko na podrejeni cesti tudi nivojska križanja ali pasove za prepletanje. Pri krajših razdaljah do sosednjega priključka ali razcepa je zlasti uporaben prilagojen tip polovične deteljice.

2.9.2 Štirikraki VNP

Večinoma uporabljamo za štirikrake VNP polovično deteljico ali romb.

2.9.2.1 Polovična deteljica

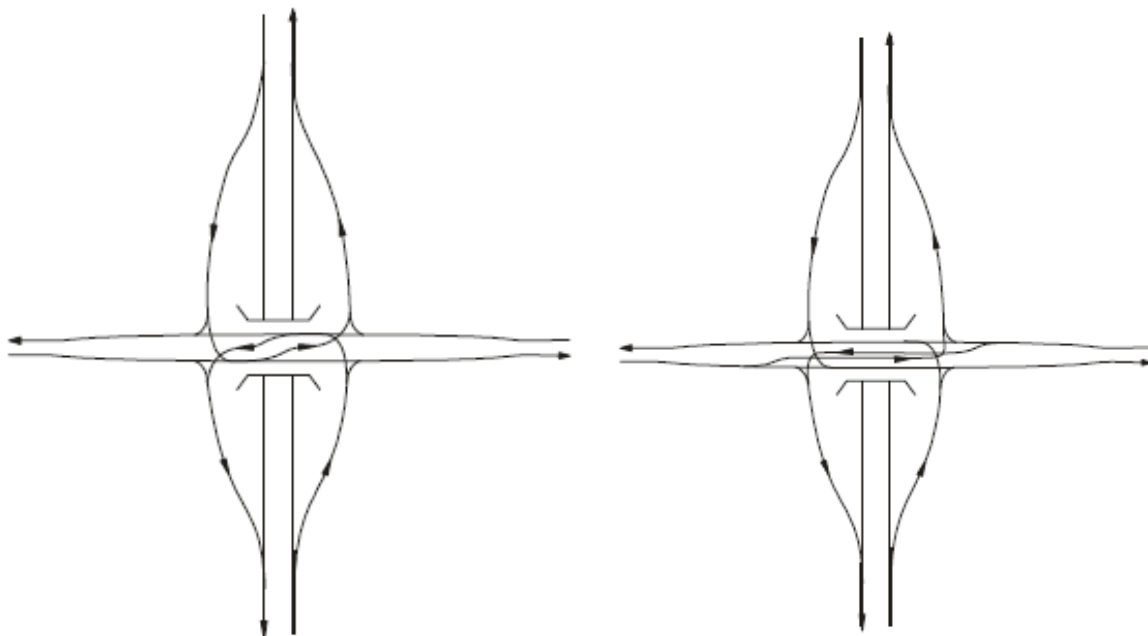
Pri polovični deteljici se rampe nahajajo v dveh kvadrantih. Razvrstitev ramp v posamezne kvadrante je odvisna od prometnih tokov. Za večje prometne tokove naj bodo desni zavijalci na podrejeni cesti. Oblika ramp je odvisna od dolžine, ki jo potrebujemo med obema nivojskima priključkoma na podrejeni cesti, višinskih prilik in potrebe namestitve pasov za leve zavijalce. Leve zavijalce je možno med obema priključkoma razmestiti na različne načine. Poznamo simetrične in ne simetrične polovične deteljice.



Slika 13: Nesimetrična polovična deteljica z notranjimi in vzporednimi pasovi za leve zavijalce in simetrična polovična deteljica (Vir: Direkcija Republike Slovenije za ceste. 2003. TSC 03.343 (predlog, februar 2002), str. 18)

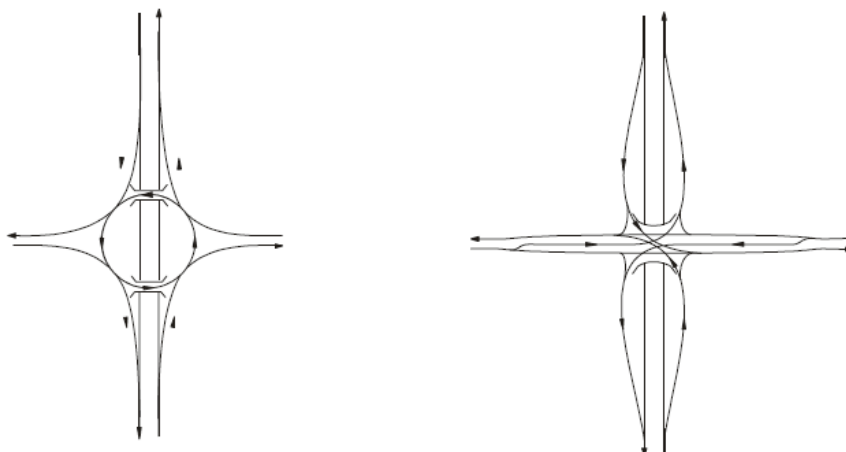
2.9.2.2 Romb

Glavna značilnost pri rombu je, da so vse rampe enosmerne. Ima majhno porabo prostora in je zaradi tega primeren za urbana območja. Na naslednjih slikah so prikazani različne izvedbe romba. Praviloma je potrebno nivojska križišča na podrejeni cesti opremiti s semaforji.



Slika 14: Romb z notranjimi zaporednimi in vzporednimi pasovi za leve zavijalce (Vir: Direkcija Republike Slovenije za ceste. 2003. TSC 03.343 (predlog, februar 2002), str. 18)

Pojavljajo se že tudi nove rešitve, ki ne zahtevajo več obveznega semaforiziranega križišča. Oblika, prva na naslednji sliki, je urejena s krožiščem. Oblika, druga na isti sliki, kjer sta obe nivojski križišči združeni v eno samo, pa zahteva semaforizacijo tega križišča, a je ob tem zagotovljena večja propustnost. Vsi desni zavijalci lahko vozijo brez zaustavljanja.



Slika 15: Romb s krožiščem in romb z zunanjimi pasovi za leve zavijalce (Vir: Direkcija Republike Slovenije za ceste, 2003. TSC 03.343 (predlog, februar 2002), str. 19)

2.9.2.3 Diamant

Variacija romba je tip diamant, kjer so rampe vodene v premi. Je zasnova, pri kateri je porabljenega najmanj prostora. Zato je ta oblika najbolj primerna za uporabo v urbanem prostoru.

Na podrejeno cesto in z nje se rampe priključujejo v 2 ENK. Zaradi preprečevanja napačne smeri vožnje se za ti dve ENK vedno bolj uporablja oblika krožišča.

Za zagotavljanje večje prometne varnosti se v stroki za to obliko VNP priporoča izvedba z nadvozom SPS nad GPS. To pa zato, da višinski potek ramp (izvoz navzgor, uvoz navzdol) sodeluje pri spreminjanju hitrosti na rampah. Obratna rešitev, torej s podvozom za SPS, je manj priporočljiva, saj zlasti v zimskih razmerah lahko povzroči veliko težav (poledica, zdrs v ENK ipd.).

3 PROMETNA VARNOST NA VEČNIVOJSKIH KRIŽIŠČIH

S pregledom poglavja večnivojska križišča so postavljeni nekakšni temelji za začetek obravnave prometne varnosti na njih. Zastaviti si moramo vprašanje, kaj vse vpliva na prometno varnost na VNK, ob tem pa odgovoriti na vprašanje, kaj so glavni vzroki za nastanek prometnih nesreč. Če odgovorimo nekoliko bolj splošno, na prometno varnost in na nastanek prometnih nesreč lahko vplivajo voznik, vozilo in okolje, ali samostojno ali kot kombinacija dveh oziroma vseh treh dejavnikov. Glede na to, da ta magistrska naloga analizira predvsem dejavnike, ki izhajajo iz skupine okolja, je treba te dejavnike nekoliko bolj podrobno predstaviti. Seveda se dejavnikov iz drugih dveh skupin ne sme prezreti, saj so zaradi vzajemnega vpliva zelo pogosto odločilni za nastanek prometne nesreče.

3.1 Voznik

Voznik oziroma človeški faktor je eden glavnih dejavnikov, ki vpliva na prometno varnost in na nastanek prometnih nesreč. Vse dosedanje raziskave kažejo prevladujočo vlogo človeškega dejavnika v povzročanju nezgod. Po nekaterih ugotovitvah je človek kriv za več kot 90 % prometnih nesreč. Vendar je v večini prometnih nesreč navadno udeleženih več dejavnikov, po navadi človeški faktor skupaj z okoljem ali vozilom. Literatura navaja, da je kljub temu za kar 59 % nezgod kriv samo človeški faktor.

3.1.1 Človeški vzroki za nezgodo

Polič navaja, da razlikujemo neposredne in posredne človeške vzroke za nezgodo. V prvem primeru gre za tista dejanja ali ne dejanja neposredno pred nezgodo, ki povečujejo verjetnost trka (neustrezno opazovanje, nepozornost), v drugem pa za tista voznikova stanja ali pogoje, ki neugodno vplivajo na njegovo zmožnost za varno vožnjo. Za volan nikoli ne sedemo enako sposobni za vožnjo. Včasih smo utrujeni in zaspani, drugič pijani, bolni, nerazpoloženi, jezni in podobno, kar so vsa stanja, ki izrazito vplivajo na varno vožnjo. Nekatera so občasna ali

začasna, druga spet stalnejša, odvisno od posameznika in njegovega okolja. Kot navaja lahko razlikujemo tri skupine motečih stanj ali pogojev (Polič, M. 2004. Psihološki pristop k prometni varnosti, Pregledni znanstveni članek):

- fizična ali fiziološka stanja, kot so pijanost, vpliv drog ali zdravil, utrujenost, kronične bolezni, telesne prizadetosti, ipd,
- duševna ali čustvena stanja, kot so čustveno vznemirjenje, pritisk drugih voznikov, naglica, duševna prizadetost, ipd. in
- pomanjkanje izkušenj, kot so nezkušenost voznika, neznano vozilo, preveč ali premalo znana cesta, ipd.

Našteti dejavniki ob nastanku nesreče praviloma delujejo povezano. Ob tem pa ne smemo pozabiti na delovanje tudi drugih dveh dejavnikov kot sta vozilo in okolje. Če to obravnavamo v kontekstu prometne varnosti na večnivojskih križiščih, na katerih je za vožnjo potrebna še toliko večja pozornost, je navedeno še toliko bolj pomembno.

3.1.2 Človeške napake pri nezgodi

Če se ustavimo pri človeškem faktorju kot neposrednemu povzročitelju nezgode, lahko ugotovimo, da je kar 55 % napak povezanih s pozornostjo, 50 % z odločanjem in le 10 % z odzivom voznika. To pomeni, da je večina nezgod odvisna od pomanjkljive ali napačne zaznave okolja, neustrezne predelave obvestil, le manjša pa na neobvladovanje vozila. Nekaj najpogostejših napak, kot so jih ugotovili Treat in sodelavci, so naslednje (Polič, M. 2004. Psihološki pristop k prometni varnosti, Pregledni znanstveni članek):

- neustrezno opazovanje oziroma zamuda v prepoznavi ovir ali dogajanj pred voznikom zaradi pomanjkljivega vidnega iskanja v razmerah, ki niso »normalne«, je eden najpogostejših vzrokov nezgod,
- neustrezna hitrost povzroča kakih 15 % nezgod, kar pa je povezano s kakovostjo ceste pa tudi z vremenskimi in prometnimi razmerami,
- nepozornost oziroma zapozneta prepoznavna zaradi preobremenjenosti z razmerami, neustreznimi razmišljanji ali zamišljenosti je vzrok za 15 % nezgod in

- neustrezna dejanja izogibanja, ko voznik ne stori nujnega dejanja, ki je sicer v mejah njegovih zmogljivosti, ampak neko neustrezno, so vzrok približno 13 % nezgod.

3.1.3 Modeli vedenja voznikov

Z vplivom človeškega faktorja na prometno varnost se je že ukvarjalo veliko strokovnjakov različnih strok, ki so predstavili tudi že najrazličnejše modele vedenja voznikov. Tako poznamo na primer Fullerjev model, po katerem naj bi se voznik med vožnjo trudil ne le, da pride na cilj, ampak tudi, da se izogne neprijetnim dražljajem in situacijam. Fuller in Santos ponujata tudi vmesniški model naloge in zmožnosti. Vožnjo opisujeta kot dinamično nadzorno nalogo, pri kateri mora voznik izbirati ustrezne informacije iz okolja, da bi se lahko odločal in izvedel ustrezne nadzorne odzive, s katerimi bi dosegel varno gibljivost. Poznamo tudi Rumarjev enostavni model in še mnoge druge, a kot najbolj realnega, ki obravnava človeški faktor, vendarle lahko ocenimo Wildovo teorijo homeostaze.

V osnovi teorija homeostaze tveganja trdi, da so ljudje pri vsaki dejavnosti pripravljeni sprejeti neko subjektivno določeno raven tveganja oziroma ogrožanja svojega zdravja ali drugih zadev, ki jih cenijo, v zameno za koristi, ki jih ta dejavnost prinaša. Ljudje stalno ocenjujejo količino tveganja, ki mu naj bi bili izpostavljeni. Primerjajo jo s sprejemljivo ravno in skušajo čim bolj zmanjšati razlike med obema. Če je subjektivna raven tveganja nižja od še sprejemljive, bodo ljudje povečali izpostavljenost nevarnosti in obratno. Ciljna raven tveganja je tista, pri kateri je razlika med koristmi in stroški največja. Tu se zastavlja vprašanje, zakaj ljudje ne bi težili k ničelni stopnji tveganja. Očitno izbirajo tisto raven tveganja, ki jim nudi največjo neto korist.

Navedeno teorijo lahko povežemo tudi z načinom življenja posameznega voznika. Če je voznik navajen v življenju tvegati, bo več tvegati tudi pri vožnji. Stopnja tveganja pa je odvisna od vsakega posameznika. Ta teorija se tudi jasno odraža pri preseganju hitrosti, vinjenosti, načinu vožnje pri neugodnih vremenskih razmerah, utrujenosti in še mnogo kje.

3.1.4 Prihodnost voznikov

Spoznanja kažejo, da je voznik oziroma človeški faktor eden ključnih, lahko bi rekli glavni dejavnik, ki vpliva na prometno varnost. Da bi navedeni dejavnik popolnoma izključili, je malo verjetno, saj obstaja dvom, da bi tehnologija to že omogočala. Predvsem pa se vedno znova ustavimo pri vprašanju, če smo ljudje pripravljeni žrtvovati svobodo, ki jo »uživamo« kot vozniki. Vsekakor je treba še naprej iskati vzroke za nastanek prometnih nesreč, ki izhajajo iz osebnosti voznikov in še naprej predvsem opozarjati na pomen prometne varnosti in s tem izboljševati kulturo voznikov in posledično prometno varnost.

3.2 Vozilo

Drugi pomembni dejavnik, ki vpliva na prometno varnost in na nastanek prometnih nesreč je vozilo. Statistika navaja, da le 1 do 2 % nesreč nastane zaradi napake na vozilu. Navaja tudi, da je do 5 % vseh nesreč, vzrok slabo stanje vozil ob neustreznem ravnanju voznika. Koliko je odstotkov vseh nesreč zaradi slabega stanja vozila ob neustrezno urejenem vozišču pa žal literatura ne navaja.

3.2.1 Vpliv vozila na prometno varnost

Vidno je, da je vpliv vozila na prometno varnost izredno majhen, a kljub temu nezanemarljiv. Opaziti je, da je vozilo velikokrat prisotno z drugimi dejavniki pri nastanku prometnih nesreč, kot sta voznik in okolje. Da bi ugotovili samo vpliv vozila na prometno varnost, moramo odgovoriti na vprašanje koliko posamezni model vozila vpliva na prometno varnost.

Vsekakor posamezni model vozila vpliva na prometno varnost. Vpliva že sama masa vozila, kot tudi sama aktivna in pasivna varnost vozila. Nekateri elementi preprečujejo nastanek prometnih nesreč, medtem ko drugi blažijo posledice prometnih nesreč. Ugotovimo lahko, da

so večji avtomobili, ki so tudi po masi težji, tudi bolj varni. Praviloma izhajajo iz višjega cenovnega razreda in so opremljeni z boljšo aktivno in pasivno varnostjo vozila. Tu pridemo do dejstva, da je potrebno za varnost vozila plačati, podobno kot velja za zdravje, lepoto, izobrazbo in še za kakšno drugo stvar v današnji družbi.

3.2.1.1 Aktivna varnost vozil

Med aktivno varnost vozil sodijo elementi, pri katerih lahko voznik s svojim ravnanjem izniči nepričakovano učinkovitost nevarnega elementa. Mednje sodijo najrazličnejši sistemi, kot so ABS, ESP, ASR, štirikolesni pogon, aktivno vzmetenje in podobno. Aktivna varnost vozil vsekakor pomaga in pripomore k boljši prometni varnosti. Predstavlja pa tudi rešilno bilko ali nekakšen izhod v sili dejavnika okolja. Velikokrat aktivna varnost vozila prepreči prometno nesrečo, ki bi jo lahko zlahka pripisali pomanjkljivemu in neusklajenemu planiranju, projektiranju, gradnji in vzdrževanju na določenem odseku. Med te odseke lahko predvsem uvrstimo VNK, ki so sestavljeni iz velikega števila vertikalnih in horizontalnih elementov na majhnem odseku, ki pa ni nujno, da so vedno optimalno usklajeni.

Ravno obratno, kot okolju predstavlja aktivna varnost vozila izhod v sili, vozniku predstavlja aktivna varnost vozila nekakšen bonus. Vozniki te sisteme izkoriščajo za bolj dinamično in hitrejšo vožnjo. Hkrati pa svoj način vožnje prilagajajo izboljšavam, kar vpliva, da navedeni sistemi ne pripomorejo toliko k boljši prometni varnosti, za kar so bili predvideni.

3.2.1.2 Pasivna varnost vozil

Med pasivno varnost vozil sodijo elementi, kot so zračne blazine, bočne ojačitve, komore za pojemek energije in podobno. Njihova lastnost je, da ne pripomorejo k zmanjšanju števila prometnih nesreč, ampak da blažijo poškodbe, ki bi nastale ob prometni nesreči. Vsekakor vplivajo na prometno varnost, predvsem na težo poškodb, ki bi jih utrpeli vozniki in drugi udeleženci prometa. Pasivno varnost vozil lahko primerjamo z elementi prometne opreme, ki se nahajajo na VNK in zagotavljajo pasivno varnost dejavniku okolja.

3.2.2 Vzdrževanje vozila

Kot navaja literatura, je za 5 % vseh nesreč vzrok slabo stanje vozila ob neustreznem ravnanju voznika. Ob tem se zastavlja vprašanje ali pomeni slabo stanje vozila, da je še tehnično sprejemljivo po veljavnih predpisih. V primeru, da je vozilo tehnično sprejemljivo, težko govorimo, da je vozilo vzrok za nastanek prometne nesreče. Tudi tu se moramo zavedati dejstva, da je vozilo dobrina, ki nekaj stane. In še posebej v današnjem času, ne moremo pričakovati od voznika, da bo imel vseskozi vozilo optimalno urejeno. Vozniki so načeloma naravnani, da upoštevajo določene predpise v določenih mejah. Pripravljeni so prevzeti tudi določen odstotek tveganja, ki pa je odvisen od vsakega posameznika.

Da bi bilo navedeno predstavljeno čim bolj nadzorno, bi kot primer navedel uporabo zimskih pnevmatik. Z zakonom, je določen minimalni profil pnevmatik, nikjer pa vozniku zakonodaja ne določa na primer dovoljeno starost pnevmatike. Jasno je, da ima nova pnevmatika drugačne karakteristike od na primer 4 leta stare pnevmatike.

Če se tu navežem na načrtovanje elementov vozniških površin na VNK, in sicer projektne hitrosti, ki se načrtuje na mokrem in čistem vozišču. V nobenem izračunu ni upoštevan takšen primer, ki pa ga zakonodaja dopušča. Tu in morda še na kakšnem primeru, bi bilo potrebno urediti zakonodajo.

In če se vrnemo na navedeni primer, kaj je vzrok za nastanek prometne nesreče v tem primeru. Voznik, vozilo ali okolje?

3.2.3 Prihodnost vozil

Optimalna rešitev bi bila, da bi bila vsa vozila enaka. Imela bi enako maso in enake elemente varnosti vozila. S tem bi izločili vpliv vozila na prometno varnost. Tudi elementi vozniških površin, bi se dimenzionirali in usklajevali le na en tip vozila. Nekoliko drugače bi bilo pri vozniku. Voznik, ki da danes več na varnost vozila, kot na hitrost, bi bil s tem oškodovan, če

gledamo s stališča gibalne količine, saj bi ob prometni nesreči vanj trčilo enako vozilo, najverjetneje z večjo hitrostjo. Za veliko večino voznikov pa bi se stanje izboljšalo. Še vedno pa bi obstajala tista verjetnost slučaja, da je za prometno nesrečo kriva napaka na vozilu. Kolikšna je ta verjetnost slučaja nižji od 1 do 2 %, pa bo pokazal čas.

Iluzorno je pričakovati, da se bo avtomobilska industrija in posameznik strinjala s povedanim. Avtomobilska industrija se vse bolj zaveda pomena prometne varnosti in posledic prometnih nesreč. A zavedati se moramo dejstva, da je prvi cilj avtomobilske industrije predvsem ekonomski in da je prometna varnost tudi mehanizem za privabljanje voznikov. S tem privabljajo voznike in s posodobitvijo vozil posledično vplivajo na izboljšanje prometne varnosti. Tudi če bi maso vozil izenačili, bi najverjetneje varnost vozil postala merilo cene.

3.3 Okolje

Zadnji izmed ključnih dejavnikov, ki vpliva na prometno varnost je okolje. Iz prej povedanega lahko povzamemo, da je okoljski faktor, kjer je glavni dejavnik, »kriv« za 5 % vseh prometnih nesreč. Okolje samo je torej zelo redek vzrok za nastanek prometnih nesreč. Na cesti se srečamo z najrazličnejšimi vplivi, ki izhajajo iz okolja. Najizrazitejše so vremenske razmere, na katere praktično nimamo vpliva, nič manj pa tudi lastnosti cestnega telesa, ki je urejeno nekje bolj, nekje pa manj primerno za vožnjo, pri čemer ni za zanemariti, kakšno je na posamezni cesti počutje voznika.

Dejavniki iz skupine okolja, ki vplivajo na prometno varnost, in se jih da v veliki meri regulirati s korekcijami zasnove in dimenzij ter medsebojne usklajenosti pa so naslednji:

- hitrost,
- preglednosti,
- pogostost VNK , ter
- prometne obremenitve in prepustnost ceste.

Iz navedenega se lahko ugotovi, da že z idejo, da bi zasnovali določeno VNK, začnemo vplivati na stopnjo prometne varnosti, ki bo dosežena na določenem VNK. Kot je bilo ugotovljeno v predhodnem poglavju, je velika večina teh dejavnikov odvisna od izbire tipa VNK in posledično od izbranih prometno-tehničnih karakteristik VNK. Na nekatere lahko vplivamo neposredno na nekatere posredno. Potrebno se je zavedati, da vsem dejavnikom ne bomo nikoli v celoti zadostili. Določeni so si nasprotujoči in bomo iskali optimalne rešitve. Tudi če zadostimo vsem v optimalni meri, bo še vedno obstajal tisti slučaj, na katerega se ne da vplivati.

Ugotovljeno je, da na večino teh dejavnikov neposredno vpliva sama izbira tipa večnivojskega križišča. Obstaja še en pomemben dejavnik, ki vpliva na prometno varnost na večnivojskih križiščih in tudi drugod v prometu. To je voznik in vozilo, ki smo ju že predstavili.

V nadaljevanju bomo spoznali te dejavnike nekoliko bolj podrobno. Kasneje nam bodo v pomoč pri sami analizi zastavljenih hipotezi na VNK.

3.3.1 Hitrost

Hitrost V [km/h] je vozno-dinamična količina od katere je odvisno potovalno udobje in varnost prometa. Pri načrtovanju cest ločimo in uporabljamo različne vrste hitrosti (Direkcija Republike Slovenije za ceste. 2003. TSC 03.200 (predlog, oktober 2003), str. 14):

- vozna hitrost V_{voz} je trenutna hitrost, s katero vozilo vozi po vozišču,
- dovoljena vozna hitrost V_{dov} je tista hitrost, ki je z zakonom ali z upravno omejitvijo, določena na cesti ali njenem posameznem odseku oziroma pododseku,
- potovalna hitrost V_{pot} je povprečna vozna hitrost, ki jo vozila dosegajo na posameznem odseku ceste,
- opredeljena potovalna hitrost V_{pot} je povprečna vozna hitrost, ki naj jo vozila dosegajo na posamezni cesti ob koncu planske dobe in je merodajna za dimenzioniranje NPP ter geometrijskih in tehničnih elementov osi ceste,

- računsko hitrost $V_{\text{rač}}$ je vsaka hitrost, ki se uporablja za določitev ali izračun tehničnih elementov ceste,
- zasnovana hitrost V_{zasn} je računsko hitrost, ki je za posamezno kategorijo ceste opredeljena glede na njeno prometno funkcijo in glede na pogoje prostora, po katerem poteka cesta,
- projektna hitrost V_{proj} je vozna hitrost vozila v prostem prometnem toku na čistem in mokrem vozišču, imenovana tudi V85%, ki jo omogočajo geometrijski in tehnični elementi projektirane ali obstoječe ceste in se uporablja kot računsko hitrost za analizo varnosti prometa ter korekcijo posameznih tehničnih elementov ceste in
- hitrost v bočni smeri V_{rad} je hitrost, s katero vozila menjavajo prometne pasove.

3.3.1.1 Sistemi za spreminjanje hitrosti vozila

Sistemi za spreminjanje hitrosti vozil so elementi, ki jih je potrebno upoštevati pri določevanju elementov ceste z naslednjimi povprečnimi vrednostmi (Direkcija Republike Slovenije za ceste. 2003. TSC 03.200 (predlog, oktober 2003), str. 14):

- pospeševanje
 - osebna vozila: $0,50 - 1,50 \text{ m/s}^2$,
 - tovorna vozila: $0,30 - 0,75 \text{ m/s}^2$,
- pasivno zaviranje:
 - osebna vozila: $0,50 - 0,85 \text{ m/s}^2$ za $V_{\text{voz}} = 60 - 100 \text{ km/h}$, povprečno $0,66 \text{ m/s}^2$ za $V_{\text{voz}} = 80 \text{ km/h}$
- aktivno zaviranje:
 - osebna vozila: $3,75 - 2,94 \text{ m/s}^2$ za $V_{\text{voz}} = 60 - 100 \text{ km/h}$, povprečno $3,31 \text{ m/s}^2$ za $V_{\text{voz}} = 80 \text{ km/h}$,
 - tovorna vozila: $1,50 \text{ m/s}^2$

Navedene vrednosti so okvirne in namenjene predvsem preizkusom dopustnosti količin, izračunanih po drugačnih osnovah (za analizo varnosti prometa).

Za dimenzioniranje elementov ceste je potrebno količine, ki jih je sposobno realizirati vozilo, upoštevati le do tiste meje, ki je še sprejemljiva glede na torno sposobnost med voziščem in pnevmatiko (KDT). Uporabno območje izhaja iz odnosa:

$$a_{dej} \leq f_{t\ dop} * g$$

Enačba 1: (Vir: Direkcija Republike Slovenije za ceste. 2003. TSC 03.200 (predlog, oktober 2003), str. 14, enačba 5.2)

kjer je:

a_{dej}	[m/s ²]	dejanski oziroma uporabljeni del pospeška
$f_{t\ dop}$	[-]	maksimalna dopustna vrednost KDT za posamezno vozno hitrost in
g	[m/s ²]	gravitacijski pospešek (9,81 m/s ²)

Ob navedenem je potrebno upoštevati tudi stopnjo udobja voznikov med katere sodijo (Direkcija Republike Slovenije za ceste. 2003. TSC 03.200 (predlog, oktober 2003), str. 12):

- vidno polje kot prostor, ki ga zajema voznik z enim pogledom pri katerem razlikujemo naslednja področja:
 - področje izostrene vidljivosti (kot $\alpha=3-5^\circ$),
 - področje relativne vidljivosti (kot $\beta=10-15^\circ$) in
 - področje periferne vidljivosti (kot $\gamma=120-180^\circ$).
- bočni pospešek a_R , ki pogojuje:
 - še udobno vožnjo, če znaša do 2,5 m/s²,
 - še sprejemljivo vožnjo, če znaša do 3,0 m/s² in
 - zgornjo mejno vrednost, če znaša 3,5 m/s².
- bočni sunek X_{Ri} (sprememba pospeška [m/s³], ki mora biti v območju:
 - $0,30 \leq X_{Ri} \leq 0,95$ in
 - srednja vrednost pa znaša 0,5 m/s³.
- vzdolžni pospešek a_T , ki pogojuje:
 - še udobno vožnjo, če znaša do 2,65 m/s²,
 - neudobno vožnjo, če znaša do 3,45 m/s²,
 - izjemne pogoje za vožnjo, če znaša do 4,25 m/s².

- vzdolžni sunek X_{TI} (sprememba pospeška) [m/s^3], ki je zaradi udobja voznika in potnikov omejena z vrednostjo $\max X_{TI} = 2,5 m/s^3$
- reakcijski čas t_n , ki je najpomembnejša lastnost voznikov. Potrebno ga je upoštevati pri dimenzioniranju zaustavne preglednosti. Zaradi racionalnosti naj ne presega $t_r = 2,0$ s, lahko je manjši, kadar so vozniki stalni uporabniki take ceste. Vsako zmanjšano velikost reakcijskega časa voznikov je treba obravnavati za vsak primer posebej po v stroki uveljavljenih načelih in izračunih. Reakcijski čas se načeloma obravnava v razponu od 0,7 s (»športniki«) do 2,5 s (»penzionisti«) in je opredeljen kot:
 - normalen, če znaša 2 s,
 - sprejemljiv, če znaša do 1,5 s in kot
 - spodnji mejni, če znaša do 1 s.

3.3.2 Preglednost

Preglednost je vidna razdalja za voznika, ki omogoča, da zaradi morebitne ovire na cesti voznik lahko pravočasno zaustavi svoje vozilo (zaustavitvena razdalja). (Direkcija Republike Slovenije za ceste. 2003. TSC 03.200 (predlog, oktober 2003), str. 7)

3.3.2.1 Vrste preglednosti

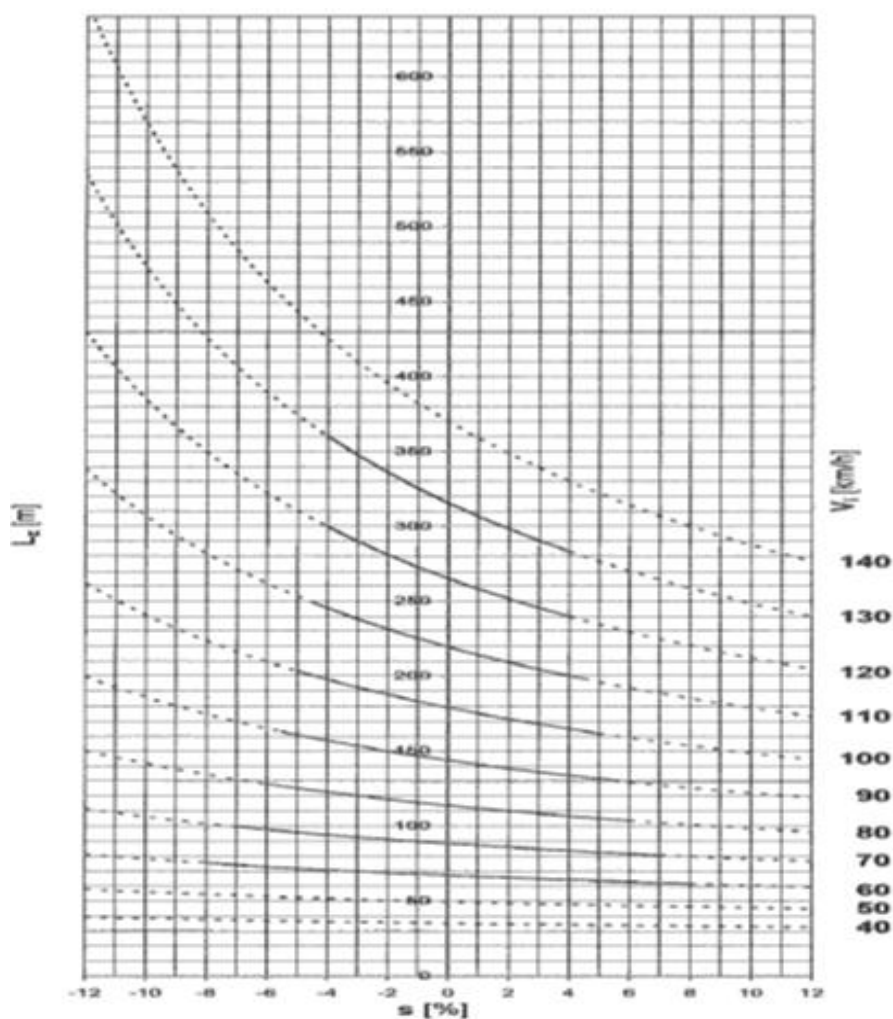
Vzdolž ceste je treba vozniku trajno zagotavljati prosto preglednost za:

- preglednost nad potekom linije ceste pred njim in nad prometno signalizacijo,
- zaustavitev vozila,
- prehitevanje in
- vožnjo v območju križišč in cestno železniških prehodov.

Pri načrtovanju in obratovanju ceste morajo biti vse ovire (stalne in občasne), razen prometne signalizacije, locirane izven polja preglednosti.

3.3.2.2 Zaustavna preglednost

Zaustavna preglednost P_z je najkrajša dolžina preglednosti, na kateri voznik opazi oviro, da bi lahko do nje popolnoma ustavil vozilo v pogojih dopustne vrednosti koeficienta drsnega trenja. Dolžina zaustavne preglednosti je enaka dolžini zaustavitvene razdalje + varnostni odmik: (Direkcija Republike Slovenije za ceste. 2003. TSC 03.300 (predlog, oktober 2003), str. 20)



Slika 16: Zaustavna dolžina za tehnično skupino cest A (Vir: Direkcija Republike Slovenije za ceste. 2003. TSC 03.300 (predlog, oktober 2003), str. 21, slika 3)

$$P_z = L_z + 7m$$

Enačba 2:(Vir: Direkcija Republike Slovenije za ceste. 2003. TSC 03.300 (predlog, oktober 2003), str. 20, enačba 7.6)

Varnostni odmik se razen na cestah tehnične skupine A lahko tudi opusti. Velikosti zaustavitvenih razdalj L_z so opredeljene na prejšnji sliki ali pa z enačbo:

$$L_z = L_1 + L_2$$

$$L_1 = \frac{V_0}{3,6} * t_r$$

$$L_2 = \frac{1}{g * 3,6^2} * \int_{V_1}^{V_2} \frac{V}{f_r(V) + \left(\frac{s}{100}\right) + u(V)} * dv$$

$$V_1 = 0$$

$$V_2 = V_0 = V_i = V_{zasn} = V_{proj}$$

Enačba 3:(Vir: Direkcija Republike Slovenije za ceste. 2003. TSC 03.300 (predlog, oktober 2003), str. 19, enačba 7.1 – 7.46)

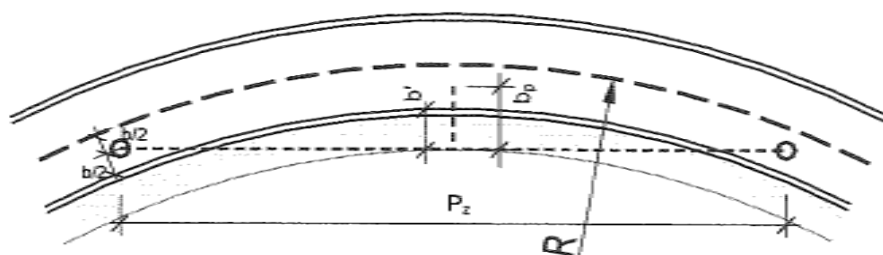
Pri čemer je:

L_z [m]	zaustavna razdalja
L_1 [m]	prevozna razdalja vozila t_r
L_2 [m]	razdalja v fazi zaustavljanja vozila od trenutka, ko voznik pritisne na zavoro do popolne zaustavitve
V [km/h]	hitrost
V_0 [km/h]	začetna hitrost
V_1 [km/h]	hitrost vozila po koncu zaviranja (končna hitrost): $V_1=0$
V_2 [km/h]	hitrost vozila tik pred pričetkom zaviranja (začasna hitrost):
t_r [s]	reakcijski čas: $t_r=2,0$ s za tehnično skupino A in $t_r=1,5$ s za tehnično skupino B in C
g [m/s^2]	gravitacijski pospešek
f_T [-]	koeficient drsnega trenja v tangencialni smeri (dopustna maksimalna vrednost $f_{T dop}$)
s [%]	vzdolžni nagib nivelete ceste
u [-]	koeficient zračnega upora

3.3.2.3 Horizontalna preglednost

Horizontalna preglednost (P_z) mora biti zagotovljena z odstranitvijo vseh kontinuiranih ovir na notranji strani horizontalne krivine (na desni in na levi strani), vključno premične ovire (deponije, ...) (Direkcija Republike Slovenije za ceste. 2003. TSC 03.300 (predlog, oktober 2003), str. 23).

Znotraj tega prostora se lahko nahajajo izključno samo elementi prometne opreme, kar ne velja za betonske varnostne ograje (v nadaljevanju: BVO), kašipote, table za potrditev smeri in ograje za zaščito pred hrupom (v nadaljevanju: ZPH). Pri namestitvi jeklenih varnostnih ograj (v nadaljevanju: JVO) je potrebno preglednost posebej preveriti. Ta namestitev pomeni oviro na tistih cestnih odsekih, kjer sta kombinirani horizontalna in vertikalna zaokrožitev cestne osi. Jeklene varnostne ograje je treba v takih primerih odmakniti.



Slika 17: Shema določitve polja horizontalne preglednosti (Vir: Direkcija Republike Slovenije za ceste. 2003. TSC 03.300 (predlog, oktober 2003), str. 23, slika 6)

V primeru, da se ne more zagotoviti zadostne pregledne razdalje, je potrebno ali povečati velikost polmera horizontalne krivine (v predorih ali na viaduktih) ali pa z ustreznimi znaki omejiti vozno hitrost.

Prostor, ki ga s tem opredelimo, je polje preglednosti. Na njem veljajo enaka določila nadzora kot na cestišču (območje nadzorovane rabe prostora ob cestah). Širina tega prostora je odvisna od dolžine zaustavne preglednosti in polmera zakrivljenosti osi ceste na posameznem elementu. Pri tem se kot izhodišče upošteva položaj očesa voznika na sredini notranjega voznega pasu, kot je prikazano na zgornji sliki.

Širino polja preglednosti se mora določiti s poenostavljeno enačbo:

$$b_p = \frac{P_z^2}{8R} \quad B' = b_p - \frac{b}{2}$$

Enačba 1: (Vir: Direkcija Republike Slovenije za ceste. 2003. TSC 03.300 (predlog, oktober 2003), str. 23, enačba 7.7 in 7.8)

kjer je:

- b [m] širina pregledne berme
- b_p [m] širina preglednosti
- P_z [m] zahtevana dolžina preglednosti
- R [m] polmer horizontalne krivine

V območju prehodnice (klotoid) je treba polje preglednosti določiti s premo-sorazmernim linearnim spreminjanjem širine vzdolž prehodnice.

3.3.2.4 Vertikalna preglednost

Preglednost na cesti je opredeljena z višino položaja voznikovega očesa in višino ovire na cesti na zaustavni pregledni razdalji. Z njo je določena minimalna velikost polmera konveksne vertikalne zaokrožitve (Direkcija Republike Slovenije za ceste. 2003. TSC 03.300 (predlog, oktober 2003), str. 24)

Določeno je, da se voznikovo oko nahaja na višini 1,00 m. Višina ovire na cesti, ki naj jo voznik opazi, je načeloma nič. Ker pa pri večji hitrosti prihaja do neekonomičnih rešitev, se tolerira del ovire, ki ni viden. Vrednosti nevidnega dela ovire so opredeljene v naslednji tabeli.

Preglednica 3: Minimalna vidna višina ovire na cesti (Vir: Direkcija Republike Slovenije za ceste. 2003. TSC 03.300 (predlog, oktober 2003), str. 24, tabela 9)

Vi [km/h]	40	50	50	60	70	80	90	100	100	110	120	130	140
h ₂ [m]	0,00	0,00	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,10	0,10	0,15	0,15	0,15

Opomba: Različne vrednosti za hitrost 50 oz. 100 km/h sta upoštevani za različno zahtevne tehnične skupine cest

Za izračun velikosti polmera vertikalne zaokrožitve velja enačba:

$$P_z = \sqrt{(r_{minkonv} + h_1)^2 - r_{minkonv}^2} + \sqrt{(r_{minkonv} + h_2)^2 - r_{minkonv}^2}$$

Enačba 5: (Vir: Direkcija Republike Slovenije za ceste. 2003. TSC 03.300 (predlog, oktober 2003), str. 24, enačba 7.9)

kjer je:

- P_z [m] zaustavna pregledna razdalja
- r_{minkonv} [m] minimalni polmer konveksne zaokrožitve
- h₁ [m] višina voznikovega očesa nad voziščem – normalno je h₁=1,0 m
- h₂ [m] višina ovire na cesti

3.3.3 Pogostost VNK

Razdalja med posameznimi VNK je podana s planirano cestno mrežo v odvisnosti od posameznih primarnih in priključnih cest širšega območja. V stroki je uveljavljeno, da se priključki na avtoceste predvidijo na razdaljah okoli 10 km, na hitrih cestah pa na razdaljah okoli 6 km. Izjema so lokacije z zelo intenzivnim prometom (industrijske cone, nakupovalna središča), ki se jih gradi tudi na krajših medsebojnih razdaljah med priključki. Ker so priključki za nastajanje prometnih nesreč najbolj izpostavljene lokacije na cesti, je v takih primeri primernejše, če se razpored priključkov na neki cesti uskladi s potrebami prostora.

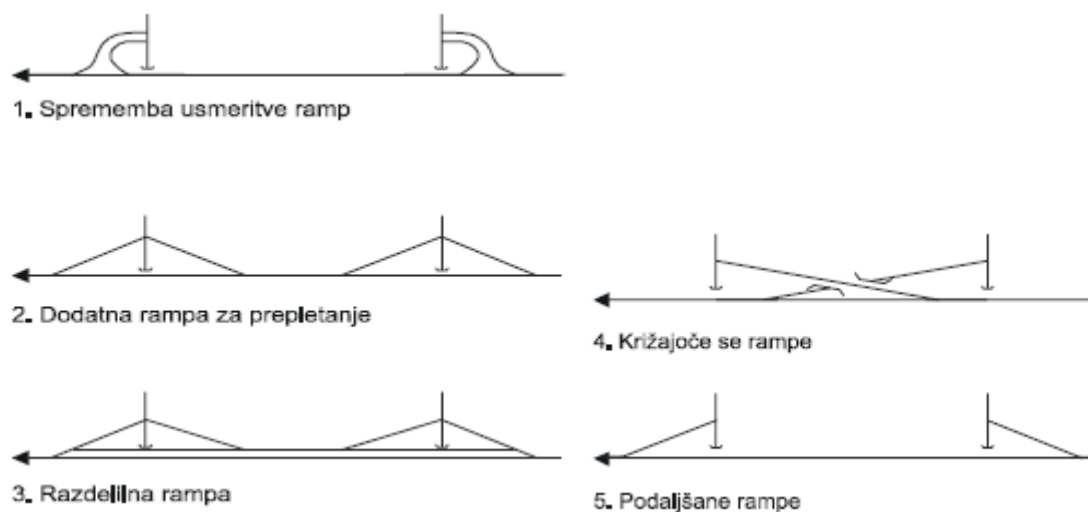
Minimalna razdalja med VNK izhaja iz možnosti postavitve signalizacije za usmerjanje prometa ter od zelene ali že dopustne kvalitete prometnega toka med dvema VNK.

Minimalne razdalje med dvema VNK, ki še ne vplivajo na pravila za postavitev signalizacije za usmerjanje prometa in na kvaliteto prometnega toka, so podane v naslednji preglednici, v stolpcu 1 in 2. Razdalje navedene v preglednici so razdalje med uvoznima in izvoznima otokoma dveh zaporednih VNK. Če razdalje iz stolpcev 1 in 2 v posameznih izjemnih primerih ni možno izvesti, potem je izjemoma dopustna uporaba razdalje v stolpcu 3, ki pa jo smemo uporabiti največ med dvema sosednjima VNK (Direkcija Republike Slovenije za ceste. 2003. TSC 03.343 (predlog, februar 2002), str. 10).

Preglednica 4: Minimalna razdalja med večnivojskimi križišči (Vir: Direkcija Republike Slovenije za ceste. 2003. TSC 03.343 (predlog, februar 2002), str. 10)

Rang večnivojskega križišča	Priporočljiva minimalna razdalja [m]		Minimalno dopustna razdalja z samo eno tablo za najavo [m]
	Močno obremenjen odsek	Manj obremenjen odsek	
	1	2	3
Razcep dveh avtocest	2700+Lu+Li *)	2700+Lu+Li	600+Lu+Li (**)
Priključek	2200+Lu+Li	1700+Lu+Li	600+Lu+Li
*) Lu – dolžina pojemalnega pasu Li – dolžina pospeševalnega pasu **) izvedljiva samo s prometnimi tablam na portalu			

Če tudi te minimalne razdalje ne uspemo zagotoviti, potem sosednja VNK tako po poteku prometa kot po ureditvi vplivata eden na drugega. Če si takšen vpliv lahko dovolimo in druge rešitve niso možne (izključitev enega priključka in vzporedna povezava cest), je možno uporabiti enega od sistemov, ki so prikazani na naslednjih slikah. Uporaba posebne rampe za prepletanje zahteva praviloma specifično oblikovane in postavljene table za usmerjanje prometa. Pri zadnjih dveh oblikah se odpovemo polnim priključkom na primarno cesto. Te povezave je potrebno nadoknaditi z vzporednimi cestami.



Slika 18: Pomožne rešitve pri $L < L_{\text{minimalno dopustno}}$ (Vir: Direkcija Republike Slovenije za ceste. 2003. TSC 03.343 (predlog, februar 2002), str. 10)

3.3.4 Prometne obremenitve in prepustnost ceste

Prometna obremenitev pomeni število vozil, ki v določenem časovnem intervalu prevozijo posamezen merski prerez na cesti (Direkcija Republike Slovenije za ceste. 2003. TSC 03.300 (predlog, oktober 2003), str. 7).

3.3.4.1 Prometna obremenitev

Ugotavljanje prometnih obremenitev je štetje vozil na cestah in križiščih, ter analiza prometnih obremenitev in iz tega izhajajočih napovedi (prognoz) z izdelavo prometne študije. Standardna oblika vodenja evidenc o prometnih obremenitvah na cestah je povprečni dnevni letni promet (v nadaljevanju: PLDP) in se nanaša na tako imenovani prometni odsek ceste.

Prepustnost ceste je potrebno izračunati na osnovi merodajne prometne obremenitve in zasnovane hitrosti. Za prometno dimenzioniranje na cestah je potrebno upoštevati: (Direkcija Republike Slovenije za ceste. 2003. TSC 03.300 (predlog, oktober 2003), str. 36)

- merodajno urno prometno obremenitev za dimenzioniranje ceste $Q_{h\text{mer}}$ in

- merodajno 15-minutno prometno obremenitev za dimenzioniranje križišč Q_{15mer} .

Upošteva se, da se dovoljuje, da bo z nižjo potovalno hitrostjo na avtocestah in glavnih cestah obratovalo največ 5% in na ostalih največ 10% vseh vozil v enem letu. Če s projektno nalogo (na osnovi prometne študije) ni določeno drugače, se mora za Q_{hmer} na avtocestah in glavnih cestah upoštevati 10% PLDP, na ostalih cestah pa 9% PLDP.

3.3.4.2 Praktična prepustnost ceste

Praktična prepustnost je maksimalna prometna količina, za katero načrtovana cesta različnega tipa nudi izbrani nivo usluge. Praktična prepustnost je odvisna od (Direkcija Republike Slovenije za ceste. 2003. TSC 03.300 (predlog, oktober 2003), str. 37):

- dejavnikov zaradi vplivov ceste,
- dejavnikov zaradi vpliva prometa in
- vpliva načina upravljanja in vodenja prometa, ter tehnologije.

Za izračun prepustnosti je praviloma treba uporabljati ameriško (HCM) ali nemško (RAS-Q) metodo. Uporaba drugih metod je potrebno ustrezno uskladiti in pojasniti.

3.4 Zagotavljanje prometne varnosti

VNP in VNV sta prometno varna takrat, kadar so njegovi bistveni elementi pravočasno razpoznavni, pregledni in razumljivi in so tekoče prevozni brez težav ali dilem o pravilnosti in varnosti vožnje.

Zaradi visokega nivoja uslug, ki ga nudijo avtoceste in zaradi velikih hitrosti, ter tudi pri nas vedno večje gostote prometa, so že navedeni pogoji izjemno pomembni. Načeloma jih zagotavljamo na naslednji način (Direkcija Republike Slovenije za ceste. 2003. TSC 03.343 (predlog, februar 2002), str. 8):

- razpoznavnost VNK dosežemo tako, da ga večkrat označimo z izrazito in pravočasno postavljeno vertikalno signalizacijo. Točke, kjer prometne tokove razdružujemo ali spajamo, morajo biti izrazite in jasno označene predvsem s samim vodenjem posameznih elementov. Zraven tega jim moramo še dodatno označiti s smernimi tablami in horizontalno signalizacijo,
- preglednost VNK je zagotovljena, če so na posameznih prometno pomembnih elementih zagotovljene zadostne pregledne razdalje in preglednostno polje (pregled nad dogajanjem na drugih delih, ki se približujejo elementu, ki je predviden za prometno operacijo),
- razumljivost VNK je dosežena s standardizirano izvedbo posameznih elementov križišča, kjer razdvajamo, spajamo ali prepletamo več prometnih tokov. Izbira sistema VNK je sekundarne narave. Pravilno in predvsem pravočasno reakcijo voznikov lahko dosežemo samo s pravilno in pravočasno najavo takih elementov s celovito prometno signalizacijo. Projektno moramo tako glede na predvidene hitrosti, oziroma glede na predvidene spremembe hitrosti zagotoviti tudi zadostne razdalje med posameznimi elementi. Tu je potrebno poudariti, da prehod z manjših elementov na večje zahteva manjše medsebojne razdalje, kakor obratno. Minimalni elementi, ki omogočajo tudi najmanjše hitrosti, morajo z načinom testiranja predhodno najaviti, pa čeprav s tem pokvarimo estetsko vodenje posameznih sestavnih elementov. Take gradbene izvedbe so primerne za doseg razumljivosti, prometna oprema pa lahko take izvedbe samo dopolnjuje,
- preglednost VNK dosežemo z zadostnimi razdaljami za varno in zvezno spremembo hitrosti, ki je potrebna med posameznimi elementi. Seveda pa morajo biti vse geometrijske spremembe priključka, kot so predvsem zmanjšanje števila prometnih pasov in ločilni otoki, jasno označeni. Prav tako je izjemno pomembno, da je na vseh območjih, kjer je predvidena sprememba hitrosti, poskrbljeno za dobro odvodno vozišča.

Načeloma morajo biti pri VNP izvozi pred uvozi. Operacijo prepletanja je bolje predvideti na razdelilnih rampah, ne pa na cesti, ki poteka skozi VNP. Smiselno je tudi dodajanje ali odvzemanje prometnih pasov, glede na predvidene prometne obremenitve.

Ker so prometne prognoze večkrat negotove, predvsem kar se tiče zavijalnih prometnih tokov, to upoštevamo pri zasnovi VNP – možnost dodatnih pasov vsaj za zavijalne prometne tokove.

VNK je potrebno projektirati tako, da uravnotežimo prometne in prometno varnostne učinke ter stroške izgradnje.

3.5 Metode za določevanje varnosti

V uporabi je več vrst metod za oceno varnosti. Te so naslednje:

3.5.1 Pogostost nesreč

Pogostost nesreč (accident frequency) je najpreprostejša metoda za oceno varnosti posameznega odseka. Pri tej metodi določenim odsekom preprosto pripišemo število prometnih nesreč, ki so se v obravnavanem obdobju na njem zgodile. Rezultate, ki se dobijo za določeno skupino odsekov, razporedimo od največjih do najmanjših. Za določeno skupino odsekov izračunamo še povprečno vrednost pogostosti nesreč (f_{rp}) in določimo še minimalno primerjalno vrednost pogostosti nesreč, ki je meja za odseke, ki zahtevajo detajlnejšo analizo.

$$f_{rp} = \frac{\sum f_j}{n}$$

Enačba 2: (Vir: Cunder. R., 2009. Analiza elementov ramp prostorskih križišč v povezavi s prometno varnostjo, Diplomaska naloga – Ljubljana, UL, FGG, Univerzitetni program Gradbeništvo, Prometna smer)

kjer je:

- f_{rp} povprečna pogostost nesreč
- f_j pogostost nesreč na odseku j
- n število odsekov

Primerjalne vrednosti se določijo poljubno, odvisno za kaj se analiza izvaja.

3.5.2 Stopnja prometnih nesreč

Stopnja prometnih nesreč (angl. accident rate) je relativno število, ki pove število prometnih nesreč glede na obremenitev oziroma glede na prevožene kilometre posameznega obravnavanega odseka oziroma območja. Vrednost nam omogoča objektivno primerjavo različnih odsekov oziroma določenih območij.

3.5.2.1 Stopnja prometnih nesreč na odseku

Stopnja prometnih nesreč posameznega odseka (R_j) izračunamo po spodnji enačbi. Enota vrednosti, ki jo dobimo, je podana kot število nezgod na en milijon prevoženih kilometrov.

$$R_j = \frac{f_j * 10^6}{365,25 * P * L_j * Q_j}$$

Enačba 3: (Vir: Cunder. R., 2009. Analiza elementov ramp prostorskih križišč v povezavi s prometno varnostjo, Diplomatska naloga – Ljubljana, UL, FGG, Univerzitetni program Gradbeništvo, Prometna smer)

kjer je:

- R_j stopnja nesreč na odseku j [nesr. / milj.voz-km]
- f_j število nesreč na odseku j
- P število let, ki jih analiziramo
- L_j dolžina obravnavanega odseka j [km]
- Q_j povprečni letni dnevni promet na odseku j [PLDP]

Ker se povprečne letne dnevne obremenitve z leti spreminjajo, je v enačbi smiselno vrednosti PQ_j , ki se nanašajo na vrednost PLDP za več let na določenem odseku, nadomestiti z vrednostjo $\sum_i Q_j$, kjer indeks i označuje štetje po letih.

3.5.2.2 Povprečna stopnja prometnih nesreč za skupino odsekov

Povprečno stopnjo prometnih nesreč (R_{rp}) za skupino odsekov izračunamo po spodnji enačbi.

$$R_{rp} = \frac{\sum f_j * 10^6}{365,25 * P * \sum L_j * Q_w}$$

Enačba 4: : (Vir: Cunder. R., 2009. Analiza elementov ramp prostorskih križišč v povezavi s prometno varnostjo, Diplomatska naloga – Ljubljana, UL, FGG, Univerzitetni program Gradbeništvo, Prometna smer)

kjer je:

R_{rp} povprečna stopnja nesreč za skupino odsekov [nesr. / milj.voz-km]

f_j število nesreč na odseku j

P število let, ki jih obravnavamo

L_j dolžina obravnavanega odseka j [km]

Q_w povprečni letni dnevni promet obravnavanih odsekov [PLDP]

Povprečni dnevni promet obravnavanih odsekov Q_w se izračuna po enačbi.

$$Q_w = \frac{\sum(Q_j * L_j)}{\sum L_j}$$

Prav tako, kot pri računu stopnje prometnih nesreč na odseku, tudi tu upoštevamo, da povprečne letne dneve obremenitve niso enake za vsa leta in to se v enačbi ustrezno upošteva.

Enačbe tako dobijo obliko:

$$R_{rp} = \frac{\sum f_j * 10^6}{365,25 * \sum L_j * Q_w}$$

$$Q_w = \frac{\sum i \sum j(Q_j * L_j)}{\sum L_j}$$

3.6 Usklajenost elementov vozniških površin na večnivojskih križiščih

Pri cestah s smerno ločenima voziščema med katere sodijo tudi avtoceste in hitre ceste so elementi cestne osi praviloma tako veliki, da vsi omogočajo vozno hitrost, ki je z zakonom omejena od 80 do 130 km/h. Zato so pri teh cestah bolj kot vozna dinamika pomembni estetski izgled in vplivi na krajino ter raba v prostoru, skozi katerega cesta poteka. Estetska skladnost geometrijskih elementov vozišča je taka zasnova kompozicije teh elementov, da so linije vozišča usklajene z ostalimi linijami v prostoru, skozi katerega cesta poteka, in hkrati od voznika ne zahteva dodatnih naporov pri prepoznavanju linije vozišča pred njimi (Juvanc, A., predavanja).

Žal za VNK, ki so eden od ključnih elementov navedenih cest, zgornja navedba ne drži. Glede na to, da kot objekt predstavljajo veliko večji poseg v prostor kot sam odsek trase navedenih cest, in glede na to, da elementi cestne osi na njih omogočajo le omejeno velikost vozne hitrosti, ki je z zakonom omejena, bi jih bilo potrebno obravnavati s stališča estetske skladnosti še toliko bolj kot odsek odprte trase.

Usklajenost prometno - tehničnih elementov na VNK je bistvenega pomena za zagotavljanje prometne varnosti na VNK. Podobno kot na odprti trasi bi bilo idealno tudi na VNK, da bi slednja sprojehtirali in izvedli tako, da bi po njih vozili z isto hitrostjo kot na odprti trasi. Tako idealnih razmer pri cestah kot tudi pri VNK ni, zaradi oblik terena, kot tudi zaradi specifik VNK. Približek se da doseči, če se cesto oziroma VNK zasnuje s takšnimi elementi, pri katerih vozna hitrost sicer ne bo konstantna na določenem daljšem odseku ceste, se pa ne bo spreminjala več kot je to možno izvesti z motornim pojemkom. To pomeni, da vozniku, če bo po takšnem odseku ceste vozil s hitrostjo, ki jo nudijo elementi odseka pred njim (V_p), ne bo treba uporabiti zavor (in angažirati visoke vrednosti trenja), kar je zelo pomembno v korist prometne varnosti.

3.6.1 Usklajenost polmerov horizontalnih krivin

Glede na navedeno, poleg velikosti polmera loka na velikost V_p vplivajo še dolžina krožnega loka in širina voznega pasu. Nekaj vpliva ima tudi nagib nivelete, ki pa pri sodobnih osebnih avtomobilih ni prav velik.

Dolžina krožnega loka je pomemben element pri projektiranju varnih cest na VNK, saj različno dolge loke voznik sprejema na različne načine. Doživljanje krivine je odvisno od razmerja med polmerom krivine in dolžino krivine. Za večje krivine velja, da je krivina zaznana pri razmerju $R:L_{KL} = 20:1$ ($\alpha = 3^\circ$), za manjše pa, da mora biti tako dolga, da se voznik vozi po njen vsaj 2 sekundi (da voznik zazna obliko loka pred seboj – reakcijski čas), bolje pa 5-7 sekund. Dolžina loka naj bo pri zaporednih lokih približno enaka in se jo spreminja le postopoma. Dolžina loka namreč pomembno vpliva na velikost možne hitrosti (V_p oziroma $V_{85\%}$) in je pri krajših lokih bistveno večja kot pri dolgih (Juvanc, A., predavanja).

Ker sta način vožnje skozi krožni lok in hitrost, ki jo voznik v njem doseže, odvisna od voznikovega pregleda nad cesto (zagotovljena preglednost na cesti in vidno polje voznika v odvisnosti od vozne hitrosti), je smotrno uporabljati dolžine krožnih lokov, pri katerih voznik pred vstopom v lok že vidi izhod iz njega. Če je lok daljši in voznik pri vstopu v krožni lok ne vidi konca krivine, je treba postaviti ustrezno prometno signalizacijo (znak za oster ovinek plus znak priporočena hitrost). V krivinah s krožnim lokom $R \geq 400$ m posebni ukrepi niso potrebni, ker je v takih lokih realno možno voziti s hitrostjo do 100 km/h.

3.6.2 Usklajenost horizontalnih elementov osi ceste za izogibanje nevarnih mest

Med prometno nevarna mesta na cesti (poleg križišč), ki so posledica pomanjkljivega projektiranja, spadajo tista mesta, kjer mora voznik nenadoma intenzivno zavirati ali pa voziti s previsoko hitrostjo skozi naslednji krožni lok. Mednje sodijo tudi VNK. Torej tam, kjer dimenzije geometrijskih elementov cestne osi niso dovolj ali pa med seboj sploh niso usklajene iz vidika uravnotežene velikosti projektnih hitrosti skozi sosednje loke. Problem

nastane pri vožnji iz večjega v manjši krožni lok, skozi katerega je možno voziti le znatno počasneje kot skozi večjega.

Pri tem voznik :

- ali vozi s previsoko hitrostjo skozi manjši krožni lok (prekoračitev $_{dop.proj}f_R$),
- ali pa pred manjšim krožnim lokom intenzivno zavira (prekoračitev $_{dop.proj}f_U$),

pri čemer je pri danih dimenzijah vozišča treba kot merodajne upoštevati koeficiente trenja, predpisane kot maksimalne za projektiranje dimenzij elementov ceste ($_{dop.proj}f_i$). Na novih voziščih, na katerih je koeficient trenja zelo visok, se zdrsi ne dogajajo. Ker pa praktično stalno na istih mestih prihaja do ali prehitre vožnje skozi ovinek ali močnega zaviranja, se površina vozišča tam hitreje obrabi oziroma deformira. Hitrost obrabe trenjske sposobnosti vozišča je neposredno odvisno od količine prometa (Juvanc, A., predavanja).

Preseganje s projektom predvidenih računskih hitrosti je problematično tudi zato, ker se koeficient trenja na mokrem vozišču z večanjem hitrosti zmanjšuje. Razmere v posameznem primeru lahko hitro postanejo kritične. Zato je treba ustreznost sosledij velikosti polmerov krožnih lokov preizkusiti.



Slika 19: Primer deformacije vozišča na izvozu iz VNK

Nevarna mesta, na katerih vozilo na mokrem vozišču zlahka zdrsne, na vozišču lahko nastanejo tudi zaradi nepravilne gradnje in pomanjkljivega vzdrževanja. O takih mestih je posebna strokovna razprava brezpredmetna – treba jih je nemudoma odpraviti!

3.6.3 Prostorska uskladitev elementov osi ceste

Cestna os je prostorska krivulja, pri kateri morajo biti elementi osi in nivelete usklajeni, če naj ima v prostoru estetsko in vozno-dinamično primeren potek. Zasnova elementov v cestni osi se v projektu pripravi posebej v horizontalni in posebej v vertikalni projekciji. Ko se elemente v obeh projekcijah združi, dobijo skupaj s prečnim profilom prostorski izgled. Pravi pogled na zasnovo trase ceste se dobi, če se v smeri vožnje (pogled voznika) naredi zaporedne 3-D poglede. Računalniški programi omogočajo, da se za projektirano cesto pripravi simulacijo vožnje ali pa vizualizacija, s katerima je mogoče prostorsko skladnost elementov ceste optično preizkusiti iz različnih zornih kotov; v smeri vožnje (»view from the road«) in za zunanjega opazovalca (»view on the road«).

Dobro optično vodenje trase ceste ni pomembno za primeren izgled v prostoru ampak tudi za večjo varnost na cesti in pretočnost prometa. Doseže se ga, če je vtis, ki ga daje cesta, pomirjujoč in so posamezne spremembe pravočasno dobro opazne. Zlasti pomembno je vodenje robov vozišča in posameznih vozniških pasov, ki mora vozniku nuditi jasno orientacijo pri vožnji (linije brez optičnih prekinitev, celovit pregled nad vozniškim pasom, pravočasno opazne razširitve in zožitve, ipd) (Juvanc, A., predavanja).

Poleg določil o zagotavljanju zadostnih nagibov za odvodnjavanje vozne površine (preprečitev akvaplaninga) je treba pri zasnovi trase upoštevati tudi naslednje (Juvanc, A., predavanja):

- velikost polmerov in niveletni potek ramp VNK naj zagotavlja preglednost nad celotno rampo,
- polmeri horizontalnih lokov morajo biti tem večji čim manjša je sprememba smeri,

- pri sestavljanju horizontalnih elementov v O-obliki se manjši od obeh krožnih lokov ne sme nahajati na niveletno nižji strani (prometna varnost - zaviranje),
- kjer se na cestni osi »prekrivata« horizontalna in vertikalna krivina, mora biti polmer vertikalne zaokrožitve vsaj 10-krat in le izjemoma vsaj 5-krat večji od polmera horizontalnega krožnega loka,
- prevojni točki horizontalnega in vertikalnega poteka osi ceste naj se nahajata na približno istih stacionažah cestne osi,
- dolžina vertikalne zaokrožitve naj bo večja od dolžine posameznega horizontalnega elementa cestne osi, kateremu je prirejena (ne sme imeti svojega začetka in konca na območju istega horizontalnega elementa cestne osi),
- na območju konveksne zaokrožitve se sme spreminjanje smeri (vijačenje) začeti šele tam, kjer voznik dobi zadovoljiv pregled nad traso ceste v nadaljevanju,
- na zaključku iztegnjenega dela, kjer trasa prehaja v priključni lok z manjšim polmerom, mora biti niveleta projektirana tako, da konveksna zaokrožitev ne preprečuje pogleda voznika na priključni lok (konveksna zaokrožitev sega v priključni lok),
- na cestah visokega funkcionalnega tipa (DC, PC) se morajo linije premostitvenih objektov prilagoditi liniji cestne osi,
- vključevanje z ramp na SPS brez uvoznih pasov naj bo izvedeno čim bolj pod pravim kotom,
- trikrako VNV naj bo čim bolj v obliki trikotnika, pri štirikrakem VNV pa naj se cesti križata čim bolj pravokotno in
- niveletni potek pri trikrakem VNV naj se spreminja pri podrejeni smeri tako, da je niveleta glavne smeri čim bolj konstantna.

3.7 Problemi izključevanja in vključevanja

Kot je omenjeno, je voznik oziroma človeški faktor najpomembnejši dejavnik, ki vpliva na prometno varnost in na nastanek prometnih nesreč. Enako velja tudi za prometno varnost na VNK. Problem je, ker ljudje ne dojemajo vožnje kot zahtevno opravilo in vozijo »na pamet«.

Izkušnjo z vožnjo na in od VNP si pridobijo največkrat na lokacijah, ki se nahajajo na njihovi vsakdanji poti dom-delo-dom. Lahko se reče, da so navajeni na že znana VNK. Čeprav večina na za njih novih odsekih vozijo z večjo pozornostjo, jih je še vedno (pre) mnogo, ki povsod vozijo na enak način. Posledica takega pristopa je, da so ti vozniki potem prisiljeni reagirati precej nasilno (zaviranje), kar nikakor ni v korist prometne varnosti. Problem je tudi, da vozniki ne upoštevajo prometne signalizacije in precenjujejo svoje zmožnosti za vožnjo. Je pa res, da vozniku pri vožnji po cesti z zelo bogatimi (udobnimi) geometrijskimi elementi občutek za hitrost močno upade, kar lahko vsak voznik ugotovi tudi sam. V povezavi s prometno varnostjo na VNK to pomeni, da praktično na vseh daljinskih cestah (z visokimi voznimi hitrostmi) vozniki na območje VNK pripeljejo s previsoko vozno hitrostjo. Če omenim le omejitve hitrosti na izvozi na VNP, ki znaša po večini 40 km/h. Večina voznikov tudi v snegu in drugih neugodnih vremenskih razmerah presega navedeno omejitev. Ob tem se zastavlja vprašanje o smiselnosti navedene omejitve. Če nad tem ni nobenega nadzora, služi zgolj sama sebi. Z omejitvijo hitrosti na izvozi v VNP se srečujemo še z enim povsem projektantsko tehničnim problemom. Vsi izvozi na VNP namreč niso sprojektirani na enake vozne hitrosti, kljub temu, da so na vseh enake omejitve hitrosti. Ta neenotnost izvoznega detajla je za voznike zavajajoča in predstavlja veliko verjetnost za nastanek prometne nesreče. Če navedeno povežemo še s teorijo homeostaze in ugotovimo, da je voznik na izvozu na VNP, ki je projektiran na 50 km/h, pripravljen tvegati cca. 50 %, lahko ugotovimo, da je hitrost voznika skoraj v vseh primerih večja od računske hitrosti, na katero so projektirani elementi voznih površin na VNP.

S problemi se srečujemo tudi na uvozi z VNP na GPS. Dandanes se vozniki vse bolj zavedajo ekonomike pri vožnji, saj so cene naftnih derivatov bistveno višje kot so bile pred desetletjem. Zato manj pritiskajo na stopalko za plin. Speljujejo z manjšimi pospeški. Posledica je, da na koncu uvoznega pasu na GPS ne dosežejo predvidene hitrosti za vključevanje v prometni tok na GPS. Poleg tega je gostota prometa na avtocestah tudi vse večja, kar tudi vpliva na dinamiko vključevanja vozil iz VNP na glavno smer vožnje. Tehnična posledica je, da se je treba resno vprašati o zadostni dolžini vključevalnega dela uvoznih pasov pri večnivojskih priključkih. Na uvoznih pasovih se srečujemo še z enim problemom. Dolžina uvoznih pasov na GPS je namreč projektirana tako, da naj bi vozila na koncu uvoznega pasu dosegla 85 % vozne hitrosti na glavni smeri. Tu delajo projektanti

napako, ko na odsekih daljinskih cest, na katerih je računsko hitrost omejena iz različnih razlogov (hribovit teren, vplivi na okolje ipd), tudi dolžino uvoznega pasu določijo glede na uporabljeno računsko hitrost. Ker večina voznikov omejitve hitrosti na GPS ne upošteva, tako dimenzionirani uvozni pasovi postanejo prekratki. To voznike preseneti in jih sili v hitre reakcije (močno pospeševanje ali zaviranje), ki pa niso v prid prometne varnosti.

Spremljanje stanja na področju prometne varnosti na cestah je pri gospodarjenju s cestami prisotno že zelo dolgo. Se pa z leti spreminja intenzivnost tega dela in s tem tudi količina spoznanj, ki imajo ali pa bi lahko imela vpliv na sprejemanje ukrepov za preprečevanje nastajanja prometnih nesreč. Prometne nesreče poleg velikih socialnih stisk povzročajo tudi znatno materialno škodo – neposredno in posredno. Posredno škodo predstavljajo izgube in zamude v prometu, z vsemi posledicami, ki jih je zaradi tega »deležno« gospodarstvo. Zato je poleg konkretnih ukrepov, ki jih sprejemajo posamezni upravljavci cest, vse bolj prisotno sprejemanje t.i. sistemskih ukrepov.

3.7.1 Direktiva o izboljšanju varnosti cestne infrastrukture

Z navedeno direktivo je Evropska unija spoznala pomen zagotovitve visoke ravni varnosti v cestnem prometu. Komisija je izrazila potrebo po izvedbi ocene učinka na varnost in preverjanj varnosti v cestnem prometu za določitev in upravljanje cestnih odsekov v Skupnosti. Komisija je cestno infrastrukturo označila za tretji steber politike varnosti v cestnem prometu, kar naj bi pomembno prispevalo k cilju Skupnosti za zmanjšanje nesreč. Spoznala je, da na področju varnosti cestne infrastrukture še veliko možnosti za izboljšave, ki jih je potrebno uresničiti.

Ta direktiva od držav članic zahteva, da vzpostavijo in izvajajo postopke v zvezi z oceno učinkov na varnost v cestnem prometu, preverjanja varnosti, izboljšanja varnosti cestnega omrežja in inšpekcijskimi pregledi varnosti.

Ta direktiva se uporablja za ceste, ki so del vseevropskega cestnega omrežja, ne glede na to, ali so v fazi projektiranja, gradnje ali v uporabi. Mednje sodijo tudi Slovenske avtoceste, kot

so A1, A4, A2, A3, in z njimi povezani VNV in VNP, ki jih obravnavamo v navedenem magistrskem delu.

3.7.2 EuroRAP

Veliko je bilo tudi že narejenega na področju varnosti. Izpostavil bi EuroRAP, ki je evropski neodvisen program ocene varnosti cest, ki ga je ustanovila mednarodna neprofitna organizacija, katere člani so avto klubi, nacionalni in regionalni skrbniki cestnega omrežja, znanstveno raziskovalni inštituti in strokovnjaki različnih strok, ki se srečujejo in delujejo v okviru vsebin prometne varnosti na cestah. Pokaže nam pot in način, kako lahko naredimo ceste bolj varne, ceste, ki v svojem izdelanem sistemu lahko oprostijo napako voznika in ga zaradi te napake v svoji izvedbeni formi ne kaznujejo s smrtjo ali poškodbo.

Evropski program ocene varnosti cest EuroRAP vrednoti stopnjo prometne varnosti cest na dva načina:

- ocena tveganja (Risk mapping) cest temelji na analizi podatkov o prometnih nesrečah s težko poškodovanimi ali mrtvimi v triletnem obdobju, glede na prevožene kilometre. Cestno omrežje se rangira barvno glede na stopnjo tveganja v pet razredov in
- rangiranje cest (Star Rating) se izvaja glede na stanje in opremljenost cest, ter posledično verjetnost nastanka prometnih nesreč in stopnjo zaščite vseh udeležencev v prometu. Cestno omrežje se rangira od ene do pet zvezdic.

Pri navedenem se pojavlja bistveni problem že v samem začetku, da VNP niso zajeti v analizi obravnavanega programa. Glede na to, da se navaja, da so VNP s stališča prometne varnosti bolj problematična kot odprta trasa avtocest in hitrih cest in glede na to, da predstavljajo tudi povezavo med navedenimi cestami in regionalnimi cestami (glavno cesto), bi bilo smiselno v prihodnje tudi v navedeno analizo vključiti VNP, ki so sestavni del VNK.

3.7.3 Dosedanje raziskave

Na navedeno tematiko je bila že opravljena diplomska naloga: Cunder. R., 2009. Analiza elementov ramp prostorskih križišč v povezavi s prometno varnostjo. Na podlagi analize prometnih nesreč na ljubljanskem obroču so bili pridobljeni podatki o varnosti posameznih gradbenotehničnih elementov prostorskih križišč. Izkazalo se je, da so rampe najmanj varen element v večnivojskem križišču. Ugotovljeno je bilo tudi, da so krožne rampe bolj varne kot vzporedne rampe. Analiza je pokazala, da je stopnja nesreč na območjih, ki ne ustrezajo priporočilom, manjša kot na območjih, ki ustrezajo trenutno veljavnim smernicam za projektiranje cest.

4 ANALIZA VNK IZ VIDIKA PROMETNE VARNOSTI

S pregledom poglavja večnivojska križišča in poglavja prometna varnost na njih, se bo sedaj izvedla tudi sama analiza VNK iz vidika prometne varnosti. S predhodnima poglavjema je bilo postavljeno nekakšno izhodišče za začetek analize. Spoznali smo glavne elemente VNK, kot tudi njihove razdelitve. S pregledom poglavja prometne varnosti na njih pa tudi glavne dejavnike, ki vplivajo na prometno varnost, kot tudi metode za določanje prometne varnosti in konec koncev tudi usklajenost elementov voznih površin na VNK.

4.1 Podatki o prometnih nesrečah na Slovenskih avtocestah in hitrih cestah

Po dosedanjih analizah prometnih nesreč na cestah, kjer so urejena VNK, je ugotovljeno, da so VNK z vidika prometnih nesreč bolj izpostavljena kot odprta trasa. To gre pripisati predvsem večjemu številu manevrov, ki jih mora izvesti voznik, pa tudi prepletanju večjega števila prometnih tokov. Posledica tega je večje število konfliktnih točk, ki se v primerjavi z odprto traso zgostijo na dokaj kratkem odseku.

Za potrebe potrditve oz. ne potrditve hipotez v tej magistrski nalogi smo obravnavali vse ceste vključno s priključki pri katerih se srečamo z VNK. Kot smo že povedali, mednje sodijo daljinske ceste, ki jih predstavljajo predvsem avtoceste in hitre ceste. Odsekom navedenih cest je bilo ugotovljeno število prometnih nesreč, v obdobju od leta 2009 do leta 2012, natančneje od 01.01.2009 do 31.12.2012, ki so zavedene na internetni strani, <http://nesrece.avp-rs.si/>. Obravnavanim odsekom je bila dodeljena tudi njihova dolžina in povprečni letni dnevni promet, kjer so bili podatki dostopni. Tu se je pokazala glavna pomanjkljivost zbranih podatkov, da za večino odsekov, ki so povezani z VNK ni na voljo podatkov o PLDP. Podrobni rezultati so razvidni iz Priloge A.

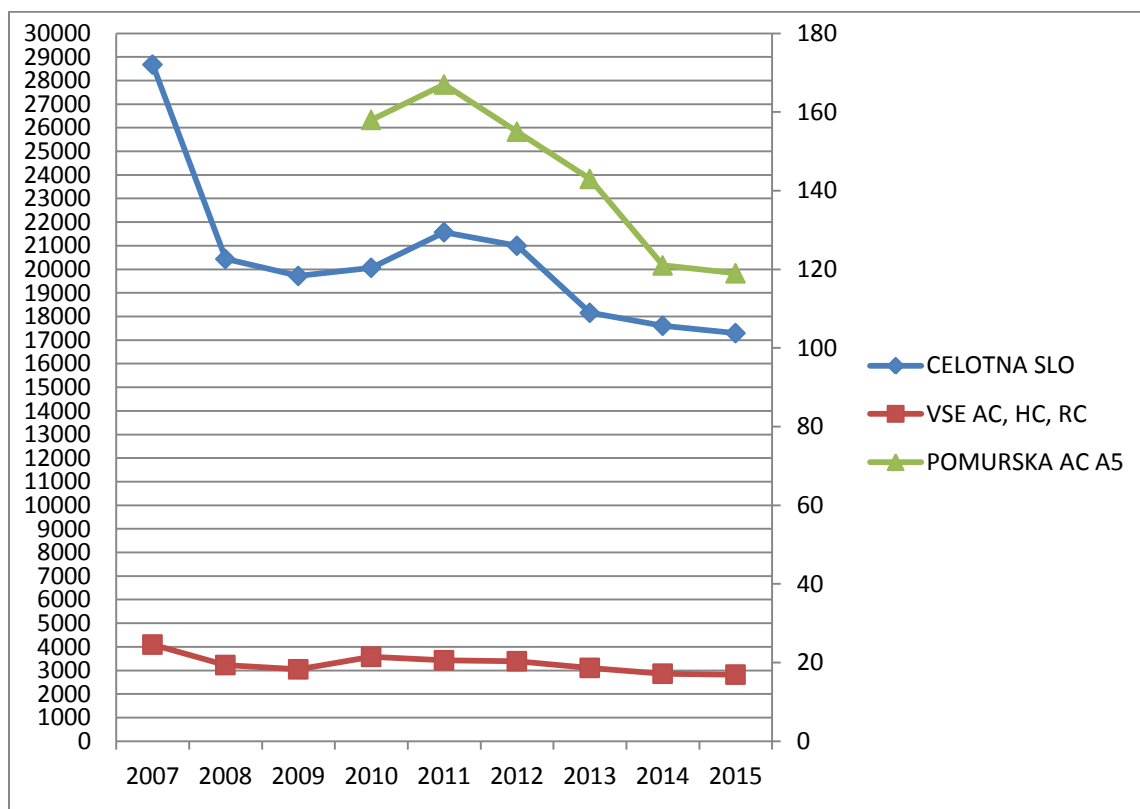
Danes je v Sloveniji dokončan osnovni avtocestni križ in praktično v celoti z njim povezana VNV in VNP. Trenutno imamo v SLO, po pridobljenih podatkih na internetni strani,

<http://www.avp-rs.si/> in drugih virih naslednje stanje, ki predstavlja tudi podlago za analiziranje navedene problematike:

Preglednica 5: Sedanje stanje obravnavanih odsekov s karakteristikami

Obdobje 2009-2012	skupine odsekov	dolžina [m]	nesreče [kom]	n [št. odsekov]
1	avtocesta	1.053.173	7.133	200
2	hitra cesta	161.201	1.090	52
3	VNP na AC	114.952	528	111
4	VNV	20.543	188	12
5	VNP na HC	20.135	234	28
6	počivališče na AC	26.703	20	65
7	počivališče na HC	488	1	1
	skupaj	1.397.195	9.194	469

Ugotovimo lahko, da so bili za VNK uporabljene najrazličnejše oblike VNV in VNP, ki so predstavljene v drugem poglavju. Lahko rečemo, da se iz njihovih oblik, dimenzij in elementov jasno kaže čas nastajanja avtocestnega križa in z njim povezanih VNK. Iz osnovnih tipov VNK, ki so bila uporabljena na samem začetku gradnje avtocestnega križa, se čas nadaljnje gradnje kaže v uporabi novih tipov VNK, ki smo jih povzeli po izkušnjah iz tujine. Nato je sledil čas najrazličnejšega prilagajanja in modifikacij že znanih VNK. Iskale so se optimalne vrednosti temeljev, kot so hitrost, preglednost, ..., ki vplivajo na prometno varnost na VNK. Zelo pomemben dejavnik, poleg prometne varnosti je bil tudi vpliv na okolje. Zadovoljevanju teh potreb so bile ene rešitve bolj, druge manj uspešne. Vsekakor se je varnost, z gradnjo avtocestnega križa in z njim povezanih VNK, povečevala.



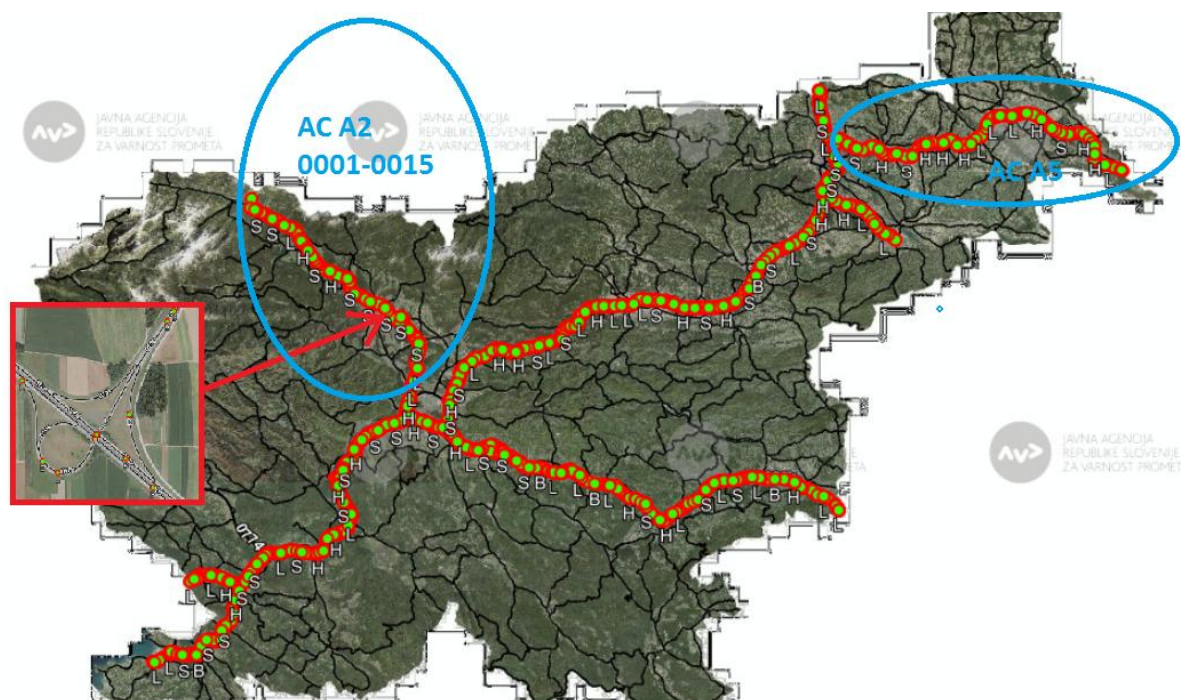
Grafikon 2: Upadanje števila nesreč z naraščanje dolžin AC po letih

Iz podatkov, ki so prikazani v zgornji tabeli, lahko ugotovimo, da je delež prometnih nesreč, ki se zgodi na odsekih, ki so povezani z VNK relativno majhen in predstavlja 10,5 odstotka. Navedeni podatek nam ne pove veliko o stopnji prometne varnosti na VNK, dokler navedene podatke ne obravnavamo z metodami za določevanje prometne varnosti.

Pri zbiranju podatkov iz uradnih evidenc je bilo ugotovljeno, da niso uporabni za celovito analizo. Izkazalo se je, da so nesreče, ki se zgodijo na območju vključevalnih in izključevalnih pasov VNK zavedene pod odseke odprte trase in ne, kot bi bilo pravilno pod odsek večnivojskega križišča. Navedeno vpliva na pomembnost dejstva, da so večnivojska križišča bolj problematična kot odprta trasa, saj jih navedeni podatki o številu prometnih nesreč na njih prikazujejo bolj varna kot so dejansko v resnici.

4.2 Izbor podatkov za analizo

Zaradi potreb po bolj natančnih vhodnih podatkih o številu prometnih nesreč na VNK, so bili analizirani vsi VNP na »gorenjski avtocesti« A2, od št. odseka 0001 do št. odseka 0015 oz. od mejnega prehoda Hrušica do VNV Kozarje. Rezultati so razvidni iz Priloge B. Bolj natančna analiza je bila narejena, ker so uradne evidence, nesreče na izvoznih in uvoznih pasovih, pripisovale odsekom odprte trase in ne odsekom VNK.



Slika 20: Grafični prikaz obravnavanih odsekov AC (Vir: <http://nesrece.avp-rs.si/>)

Podobno je bilo storjeno tudi za celotno »pomursko avtocesto« A5, od VNV Dragučova do mejnega prehoda Pince. Rezultati so razvidni iz Priloge C.

Izbor področja za podrobnejšo analizo, ki ga predstavljajo odseki »gorenjske« AC in »pomurske« AC, je bil storjen na podlagi dejstva, da »gorenjska« AC predstavlja, po času nastanka starejšo gradnjo avtocest, medtem kot »pomurska« AC predstavlja, po času izvedbe novejšo gradnjo avtocest in z njimi povezana VNK.

Podrobnejša analiza za vsako območje posebej je bila narejena tudi na podlagi dejstva, da se upoštevajo tudi čim bolj podobni ostali dejavniki, ki vplivajo na stopnjo prometne varnosti, kot so vrsta in jakost prometa, tip in vrsta voznikov, vrsta in razmerje vozil in podobno.

Pri pregledu VNP na »gorenjski« AC je ugotovljeno, da je vseh VNP petnajst. Po večini sodijo v skupino štirirakih VNP, ki so tipa polovična deteljica, in sicer simetrična. Tri VNK pa so trikraka in sodijo v skupino tipa trobente.

Na »pomurski« AC pa lahko ugotovimo, da je vseh dvanajst VNP štirirake oblike, in sicer tipa polovična deteljica. Bistvena razlika v primerjavi z VNP na »gorenjski« AC je, da so tu uporabljene prilagojene oblike ramp VNP.



Slika 21: Primer zbiranja podatkov (Vir: <http://nesrece.avp-rs.si/>)

Sestavni del VNK so tudi VNV, ki se razlikujejo od VNP predvsem po svoji specifikaciji, zato so bila obravnavana ločeno na podoben način kot zgoraj omenjena odseka. Obravnavanih je bilo vseh 12 VNV, ki jih imamo v Sloveniji. Rezultati so razvidni iz Priloge D.

4.3 Obravnava hipotez

S pregledom predhodnih poglavij se sedaj lahko začne s preveritvijo posameznih hipotez, ki smo si jih zastavili v uvodu magistrskega dela. Iz prilog magistrskega dela je razvidno, da je zbranih podatkov veliko, vendar na vseh v analizo vključenih lokacijah niso vsi zbrani po istih kriterijih tako, da bi se dalo iz njih izvesti zanesljive zaključke. Kljub temu je želja, da z analizo poiščemo odgovore na zastavljene hipoteze, ob upoštevanju čim bolj podobnih ostalih kriterijev, ki vplivajo na rezultat navedene hipoteze, kot so uporabljeni geometrijski elementi, lokacija nesreč, PLDP in ostalo. Osnovni kriterij je število prometnih nesreč, ki so se zgodila na posameznem odseku, ki se obravnava. Merilo pa predstavlja število prometnih nesreč v povezavi s prometno-tehničnimi karakteristikami določenega odseka in opazovanj obravnavanega odseka. Zanesljivost odgovorov na zastavljene hipoteze je predvsem odvisna od dostopnih in verodostojnih zgoraj navedenih podatkov.

4.3.1 Hipoteza 1: Večnivojska križišča so s stališča prometne varnosti bolj problematična kot odprta trasa.

Da bi potrdili ali ovrgli navedeno hipotezo, smo analizirali vse obravnavane odseke avtocest in hitrih cest med katere sodijo tudi VNK, ki so zavedena na internetni strani, <http://nesrece.avp-rs.si/>. Vsakemu odseku smo najprej določili dolžino in število prometnih nesreč za obdobje od 2009 do 2012. Navedene odseke smo združili v skupine odsekov, in sicer:

- avtocesta (odprta trasa),
- hitra cesta (odprta trasa),
- VNP na avtocestah,
- VNV,
- VNP na hitrih cestah,
- VNP za počivališča na avtocestah in
- VNP za počivališča na hitrih cestah

Za navedene skupine odsekov smo najprej določili število prometnih nesreč, ki se dogodijo na en kilometer, kot je prikazano v spodnji tabeli.

Preglednica 6: Število prometnih nesreč na en kilometer za posamezno skupino odsekov

Obdobje 2009-2012	skupine odsekov	dolžina [m]	nesreče [kom]	nesreč/km
1	avtocesta	1.053.173	7.133	7
2	hitra cesta	161.201	1.090	7
3	VNP na AC	114.952	528	5
4	VNV	20.543	188	9
5	VNP na HC	20.135	234	12
6	počivališče na AC	26.703	20	1
7	počivališče na HC	488	1	2
	skupaj	1.397.195	9.194	7

Iz prikazanega lahko razberemo povprečno število prometnih nesreč, ki so se zgodile na posamezni skupini odsekov na en kilometer. Ugotovimo lahko, da nekoliko odstopajo od povprečne vrednosti in od vrednosti, ki so navedene na avtocestah in hitrih cestah na odprtih trasah, le skupina odsekov VNV in VNP na HC.

4.3.1.1 Pogostost nesreč

Nato smo analizirali navedene odseke po metodi pogostosti nesreč in prišli do naslednjih rezultatov.

Preglednica 7: Pogostost nesreč za posamezno skupino odsekov

Obdobje 2009- 2012	skupine odsekov	nesreče [kom]	$f_{rp} = \Sigma f_j / n$	n [št. odsekov]
1	avtocesta	7.133	36	200
2	hitra cesta	1.090	21	52
3	VNP na AC	528	5	111
4	VNV	188	16	12
5	VNP na HC	234	8	28
6	počivališče na AC	20	0	65
7	počivališče na HC	1	1	1
	skupaj	9.194	20	469

Iz navedenega lahko ugotovimo, da pogostost nesreč na skupinah odsekov, ki so vezana na VNK, ne presegajo povprečja in pogostosti nesreč na avtocestah in hitrih cestah na odprti trasi.

4.3.1.2 Stopnja prometnih nesreč

Analizo smo nadaljeval z metodo stopnja prometnih nesreč. Pri navedeni metodi smo se srečali s problemom, da za veliko število odsekov ne obstajajo podatki o povprečnem letnem dnevnem prometu (PLDP), zato smo obravnavali le odseke za katere so podatki pridobljeni. Pomanjkljivost podatkov je predvsem problematična, ker za VNV in VNP za počivališča na hitrih cestah ne obstaja nobeno štetje prometa, iz katerega bi lahko določili povprečni letni dnevni promet in s tem pridobili povprečno stopnjo nesreč za navedeni skupini odsekov. Pridobljeni rezultati so naslednji.

Preglednica 8: Stopnja prometnih nesreč za posamezno skupino odsekov (Rj)

Obdobje 2009-2012	skupine odsekov	dolžina [m]	nesreče [kom]	Rj
1	avtocesta	1.053.173	7.133	0,8715364
2	hitra cesta	161.201	1.090	1,052019
3	VNP na AC	114.952	528	3
4	VNV	20.543	188	/(ni podatkov o PLDP)
5	VNP na HC	20.135	234	0,000000
6	počivališče na AC	26.703	20	0,00000
7	počivališče na HC	488	1	/(ni podatkov o PLDP)
	skupaj	1.397.195	9.194	

Iz navedenega je razvidno, da navedena metoda odraža večjo stopnjo prometnih nesreč na VNP na avtocestah, kot na odprtih trasah hitrih cest in avtoceste, seveda ob predpostavki, da so podatki pomanjkljivi.

4.3.1.3 Podrobnejša analiza

Pri pregledu podatkov o nesrečah, je bilo ugotovljeno, da zbrani podatki ne izkazujejo dejanskega stanja o zavedeni lokaciji nesreč. Uradne evidence so nesreče, ki so se zgodile na izvoznih in uvoznih pasovih, pripisovale odsekom odprte trase in ne odsekom VNK. Prav tako odseki glavnih tras na območju VNP in VNV niso bila dolžinsko zavedena pod VNV in VNP. Podrobna analiza je bila narejena na VNP in VNV na »gorenjski« avtocesti od mejnega prehoda Hrušica do vključno VNV Kozarje. Podatki so sledeči.

Preglednica 9: Št. prom. nesreč/km in stopnja prometnih nesreč glede na dejansko stanje

skupine odsekov	dolžina [km]	nesreče [kom]	nesreče/km	$f_{rp} = \sum f_j / n$	n [št. odsekov]
	dejanska	dejanska			
Gorenjska AC	98,98	521	5	17	30
VNP na gor. AC	45,21	313	7	21	15
VNV na gor. AC	16,40	295	18	98	3

Iz zgornje tabele lahko ugotovimo, da pri dejanskih podatkih tudi metodi povprečno število prometnih nesreč na kilometer, kot tudi metoda pogostosti nesreč izkazujeta večjo stopnjo prometnih nesreč na VNV in VNP.

Za potrebe potrditve navedene hipoteze, smo podobno, kot na »gorenjski« avtocesti, analizirali tudi celotno »pomursko« avtocesto A5 od VNV Dragučova do mejnega prehoda Pince in prišli do sledečih podatkom.

Preglednica 10: Št. prom. nesreč/km in stopnja prometnih nesreč glede na dejansko stanje

skupine odsekov	dolžina [km]	nesreče [kom]	nesreče/km	$f_{rp} = \sum f_j / n$	n [št. odsekov]
	dejanska	dejanska			
Prekmurska AC A5	159,34	457	3	23	20
VNP na prek. AC	29,42	105	4	9	12
VNV na prek. AC	12,58	53	4	27	2

4.3.1.4 Ugotovitev

Iz zgoraj prikazanih rezultatov lahko ugotovimo, da vse metode ne odražajo enakih rezultatov. Prva metoda potrjuje navedeno hipotezo le v primeru VNV in VNP na hitrih cestah. V nasprotju s prvo metodo, druga metoda navedeno hipotezo ne potrjuje oziroma jo ovrže. Metoda stopnja prometnih nesreč pa navedeno hipotezo, da bi bila VNK s stališča prometne varnosti bolj problematična kot odprta trasa potrjuje, le v primeru VNP na avtocestah. Tretja metoda je bolj uveljavljena, a zaradi pomanjkljivosti podatkov z njo nismo zajeli vseh obravnavanih VNK. Nato je bila narejena še podrobnejša analiza na »gorenjski« avtocesti. Tu se je izkazalo, da tudi metodi za določevanje prometne varnosti, in sicer povprečno število prometnih nesreč na kilometer, kot tudi pogostost nesreč, izkazuje večjo stopnjo prometnih nesreč na VNV in VNP. Za potrditev navedene hipoteze, smo dodatno podrobno analizirali tudi »pomursko« avtocesto A5. Tudi tu metoda za določevanje prometne varnosti, in sicer povprečno število prometnih nesreč na kilometer potrjuje navedeno hipotezo, medtem ko metoda pogostosti nesreč, navedeno hipotezo ne potrjuje. Razlog za to je predvsem dejstvo, da so odseki odprte trase izredno dolgi, kar vpliva na število odsekov (n), ki predstavljajo ključni faktor velikosti stopnje pogostosti nesreč pri navedeni metodi. Pri analizi »pomurske« avtoceste A5, obstaja tudi verjetnost, da so manjše razlike, pri določevanju prometne varnosti, med odseki VNK in odseki odprte trase, tudi posledica upoštevanja predlaganih, a še ne sprejetih Tehničnih specifikacij za javne ceste, ki pokrivajo večnivojska križišča. Iz primerjav rezultatov, število nesreč na kilometer, ki so prikazani v zgornjih dveh tabelah, ki analizirata »gorenjsko« in »pomursko« avtocesto se lahko razbere tudi vpliv na prometno varnost, ki izhaja iz časa, kdaj je bil določen odsek načrtovan. Pri »pomurski« avtocesti lahko ugotovimo, da se na njej zgodi bistveno manj nesreč na en kilometer, v primerjavi z »gorenjsko« avtocesto. Razlika med odstopanjem v številu prometnih nesreč na en kilometer, v primerjavi odsekov VNK z odprto traso, je tudi manjše pri »pomurski« avtocesti. To je lahko tudi posledica upoštevanja predlaganih, a še ne sprejetih Tehničnih specifikacij za javne ceste, ki pokrivajo večnivojska križišča in izkazuje čas nastanka določenega odseka avtoceste in VNK.

Na koncu lahko zaključimo in potrdimo Hipotezo 1, da so VNK s stališča prometne varnosti bolj problematična kot odprta trasa.

4.3.2 Hipoteza 2: Izbira vrste in oblikovanja VNK ne vpliva na prometno varnost v takem križišču

Na začetku se mora poudariti, da poznamo dve vrsti VNK. Kot smo spoznali v magistrski nalogi, ločimo VNV in VNP. VNK pa ločimo tudi na trikraka VNK in na štirikraka VNK. To velja tako za VNV, kot tudi za VNP. To predstavlja bistveno razdelitev VNK na kateri bomo iskali ugotovitve navedene hipoteze. V literaturi in stroki, ki smo jo povzel v enem izmed predhodnih poglavij magistrske naloge, se srečujemo tudi z različnimi oblikami VNK, kot so deteljica, hruška, trobenta, itd. Navedene oblike so se uveljavile na podlagi subjektivnega tlorisnega videnja določenega VNK. Zato ne moremo pričakovati, da bomo v tej magistrski nalogi ugotovili, da na primer tip trobenta, bistveno bolj vpliva na nivo prometne varnosti, kot na primer tip hruška. Zavedati se moramo, da navedeni tip lahko vsebuje tudi takšne prometno tehnične elemente, kot so predpisani za odprto traso. Prednosti in pomanjkljivosti določenih tipov VNK smo spoznali že v enem izmed predhodnih poglavij.

4.3.2.1 VNP

VNP delimo na štirikrake in na trikrake VNP. Pri trikrakih VNP je ugotovljeno, da na podrejene cesti, ki se priključuje na nadrejeno, da bolj ugodnim elementom, kot so preme, večji polmeri, sledijo elementi z manjšimi dimenzijami. To zasledimo predvsem pri oblikah VNK, kot sta trobenta in hruška. To vsekakor ni v korist prometne varnosti. Izkazalo se je, da so trikraki VNP s stališča prometne varnosti bolj problematični kot štirikraki VNP. Navedeno izhaja iz primerjav in analiz VNP na »gorenjski« avtocesti in dejstva, da navedeni VNP ne vključujejo slučaja ustavitve vozila na ENK, na relativno kratkem odseku. To pomeni, da voznik, ki pripelje v tak VNP, s podrejene smeri, nima občutka, da je na VNP, ampak bolj kot to, da je na VNV. Prav zaradi tega, so geometrijski in tehnični elementi trikrakega VNP razlog za nastajanje prometnih nesreč, kljub temu, da lahko ustrezajo vsem normativom.

Kot primer bi izpostavil analizo in primerjavo po obliki dveh podobni VNK, ki pa se razlikujeta že v osnovni delitvi. Prvo je VNP Brnik, ki spada med VNP, drugo je VNV Dolga

vas, ki spada med VNV. Za bolj nazorno ponazoritev je primerjava narejena v naslednji tabeli.

Preglednica 11: Primerjava VNK

VNK	VNP Brnik	VNV Dolga vas
oblika	trobenta	trobenta
nesreče	24	6
PLDP gl. smer	35000	10400
PLDP st. smer	./ (cca. 5000)	4500

Ugotovimo lahko, da je s stališča prometne varnosti bistveno bolj problematičen VNP Brnik, kljub zelo podobnim ostalimi karakteristikam. Bistvena razlika je zgolj velikost uporabljenih geometrijskih in tehničnih karakteristik VNK.

Zato bi bilo potrebno, naveden tip VNP načrtovati z dimenzijami VNV oziroma pred samim trikrakim VNP izvesti križišče. Najbolj bi ustrezalo krožno križišče, ki sovпада s krožnimi oblikami VNP, ki bi zagotavljal zmanjšanje hitrosti pred vstopom v VNP, kjer se nahajajo manjši geometrijski in tehnični elementi kot na preostalem odseku podrejene smeri.



Slika 22: VNP Brnik in VNV Dolga vas (Vir: <http://nesrece.avp-rs.si/>)

V breme trikrakim VNP pa govori tudi dejstvo, ki je bilo ugotovljeno pri analizi, da se večina prometnih nesreč na trikrakem VNP zgodi prav na delu ramp, kjer poteka dvosmerni promet. To predstavlja še en razlog o spornosti trikrakih VNP oblike trobente in hruške.

Gledano s psihološkega stališča voznika, je bolj primerna oblika VNP hruška kot oblika trobenta, saj vsebuje le en krožni lok in je s tem eliminirano zaporedje geometrijskih elementov, ki prehajajo iz večjega v manjši polmer. Ob upoštevanju še ekonomskega vidika in posega v prostor, se poraja vprašanje o smiselnosti, saj ob upoštevanju navedenih vidikov so bolj smiselne zgoraj predlagane rešitve oz. rešitve, ki so predlagane v nadaljevanju magistrskega dela.

Pri pregledu VNP na gorenjski AC, smo zasledili tudi novejši VNP, oblike trobenta, in sicer VNP Lesce.



Slika 23: VNP Lesce tip trobenta (Vir: <http://nesrece.avp-rs.si/>)

Tu se že kažejo nekateri uporabljeni zgoraj navedeni ukrepi. Optimalna zasnova VNP bo predlagana v nadaljevanju.

S primerjavo dveh podobnih VNP, in sicer VNP Lesce, ki predstavlja, po času gradnje, novejši VNP in VNP Brnik, ki po času predstavlja starejši tip trikrakega VNP, lahko opazimo kar nekaj izboljšav. Ključna ugotovitev je, da je novejši VNP sprojektiran tako, da predvideva

na relativno kratki razdalji ENK tip krožnega križišča, ki sledi polmerom ramp, s tem pa se tudi umirja promet na samih rampah kar na VNP Brnik ni zaslediti. Iz primerjave lahko tudi ugotovimo, da je pri novejšem VNP Lesce bistveno krajši skupni del ramp, kjer poteka dvosmerni promet, ki se je pri VNP Brnik, glede na število prometnih nesreč, izkazal za najbolj problematičnega. Iz primerjave lahko ugotovimo, da se na najbolj problematičnem delu VNP, ki spada v skupino tri krakih VNP, in sicer na indirektni rampi, že uporablja večje geometrijske elemente in predvsem prohodnice.

Kljub navedenim izboljšavam, na podlagi analiz in terenskega ogleda, ugotavljamo še boljše rešitve. Eno takšnih rešitev predstavlja VNP Celje zahod, ki je predstavljen na spodnji sliki.



Slika 24: VNP Celje zahod (Vir: <http://nesrece.avp-rs.si/>)

Iz prikazanega lahko ugotovimo, da je navedeni priključek izredno ugoden s stališča prometne varnosti. Dodatno krožno križišče, ki ni polno izkoriščeno ugodno vpliva na umirjanje prometa. VNK, ki se nahaja nad osjo trase in sama razporeditev indirektnih uvoznih ramp pa pripomorejo k višji stopnji prometne varnosti. Navedeno krožno križišče, ki zagotavlja večjo prometno varnost, bi lahko upravičili tudi kot izhodišče za navezavo bodočih državnih in občinskih prostorskih načrtov, ki so vezani na izgradnjo prometne infrastrukture. V bodoče, bi bilo za razmisliti, da bi naveden tip VNK uporabili pri rekonstrukciji VNK Brnik.

Pri VNP tipa polovična deteljica, je iz analiz in primerjav razbrati, da so bolj ugodne s stališča prometne varnosti, kot trikraka VNP. A kljub temu se ugotavlja, da so problematični predvsem skupni odseki ramp, kjer poteka dvosmerni promet in predvsem izvozne indirektno rampe.

4.3.2.2 VNV

Pri VNV je bilo ugotovljeno, na podlagi analize vseh dvanajstih VNV, ki jih imamo v SLO, naslednje.

V skupino štirikrakah VNV sodi le VNV Slivnica. Njegovo obliko izredno težko določim. Še najbolj se približa obliki modificirane deteljice. Ob tem ugotovimo, da ne gre za popolno štirikrako VNV, ker so določene smeri izpuščene. Tu gre bolj za nepopolno trikrako VNV z dodanim VNP. Zaradi navedenih dejstev, ne moremo navedeno VNV obravnavati v zgoraj navedeni hipotezi.

Tri kraka VNV lahko delimo na dve skupini. To sta:

- skupina VNV z velikim PLDP v vseh smereh in uporabljenimi direktnimi in pol direktnimi rampami in
- skupino VNV z izrazito različno prometno obremenitvijo, kar ima za posledico tudi uporabljene manj ugodne geometrijske in tehnične elemente na podrejeni smeri.

V prvo skupino sodijo oblike, kot so triangel in razcep. Sem sodijo VNV, kot so Kozarje, Malenci, Dragučova in Zadobrava. Na podlagi primerjav je bilo ugotovljeno, do so si s stališča prometne varnosti zelo podobni. Nekoliko v pozitivno smer odstopa le VNV Dragučova, a moramo upoštevati tudi dejstvo, da je na navedenem VNV bistveno manjši PLDP.

A iz primerjav je zaslediti, da preveč direktni elementi voznih površin, ki jih srečamo na VNV tipa razcep, ki ga predstavljata Malenci in Kozarje, ne vplivata dobro na stopnjo prometno varnost.

Bistveno bolj se odnese oblika VNV triangel, ki ga predstavlja Dragučova, Zadobrava in Strmin. Predvsem dejstvo, da sami polmeri in elementi uvoznih in izvoznih pasov, bistveno bolj vozniku napovedujejo potek linij in način priključevanja.

Bolj kot sama oblika, ki sta si zelo podobni, je bilo ugotovljeno, da na prometno varnost vplivajo predvsem sprememba prometno-tehničnih elementov na rampi in na vključevalnih in na izključevalnih pasovih, ter pri slednjih dveh tudi njihova dolžina. Poleg navedenih elementov bistveno pripomore k zmanjšanju prometne varnosti bližina sosednjih VNP in VNP znotraj območja VNV.

V drugo skupino sodijo ostala VNV, ki se delijo na dva tipa:

- VNV oblika kombinacije ipsilon+hruška in
- VNV tipa trobenta.

Pri prvem tipu, ki ga predstavljajo VNV Koseze in Podtabor, je zaslediti uporabo »bogatih« geometrijsko-tehničnih elementov v glavnih smereh. Problem pa nastane, ker je ena smer bistveno podhranjena z velikostjo navedenih elementov. To se odraža na stopnji prometne varnosti na navedeni smeri in posledično na obliki VNV.

V drugo skupino sodijo ostala VNV, ki smo jih obravnavali. Uporabljena so predvsem na odsekih, kjer je bistveno manjša prometna obremenitev tako na glavni kot tudi na stranjski smeri. V primerjavi z VNP, določena VNV iz navedene skupine ne dosegajo prometnih obremenitev določenih VNP. Tu se poraja vprašanje o smiselnosti navedenih VNV. Ali bi bilo morebiti bolje, da bi se obravnavala in izvedla kot VNP.

4.3.2.3 Ugotovitve

Iz zgoraj povedanega lahko ugotovimo, da je Hipoteza 2: Izbira vrste in oblikovanja VNK ne vpliva na prometno varnost v takem križišču ovržena. Ugotovimo lahko, da na prometno varnost v takšnem križišču vpliva predvsem izbira uporabljenih geometrijskih in tehničnih

elementov. Tako njihova oblika kot velikost. Uporaba navedenih elementov pa posredno vpliva na obliko VNK, ki pa so poimenovana na podlagi subjektivnega videnja določenega VNK, ki se primerja z obliko znanega predmeta.

V bodoče, bi bilo potrebno načrtovati in dimenzionirati predvsem obliko štirikrakega VNP, z enosmernimi in prilagojenimi direktnimi rampami, ki imajo na relativno kratki razdalji na koncu rampe ENK. Pri rekonstrukciji tri krakih VNP, ker dvomim in tudi finančno ni sprejemljiva rekonstrukcija trikrakih VNP v štirikrake VNP, pa zagotoviti bistveno lastnost VNP, ki se razlikuje od VNV, da je zagotovljena možnost zaustavitve oz. izvedba ENK. Ob tem pa zagotoviti tudi fizično ločitev dvosmernih ramp.

Fizična ločitev dvosmernih ramp bi bila smiselna tudi pri VNP, tipa polovična deteljica. Če ni možnosti načrtovanja oz. rekonstrukcije drugih bolj ugodnih VNP, naj se pri tipu polovična deteljica uporablja nesimetrične, kjer so izvozni pasovi speljani preko prilagojenih direktnih ramp, uvozni pasovi pa preko indirektnih ramp.

Pri VNV lahko ugotovimo, da naj se v prihodnosti VNV načrtuje izključno na križanju AC in HC, ki imajo fizično ločena vozišča. Za VNV naj se uporabijo tipi VNV, ki vsebujejo direktne in poldirektne rampe. Najbolj ugoden tip takšnega VNV je tip triangel, saj tip razcep ne opozori predhodno voznika, da prehaja na območje VNV.

4.3.3 Hipoteza 3: Oblikovanje in dimenzioniranje izvoznih in uvoznih pasov na VNK ni odvisno od prometnih obremenitev na glavni smeri in na rampah

Pri načrtovanju, projektiranju, gradnji in posledično pri vzdrževanju, ko je določeno VNK v upravljanju oz. v izvedbi rekonstrukcije, je želja vseh, da je zagotovljen glavni namen VNK, in sicer tekoča prepustnost, ob ustrezni prometni varnosti. Kot smo že povedali, so pri VNK eliminirane konfliktne točke križanja. Še vedno pa so prisotne konfliktne točke spajanja in razdruževanja, v redkih primerih tudi konfliktne točke prepletanja. Z navedenim se srečujemo na uvoznih in izvoznih pasovih VNK, ki so različno oblikovani in dimenzionirani. VNK so tudi različno prometno obremenjena, tako na glavni smeri, kot tudi na rampah VNK. Z

navedeno hipotezo želimo ugotoviti ali imajo navedene prometne obremenitve vpliv na oblikovanje in dimenzioniranje uvoznih in izvoznih pasov v življenjskem ciklu VNK.

4.3.3.1 Splošno

Na zagotavljanje prepustnosti VNK ima vsekakor vpliv prometna obremenitev, tako na glavni smeri, kot tudi na rampah. Za zagotavljanje ustrezne prepustnosti, ki jo laično razumemo, da naj ne bi prišlo do zaustavitve prometnega toka v VNK tudi ob prometni konici, lahko zagotovimo le z ustreznimi prometno-tehničnimi karakteristikami vozniških pasov. Mednje sodijo tako uporabljeni različni geometrijski elementi in njihova dimenzija, število in širina uporabljenih vozniških pasov, ki se odraža v uporabljenem prečnem profilu, kot tudi prometna signalizacija in oprema, kot tudi na koncu estetski izgled z vplivom na krajino (okolje) in psihološko na voznika.

V eni izmed predhodnih hipotez je bilo ugotovljeno, da so VNK s stališča prometne varnosti bolj problematična kot odprta trasa. Razlog za to, kot smo že omenili, je tudi, da prihaja v VNK do spajanja in odcepljanja prometnih tokov, ki ima za posledico v enem primeru povečanje prometne obremenitve, v drugem pa izvedbo operacije voznika na relativno kratkem odseku. To vpliva tudi na propustnost, ki je odvisna od prometnih obremenitev. Zato je potrebno v maksimalni meri, na območju celotnega VNK, zagotoviti konstantne prometno-tehnične karakteristike vozniških površin. Z navedenim je mišljeno, da naj se na območju VNK, predvsem na VNV, ne dogaja, da se prečni profil ceste spreminja na samih rampah. Navedeno je potrebno izvajati na koncu uvoznega pasu, na območju vključevanega dela.

Prometna obremenitev na glavni smeri in na rampah ima vpliv na oblikovanje in dimenzioniranje izvoznih in uvoznih pasov na VNK. To se kaže že z delitvijo VNK na VNP in na VNV. Pri slednjih se pojavljajo bistveno večje prometne obremenitve kot na VNP. Zato se pri VNV uporabljajo bistveno večji geometrijski in tehnični elementi kot pri VNP. Te večji, bolj bogati elementi omogočajo večje vozne hitrosti, ob zagotavljanju osnovnega namena VNK.

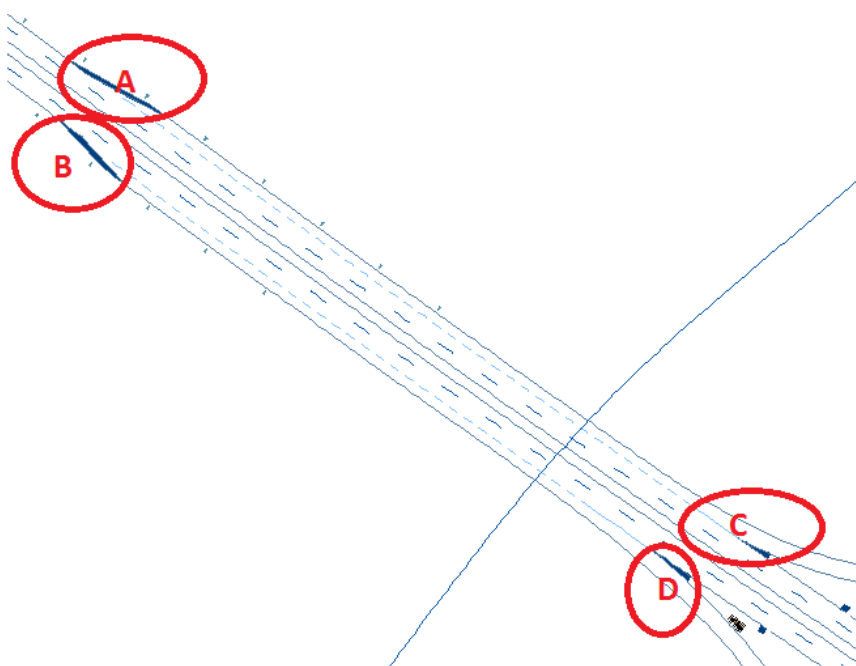
Da pa ne bi ostali zgolj pri *ovrženi hipotezi 3, da oblikovanje in dimenzioniranje izvoznih in uvoznih pasov na VNK ni odvisno od prometnih obremenitev na glavni smeri in na rampah*, si bomo v nadaljevanju pogledali ključne pomanjkljivosti, ki se pojavljajo pri oblikovanju in dimenzioniranju izvoznih in uvoznih pasov na VNK, ločeno za VNP, kot tudi za VNV.

4.3.3.2 VNP

Pri analizi VNP, na »gorenjski« avtocesti je bilo ugotovljeno, da so VNP približno enako urejeni in dimenzionirani. Razlikujejo se po oblikah, dimenzijah in detajlih, ki izkazujejo čas izvedbe določenega VNP. Ena od pomembnejših ugotovitev pri analizi je bila, da število prometnih nesreč narašča s prometno obremenitvijo na glavni, kot tudi na stranski smeri. Navedeno potrjuje tudi analiza VNP na »pomurski« avtocesti A5. Porast ni linearen, kar je posledica, da so izvozni in uvozni pasovi oblikovani, predvsem pa dimenzionirani, z različni elementi, tako po velikosti kot tudi po obliki.

Pri VNP je potrebno izvozne in uvozne pasove oblikovati tako, da omogočajo ustrezno prepustnost. Pri VNP pa se srečujemo, da je prepustnost uvoznih in izvoznih pasov odvisna tudi od podrejene ceste na katero se VNP navezuje. Glavni namen bo zagotovljen, če bomo uvozne in izvozne pasove dimenzionirali z bolj ugodnimi prometno-tehničnimi elementi, kot jih določa podrejena cesta na katero se VNP navezuje.

Pri analizi je bilo tudi ugotovljeno, da izvozni in uvozni pasovi vključujejo štiri ključne dele, ki vplivajo na prometno varnost, ki so prikazani na naslednji sliki.



Slika 25: Ključni deli uvoznih in izvoznih pasov

Prehodni del izvoznega pasu (B)

O prehodnem delu izvoznega pasu, je bilo nekaj povedanega že v drugem poglavju tega magistrskega dela. Njegova dolžina mora omogočati varen prehod za izvedbo prometnega manevra, ob tem pa zagotavljati, da spremembe parametrov še ugodno vplivajo na voznika.

Njegove pomembnosti smo se začeli zavedati in danes se navedeni del izvaja zvezno z blago S krivino in v dolžino meri cca. 60 m. Ta dolžina, je bila povzeta po dolžini prehodnega dela pri izvozih na pas za počasni promet. Ker sta vstopni hitrosti pri pasu za počasni promet in pri izvoznih pasovih na VNK bistveno različni (PPP 50 km/h; VNK 90 km/h – $75 \cdot V_p$), bi moral biti prehodni del izvoznega pasu na VNK dolg vsaj 125 m v premi in več v krivini. Zaradi prekratkega prehodnega dela izvoznega pasu, si vozniki zelo pogosto sami prilagodijo vozno linijo, kot je prikazano na naslednji sliki.



Slika 26: Primer neupoštevanja horizontalnih označb na prehodnem delu izvoznega pasu (Vir: <https://www.google.si/maps/>)

Navedena ureditev bi bila smiselna tudi na izredno obremenjenih VNK (primer: VNK Kranj vzhod), kjer prihaja do situacij, da vozila stojijo na odstavnem pasu pred VNK, zaradi prometnih obremenitev na podrejeni cesti. Takšna situacija je s stališča prometne varnosti nedopustna in bi jo bilo potrebno urediti.

Vključevalni del uvoznega pasu (A)

Tudi o vključevanem delu uvoznega pasu je bilo že nekaj povedanega v drugem poglavju te magistrske naloge. Ob tem morajo njegove prometno-tehnične karakteristike zagotoviti izvedbo manevra, ob upoštevanju jakosti prometnega toka na glavni smeri in da spremembe parametrov še ugodno vplivajo na voznika. Podobno kot prehodni del izvoznega pasu, se tudi vključevalni del uvoznega pasu, danes izvaja zvezno z blagim polmerom in meri cca. 60 metrov. Tudi pri vključevalnem delu uvoznega pasu bi bilo potrebno, kot pri prehodnem delu izvoznega pasu, v prihodnje razmisliti o njegovem podaljšanju. Ob tem bo potrebno zagotoviti tudi ustrezno obrabno plast vozišča. Navedeno potrjuje tudi analiza VNP na »gorenjski« avtocesti, predvsem pri VNP starejše izvedbe, pri katerih so bili uporabljeni manjši geometrijsko-tehnični elementi uvoznih pasov. Na podlagi opazovanj in podrobne analize VNK Kranj zahod, je bilo ugotovljeno, da se največ nesreč pripeti prav na uvoznih

pasovih VNK. Glede na to, da je pri obravnavanem uvoznem pasu rampa v vzponu, da je prometna obremenitev tako na glavni smeri, kot tudi na rampi velika, in da je dolžina uvoznega pasu 210 m, obravnavano stanje prav sili k izboljšavi.

Preglednica 12: Specifikacija prometnih nesreč na VNK Kranj zahod

VNK Kranj zahod	
Del VNK	Nesreče
Izvozni pasovi	9
Rampe	8
Uvozni pasovi	15

Zaključek zaviralnega dela – nos (D)

Tu je potrebno opozoriti na vodenje rampe, ki se začne pri »nosu« zaključka zaviralnega dela izvoznega pasu. Pri starejših izvedbah VNP, je bil obravnavani del projektiran po predpisih, da je potrebno z osjo preskočiti na zunanji rob rampe in razširitev se je izvedla na zunanji strani krivine. Pri tem se je pokazalo, da pri uvozu v krivino nastane koleno, kar pa ni dobro z vidika prometne varnosti. Primerjava po času nastanka starejših in novejših VNP, analiza ni pokazala vpliva navedenega elementa na nastajanje prometnih nesreč. Analiza prometnih nesreč pa je pokazala, da se na tem delu nesreče dogajajo predvsem na VNK, kjer so rampe vodene navzdol.



Slika 27: Konec izvoznega pasu VNP Lipce (Vir: <https://www.google.si/maps/>)

Začetek pospeševalnega dela – nos (C)

S težnjo voznikov, da se čim hitreje razvrstijo na vozni pas, se srečujemo tudi na začetku pospeševalnega dela uvoznega pasu. Kljub temu, da vozniki zavestno kršijo horizontalno signalizacijo in da pri razvrstitvi na vozni pas ne dosegajo predvidene hitrosti, se odločajo za navedeni manever. Zato bi bilo potrebno, »nosove« uvoznih pasov podaljšati z neprekinjeno črto večje debeline. Lep primer predstavlja horizontalna signalizacija v predoru na VNP Ljubljana Šentvid. Če navedeno ne bi zadoščalo, bi bilo potrebno poiskati rešitev v vertikalni signalizaciji. S tem bi prisilili voznike, da bi razvili primerno vozno hitrost za vključevanje. Z navedeno ureditvijo bi lahko tudi podaljšali pasove za vključevanje, ki so po trenutnih pravilih lahko dolgi do 250 m. Navedena dolžina bi zadoščala, tudi za čim manj moteno vključevanje vozil, tudi ob izrazito veliki prometni obremenitvi na glavni smeri. Večja prometna varnost na daljših vključenih pasovih na VNP, ki so novejša izvedba, je ugotovljena tudi pri analizi in primerjavi obravnavanih VNP na »gorenjski« AC in »pomurski2 AC, A5.

4.3.3.3 VNV

VNV so sestavni del VNK. Oblikovana in dimenzionirana so za visoke prometne obremenitve, saj na njih prihaja do spajanja oz. razdruževanja enakovrednih cest. To velja tako za rampe, kot tudi za izvozne in uvozne pasove. Oblika in dimenzija ramp, naj bi omogočale prevoznost najmanj s hitrostjo, ki se jo da doseči s motornim pojemkom. Pri navedenih elementih pa se srečujemo, na podlagi analiz VNV, da že rampe ne omogočajo s svojimi geometrijskimi in prometno-tehničnimi elementi nemotene prepustnosti in s tem vplivajo tudi na prometne obremenitve. Na obstoječih VNV je zaslediti, da se že na rampah zmanjšuje prečni profil, ki zagotavlja nemoteno prepustnost rampe. To vpliva na zastoje na rampah, ki se pri velikih prometnih obremenitvah prenesejo lahko tudi na izvozne pasove VNV oz. celo na traso pred VNV.



Slika 28: Neprimerna ureditev prečnega profila rampe na VNV Kozarje (Vir: <https://www.google.si/maps/>)

Primer dobre ureditve, predstavlja VNV Dragučova, medtem ko je VNV Kozarje, z eliminacijo enega voznega pasu na rampi smer Kranj-Postojna neprimerno urejeno in takšna ureditev le povečuje možnost nastajanja prometnih nesreč na območju VNV in doprinaša k potrditvi hipoteze, da so VNK s stališča prometne varnosti bolj problematična kot odprta trasa.

Zato je potrebno, preko ramp in predvsem preko vključevalnih in izključevalnih pasov, zagotoviti zadostne dolžine geometrijsko-tehničnih elementov, da voznikom tudi ob velikih prometnih obremenitvah v vseh smereh omogoča nemoteno oz. čim bolj nemoteno vključevanje na glavno smer. To se bo zagotovilo le z maksimalno dolžino uvoznih in izvoznih pasov, ki znaša po trenutnem predlogu 500 m. Pri tem pa smo močno omejeni z dejstvom, da se v bližini VNV nahaja preblizu načrtovan VNP.

Pri izvoznih pasovih bi bilo potrebno prav tako izkoristiti maksimalne dolžine izvoznih pasov. Težnja voznikov, po čim hitrejši razvrstitvi na izvozne pasove, je bila ugotovljena, tako na VNV, kot tudi pri VNP, na podlagi opazovanj odvijanja prometa.

Kljub temu, da imamo v bližini VNV naslednji oz. predhodni VNP, je vseeno bolje zagotoviti zadostno dolžino izvoznih in uvoznih pasov, pa čeprav na račun uvedbe ramp za prepletanje ob glavni smeri, ki se izkazujejo z manjšo stopnjo prometne varnosti.

Zgoraj navedeno, potrjuje tudi analiza prometnih nesreč na VNV, ki je razvidna iz priloge E, ki je narejena glede na tip prometne nesreče na posameznem VNV. Podrobna analiza prometnih nesreč na VNV kaže, da na VNV, kjer prihaja do velikih prometnih obremenitev in kjer so ugotovljene zgoraj navedene pomanjkljivosti, prihaja do bistveno večjega števila tipičnih prometnih nesreč, ki so značilne za posamezni del VNV. Na podlagi opazovanj in analize, je bilo ugotovljeno, da na izvoznih pasovih VNV, kjer niso urejeni z enakim prečnim profilom kot sama rampa VNV, prihaja do večjega števila oplazenj in bočnih trčenj, nekaj pa tudi naletnih trčenj, ki pa so vzrok zastojev, ki nastanejo na rampah VNV, kjer na rampi ni zagotovljen konstanten prečni profil. Prav zaradi navedene pomanjkljivosti in najverjetneje tudi zaradi previsokih vozni hitrosti, prihaja na rampah do večjega števila trčenj v objekt, kot tudi naletnih trčenj. Na uvoznih pasovi VNV, kjer ni zagotovljen enak prečni profil kot na začetku ramp, pa se ponovno pojavlja večje število prometnih nesreč z tipom bočnega trčenja.

4.3.3.4 Ugotovitve

Spoznali smo, da je oblikovanje in dimenzioniranje izvoznih in uvoznih pasov na VNK odvisno od prometnih obremenitev na glavni smeri in na rampah. Na podlagi tega lahko Hipotezo 3: Oblikovanje in dimenzioniranje izvoznih in uvoznih pasov na VNK ni odvisno od prometnih obremenitev na glavni smeri in na rampah ovržemo. Ob tem smo spoznali tudi ostale vplive posameznih elementov uvoznih in izvoznih pasov.

4.3.4 Hipoteza 4: Izbira in zaporedje velikosti geometrijskih in tehničnih elementov vozni pasov na rampah VNK nimata vpliva na nastajanje prometnih nesreč

Polmeri, preme, prehodnice, prečni nakloni, vzdolžni nakloni in drugi elementi sodijo med geometrijske in tehnične elemente, ki so tipičen element na VNK. Kot smo že spoznali v magistrski nalogi, večje število geometrijskih in tehničnih elementov na VNK, v primerjavi z odprto traso, vpliva na prometno varnost. Prometna varnost pa se odraža tudi po nastajanju prometnih nesreč. Izbira in zaporedje velikosti geometrijskih in tehničnih elementov vozni

pasov določa tudi tip oz. vrsto VNK, ki so predstavljena v magistrski nalogi in vplivajo na prometno varnost in s tem na nastajanje prometnih nesreč.

Hipotetično bi, z izbiro in velikostjo geometrijskih in tehničnih elementov, lahko oblikovali popolno neprevozno VNK. S tem bi vplivali na prometno varnost in na nastajanje prometnih nesreč.

Pri navedeni hipotezi, bi se lahko navezal na diplomsko delo: Analiza elementov ramp prostorskih križišč v povezavi s prometno varnostjo, g. Roka Cundra. Izkazalo se je, da bolj ugodni geometrijski in tehnični elementi vendarle dobro vplivajo na prometno varnost oz. na manjše nastajanje prometnih nesreč.

Glede na zgornje ugotovitve in na podlagi predhodnih študij, *Hipotezo 4, da izbira in zaporedje velikosti geometrijskih in tehničnih elementov vozniških pasov na rampah VNK nimata vpliva na nastajanje prometnih nesreč, ovržemo.*

S takšnim odgovorom, na zastavljeno hipotezo, se ne moremo zadovoljiti, ker ni dovolj utemeljena. Zato smo opravili dodatne analize in poiskali vzroke in morebitne rešitve, ki so v povezavi z navedeno hipotezo.

4.3.4.1 Problematika in rešitve

Na podlagi zbranih podatkov v prilogah, zbrane literature in dosedanjih raziskav, predvsem pa na podlagi opazovanj s terena smo prišli do naslednjih ugotovitev:

Izvedba krivine pred rampo

Že dosedanja literatura priporoča, da se pred indirektno rampo izvede manjša krivina, da ublaži pomanjkljivost indirektna rampe, hkrati pa pripomore tudi k zmanjšanju hitrosti. Poleg tega omogoči tudi izvedbo večjega polmera krivine.

Velikost navedenega polmera mora omogočati hitrost vozil brez aktivnega zaviranja oz. brez spremembe hitrosti. Navedeni tehnični element ima predvsem psihološki vpliv na voznika, kot tudi estetski izgled in usklajenost z ostalimi linijami v prostoru.

Pri terenskem opazovanju in analizi prometne varnosti, se navedeni geometrijski in tehnični element dobro odnese, tudi na pol direktnih rampah. Za primerjavo smo vzeli dve podobni rampi, sicer različnih tipov VNV. Primerjali smo rampo VNV Zadobrova smer Tomačevo-Maribor in rampo VNV Gabrk smer Sežana-Ljubljana. Ugotovljeno je bilo, da se bistveno manj nesreč pripeti na rampi VNV Zadobrova, kot na rampi VNV Gabrk v enakem časovnem obdobju, kljub temu, da je na slednjem manjši PLDP in večji uporabljen polmer rampe. V prid rampe na VNV Zadobrova, govori le javna razsvetljava, a po nadaljnjem preverjanju podatkov, se je ugotovilo, da se je le 5 nesreč pripetilo v nočnem času. Za bolj nazorno ponazoritev je primerjava narejena v naslednji tabeli.

Preglednica 13: Primerjava ramp z različnimi tehničnimi elementi

VNV	Zadobrova	Gabrk
rampa	Tomačevo - Maribor	Sežana – Ljubljana
nesreče	0	17 (5)
javna razsvetljava	Da	Ne
PLDP	67.592	13.387
Krivina pred rampo	da	ne

Ugotovimo lahko, da navedeni geometrijsko-tehnični element doprinese k večji prometni varnosti in na zmanjšanje prometnih nesreč.



Slika 29: Prikaz krivine pred rampo VNV (Vir: <https://maps.google.com/>)

Za navedeni geometrijsko-tehnični element je bilo, pri primerjavi različnih VNV, ugotovljeno, da navedeni element dobro vpliva predvsem pri vodenju levih zavijalcev. Zato bi bilo smiselno, da bi za navedene zavijalce, uporabljali navedeni element, ki ga srečamo pri tipu oz. obliki VNV triangel. Glede na to, bi bilo, s stališča prometne varnosti, vpliva na okolje, smiselno, da bi se v bodoče za trikraka VNV, kjer se pričakujejo visoke prometne obremenitve, uporabljalo VNV tipa oz. oblike triangel.

Zaporedje in velikost polmera

Stroka vseskozi poudarja, da mora manjšemu polmeru na rampi slediti večji polmer. Razmerje ne sme biti večje od $R1:R2=1,25:1$. Iz analize ugotavljamo, da se navedenega držimo predvsem na rampah, ki potekajo iz glavne smeri. Precej drugače pa je pri rampah VNK, ki potekajo iz podrejene smeri. Lep primer, takšnega neposrečenega urejanja, je VNV Dolga vas, ki je prikazan na naslednji sliki.



Slika 30: VNV Dolga vas tip trobenta

Iz slike je jasno razvidno, da večjemu polmeru na podrejeni smeri sledi manjši. Navedeno voznika, ki pripelje po podrejeni cesti, preseneti in ima za posledico zamudo v prepoznavi, kar je lahko vzrok za prometno nesrečo. Poleg tega, navedena ureditev, ne omogoča odpuščanja napak voznika, ki izhaja iz previsoke vozne hitrosti.

Naveden tip VNV (trobenta) je bil izbran najverjetneje na podlagi zelo različnih velikosti prometnih tokov. A nikjer nimamo zagotovila, da se v prihodnosti, ne bo velikost prometnih tokov spremenila, ki so bili podlaga, za izbiro navedenega tipa VNV.

Predlagamo, da naj se v prihodnosti, pri izvedbi novih VNV ali rekonstrukciji starih, uporabljajo tipi VNV, ki vsebujejo direktne in pol direktne rampe. Mednje sodijo triangel, razcep, Kot smo spoznali v magistrski nalogi, bi bilo najbolje uporabljati tip trikrakega VNV triangel. Bodoče poenotenje, bi vplivalo, tudi na boljšo prometno varnost, na katero vpliva faktor voznik, saj bi vozniki, tudi s časom sprejeli, določen tip VNV.

Tu bi se navezal še na štirikraka VNV. Trenutno imamo v Sloveniji le eno štirikrako VNV, in sicer VNV Slivnica. Za navedeno VNV težko rečemo, da je štirikrako, predvsem gre za trikrako z dodanim VNP, ki se navezuje na rampe VNV. V bodoče, bi se morali takšnih ureditev izogibati in urediti tipično štirikrako VNV. Glede na zgoraj povedano, bi bilo najbolj smiselno, da se v bodoče uporablja štirikrako VNV tipa malteški križ.

Skladnost geometrijskih in tehničnih elementov

Pri VNK, tako VNV, kot tudi pri VNP, bi bilo potrebno, za celotno VNK uporabiti enake geometrijske in tehnične elemente. Ne glede na to, da je prometni tok v določeni smeri bistveno šibkejši, kot v ostale smeri, se vedno znova izkaže, da je na rampi, kjer so uporabljeni bistveno manjši geometrijski in tehnični elementi, s stališča prometne varnosti, bolj problematična. Navedeno lahko opazimo na VNV Koseze. Navedena rampa Gorenjska-Maribor, po zbranih podatkih, bistveno odstopa po številu prometnih nesreč v primerjavi z drugimi rampami tega križišča. Podobno velja tudi za VNV Gaberk, smer Koper-Sežane, kjer so na navedeni rampi uporabljeni bistveno manjši geometrijski in tehnični elementi, kot na preostalem delu VNV. Navedeno je zaslediti tudi na VNV Dolga vas, smer Dolga vas – Lendava.

Navedeno vpliva tudi na določevanje prometne varnosti na VNV, glede na tip VNV. Elementi, ki bistveno odstopajo od povprečja obravnavanega VNV, negativno vplivajo na prometno varnost na obravnavanem VNV. Zato bi bilo potrebno, kot je bilo že povedano, celotno VNV oblikovati s podobnimi geometrijskimi in tehničnimi elementi.

Problematika odstavnih niš SOS

Pri analizi avtocestnega odseka »pomurske« avtoceste A5, na odsekih, kjer ni odstavniških pasov, je bila, pri terenskem ogledu, zaznana problematika označevanja odstavniških niš SOS. Ker so odstavne niše označene enako kot izvozni pasovi, se lahko zgodi, da voznik zamenja odstavno nišo z izvoznim pasom. To je predvsem problematično, kjer se odstavne niše nahajajo v neposredni bližini izvoznih pasov VNK in predvsem pri zmanjšani vidljivosti. Kot rešitev, bi bilo potrebno preučiti možnost, po drugačnem označevanju odstavniških niš SOS, na primer, z drugačno barvo talne označbe oz. z drugačno obliko talne označbe.

Ureditev ENK na koncu ramp

Pri analizi in predvsem pri terenskega opazovanju VNP Kranj vzhod, je bil ugotovljen tudi vpliv ureditve ENK na koncu ramp na prometno varnost. Za primerjavo smo vzeli oba ENK za koncu ramp navedenega VNP. ENK se razlikujeta po obliki, in sicer eno predstavlja obliko T-križišča, medtem ko je drugo predstavlja krožno križišče. Ugotovljeno je, da se bistveno manj nesreč pripeti na ENK, ki ima obliko krožnega križišča (3:7), ob upoštevanju enakega PLDP (24.891) na stranski prometni smeri in večje prometne obremenitve na rampi pri krožnem križišču, na podlagi terenskega opazovanja.



Slika 31: Različni tip ENK na VNP Kranj vzhod (Vir: <http://nesrece.avp-rs.si/>)

Da je ENK na koncu ramp urejeno z obliko krožnega križišča, primernejše kot oblika T-križišča oziroma katerega drugega, potrjujejo tudi dejstva, da je primernejše, da krožnim rampam sledi križišče z enakimi geometrijskimi elementi. Navedena ureditev se tudi vse bolj uporablja, kar dokazuje tudi analiza VNP na »pomurski« avtocesti A5, ki predstavlja eno izmed novejših gradenj Slovenskih avtocest. Tu lahko iz analize ugotovimo, da se na skupnem delu ramp, ki se nahajajo neposredno pred krožnim križiščem, ni zgodila nobena prometna nesreča.

Vpliv poteka GPS na načrtovanje VNK

Znano je dejstvo, da je s stališča prometne varnosti najbolj primeren geometrijski element prema, ki pa na GPS ne sme biti predolga, da ne deluje utrujajoče. Zaradi tega, se danes na GPS avtocest uporabljajo večji polmeri, ki tudi pripomorejo k estetski skladnosti geometrijskih elementov vozišča s prostorom v katerem poteka načrtovana trasa. Enako velja tudi za načrtovanje lokacije VNK. Idealno bi bilo, da bi se tudi VNK načrtovalo na območju preme. A prav zaradi njenega utrujajočega delovanja, se navedenemu elementu izogibamo. Zato so tudi VNK locirana na trasi avtoceste, ki potekajo v večjem polmeru. To lahko ugotovimo tudi iz priloge C, ki prikazuje VNK na »pomurski« AC A5, kjer se praktično vsa VNK nahajajo na območju večjih polmerov GPS. Iz analize ni bilo moč ugotoviti vpliva poteka GPS na prometno varnost na VNK. Obstaja pa dejstvo, da je veliko težje izvesti operacijo odcepljanja od GPS na rampo VNK, če sta navedena polmera nasprotno usmerjena. Prav zaradi navedenega in v primeru, da je VNK locirano na območju ostrejših krivin GPS, bi bilo potrebno začetek prehodnega dela izvoznega pasu izvesti v obliki C-krivine.



Slika 32: Morebitni vpliv poteka GPS na prometno varnost

Idealno bi bilo, da bi se VNK lokacijsko nahajala na krajši premi GPS, med prehodnicama nasprotno usmerjenima polmeroma GPS. Možnost, da se zagotovi istosmerni polmer GPS in

izvoznega pasu na rampi VNK, je tudi v zamaknjenosti izvoznih in uvoznih pasov v nasprotni smeri na VNK.

4.3.4.2 Ugotovitve

Dodatne analize so potrdile pravilnost ugotovitve, da se Hipoteza 4: Izbira in zaporedje velikosti geometrijskih in tehničnih elementov voznih pasov na rampah VNK nimata vpliva na nastajanje prometnih nesreč, ovrže.

4.3.5 **Hipoteza 5: Višinsko vodenje ramp nima vpliva na nastajanje prometnih nesreč**

Predno se posvetimo navedeni hipotezi, moramo najprej poudariti določena dejstva. VNK delimo na VNP in na VNV.

Pri VNP poznamo dva tipa VNP, glede na višinsko vodenje ramp:

- podrejena cesta poteka nad osjo glavne trase (nadvoz) in
- podrejena cesta poteka pod osjo glavne trase (podvoz).

Pri VNV pa se poleg višinsko vodenih ramp, ki lahko potekajo navzgor oz. navzdol se srečujemo tudi s:

- konveksno vodenimi rampami in
- konkavno vodenimi rampami.

V prid VNP, ki imajo rampe vodena nad osjo glavne trase, glede nastajanja prometnih nesreč govorijo naslednja dejstva:

- izvozne rampe, na katerih poteka pojemanje hitrosti in so višinsko vodene navzgor, dodatno pripomorejo k zmanjševanju hitrosti ob koncu ramp,
- uvozni pasovi, na katerih poteka pospeševanje, kjer so rampe višinsko vodene navzdol, dodatno pripomorejo k večji vozni hitrosti na začetku uvoznih pasov,
- boljša možnost odvodnavanja cestišča na podrejeni cesti (nadvoz),

- večja preglednost na podrejeni cesti (nadvoz) in
- večja preglednost pri vključevanju oz. izključevanju na oz. iz glavne smeri.

4.3.5.1 VNP

Da bi potrdili oziroma ovrgli navedeno hipotezo, smo analizirali vse VNP na Gorenjski avtocesti, od mejnega prehoda Hrušica do VNV Kozarje, ki so zavedena na internetni strani, <http://nesrece.avp-rs.si/>. Vsak VNP smo podrobno analiziral in razčlenil, glede na prometno-tehnične karakteristike in število prometnih nesreč, ki so se zgodile v obdobju od leta 2009 do leta 2012. (Priloga B). Obravnavane VNP smo združili v skupine, in sicer:

- VNP, kjer podrejena cesta poteka nad osjo glavne trase (nadvoz) in
- VNP, kjer podrejena cesta poteka pod osjo glavne trase (podvoz).

Za začetek smo primerjali navedeni dve skupini, glede na število prometnih nesreč, ki se zgodijo na celotnem VNP. Analizirali smo število prometnih nesreč, ki se zgodijo na en kilometer in po metodi pogostosti nesreč. Analize po metodi stopnje prometnih nesreč se ni izvedla, zaradi pomanjkanja ključnega podatka o PLDP.

Preglednica 14: Določevanje prometne varnosti VNP glede na višinsko vodenje ramp z upoštevanjem vseh nesreč na VNP

skupina	Št. odsekov [n]	Dolžina odsekov [km]	Št. nesreč na celoten VNP	nesreč/km	$frp = \Sigma f_j / n$	Rj
VNP nad osjo gl. trase	8	26,22	126	4,80	15,75	/
VNP pod osjo gl. trase	7	18,99	187	9,85	26,71	/

Za navedeni dve skupini VNP, smo primerjavo nadaljevali na podlagi prometnih nesreč, ki so se zgodile na VNP, brez upoštevanja prometnih nesreč, ki so se zgodile na izvoznih in uvoznih pasovih, ki potekajo vzporedno z osjo glavne trase in prišel do naslednjih podatkov.

Preglednica 15: Določevanje prometne varnosti VNP glede na višinsko vodenje ramp z upoštevanjem nesreč brez pospeševalnih in zaviralnih pasov

skupina	št. odsekov [n]	dolžina odsekov [km]	št. nesreč na VNP brez uvoznih in izvoznih pasov	nesreč/km	frp= $\Sigma f_j/n$	Rj
VNP nad osjo gl. trase	8	18,86	78	4,14	9,75	/
VNP pod osjo gl. trase	7	12,89	90	6,98	12,85	/

Da bi pridobili še bolj natančne podatke, smo primerjavo naredili izključno samo na rampah VNP, na katerih poteka višinsko spreminjanje vodenja ramp in pridobil naslednje podatke.

Preglednica 16: Določevanje prometne varnosti VNP glede na višinsko vodenje ramp z upoštevanjem nesreč samo na rampah

skupina	št. odsekov [n]	dolžina odsekov [km]	št. nesreč na VNP samo na rampah	nesreč/km	frp= $\Sigma f_j/n$	Rj
VNP nad osjo gl. trase	8	11,89	37	3,11	4,63	/
VNP pod osjo gl. trase	7	9,45	49	5,19	7,00	/

Za podkrepitev potrditve oz. ne potrditve navedene hipoteze, smo na enak način analizirali še VNP na »pomurski« avtocesti A5 in prišli do naslednjih rezultatov.

Preglednica 17: Določevanje prometne varnosti VNP glede na višinsko vodenje ramp z upoštevanjem vseh nesreč na VNP

skupina	Št. odsekov [n]	Dolžina odsekov [km]	Št. nesreč na celoten VNP	nesreč/km	frp= $\Sigma f_j/n$	Rj
VNP nad osjo gl. trase	7	13,60	44	3,24	6,29	/
VNP pod osjo gl. trase	5	15,81	61	3,86	12,2	/

Preglednica 18: Določevanje prometne varnosti VNP glede na višinsko vodenje ramp z upoštevanjem nesreč brez pospeševalnih in zaviralnih pasov

skupina	št. odsekov [n]	dolžina odsekov [km]	št. nesreč na VNP brez uvoznih in izvoznih pasov	nesreč/km	frp= $\Sigma f_j/n$	Rj
VNP nad osjo gl. trase	7	8,32	22	2,64	3,14	/
VNP pod osjo gl. trase	5	11,72	36	3,07	7,2	/

Preglednica 19: Določevanje prometne varnosti VNP glede na višinsko vodenje ramp z upoštevanjem nesreč samo na rampah

skupina	št. odsekov [n]	dolžina odsekov [km]	št. nesreč na VNP samo na rampah	nesreč/km	frp= $\Sigma f_j/n$	Rj
VNP nad osjo gl. trase	7	5,16	13	2,51	1,86	/
VNP pod osjo gl. trase	5	6,65	20	3,01	4,00	/

4.3.5.2 Ugotovitve

Iz zgoraj prikazanih podatkov, ki smo jih lahko pridobili, lahko ugotovimo, da vse uporabljene metode za določevanje prometne varnosti na obravnavanih skupinah VNP kažejo, da so s stališča prometne varnosti bolj problematični VNP, kjer poteka podrejena cesta pod osjo glavne trase (podvozi). Na podlagi analiziranih in prikazanih podatkov lahko ugotovimo, da višinsko vodenje ramp ima vpliv na nastajanje prometnih nesreč. S tem *hipotezo 5: Višinsko vodenje ramp nima vpliva na nastajanje prometnih nesreč, lahko ovržemo.*

4.3.6 Povzetek hipotez

Analiza za prvo hipotezo, da so VNK s stališča prometne varnosti bolj problematična kot odprta trasa, je pokazala, da je navedena hipoteza potrjena. Na začetku vse metode niso potrjevale navedene hipoteze, a se je kasneje na podlagi podrobnejše analize izkazalo, da lahko navedeno hipotezo potrdimo. Pri iskanju odgovora za navedeno hipotezo je glavni problem predstavljal pomanjkanje podatkov o PLDP na VNK. Z ureditvijo pomanjkljivosti, bi bilo v prihodnje možno navedeno hipotezo potrditi tudi z večjo stopnjo verjetnostjo.

Analiza druge hipoteze, da izbira vrste in oblikovanja VNK ne vpliva na prometno varnost v takem križišču, je pokazala, da je navedena hipoteza ovržena. Ugotovimo lahko, da na prometno varnost v takšnem križišču vpliva predvsem izbira uporabljenih geometrijskih in tehničnih elementov. Tako njihova oblika kot velikost. Uporaba navedenih elementov pa posredno vpliva na obliko VNK, ki pa so poimenovana na podlagi subjektivnega videnja določenega VNK, ki se primerja z obliko znanega predmeta.

Analiza tretje hipoteze, da oblikovanje in dimenzioniranje izvoznih in uvoznih pasov na VNK ni odvisno od prometnih obremenitev na glavni smeri in na rampah, je pokazala, da je navedena hipoteza ovržena. To se kaže že z delitvijo VNK na VNP in na VNV. Pri slednjih se pojavljajo bistveno večje prometne obremenitve kot na VNP. Zato se pri VNV uporabljajo bistveno večji geometrijski in tehnični elementi. Izkazalo se je, da število prometnih nesreč narašča s prometno obremenitvijo na glavni smeri, kot tudi na stranski smeri. Ob tem smo spoznali tudi ostale vplive posameznih elementov uvoznih in izvoznih pasov.

Pri četrti hipotezi, da izbira in zaporedje velikosti geometrijskih in tehničnih elementov vozniških pasov na rampah VNK nimata vpliva na nastajanje prometnih nesreč, smo ugotovili, da je hipoteza ovržena. Načeloma bi se z izbiro in velikostjo geometrijskih in tehničnih elementov, če bi izbrali zelo majhne, lahko oblikovali popolnoma neprevozno VNK in bi s tem vplivali na prometno varnost in s tem na nastajanje prometnih nesreč. V sklopu navedene raziskave, smo pregledali tudi vplive posameznih geometrijskih in tehničnih elementov, ki pozitivno oz. negativno vplivajo na nastajanje prometnih nesreč na VNK.

Analiza pete hipoteze, da višinsko vodenje ramp nima vpliva na nastajanje prometnih nesreč, je pokazala, da je navedena hipoteza ovržena. Vse metode, ki smo jih uporabili so namreč pokazale, da ima višinsko vodenje ramp vpliv na nastajanje prometnih nesreč. Izkazalo se je, da so VNK, pri katerih poteka podrejena cesta nad osjo glavne trase (nadvoz), s stališča prometne varnosti bolj ugodna, kot VNK pri katerih poteka podrejena cesta pod osjo glavne trase (podvoz). S pridobitvijo podatkov o PLDP na navedenih odsekih, bi bilo v prihodnje možno navedeno hipotezo potrditi tudi z drugimi metodami za določevanje prometne varnosti.

5 PREDLOGI IZBOLJŠAV STANJA

Na podlagi izdelanih analiz, pri iskanju odgovorov na postavljene hipoteze in terenskega ogleda VNK, je mogoče podati vsaj nekaj predlogov za izboljšanje stanja.

5.1 Prizadevanj za izboljšanje prometne varnosti

Vsako VNK, med katere uvrščamo VNV in VNP ima določene prednosti in slabosti. Nekateri omogočajo večjo prepustnost, nekateri večje hitrosti, nekateri imajo manjše negativne vplive s posege na okolje, nekateri so bolj prijazni do voznikov in vozil in tako naprej. Iluzorno je pričakovati, da bi lahko glede na ugotovitve preoblikovali vsa že zgrajena VNK v najbolj ustrezna. Lahko pa se izvedejo manjše dopolnitve, kot so:

- preureditev talnih označb,
- ureditev prometne signalizacije (ponekod tudi z odstranitvijo prevelikega števila te opreme),
- podaljšanje zaviralnih in pospeševalnih pasov (utrditev obstoječih odstavnih pasov),
- dodatna prometna oprema
- in podobno.

Navedene spremembe bodo še bolj učinkovite, če se bo sodelovanje z drugimi strokami še povečalo. Od psihologov se pričakuje še bolj aktivno delovanje na področju prometne psihologije voznika, od avtomobilske industrije pa tudi še večje vlaganje v razvoj pasivne in aktivne varnosti vozila. Če bo res vsako področje opravilo svoje delo nam povečanje prometne varnosti oziroma zmanjšanje števila prometnih nesreč ne more izostati. Smiselno bi bilo razmisliti tudi o ustanovitvi kakšnega organa, ki bi se ukvarjal z vsemi dejavniki, ki vplivajo na prometno varnost. Trenutno te naloge s področja voznika in vozil opravlja Javna agencija Republike Slovenije za varnost v prometu. Predstavlja dobro osnovo, da bi se vanjo vključili tudi strokovnjaki, ki pokrivajo področje urejenosti cestnega telesa. S tem bi imeli na enem mestu združene vse dejavnike, ki vplivajo na prometno varnost. Tako bi lahko že v

samih idejnih zasnovah bodočih vlaganj v cestno infrastrukturo, med katere sodijo tudi VNK, s svojimi pogoji in soglasji vplivali na prometno varnost.

5.2 Urejenost zakonodaje

Urejenost zakonodaje je na tem področju slaba. Poleg krovnih zakonov, pravilnikov in tehničnih smernic, ki pokrivajo ceste v celoti, ni zaslediti zakonodaje, ki bi pokrivala obravnavano področje. Nekaj osnov je navedenih le v Pravilniku o projektiranju cest (UL RS št. 91/2005), zato bi bilo potrebno čim prej urediti to področje.

Prvi znaki želje po urejenosti zakonodaje na VNK so bili storjeni leta 2002 s pripravo Tehnične specifikacije za javne ceste in sicer TSC 03.343 (predlog, februar 2002): Večnivojski priključki in vozlišča. Navedena literatura je služila tudi kot izhodišče za obravnavano tematiko v pričujoči raziskavi. Žal je ta TSC ostala le kot predlog.

Večnivojska križišča predstavljajo pomemben element cestnega omrežja. Glede na to, da imajo že krožna križišča, ki so sestavni del nivojskih križišč, urejeno zakonodajo, je skrajni čas, da se uredi tudi zakonodaja za to področje.

5.3 Urejenost terminologije

Tudi področje uporabe strokovnih izrazov bi bilo potrebno urediti in poenotiti. Kot je že navedeno v samem začetku magistrske naloge, kjer je podan tudi moj predlog, je potrebno urediti in poenotiti pojma izvennivojsko in večnivojsko križišče.

V bodoči veljavni zakonodaji, Tehnična specifikacija za javne ceste, in sicer TSC 03.343 (predlog, februar 2002): Večnivojski priključki in vozlišča, se vseskozi srečujemo s terminom večnivojski priključki in vozlišča, poleg tega pa so še ločeno obravnavani večnivojski priključki. Potrebno bi bilo jasno definirati, kaj so vozlišča in kaj priključki. Vozlišče je

križišče cest iste kategorije, priključek pa priključevanje drugih mrež na cesto višje kategorije. Pri večnivojskem priključku je potrebno upoštevati, da bo potrebno pred uvozom na rampo oziroma pri izvozu na koncu rampe ustaviti vozilo. To pomeni, da se na koncu oziroma začetku rampe nahaja nivojsko križišče.

Z nekoliko ponesrečenim imenom se srečujemo tudi pri trikrakem večnivojskem vozlišču, in sicer razcepu, kot ga navaja Tehnična specifikacija za javne ceste, TSC 03.343 (predlog, februar 2002): Večnivojski priključki in vozlišča. Termin razcep se uporablja pri prometni signalizaciji, ki označuje VNV. Glede na to, da je značilnost navedenega VNK, da izključuje eno od zavijalnih smeri, bi bilo smiselno glede na povedano, uporabiti drugo ime za navedeno vozlišče. V magistrski nalogi je uporabljeno ime »epsilon«, kot ga navaja Ernest Neufert, ime razcep pa je uporabljen za obliko, ki jo predstavlja VNV Kozarje, za katerega bi bilo glede na zgoraj povedano potrebno poiskati nekoliko boljši izraz.

V Tehnični specifikaciji za javne ceste, TSC 03.343 (predlog, februar 2002): Večnivojski priključki in vozlišča, je ogromno poudarka namenjenega štirikrakim večnivojskim vozliščem, ki jih v SLO zastopa le VNV Slivnica, ki je kombinacija različnih tipov štirikrakah VNV oz. bolj trikrako VNV z VNP znotraj VNV. V Sloveniji imamo v uporabi predvsem trikraka vozlišča. Predno dejansko v uporabo dobimo štirikraka VNV, bi bilo smiselno, da se odločimo za en tip navedenih vozlišč, ki jih bomo v prihodnosti tudi uporabljali. Ne smemo pozabiti, da pri vozniku vedno nove tehnične rešitve povzročajo nelagodje, ker z njimi še niso seznanjeni in nevednost pri velikem številu različnih večnivojskih vozlišč. Ne smemo dopustiti, da bi v Sloveniji dobili nekakšno »razstavo« večnivojskih vozlišč. Glede na to, da imamo v Sloveniji v uporabi v največjih primerih trikraka vozlišča v obliki trikotnik (triangel), bi bilo smiselno, da bi se za štirikraka vozlišča uporabljala oblika malteškega križa, ki je po karakteristikah najbližji obliki trikotnika (triangla).

5.4 Vpliv javne razsvetljave

Kot smo že povedali tekom magistrske naloge, je VNK prometno varno takrat, kadar so njegovi bistveni elementi pravočasno razpoznavni, pregledni in razumljivi, in so tako tekoče prevozniki brez težav ali dilem o pravilnosti in varnosti vožnje. Slednje zagotavljajo pravilno urejene prometno-tehnične karakteristike vozniških pasov na VNK. Na zagotavljanje pravočasne razpoznavnosti pa ima vsekakor vpliv tudi javna razsvetljava.

Kot smo spoznali tekom magistrske naloge so glavni dejavniki za nastanek prometnih nesreč voznik, vozilo ali okolje ali pa različne kombinacije navedenih dejavnikov. Če povzamemo, da je za nastanek nesreč kot glavni dejavnik kriv voznik, in da je eden najpogostejših vzrokov nezgod, pri navedenem dejavniku neustrezno opazovanje oz. zamuda v prepoznavi, kjer razmere to zahtevajo, lahko upravičeno sklepamo, da bi javna razsvetljava pripomogla k večji prometni varnosti na VNK.

Iz pridobljenih podatkov lahko ugotovimo, da se kar 29 % nesreč na AC v obravnavanem obdobju zgodi v nočnem času. Mednje sodijo prav gotovo tudi nesreče, ki so imele za vzrok zamudo v prepoznavi. To še toliko bolj velja na področju VNK, kjer se na relativno kratkem odseku pojavlja večje število geometrijskih in tehničnih elementov, ki naj bi bili pravočasno razpoznavni.

Navedene ugotovitve potrjuje tudi izvedba novejših VNK, ki so že opremljena z javno razsvetljavo. Za zagotovitev večje prometne varnosti na VNK bi bilo potrebno tudi ostala VNK opremiti z javno razsvetljavo, kar tudi finančno ne bi predstavljalo prevelikega stroška v primerjavi s posledicami prometnih nesreč.



Slika 33: Primer VNP Lendava opremljenega z javno razsvetljavo

5.5 Vpliv prometne signalizacije in opreme

Na prometno varnost na VNK imata velik vpliv tudi prometna signalizacija in prometna oprema na VNK. Vsa VNK so približno enako opremljena s horizontalno prometno signalizacijo, medtem ko se po opremljenosti z vertikalno prometno signalizacijo in prometno opremo, kar precej razlikujejo. Podobno kot pri oblikovanju VNK se tudi iz povedanega jasno kaže čas izgradnje določenega VNK. Ob tem je potrebno še povedati, da je težko določiti velikost vpliva na prometno varnost na VNK, ki izhaja iz prometne signalizacije in prometne opreme na VNK.

Naraščajoči prometni volumni in hitrosti izjemno vplivajo na pravilno vodenje prometa. Pri tem imajo najvažnejšo vlogo prometne table in smerokazi za najavo spremembe načina vožnje in za pravočasno obveščanje voznikov, da se približujejo območju, kjer bodo oni ali drugi vozniki v prometnem toku spremenili način vožnje. (Direkcija Republike Slovenije za ceste. 2003. TSC 03.343 (predlog, februar 2002), str. 9)

Od pravilnega vodenja prometa so bistveno odvisni elementi prometne varnosti kot so: razpoznavnost, preglednost in razumljivost VNK. Table za usmerjanje prometa morajo biti usklajene z drugimi elementi prometne opreme.

Možnost za pravilno postavitve tabel za usmerjanje prometa (pred in v samih VNK), določa tudi minimalne razdalje do naslednjega priključka ali vozlišča in bistveno vpliva na izbor sistema priključkov oziroma vozlišč. Zato mora biti možnost postavitve smerokazov upoštevana že pri zasnovi razvrstitve in izbora VNP in VNV.

Podatki o opremi VNP oz. VNV so nujni sestavni deli projekta za križišče, saj obnašanja med vožnjo, potrebnega za prepustnost in varnost prometa, ni mogoče zagotoviti le s primarno izbiro geometrijskih elementov VNP ali VNV.

Izhajajoč iz načela prometne tehnike, da je gradnjo, projektiranje in eksploatacijo cestnega prometa potrebno obravnavati kot celoto, je potrebno vzporedno s projektom priključka ali vozlišča izdelati tudi projekt prometne opreme na njem.

Table za vodenje prometa v VNP ali VNV morajo zagotavljati pravočasno usmerjanje voznika glede na geometrijske značilnosti priključka oziroma vozlišča. Posebnost predstavljata dodajanje in odvzemanje prometnih pasov.

Table se postavljajo na zadostni oddaljenosti od napovedane situacije, dopolnjene s podatkom o oddaljenosti (dodatna tabla).

Za ločevanje prometnih tokov table z znaki za usmerjanje prometa niso nujno potrebne, če je zmanjšanje števila pasov prikazano s puščicami na smerokazih. Na pasovih za prepletanje, ki so daljši kot 500 m, se postavijo table - dodajanje pasov.

Dodajanje pasov označimo s prometnimi tablami, kadar prometni pas za prepletanje poteka ob pasu glavne prometne smeri najmanj 500 m.

Kadar se večpasovna cesta zoži za en voznik, je potrebno postaviti table, ki označujejo začetek zožitve skupaj z dopolnilno tablo o oddaljenosti od zožitve.

Vpliva prometne signalizacije in opreme na prometno varnost ne moremo dokazovati neposredno, zaradi številnih že navedenih dejavnikov, ki vplivajo na prometno varnost. Posredno pa naveden vpliv potrjuje pretekla ureditev elementa cestne infrastrukture, ki je s stališča prometne varnosti še bolj problematičen, kot VNK. To pa je predor.

Na tem področju je bilo v preteklosti ogromno postorjenega. Prometna varnost se je v predorih izboljšala predvsem zaradi zadostne in ustrezne prometne signalizacije in opreme.

Vsa VNK bi bilo potrebno opremiti s spremenljivo prometno signalizacijo (portali), podobno, kot jo srečamo pred cestnimi predori, na odprtih trasah, ki so problematične s stališča prometne varnosti in tudi že na nekaterih VNK. Z njimi bi tudi s psihološkega stališča (vpliv voznika na prometno varnost) bolj spodbudili na spremljanje prometne signalizacije in dogajanje v prometu. Spremenljiva prometna signalizacija bistveno bolj vpliva na voznika kot nespremenljiva, saj sama po sebi sili voznika, da spremlja obvestila in tako z njimi pridobiva iskane informacije za varno vožnjo.

Navedena signalizacija bi tudi upravljavcu infrastrukture omogočala predhodno opozarjanje voznikov na morebitne faktorje, ki v tistem trenutku najbolj vplivajo na prometno varnost.

Z izboljšano prometno signalizacijo in opremo bi ustvarili tudi pogoje za natančno spremljanje prometa, kot so gostota prometnih tokov, povprečni letni dnevni promet, hitrost in drugo, česar do danes nismo imeli in predstavlja ključni problem za podrobnejšo analizo obravnavane tematike. Navedeno ureditev bi lahko uredili v sklopu elektronskega ali satelitskega cestninjenja prometa.

Ne smemo pa pozabiti tudi na dodatno prometno opremo. Vsa VNK, izvozne pasove, bi bilo potrebno opremiti z naletnimi mehovi, ki bi povečali pasivno varnost navedenih objektov.

Dvosmerne rampe, ki so sestavni del VNP, bi bilo potrebno fizično ločiti vozne pasove z BVO (betonska varnostna ograja) ali z JVO (jeklena varnostna ograja). Že sama fizična ločitev pasov na avtocestah potrjuje višjo stopnjo prometne varnosti. Navedeno potrjuje tudi opravljena analiza VNP v prilogah. Lahko bi jih uredili kot demontažne prehode na glavni trasi. Cenovno bi bilo še sprejemljivo in izvedljivo v doglednem času. Navedeno ureditev potrjuje in navaja tudi Pravilnik o projektiranju cest, UL RS, št. 91/2005 v 5. odstavku 46. člena. Navajam: »Na dvosmerni rampi priključka AC ali HC je treba ločiti vozišči z ločilnim pasom širine 1,50 m«.



Slika 34: VNV Dolga vas - Primer dobro urejenega VNV s prometno signalizacijo in opremo

Križišča pred VNP, ki sicer niso sestavni del VNK, bi bilo potrebno urediti tako, da bi v maksimalni meri onemogočala poskus vožnje v napačno smer. To bi dosegli lahko s polmeri na izvozu z nivojskega križišča pred začetkom uvozne rampe. Kot dober primer predstavljajo VNP s krožnim križiščem na začetku in koncu rampe oziroma romb s krožiščem in romb z zunanjimi pasovi za leve zavijalce. Navedeno rešitev bi dopolnjevala tudi ločitev vozišč na dvosmernih rampah.

Zaradi stalnega preseganja omejenih hitrosti na enosmernih izvoznih rampah bi bilo potrebno optično zožiti rampe. Navedeno bi lahko uredili s talno horizontalno signalizacijo, ki bi še

vedno omogočala zadostno širino cestišča, bi pa optično zožila vozišče in s tem pripomogla k nižji hitrosti voznikov na navedenem odseku.

V povezavi s prometno signalizacijo je potrebno rešiti tudi označevanje odstavniških niš na AC, kjer niso urejeni odstavni pasovi. Podobna horizontalna signalizacija za te niše pred območjem VNK lahko voznike zavaja in povečuje možnost nastajanja prometnih nesreč.

5.6 Vpliv pogostosti VNK

V magistrski nalogi smo že obravnavali pogostost VNK. Tam so tudi predstavljene priporočljive minimalne razdalje, ki še ne vplivajo na pravila za postavitve prometne signalizacije za usmerjanje prometa in na kvaliteto prometnega toka. Ugotovljeno je bilo, da veliko število VNK predvsem v urbanih predelih ne upošteva priporočljivih minimalnih razdalj med VNK. Ugotovljeno je bilo tudi, da so se na urbanih predelih pogosto uporabile rampe za prepletanje, ki so s stališča prometne varnosti najbolj sporne. Še večji problem pa se odraža na VNV. Kot smo ugotovili so VNV najbolj problematična s stališča prometne varnosti, a kljub temu so znotraj VNV izvedeni VNP, ki prav gotovo vplivajo na prometno varnost na navedenih odsekih (VNV Zadobrova).

V prihodnosti ni za pričakovati, da bi VNK, ki ne ustrezajo minimalnim dopustnim razdaljam, med katere sodijo VNP, eliminirali. Zato bo predvsem potrebno urediti prometno signalizacijo za obveščanje in omejevanje hitrosti. Smiselno bi bilo tudi podaljšanje vključevalnih in izključevalnih pasov med dvema sosednjima VNK in jih urediti kot rampe za prepletanje, ki kljub temu, da so s stališča prometne varnosti manj primerna, vseeno zagotavljajo večje dolžine za vključevanje in izključevanje na glavni smeri. Nazoren primer take rešitve je sanacija povezave med priključkoma Zaloška in Sneberje na ljubljanski vzhodni AC.

5.7 »Idealno« VNK

V magistrski nalogi smo prišli do kar nekaj ugotovitev. Poleg ugotovitev, ki izhajajo iz potrjenih ali ovrženih hipotez, so ugotovitve prikazane tudi v tem poglavju. Nekatere ugotovitve so bolj nekatere manj pomembne. Ob tem se poraja vprašanje o morebitni uvedbi popolne tipizacije geometrijskih in tehničnih elementov na VNK, ki bi bila iz vidika voznika še najboljša rešitev. Iz vseh ugotovitev, dosedanjih raziskav, terenskega ogleda in zbrane literature lahko za konec oblikujemo »popolno« VNK.

5.7.1 »Popolno« VNP

»Popoln« VNP naj bi vseboval in bil sestavljen iz naslednjih prometno-tehničnih karakteristik:

- opremljen naj bi bil z javno razsvetljavo,
- opremljen naj bi bil z ustrezno in zadostno vertikalno in horizontalno signalizacijo,
- vseboval naj bi elemente pasivne varnosti, kot so BVO, JVO, naletne mehove, ipd.,
- zagotovljene naj bi bile vsaj priporočljive minimalne razdalje med VNK za primer močno obremenjenih odsekov,
- opremljen naj bi bil z portali, ki omogočajo spremenljivo prometno signalizacijo, poleg tega naj bi služili tudi za zbiranje prometnih informacij, kot so PLDP, hitrost, gostota, oddaljenost vozil, ipd.,
- deviacije VNP naj bi bile višinsko vodene nad osjo glave trase, tako da bi vozila, izvažala višinsko navzgor, uvažala pa navzdol,
- začetek in konec ramp na deviaciji (podrejeni cesti), naj bi bil urejen s krožnim ENK, ki bi fizično ločil pasove na rampi, tudi na tri krakih VNP,
- uporabljene naj bi bile krožne prilagojene direktne rampe,
- velikost polmera ramp in niveletni potek naj zagotavlja pregled nad celotno rampo do ENK oz. pospeševalnega pasu,
- VNP naj bo načrtovan v premi glavne osi nadrejene ceste,
- estetsko naj bo usklajen z ostalimi linijami v prostoru,

- dolžina lokov naj bo pri zaporednih polmerih približno enaka

5.7.2 »Popolno« VNV

»Popolno« VNV naj bi vsebovalo in bilo sestavljen iz naslednjih prometno-tehničnih karakteristik:

- opremljen naj bi bil z javno razsvetljavo,
- opremljen naj bi bil z ustrezno in zadostno vertikalno in horizontalno signalizacijo,
- vseboval naj bi elemente pasivne varnosti, kot so BVO, JVO, naletne mehove, ipd.,
- zagotoviti priporočljive minimalne razdalje med VNK za primer močno obremenjenih odsekov,
- opremljen naj bi bil z portali, ki omogočajo spremenljivo prometno signalizacijo, poleg tega naj bi služili tudi za zbiranje prometnih informacij, kot so PLDP, hitrost, gostota, oddaljenost vozil, ipd.,
- uporabljene naj bi bile krožne direktne in pol direktne rampe
- velikost polmerova ramp in niveletni potek naj zagotavlja pregled nad celotno rampo do pospeševalnega pasu,
- estetsko naj bo usklajen z ostalimi linijami v prostoru,
- trikrako VNV naj bo čim bolj v obliki trikotnika, pri štirikrakem VNV pa naj se cesti križajo čim bolj pravokotno,
- pred rampo naj bo izvedena blaga krivina,
- število voznih pasov preko ramp naj bo konstantno,
- v vsakem primeru je treba upoštevati pravilo, da se število pasov zmanjšuje ali povečuje za po 1 pas (primer napake: VNV Kozarje).

POVZETEK

Večnivojska križišča predstavljajo pomemben element cestne infrastrukture, vendar se jim do danes ni posvečalo prav veliko pozornosti. Na podlagi dejstva, da se na večnivojskih križiščih na relativno kratki razdalji pojavlja večje število najrazličnejših geometrijskih in tehničnih elementov vozniških površin, ki lahko vplivajo na prometno varnost, je bil postavljen tudi glavni cilj magistrske naloge, in sicer kako izbira prometno-tehničnih karakteristik vozniških pasov vpliva na prometno varnost na večnivojskih križiščih. Prvo prizadevanje za uspešnejše načrtovanje in urejanje večnivojskih križišč so bili storjeni leta 2002 s pripravo Tehnične specifikacije za javne ceste (TSC 03.343, predlog, februar 2002): Večnivojski priključki in vozlišča. A je žal ostalo le pri predlogu. Zato je bil tudi namen magistrske naloge najti ustrezne predloge, ki naj bi se smiselno vključili v končno verzijo navedene tehnične specifikacije.

V nalogi so predstavljena večnivojska križišča. Kdaj, kje in zakaj se uporabljajo. Predstavljeni so osnovni sklopi večnivojskih križišč, kot so rampe, izvozni pasovi, uvozni pasovi, s svojimi tipičnimi deli, kot tudi pasovi za prepletanje. Predstavljene so tudi različne razdelitve večnivojskih križišč, kot tudi tipične oblike večnivojskih križišč, ki so poimenovane na podlagi subjektivnega videnja določenega večnivojskega križišča, ki se primerja z znano obliko predmeta.

Obravnavana je prometna varnost, na katero vplivajo voznik, vozilo in okolje, kot samostojno, ali kot različna kombinacija navedenih dejavnikov. Dejavniki okolja je predstavljen bolj podrobno. Tu se srečamo z najrazličnejšimi vplivi, ki izhajajo z okolja. Sem sodijo tako vremenske razmere, na katere praktično nimamo vpliva, kot tudi same lastnosti cestnega telesa, ki smo ga uredili nekje bolj, nekje manj primerno za vožnjo vozil in za uporabo voznika. Dejavniki, ki vplivajo na prometno varnost, ki izhajajo iz skupine okolja in se jih da regulirati z elementi vozniških površin in s tem vplivati na nivo prometne varnosti na večnivojskem križišču so hitrost, preglednost, pogostost večnivojskih križišč in prometne obremenitve in prepustnost ceste. Ti dejavniki so tudi podrobno obrazloženi in predstavljeni. Predstavljene so tudi metode za določevanje prometne varnosti, kot so število nesreč na en

kilometer, pogostost nesreč kot tudi stopnja prometnih nesreč. Predstavljena je tudi usklajenost elementov voznih površin na večnivojskih križiščih, kot tudi problematika s katero se srečujemo pri navedeni tematiki.

Analiza VNK iz vidika prometne varnosti je pokazala, da imamo v Sloveniji dokončan osnovni avtocestni križ in praktično v celoti z njim povezana večnivojska križišča. Ugotovljeno je, da so bile za oblikovanje VNK uporabljena najrazličnejše oblike VNV in VNP. Lahko rečemo, da se iz njihovih oblik, dimenzij in elementov jasno kaže čas nastajanja avtocestnega križa in z njim povezanih VNK, od osnovnih tipov VNK, ki so bila uporabljena na samem začetku gradnje avtocestnega križa, do novejših, pri katerih so bili uporabljeni novi tipi VNK, povzetih po izkušnjah iz tujine. Nato je sledil čas najrazličnejšega prilagajanja in modifikacij že znanih VNK. Iskale so se optimalne vrednosti temeljnih parametrov kot so hitrost, preglednost, ..., ki vplivajo na prometno varnost na VNK. Zelo pomemben dejavnik poleg prometne varnosti je postal tudi vpliv na okolje. Za zadovoljitev teh potreb in zahtev so bile ene rešitve bolj, druge pa manj uspešne. Vsekakor se je prometna varnost z izgradnjo avtocestnega križa in z njim povezanih VNK zelo močno povečala.

Za potrebe potrditve oz. ne potrditve hipotez v tej magistrski nalogi smo obravnavali vse ceste vključno s priključki pri katerih se srečamo z VNK. Odsekom navedenih cest je bilo ugotovljeno število prometnih nesreč, ki so za obdobje od leta 2009 do leta 2012 navedene na internetni strani, <http://nesrece.avp-rs.si/>. Kjer so bili podatki dostopni, smo obravnavanim odsekom dodelili tudi njihovo dolžino in povprečni letni dnevni promet. Tu se je pokazala glavna pomanjkljivost zbranih podatkov, saj za večino odsekov, ki so povezani z VNK, podatkov o PLDP ni na voljo. Zaradi potreb po bolj natančnih vhodnih podatkih o številu prometnih nesreč na VNK so bili v analizo vključeni vsi VNP na »gorenjski avtocesti« A2 od št. odseka 0001 do št. odseka 0015 oziroma od mejnega prehoda Hrušica do VNV Kozarje. Pa tudi pri tem je bila potrebna dodatna natančna analiza, ker so uradne evidence nesreče na izvoznih in uvoznih pasovih pripisovale odsekom odprte trase in ne odsekom VNK. Podobno je bilo storjeno tudi za celotno »pomursko avtocesto« A5 od VNV Dragučova do mejnega prehoda Pince.

Na podlagi podatkov o prometnih nesrečah smo opravili preveritev hipotez, ki smo si jih zadali v uvodu magistrske naloge.

Analiza za prvo hipotezo, da so VNK s stališča prometne varnosti bolj problematična kot odprta trasa, je pokazala, da je navedena hipoteza potrjena. Na začetku vse metode niso potrjevale navedene hipoteze, a se je kasneje na podlagi podrobnejše analize izkazalo, da lahko navedeno hipotezo potrdimo. Pri iskanju odgovora za navedeno hipotezo je glavni problem predstavljal pomanjkanje podatkov o PLDP na VNK. Z ureditvijo te pomanjkljivosti bi bilo v prihodnje možno navedeno hipotezo potrditi tudi z večjo stopnjo verjetnosti.

Analiza druge hipoteze, da izbira vrste in oblikovanja VNK ne vpliva na prometno varnost v takem križišču, je pokazala, da je navedena hipoteza ovržena. Ugotovimo lahko, da na prometno varnost v takšnem križišču vpliva predvsem izbira uporabljenih geometrijskih in tehničnih elementov. Tako njihova oblika kot velikost. Uporaba navedenih elementov pa posredno vpliva na obliko VNK, ki pa so poimenovana na podlagi subjektivnega videnja določenega VNK, ki se primerja z obliko znanega predmeta.

Analiza tretje hipoteze, da oblikovanje in dimenzioniranje izvoznih in uvoznih pasov na VNK ni odvisno od prometnih obremenitev na glavni smeri in na rampah, je pokazala, da je navedena hipoteza ovržena. To se kaže že z delitvijo VNK na VNP in na VNV. Pri slednjih se pojavljajo bistveno večje prometne obremenitve kot na VNP. Zato se pri VNV uporabljajo bistveno večji geometrijski in tehnični elementi. Izkazalo se je, da število prometnih nesreč narašča s prometno obremenitvijo na glavni pa tudi na stranski smeri. Ob tem smo spoznali tudi ostale vplive posameznih elementov uvoznih in izvoznih pasov.

Pri četrti hipotezi, da izbira in zaporedje velikosti geometrijskih in tehničnih elementov vozniških pasov na rampah VNK nimata vpliva na nastajanje prometnih nesreč, smo ugotovili, da je hipoteza ovržena. Načeloma bi z izbiro in velikostjo geometrijskih in tehničnih elementov, če bi izbrali zelo majhne, lahko oblikovali popolnoma neprevozno VNK in bi s tem vplivali na prometno varnost in s tem na nastajanje prometnih nesreč. V sklopu navedene raziskave smo pregledali tudi vplive posameznih geometrijskih in tehničnih elementov, ki pozitivno oz. negativno vplivajo na nastajanje prometnih nesreč na VNK.

Analiza pete hipoteze, da višinsko vodenje ramp nima vpliva na nastajanje prometnih nesreč, je pokazala, da je navedena hipoteza ovržena. Vse metode, ki smo jih uporabili, so namreč pokazale, da višinsko vodenje ramp ima vpliv na nastajanje prometnih nesreč. Izkazalo se je, da so VNK, pri katerih poteka podrejena cesta nad osjo glavne trase (nadvoz), s stališča prometne varnosti bolj ugodna kot VNK, pri katerih poteka podrejena cesta pod osjo glavne trase (podvoz). S pridobitvijo podatkov o PLDP na navedenih odsekih, ki manjkajo, bi bilo v prihodnje možno navedeno hipotezo potrditi tudi z drugimi metodami za določevanje prometne varnosti.

Na podlagi izdelanih analiz, pri iskanju odgovorov na postavljene hipoteze in terenskega ogleda VNK, so predstavljeni predlogi za izboljšanje stanja prometne varnosti na večnivojskih križiščih. Ugotovljeno je bilo, da je urejenost zakonodaje na tem področju slaba in je skrajni čas, da se uredi tudi za področje večnivojskih križišč. Prav tako bi bilo potrebno urediti in poenotiti področje strokovnih izrazov. Ugotovljeno je bilo, da na stopnjo prometne varnosti vpliva tudi javna razsvetljava. Zato bi bilo potrebno vsa VNK opremiti z javno razsvetljavo. Prav tako bi bilo potrebno VNK opremiti z boljšo in dodatno prometno signalizacijo, predvsem s spremenljivo prometno signalizacijo (portali). Navedeno ureditev zagovarja tudi dejstvo, da bi s tem dobili osnovo za natančno spremljanje prometa, ki jo do danes nismo imeli in predstavlja ključni problem za podrobnejšo analizo obravnavane tematike. Ugotovljen je bil tudi vpliv pogostosti VNK, ki so predvsem v urbanih predelih na prekratki medsebojni razdalji. Prav zaradi tega bi bilo smiselno pri preblizu lociranih VNK v primeru podaljšanja vključevalnih in izključevalnih pasov navedeno pomanjkljivost urediti kot rampe za prepletanje, ki kljub temu, da so s stališča prometne varnosti manj primerna, vseeno zagotavljajo večje dolžine za vključevanju in izključevanje na glavni smeri. V bodoče pa bi bilo obvezno treba ob novogradnjah zagotavljati vsaj priporočene minimalne razdalje.

Na podlagi odgovorov na zastavljene hipoteze in ostalih ugotovitev smo prišli do spoznanja, da je s pravilno izbiro prometno-tehničnih elementov na večnivojskih križiščih možno vplivati na stopnjo prometne varnosti na njih.

SUMMARY

Multi-level intersections are considered to be an important factor of road infrastructure. Unfortunately, there has not been enough attention paid to them in the recent years. Considering the fact that on a relatively short distance multi-level intersections include many different geometric and technical elements of road surfaces which can influence road safety, the main aim of the Master's thesis was set, namely how the choice of traffic-technical characteristics influences road safety in multi-level intersections. By introducing motion of Technical Specifications for Public Roads in February 2002 (TSC 03.343: Multi-level Road Junctions and Interchanges), there were first steps made towards regulating the multi-level intersections. But it went no further than that; therefore the purpose of the Master's thesis was to find sensible suggestions to be included in the final version of the technical specification.

The thesis presents different types of multi-level intersections, and their applicability according to when, where and why they are used. The basic parts of multi-level intersections, such as ramps, on- and off-slips with their typical elements, and also weave lanes are presented. various categorizations of multi-level intersections, and different design of multi-level intersections, named after similarly shaped objects are also given.

The thesis also deals with road safety influenced either independently by drivers, vehicles and the environment, or by different combinations of the aforementioned. The environmental factor is presented in more detail. Here we come across a variety of environmental influences. These include both the weather conditions, which are practically uncontrollable, as well as the features of the road itself, which is in some places more and in others less suitably arranged for usage by vehicles and drivers. Road safety affecting factors that belong to the environmental influences that can be regulated by roadway elements and therefore influence the level of road safety in multi-level intersections, are speed, intersection visibility, frequency of multi-level intersections, heaviness of traffic, and traffic throughput. These factors are also explained and presented in detail. The thesis includes the presentation of methods for determining road safety, such as the number of traffic accidents per kilometre, the frequency of accidents and the rate of accidents as well Compatibility of carriageway

elements on multi-level intersections is also dealt with, as are the problems we are faced with on this topic.

The analysis of multi-level intersections from the perspective of road safety has shown that Slovenia has a finished basic motorway network and practically all multi-level intersections linked to it. It was established that a variety of multi-level junctions and interchanges were used for multi-level intersections. We could say that their shapes, dimensions and elements clearly show the date of construction of the motorway network and its corresponding multi-level intersections. From the basic types of multi-level intersections used at the very beginning of the construction, further construction can be seen in the use of new types of multi-level intersections adopted from abroad. Later it was time for different adjustments and modifications of existent multi-level intersections. Optimum features of the bases, such as speed, visibility, etc., that influence road safety on multi-level intersections were strived for. Besides road safety, environmental influence was a very important factor. In meeting those needs some solutions were more successful than others. Indeed, the construction of the motorway network and related multi-level intersections has increased road safety.

To confirm or reject the hypotheses in this Master's thesis, all the roads including every junction with multi-level intersections were regarded. We established the number of traffic accidents on the sectors of those roads in the period between 2009 and 2012, as stated on the web-page <http://nesrece.avp-rs.si/>. The sections taken into consideration were also determined their length and the annual average daily traffic, wherever the information was accessible. The major weakness occurred in the lack of gathered information on AADT for most of the sectors connected with multi-level intersections. For the purposes of gathering more detailed data on the number of traffic accidents on multi-level intersections, we have analysed all junctions on the Gorenjska motorway A2 from segment no. 0001 to segment no. 0015, namely from Hrušica border crossing to Kozarje multi-level interchange. A more detailed analysis was made since the official records have been attributing accidents on on- and off-slips to open route sectors instead of multi-level intersections. A similar thing was done also for the whole of the Pomurje motorway A5 from Dragučova multi-level interchange to Pince border crossing.

Based on the data on traffic accidents, an evaluation of the hypotheses developed in the introduction of the Master's thesis was made.

Analysis of the first hypothesis, that from the standpoint of road safety multi-level intersections are more problematic than open route sectors, has confirmed the hypothesis as correct. At the beginning, not all the methods were defending this hypothesis, but further analysis has proved the hypothesis to be correct. The main difficulty in finding the answer was the lack of information on AADT on multi-level intersections. The hypothesis could be supported with an even higher degree of credibility if the identified shortcomings are addressed in the future.

Testing of the second hypothesis, that the choice of type and design of multi-level intersections does not affect intersection road safety, has rejected the hypothesis. It can be established that intersection road safety is affected primarily by the choice of geometric and technical elements, both their design and their size. Application of those elements indirectly affects the design of multi-level intersections, named after similarly shaped objects.

Examination on the third hypothesis, that design and dimension of on- and off-slips on multi-level intersections does not depend on traffic throughput on mainlines and on the ramps, has rejected the hypothesis. This can already be seen from the division of multi-level intersections into multi-level junctions and interchanges. The latter display a fundamentally greater traffic throughput than junctions. Hence, essentially larger geometric and technical elements are used for multi-level intersections. It turned out that the number of traffic accidents increases with traffic throughput on mainlines, and also on sidelines. This introduced us also to other effects of individual elements on on- and off-slips.

The fourth hypothesis, that the choice and the order of the sizes of geometric and technical elements on the intersection ramps have no effect on traffic accidents, was refuted. In principle, the choice of very small geometric and technical elements would create a completely intransitive intersection, which would affect road safety and consequently cause traffic accidents. The research included a review of positive and negative effects of geometric and technical elements on traffic accidents at multi-level intersections.

Analysis of the fifth hypothesis, that grade-separated ramps have no effect on traffic accidents, has rejected the hypothesis. All of the used methods showed that grade separation has an impact on traffic accidents. It turned out that multi-level intersections with a minor road running above a main road axis (overpass) are from the road safety standpoint more favourable than intersections where a minor road runs under the main road axis (underpass). By acquiring information on AADT at the aforementioned sectors, this hypothesis could be confirmed also with other methods for determining road safety.

Based on the analyses conducted at finding the answers to the stated hypotheses and field visits to multi-level intersections, suggestions for improvement of road safety at multi-level intersections are put forward. It was established that legislation concerning the topic is not adequate, and that it was time for a regulation of the field of multi-level intersections. It would be necessary to edit and standardize the terminology as well. It was found out that the level of road safety is also affected by public lighting, therefore it should be a mandatory addition to all intersections. Multi-level intersections should also be equipped with better and additional traffic signalization, especially with adaptive traffic control signalization (portals). Such an arrangement is advocated by the fact that it would give us the base for exact traffic control, which has been nonexistent so far and presents the key issue for detailed analysis of the topic of concern. The effect of intersection frequency was established, namely the insufficient distance between two intersections, especially in the urban areas. In this case the connection of two neighbouring intersections is needed. Although thus creating a weaving lane, which is known to be less favourable from the point of view of traffic safety, greater lengths for entering and exiting the mainline are provided. In the future new motorway constructions should be provided with the recommended minimum distances between two intersections.

Based on the answers to the hypotheses and other considerations it was realised that it is possible to influence the level of road safety if traffic-technical elements in multi-level intersections are chosen properly.

ZAKLJUČEK

Ob zaključku se lahko navežemo na uvodne misli iz samega uvoda v magistrsko nalogo. Udobnost, gospodarnost in ekonomičnost bodo uporabniki cest našli skupaj s prometno varnostjo. Z vlaganjem v prometno varnost, pri čemer morajo sodelovati tako strokovnjaki kot tudi uporabniki cest, se bo povečala pretočnost, zmanjšali časi potovanj, znižali stroški zavarovanj in drugo. Predvsem pa bo manj socialnih tegob, ki so stalne spremljevalke prometnih nesreč.

Vsako VNK, med katere uvrščamo VNV in VNP, ima določene prednosti in slabosti. Nekateri omogočajo večjo prepustnost, nekateri večje hitrosti, nekateri imajo manjše negativne vplive s posege na okolje, nekateri so bolj prijazni do voznikov in vozil in tako naprej. Iluzorno je pričakovati, da bi lahko glede na ugotovitve preoblikovali vsa že zgrajena VNK v najbolj ustrezna. Lahko pa se izvedejo manjše dopolnitve, kot so preureditev talnih označb, ureditev prometne signalizacije (ponekod tudi z odstranitvijo prevelikega števila te opreme), ureditev javne razsvetljave, zagotovitev konstantnih prečnih profilov ramp, podaljšanje zaviralnih in pospeševalnih pasov (utrditev obstoječih odstavnih pasov), dodatna prometna oprema in podobno.

Na podlagi stopnje kakovosti in natančnosti zbranih vhodnih podatkov, ki jih trenutno zbirajo uradne evidence, je iluzorno pričakovati, da bi lahko ugotovili, kako na primer razlika v prečnem nagibu, niveletnem poteku, dolžini in druge karakteristike elementov vozniških površin na VNK vplivajo na prometno varnost. Dejstvo je, da daljši in večji elementi vozniških površin, vendar ne preveliki, dobro vplivajo na stopnjo prometne varnosti. Z bolj natančnimi in manjkajočimi vhodnimi podatki bi bilo možno v prihodnosti ugotoviti tudi njihov vpliv na prometno varnost.

VNK bi bilo potrebno opremiti z izboljšano detekcijo dogajanja. S tem bi pridobili tudi osnovo za pridobivanje vhodnih podatkov, kot so povprečni letni dnevni promet, hitrost vozil, medsebojna razdalja, gostota prometa. Navedene pomanjkljivosti so tudi bistveni vzrok za to, da ni mogoče narediti detajlnejše analize prometne varnosti na VNK.

Navedene spremembe bodo še bolj učinkovite, če se bo sodelovanje z drugimi strokami še povečalo. Od psihologov se pričakuje še bolj aktivno delovanje na področju prometne psihologije voznika, od avtomobilske industrije pa tudi še večje vlaganje v razvoj pasivne in aktivne varnosti vozila. Če bo res vsako področje opravilo svoje delo nam povečanje prometne varnosti oziroma zmanjšanje števila prometnih nesreč ne more izostati. Smiselno bi bilo razmisliti tudi o ustanovitvi kakšnega organa, ki bi se ukvarjal z vsemi dejavniki, ki vplivajo na prometno varnost. Trenutno te naloge s področja voznika in vozil opravlja Javna agencija Republike Slovenije za varnost v prometu. Predstavlja dobro osnovo, da bi se vanjo vključili tudi strokovnjaki, ki pokrivajo področje urejenosti cestnega telesa (projektanti, vzdrževalci). S tem bi imeli na enem mestu združene vse dejavnike, ki vplivajo na prometno varnost. Tako bi lahko že v samih idejnih zasnovah bodočih vlaganj v cestno infrastrukturo, med katere sodijo tudi VNK, s svojimi pogoji in soglasji vplivali na prometno varnost.

Na podlagi ugotovitev bi bilo najprej potrebno urediti poglavja zakonodaje in terminologije. Skrajni čas je, da s sprejemom pravilnika oziroma tehnične specifikacije za večnivojska križišča postavimo osnovo za njihovo projektiranje, gradnjo in vzdrževanje in posledično za spremljanje prometne varnosti na njih.

Na podlagi ugotovitev, predvsem pa na podlagi dejstva, da se na VNK, na majhni razdalji pojavljajo najrazličnejši elementi voznih površin, ki posredno vplivajo na prometno varnost in so s tem s stališča prometne varnosti bolj problematična kot odprta trasa, bi jim bilo potrebno v prihodnje posvetiti nekoliko več strokovne pozornosti.

Prometna infrastruktura in s tem VNK so kompleksen objekt in prometne varnosti na njih ne moremo pripisati zgolj izbranim elementom voznih površin, kar smo v tem delu raziskovali, temveč tudi drugim faktorjem, ki so v določenem trenutku prisotni.

Pravilno je, da se posvečamo tako majhnemu vplivu na stopnjo prometne varnosti na VNK, kot ga predstavlja vpliv prometno-tehničnih karakteristik voznih pasov, saj lahko nekatere elemente optimiziramo. Ni pa za pričakovati, da bomo s tem uredili popolno VNK. Kot smo

spoznali, mora varno VNK napraviti predvsem voznik s svojo zbranostjo in prometno kulturo, za katero se vendarle lahko ugotovi, da je vedno boljša.

Nekatere ugotovitve, ki smo jih spoznali v tem delu, lahko prenesemo tudi na druga sorodna področja. Nekatere pa lahko prav gotovo povežemo tudi s celotno prometno stroko. Predvsem ima na tem področju zelo veliko vlogo planiranje, pri katerem se VNK še vedno ne upošteva v zadostni meri.

VIRI

Uporabljeni viri

Agencija za varnost v prometu.

<http://www.avp-rs.si/> (Pridobljeno 7.4.2013.)

AMZS. Program ocene varnosti cest na državnem cestnem omrežju – EuroRAP.

<http://www.amzs.si/si/563/eurorap.aspx> (Pridobljeno 6.4.2013.)

Cunder. R., 2009. Analiza elementov ramp prostorskih križišč v povezavi s prometno varnostjo, Diplomaska naloga – Ljubljana, UL, FGG, Uneverzitetni program Gradbeništvo, Prometna smer (samozaložba R. Cunder):

Človek biološko na tako hitrost ni prilagojen - Planet Siol.net.

http://www.siol.net/novice/slovenija/2011/10/clovek_biolosko_na_tako_hitrost_ni_prilagojen.aspx (Pridobljeno 6.4.2013.)

Direkcija Republike Slovenije za ceste. 2002. TSC 03.343 (predlog, februar 2002) Večnivojski priključki in vozlišča: 8-29.

Direkcija Republike Slovenije za ceste. 2003. TSC 03.200 (predlog, oktober 2003) Temeljni pogoji za določevanje cestnih elementov v odvisnosti od voznodinamičnih pogojev, ekonomike cest, prometne obremenitve in prometne varnosti ter preglednosti: 7-14.

Direkcija Republike Slovenije za ceste. 2003. TSC 03.300 (predlog, oktober 2003) Geometrijski elementi cestne osi in vozišča: 7-37.

Direktiva 2008/96/ES Evropskega Parlamenta in Sveta z dne 19. novembra 2008 o izboljšanju varnosti cestne infrastrukture, Uradni list EU, L 319/59, 29.11.2008.

Furlan, M., 2007. Retrorefleksivnost horizontalne signalizacije in talnih označb, Diplomaska naloga – VSS. Ljubljana, UL, FGG, Oddelek za gradbeništvo, Prometna smer (samozaložba M. Furlan).

Izvennivojsko križanje.

http://sl.wikipedia.org/wiki/Izvennivojsko_križanje (Pridobljeno 6.4.2013.)

Juvanc, A., Rijavec, R. 2005. Projektiranje cest. Geometrijski in tehnični elementi cest. Ljubljana, UL, FGG, Prometnotehniški inštitut.

Juvanc, A., s sodelovanjem Rijavec, R. 2005. Temeljni pogoji za določevanje cestnih elementov. Ljubljana, UL, FGG, Prometnotehniški inštitut.

Juvanc, A. 2003. Projektiranje cest. Ljubljana, UL, FGG, Prometnotehniški inštitut:

Katanić, J., Andjus, V., Maletin, M. 1983. Projektovanje puteva. Građevinska knjiga. Beograd, Gradvinski fakultet Beograd.

Klemencic, A. 1982. Oblikovanje cestovnih čvorišta izvan razine. Zagreb, Građevinski institut Zagreb.

Lavrič, D. 2000. Metodologija raziskovanja in načrtovanja ukrepov za izboljšanje prometne varnosti. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba D. Lavrič).

Lekše, J. 2008. Prometna etika in odnosi med udeleženci v prometu.

www.dlib.si/stream/URN:NBN:SI:DOC-0DDDIHTL/.../PDF (Pridobljeno 6.4.2013.)

Ministrstvo za notranje zadeve, Policija. Varna uporaba avtocest – informacija z novinarske konference.

<http://www.policija.si/index.php/component/content/article/35-sporocila-za-javnost/8073--informacija-z-novinarske-konferen> (Pridobljeno 6.4.2013.)

Neufert, E. 2008. Projektiranje v stavbarstvu. Ljubljana, Tehnična založba Slovenije.

Polič, M. 2004. Psihološki pristop k prometni varnosti, Pregledni znanstveni članek.

Pravilnik o cestnih priključkih na javne ceste Uradni list RS, št. 86/2009.

Pravilnik o projektiranju cest Uradni list RS, št. 91/2005.

Presoja varnosti cest.

<http://www.avp-rs.si/seznami-kontakti/presoja-varnosti-cest> (Pridobljeno 6.5.2013.)

Promet in prometna infrastruktura.

http://www.mf.gov.si/fileadmin/mf.gov.si/pageuploads/Prora%C4%8Dun/Sprejeti_prora%C4%8Dun/2012/NRP/06_PROMET_IN_PROMETNA_INFRASTRUKTURA-2012.pdf

(Pridobljeno 6.4.2013.)

Prometna varnost.

http://sl.wikipedia.org/wiki/Prometna_varnost (Pridobljeno 6.4.2013.)

Prometne obremenitve v letu 2009.

http://www.dc.gov.si/fileadmin/dc.gov.si/pageuploads/Promet/Prometne_obremenitve_2009v1.pdf (Pridobljeno 1.1.2014.)

Prometne obremenitve v letu 2010.

http://www.dc.gov.si/fileadmin/dc.gov.si/pageuploads/Stetje_prometa/Prometne_obremenitve_2010_splet.pdf (Pridobljeno 1.1.2014.)

Prometne obremenitve v letu 2011.

http://www.dc.gov.si/fileadmin/dc.gov.si/pageuploads/Stetje_prometa/Stetje2011.pdf (Pridobljeno 1.1.2014.)

Prometne obremenitve v letu 2012.

http://www.dc.gov.si/fileadmin/dc.gov.si/pageuploads/Promet/Promet2013/Prometne_obremenitve_2012.pdf (Pridobljeno 1.1.2014.)

Štetje 2008.

www.dc.gov.si/fileadmin/dc.gov.si/pageuploads/Stetje.../Stetje_2008.xls (Pridobljeno 1.1.2014.)

Zakon o cestah (ZCes-1) Uradni list RS, št. 109/2010, 48/2012.

Zakon o javnih cestah (ZJC) Uradni list RS, št. 29/97, s spremembami in dopolnitvami.

Zakon o pravilih cestnega prometa (ZPrCP) Uradni list RS, št. 109/2010.

Zakon o varnosti cestnega prometa (ZVCP-1) Uradni list RS, št. 83/04, s spremembami in dopolnitvami.

Zakon o vozniki (ZVoz) Uradni list RS, št. 109/2010.

Žlender, B., Polič, M. 2004. Varnost osebnih avtomobilov in interakcija med voznikom in vozilom, Pregledni znanstveni članek.

Ostali viri

Direkcija Republike Slovenije za ceste. 2009. TSC 06.511 : 2009 Prometne obremenitve, določitev in razvrstitev.

Ivanko, Š.1996. Upravni praktikum I: Metodološki seminar. Ljubljana, Visoka upravna šola.

Podatki DARS, d.d.

Richtlinien für die Anlage von Landstraßen, RAS-K2, Bonn, 1976.

Road safety manual: Recommendations from the World Road Association (PIARC) (World Road Association (PIARC): Cedex, Francija, 2003).

Smjernice za projektovanje, gradenje, održavanje i nadzor na putevima, 2005. Funkcionalni elementi i površine puta. Ljubljana/Maribor.

8. Slovenski kongres o cestah in prometu, Varnejše ceste – iluzija ali izziv? http://www.drc.si/Portals/3/aktualnosti/6_prometna%20varnost_screen.pdf (Pridobljeno 6.4.2013.)

Žlender, B. 2001. Alkohol v prometu in prometna varnost.

www.sos112.si/slo/tdocs/ujma/2001/p5_3.pdf (Pridobljeno 6.4.2013.)

SEZNAM PRILOG

- Priloga A: Uporabljeni podatki o odsekih
- Priloga B: VNP »gorenjska« AC
- Priloga C: VNP »prekmurska« AC A5
- Priloga D: VNV
- Priloga E: VNV – tipi in vzroki nesreče

Priloga A: Uporabljeni podatki o odsekih

Priloga B: VNP »gorenjska« AC

Priloga C: VNP »pomurska« AC A5

Priloga D: VNV

Priloga E: VNV – tipi in vzroki nesreče