

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:

Marolt, G., 2015. Predvidljive ceste in ceste, ki odpuščajo napake voznikov. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Lipar, P.): 147 str.

Datum arhiviranja: 21-07-2015

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



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

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

This is original version of final thesis.

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

Marolt, G., 2015. Predvidljive ceste in ceste, ki odpuščajo napake voznikov. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljani, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Lipar, P.): 147 p.

Archiving Date: 21-07-2015

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

**UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI
PROGRAM GRADBENIŠTVO
PROMETNA SMER**

Kandidat:

GAŠPER MAROLT

**PREDVIDLJIVE CESTE IN CESTE, KI ODPUŠČAJO
NAPAKE VOZNIKOV**

Diplomska naloga št.: 3439/PS

SELF-EXPLAINING AND FORGIVING ROADS

Graduation thesis No.: 3439/PS

Mentor:

doc. dr. Peter Lipar

Predsednik komisije:

izr. prof. dr. Janko Logar

Član komisije:

izr. prof. dr. Marijan Žura

izr. prof. dr. Dušan Žagar

Ljubljana, 18. 06. 2015

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako	Vrstica z napako	Namesto	Naj bo
-----------------------	-------------------------	----------------	---------------

IZJAVE

Podpisani Gašper Marolt izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom »Predvidljive ceste in ceste, ki odpuščajo napake voznikov«.

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

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Ljubljana, 1. 6. 2015

Gašper Marolt

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK: 614.8:656.1:625.71(497.4)(043.2)
Avtor: Gašper Marolt
Mentor: doc. dr. Peter Lipar
Naslov: Predvidljive ceste in ceste, ki odpuščajo napake voznikov
Tip dokumenta: Diplomaska naloga – univerzitetni študij
Obseg in oprema: 147 str., 17 pregl., 75 sl., 13 en., 4 pril.
Ključne besede: Predvidljive ceste, ceste, ki odpuščajo napake voznikov, ceste zunaj naselij, vedenje voznika, vožnja, ureditev ceste, obcestje

Izvleček

Ceste zunaj naselij, med katere ne uvrščamo avtocest in hitrih cest, spadajo glede na statistične podatke o prometnih nesrečah med ene izmed najbolj nevarnih cest. V evropskem prostoru na cestah omenjene vrste izgubi življenje največje število prometnih udeležencev. Potencial za izboljšanje varnosti tovrstnih cest preko zmanjšanja števila prometnih nesreč oziroma števila nesreč z najhujšimi posledicami predstavljata dva koncepta različnih strategij, in sicer koncept predvidljivih cest in koncept cest, ki odpuščajo napake voznikov.

Osrednji namen diplomske naloge je teoretična predstavitev predvidljivih cest in cest, ki odpuščajo napake voznikov, ter prikaz možnosti njihove praktične izvedbe. V uvodnem delu naloge je najprej skozi značilnosti in statistiko prometnih nesreč ter teoretično ozadje vedenja in vožnje voznikov predstavljena cestnoprometna varnost s poudarkom na varnosti cest zunaj naselij. Sledi predstavitev med evropskimi pristojnimi organi za ceste najbolj uveljavljenih orodij za vrednotenje in upravljanje varnosti cest. V osrednjem delu naloge sta predstavljena koncepta predvidljivih cest in cest, ki odpuščajo napake voznikov. V zvezi s predvidljivimi cestami sta prikazana dva različna načina za praktično uresničitev koncepta, in sicer kategorizacija cest ter uporaba »predvidljivih« tehničnih ukrepov. Možnost načrtovanja cest, ki odpuščajo napake voznikov, ponazarja strategija, ki predvideva ugotovitev nevarnih ovir ter odstranitev, modifikacijo ovir ali izvedbo zaščite pred ovirami. Teoretičnemu delu naloge sledi obravnava na podlagi rezultatov dveh orodij za vrednotenje varnosti cest izbrane varnostno problematične ceste Unec–Žlebič. Prikazani so rezultati opravljene prometno-varnostne analize ceste, s predstavitvijo pomanjkljivosti ceste in njenega obcestja ter predlaganimi protiukrepi za odpravo njenih »nepredvidljivih« in »neodpuščajočih« lastnosti pa so natančneje obravnavani še najbolj nevarni odseki ceste in križišči.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDK: 614.8:656.1:625.71(497.4)(043.2)
Author: Gašper Marolt
Supervisor: Assistant Professor Peter Lipar, Ph.D.
Title: Self-explaining and forgiving roads
Document type: Graduation Thesis – University studies
Scope and tools: 147 p., 17 tab., 75 fig., 13 eq., 4 ann.
Key words: Self-explaining roads, Forgiving roads, Rural Roads, Driver Behavior, Driving Behavior, Road Design, Roadside

Abstract

According to the road accidents statistics, rural roads are among the most dangerous roads. The highest number of fatal road accidents in Europe happens on rural roads. The potential for improving safety of these roads by reducing the number of road accidents and/or the number of accidents with the most severe consequences is represented by two concepts of different strategies, i.e. the concept of self-explaining roads and the concept of forgiving roads.

The main purpose of this thesis is to present a theoretical overview of self-explaining and forgiving roads, and to provide options for their practical implementation. The introductory part of the thesis presents the concept of road safety, especially safety of rural roads, on the basis of the characteristics of road accidents and their statistics, and the theoretical background of driver and driving behavior. This is followed by an overview of the most established road safety evaluation and management tools among European road authorities. The main part of the thesis presents the two concepts of self-explaining and forgiving roads. Regarding self-explaining roads, the thesis provides two different methods for the practical implementation of the concept, i.e. road categorization and the use of »self-explaining« treatments. The option of planning forgiving roads is represented by the strategy that foresees hazard evaluation, hazard removal, hazard modification or the implementation of hazard protection. The theoretical part of the thesis is followed by an examination on the basis of the results of two road safety evaluation and management tools regarding the road Unec-Žlebič, which is a problematic road in terms of safety. The results of a traffic safety analysis conducted for the road are provided, followed by a more thorough examination of its most dangerous sections and its two intersections that includes an overview of the deficiencies of the road and the roadside, as well as recommended counter-measures for eliminating those features of the road that are not »self-explaining« and »forgiving«.

ZAHVALA

Za strokovno pomoč, usmerjanje in vodenje pri izdelavi diplomske naloge se lepo zahvaljujem svojemu mentorju, prof. dr. Petru Liparju. Za oskrbo s številnimi podatki, ki so pripomogli k bistveno natančnejšim rezultatom praktičnega dela naloge, se zahvaljujem g. Juretu Kostanjšku iz Avto-moto zveze Slovenije.

Zahvala gre tudi prijateljem in sošolcem, ki so poskrbeli da študij tudi v najzahtevnejših trenutkih ni postal preveč stresen. Posebej bi se rad zahvalil Gašperju, Juretu, Ester, Katarini in Petri.

Posebno zahvalo namenjam še svojim staršem, bratu, sestri, partnerki in starim staršem, ki so mi na najrazličnejše načine pomagali tekom celotnega študija.

KAZALO VSEBINE

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK.....	III
BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT	IV
ZAHVALA.....	V
KAZALO VSEBINE	VI
KAZALO PREGLEDNIC.....	X
KAZALO SLIK.....	XI
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI	XIV
1 UVOD	1
1.1 Prometna varnost	1
1.1.1 Prometne nesreče.....	2
1.1.2 Vožnja in vedenje voznikov	5
1.2 Uvod v predvidljive ceste in ceste, ki odpuščajo napake voznikov	10
1.3 Namen in sestava diplomske naloge	11
2 ORODJA ZA VREDNOTENJE IN UPRAVLJANJE VARNOSTI CEST	12
2.1 Preverjanje varnosti v cestnem prometu	13
2.2 Pregled varnosti ceste	14
2.3 Upravljanje varnosti cestnega omrežja	15
2.4 Modeliranje prometnih nesreč.....	15
2.5 Točkovanje varnosti ceste	15
2.6 Prepoznavanje in analiziranje nevarnih mest na cestah.....	16
2.7 Ocena učinka na varnost v cestnem prometu	17
2.8 Monitoring vedenja prometnih udeležencev	17
2.9 Raziskave konfliktnih situacij v cestnem prometu	18
2.10 Poglobljene analize prometnih nesreč	18
3 PREDVIDLJIVE CESTE	19
3.1 Opredelitev koncepta predvidljivih cest.....	19
3.2 Načrtovanje predvidljivih cest na podlagi kategorizacije cest	20
3.2.1 Elementi predvidljivih cest.....	21
3.2.2 Kategorizacija predvidljivih cest.....	22
3.2.2.1 Priporočila za načrtovanje povezovalnih, zbirnih in dostopnih cest	24
3.3 Posamezni tehnični ukrepi za načrtovanje predvidljivih cest	27
3.3.1 Krivine.....	27
3.3.1.1 Prometni znaki »tabla za usmerjanje« in cestni smerniki	28
3.3.1.2 Ukrepi za vzdolžno označevanje vozišč.....	30

3.3.1.3 Prometni znaki, ki se avtomatsko aktivirajo	31
3.3.1.4 Barvne vozne površine	32
3.3.1.5 Napisi in simboli na vozišču	33
3.3.1.6 Zvočne zavore	33
3.3.1.7 Vzorci iz označb za umirjanje prometa	34
3.3.1.8 Zagotavljanje vizure preglednosti	37
3.3.1.9 Konsistenten potek ceste.....	37
3.3.2 Prehodi	38
3.3.2.1 Vhodi v naselja	39
3.3.2.2 Ostali prehodi	40
3.3.3 Križišča	41
3.3.3.1 Dodatni prometni znaki in prometna oprema za poudarjanje križišč	42
3.3.3.2 Vzдолžne, prečne, druge označbe in cestni markerji.....	42
3.3.3.3 Napisi na vozišču, vzorci iz označb, zvočne zavore in barvne vozne površine	43
3.3.3.4 Tipi križišč in njihova ureditev	43
3.3.3.5 Preglednost v križišču.....	45
3.3.4 Ravni odseki	45
3.3.4.1 Širina in število prometnih pasov	45
3.3.4.2 Lastnosti, kvaliteta vozne površine in odvodnjavanje vozišča	47
3.3.4.3 Vzorci iz označb za navidezno zoženje vozišča.....	48
3.3.4.4 Ukrepi za ločevanje smernih vozišč in označevanje robov vozišč.....	49
3.3.4.5 Bankine	50
3.3.4.6 Objekti in ovire ob cesti	51
3.3.4.7 Varnostne ograje	51
4 CESTE, KI ODPUŠČAJO NAPAKE VOZNIKOV	52
4.1 Opredelitev koncepta cest, ki odpuščajo napake voznikov	52
4.2 Definicija obcestja	52
4.3 Nevarnosti na obcestju	53
4.3.1 Točkovne ovire	55
4.3.1.1 Drevesa.....	55
4.3.1.2 Električni in telekomunikacijski drogovi.....	55
4.3.1.3 Podpore prometnih znakov in cestne razsvetljave	55
4.3.1.4 Oporni, podporni zidovi in stebri	56
4.3.1.5 Zaključki in prehodi varnostnih ograj.....	56
4.3.1.6 Prepusti in zaključki prepustov	56

4.3.1.7 Ostale točkovne ovire na obcestju	57
4.3.2 Kontinuirane ovire	57
4.3.2.1 Brežine	57
4.3.2.2 Cestni jarki.....	58
4.3.2.3 Skalovja.....	59
4.3.2.4 Varnostne ograje	59
4.3.2.5 Robniki	59
4.3.2.6 Nivojske razlike med vozišči in bankinami	60
4.3.2.7 Vodna telesa	60
4.3.2.8 Ostale kontinuirane ovire	60
4.3.3 Dimanične ovire	60
4.4 Rangiranje nevarnosti obcestja.....	61
4.5 Tehnični ukrepi za načrtovanje cest, ki odpuščajo napake voznikov	63
4.5.1 Odstranitev ali premestitev nevarnih ovir.....	64
4.5.1.1 Proste cone	65
4.5.1.1.1 Cona, ki vozniku omogoča povratek na vozišče	66
4.5.1.1.2 Cona omejene nevarnosti	68
4.5.1.1.3 Ločilni pasovi	69
4.5.1.2 Zasilni izvozi	69
4.5.1.3 Vzdrževanje vegetacije.....	70
4.5.2 Modifikacija ovir	70
4.5.2.1 Prelomljive podpore cestne opreme.....	71
4.5.2.2 Preoblikovanje brežin	74
4.5.2.3 Preureditev jarkov.....	75
4.5.2.4 Modifikacija prepustov in njihovih zaključkov	76
4.5.2.5 Preoblikovanje zidov.....	77
4.5.2.6 Ne nevarni zaključni elementi varnostnih ograj	78
4.5.2.7 Prehodi med ograjami.....	81
4.5.2.8 Ne nevarni robniki.....	82
4.5.2.9 Modifikacija bankin	82
4.5.3 Zaščita pred nevarnimi ovirami s cestnim varovalnim sistemom.....	82
4.5.3.1 Varnostne ograje	83
4.5.3.1.1 Kriteriji uporabe varnostnih ograj.....	84
4.5.3.1.2 Priporočila in smernice za uporabo varnostnih ograj	85
4.5.3.1.3 Uporaba varnostnih ograj večje učinkovitosti.....	86
4.5.3.1.4 Vrste varnostnih ograj	87

4.5.3.1.5 Smernice za izbor varnostnih ograj	88
4.5.3.1.6 Priporočila za postavitve varnostnih ograj	90
4.5.3.1.7 Posodobitev varnostnih ograj	96
4.5.3.2 Zaključni elementi in prehodi varnostnih ograj	97
4.5.3.3 Blažilci trkov	97
5 IZBOLJŠANJE PROMETNE VARNOSTI CESTE R1-212 UNEC–ŽLEBIČ	99
5.1 Metodologija EuroRAP	99
5.2 Splošne značilnosti ceste Unec–Žlebič	102
5.3 Prometna varnost ceste Unec–Žlebič	103
5.3.1 Prometne nezgode	103
5.3.2 Stopnja tveganja ceste Unec–Žlebič	106
5.3.3 Rangiranje ceste Unec–Žlebič glede na stanje ceste in obcestja	107
5.4 Pomanjkljivosti najbolj nevarnih odsekov in križišč ceste Unec–Žlebič in predlogi ukrepov za zagotovitev njihove predvidljive in odpuščajoče ureditve	108
5.4.1 Odsek Unec–Rakek	109
5.4.2 Odsek Rakek–Podskrajnik	112
5.4.3 Odsek Grahovo–Bločice	116
5.4.4 Odsek Podklanec–Žimarice	120
5.4.5 Križišče cest Unec–Žlebič in Rakitna–Cerknica	125
5.4.6 Križišče cest Unec–Žlebič in lokalne ceste do naselja Studenec (LC 229050) ...	127
6 ZAKLJUČKI	130
VIRI	133

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Prečni profili povezovalnih cest [4].....	24
Preglednica 2: Prečna profila zbirnih cest [4]	26
Preglednica 3: Prečni profil dostopnih cest [4].....	26
Preglednica 4: Kriteriji za določitev stopnje nevarnosti obcestja [77]	61
Preglednica 5: Nivoji zadrževanja varnostnih ograj [116]	84
Preglednica 6: Delovne širine posameznih vrst varnostnih ograj [49] [86] [115]	91
Preglednica 7: Stopnje tveganja z mejnimi računskimi vrednostmi stopenj tveganja [121] .	101
Preglednica 8: Razredi varnosti [123].....	102
Preglednica 9: Dolžina in prometna obremenitev na odsekih ceste Unec–Žlebič (podatki o prometnih obremenitvah so podani za leto 2013) [125] [124]	103
Preglednica 10: Število prometnih nesreč na cesti Unec–Žlebič v obdobju 2009-2013 glede na vrsto poškodb udeležencev in potek ceste v prostoru [126].....	104
Preglednica 11: Število prometnih nezgod s smrtjo ali hudo poškodbo na cesti Unec–Žlebič na odsekih zunaj naselij v obdobju 2009-2013 glede na vzrok nezgode [126].....	104
Preglednica 12: Vrednosti koeficientov K_1 - K_4 v odvisnosti od tipa prometne nezgode [37].	105
Preglednica 13: Stopnja prometnih nesreč na milijon prevoženih kilometrov vozil in stopnja resnosti prometnih nesreč na odsekih ceste Unec–Žlebič zunaj naselij v obdobju 2009-2013 (5 najvišjih vrednosti stopenj prometnih nesreč je poudarjenih).....	105
Preglednica 14: Problematični križišči na območju zunaj naselij ceste Unec–Žlebič s številom nezgod v križišču	106
Preglednica 15: Dolžina in deleži ceste Unec–Žlebič (v in zunaj naselja) posameznega stanja ceste in obcestja [125]	107
Preglednica 16: Vse prometne nezgode v območju križišča (R1-212, R3-643) v obdobju 2009-2013.....	125
Preglednica 17: Vse prometne nezgode v območju križišča (R1-212, LC229050) v obdobju 2009-2013.....	128

KAZALO SLIK

Slika 1: Delež dejavnikov povzročitve prometnih nesreč (povzeto po [11]).....	3
Slika 2: Grafični prikaz zmanjševanja števila smrtnih žrtev vseh prometnih nesreč ter števila žrtev SVA prometnih nesreč v obdobju od leta 2001 do 2010 (povzeto po [19]).....	5
Slika 3: Kontinuum prometne varnosti, ponazorjen kot kombinacija modela piramide in ledene gore (povzeto po [20])	6
Slika 4: Elementi vožnje (povzeto po [20])	7
Slika 5: Shema modelov vožnje in vedenja voznikov (povzeto po [11]).....	8
Slika 6: Vožnja kot opravljanje nalog v treh dimenzijah (povzeto po [25]).....	10
Slika 7: Primer karte rangiranja cestnega omrežja (povzeto po [36]).....	16
Slika 8: Shematski prikaz verige dogodkov v povezavi s prepoznavno ureditvijo ceste in predvidljivim vedenjem voznikov (povzeto po [41])	21
Slika 9: Princip ustrezne kategorizacije cest (povzeto po [4])	22
Slika 10: Grafični prikaz predvidljivih cest – tri kategorije cest (povzeto po [4])	23
Slika 11: Možne oblike znakov »tabla za usmerjanje« (levo) in cestni smernik (desno) [45] [46]	29
Slika 12: Posebna postavitve cestnih smernikov v krivini ceste (povzeto po [47])	29
Slika 13: Izvedba vzdolžnih označb s šrafuro na notranji strani krivine (vožnja po po levem smernem vozišču): pogled iz perspektive voznika (levo) in tlorisni pogled (desno) [47].....	31
Slika 14: Prometni znak, ki se avtomatsko aktivira in voznika opozarja na nevarno krivino [39]	31
Slika 15: Barvna vozna površina v krivini [39]	32
Slika 16: Napis na vozišču – »slow« v kombinaciji s prečnimi označbami (vožnja po levem smernem vozišču) [39].....	33
Slika 17: Zvočna zavora za primer postavitve pred vstopom v naselje [54].....	34
Slika 18: Optična (levo) in obrobna optična (desno) zavora (vožnja po levem smernem vozišču) [47]	35
Slika 19: Vzorec ribje kosti, ki ga tvorijo poševne črte različnih dolžin (vožnja po levem smernem vozišču) [56].....	36
Slika 20: Chevron vzorec na enem prometnem pasu z dodatnimi robnimi črtami (povzeto po [57])	36
Slika 21: Shema določitve polja horizontalne preglednosti [59]	37
Slika 22: Načini uskladitve zaporedja geometrijskih elementov [59]	38
Slika 23: Vhod v naselje z vzorcem zob morskega psa na barvni vozni površini (levo) in vhod v naselje z neobičajno velikimi prometnimi znaki ter ločilnim otokom (desno) [39] [63]	39
Slika 24: Prehod ceste, ki voznika opozarja na zožanje vozišča [39]	40
Slika 25: Cestni smerniki posebne oblike za poudarjanje priključka na cesto (vožnja po levem smernem vozišču) [39].....	42
Slika 26: Robni črti in vzorec šrafure, ki so izvedeni v povečani širini pred vstopom v križišče [69]	43
Slika 27: Elementi pasu za leve zavijalce (povzeto po [71])	44
Slika 28: 2+1 cesta, na kateri smerni vozišču ločuje jeklena kabelna varnostna ograja (levo) in dvojna sredinska ločilna črta (desno) [73]	46
Slika 29: Vzorec ribje kosti – poševne črte v smeri vožnje kažejo nazaj (cesta zgoraj), naprej (cesta v sredini), ter vzorec Wundt (cesta spodaj) na prometnem pasu (vožnja po levem smernem vozišču) [39].....	48
Slika 30: Primer vzorca na vozišču – ukrep province Drenthe [47].....	49

Slika 31: Tlakovana bankina, ki zaradi svoje barve spominja na netlakovano (povzeto po [79])	50
Slika 32: Prečni profil ceste v vkopu in nasipu (mešan profil) z označenimi mejami obcestja (povzeto po [30])	53
Slika 33: Delež smrtnih žrtev, ki so ga prispevale prometne nesreče zaradi trčenja vozil v posamezno oviro na obcestju (povzeto po [49])	54
Slika 34: Neustrezno oblikovan zaključek ograje (levo) in neprimerno izveden prehod med zaključkoma ograj pred mostom (desno) [83] [30]	56
Slika 35: Nevaren vzdolžni in prečni prepust (povzeto po [49])	57
Slika 36: Kriteriji za določitev nevarnosti nasipne in vkopne brežine (povzeto po [60] [8])	58
Slika 37: Kriteriji za določitev nevarnosti različnih oblik cestnih jarkov (povzeto po [49])	58
Slika 38: Tipični primeri obcestij posameznih stopenj nevarnosti [77].....	61
Slika 39: Strategija izbire primernega ukrepa za zmanjšanje nevarnosti posamezne nevarne ovire na obcestju (povzeto po [8])	64
Slika 40: Ponazoritev proste cone (povzeto po [30])	65
Slika 41: Potrebna širina proste cone na primeru nasipne brežine, ki omogoča povratek vozila na vozišče (a), in brežine, ki tega ne omogoča (b) (povzeto po [95]).....	68
Slika 42: Gravitacijski zasilni izvoz (zgoraj levo), zasilni izvoz z zaustavnim bazenom (zgoraj desno), nasipom (spodaj levo) in povlečnimi mrežami (spodaj desno) [98] [99] [100]	70
Slika 43: Oslabljen prerez lesene podpore prometnega znaka (povzeto po [105])	72
Slika 44: Zdrski spoj (levo) in oslabljen vijačen spoj (desno) na nogi podpore [108] [49].....	73
Slika 45: Shematičen prikaz trka vozila s podporo z visoko (zgoraj levo), nizko (zgoraj desno) in brez absorpcije energije (spodaj) [103].....	73
Slika 46: Lomljena strehasta brežina [49].....	75
Slika 47: Prečni profil ceste – brežina v nasipu (levo) in brežina umetnega vkopa (desno) [109].....	75
Slika 48: Zagotovitev prevoznosti vzdolžnega prepusta s prečnimi rešetkami (povzeto po [49])	77
Slika 49: Ukrivljen zaključni element brez zmožnosti absorpcije energije (zgoraj levo), tangentni zaključek z zmožnostjo absorpcije energije (zgoraj desno) ter vkopan zaključek varnostne ograje (spodaj) [49].....	79
Slika 50: Prehod med standardno jekleno in betonsko varnostno ograjo [49].....	81
Slika 51: Delitev cestnih varovalnih sistemov (povzeto po [30]).....	83
Slika 52: Kriterij za uporabo varnostne ograje glede na naklon in višino nasipne brežine [86]	85
Slika 53: Kriteriji za uporabo varnostne ograje na ločilnem pasu v odvisnosti od vrste cest [86]	86
Slika 54: Primer enostranske jeklene varnostne ograje s postavitvijo na terenu (bankini) brez distančnika (levo) ter ograje na objektu (robniku) z distančnikom (desno) [86].....	88
Slika 55: Cona vdora vozila na primeru betonske varnostne ograje (povzeto po [49]).....	90
Slika 56: Potreben odmik (L) varnostne ograje v primeru, ko je med voziščem in predvidenim mestom postavitve ograje nasipna brežina v naklonu 1:6 ali več (povzeto po [49]).....	92
Slika 57: Parametri za določitev potrebne dolžine približevanja oviri (povzeto po [49])	94
Slika 58: Parametri za določitev potrebne dolžine oddaljevanja od ovire (povzeto po [49]) ..	95
Slika 59: Primeri različnih prečnih profilov cest (ločena (smerna) vozišča) s priporočenimi mesti postavitve varnostnih ograj (povzeto po [49]).....	96
Slika 60: Blažilec trkov z jeklenim sistemom (levo), polietilenskimi cilindri (v sredini) in moduli iz perlitnega betona (desno) [49].....	98

Slika 61: Možna postavitvev plastičnih sodov (napolnjenih s peskom) različnih mas (povzeto po [49])	98
Slika 62: Shema delovanja programa EuroRAP (povzeto po [117])	100
Slika 63: Cesta Unec–Žlebič na zemljevidu Slovenije	103
Slika 64: Diagram nezgod na cesti Unec–Žlebič na odsekih zunaj naselij v obdobju 2009-2013	104
Slika 65: Cesta Unec–Žlebič (212) na karti stopenj tveganja slovenskih cest (povzeto po [128])	107
Slika 66: Odseki ceste Unec–Žlebič na karti rangiranja slovenskih cest glede na (povprečno) stanje ceste in obcestja (povzeto po [36])	107
Slika 67: Odsek Unec–Rakek: I.: pomanjkljivosti a, b, c, II.: d1, e, g in III.: i	110
Slika 68: Obstoječe (a) in predlagano (b) stanje nevarnega jarka	112
Slika 69: Odsek Rakek–Podskrajnik: I.: pomanjkljivost a, b, II.: d, e, III.: c, IV.: b, f	114
Slika 70: Obstoječe (a) in predlagano (b) stanje nevarnih jarkov.....	115
Slika 71: Odsek Grahovo–Bločice: I.: pomanjkljivosti a,e, II.: b,c, d1, f, h, i, III.: b, c, f, i, IV.: b, f, i, V.: f	118
Slika 72: Odsek Podklanec–Žimarice: I.: pomanjkljivosti c1, d, g, I, II.: c2, e, h, III.: d, IV.: a1, d, V.: h	122
Slika 73: Obstoječe (a) in predlagano (b) stanje zaključka prečnega prepusta.....	123
Slika 74: Križišče cest Unec–Žlebič in Rakitna–Cerknica: I.: krak A, pomanjkljivosti c, d, II.: krak B, d, III.: krak C, d	126
Slika 75: Križišče cest Unec–Žlebič in lokalne ceste 229050: I.: krak A, II.: pomanjkljivost a, c, III.: krak C, c, IV.: krak C	129

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

AC	avtocesta
AIT	Alberta Infrastructure and Transportation
APM	Accident prediction modelling
ARRB	Australian Road Research Board
BSM	Blackspot safety management
CARE	Community Road Accident Database
CCR	curvature change rate
CROW	The national information and technology platform for infrastructure, traffic, transport and public space
DaCoTA	Road Safety Data Collection, Transfer and Analysis
EU	Evropska unija
EuroRAP	European Road Assessment Programme
HC	hitra cesta
HOC	head on collisions
HLDI	Highway Loss Data Institute
IIHS	Insurance Institute for Highway Safety
MUTCD	Manual on Uniform Traffic Control Devices
NRA	The National Roads Authority
NSM	Network safety management
PDP	povprečni dnevni promet
PLDP	povprečni letni dnevni promet
RDG	Roadside Design Guide
RIPCORDER-ISEREST	Road Infrastructure Safety Protection – Core-Research and Development for Road Safety in Europe; Increasing Safety and Reliability of Secondary roads for a sustainable Surface Transport
RISER	Roadside Infrastructure for Safer European Roads
RPS	Road protection scoring
RSA	Road safety audit
RSI	Road safety inspection
RSIA	Road safety impact assessment
RTA NSW	Roads and Traffic Authority of New South Wales
SENSoR	South East Neighbourhood Safe Routes project
SPACE	Speed Adaption Control by Self Explaining Roads
SVA	single vehicle accidents
TSC	Tehnična specifikacija za javne ceste v Sloveniji
VO	varnostna ograja
VB	Velika Britanija

»Ta stran je namenoma prazna«

»Ta stran je namenoma prazna«

1 UVOD

1.1 Prometna varnost

»Prometna varnost je ena od temeljnih kakovosti vsakega prometnega sistema«. [1] V cestnem prometu prometna varnost predstavlja obsežen pojem, ki ga neposredno doživlja in oblikuje vsak udeleženec cestnega prometa, (tj. oseba, ki je na kakršenkoli način udeležena v cestnem prometu), posredno pa se omenjen pojem navezuje na skrb državnih in vseh preostalih institucij, ki cestnoprometno varnost spremljajo ter na raznovrstne načine tudi upravljajo. V Sloveniji cestni promet opredeljujemo kot »promet vozil, pešcev in drugih udeležencev cestnega prometa na javnih cestah in nekategoriziranih cestah, ki se uporabljajo za javni cestni promet«. [2]

Izboljševanje prometne varnosti predstavlja že več kot 40 let enega izmed glavnih ciljev prometnih strokovnjakov v večini držav na območju EU (Evropska unija). Navkljub stalnim izboljšavam se v številnih državah v zadnjih letih osredotočenost na prometno varnost cest, ta se kaže denimo skozi različne novo zastavljene državne cilje in plane, še vedno zadovoljivo povečuje. Enega izmed glavnih vzrokov temu je vsekakor moč pripisati pomanjkljivi cestni infrastrukturi. Med različnimi vrstami cest veliko možnosti izboljšav predstavlja predvsem infrastruktura cest zunaj naselij (izključujoč AC (avtoceste) in HC (hitre ceste)), na kar nakazuje tudi usmeritev evropske prometne politike na reševanje problematike varnosti na tovrstnih cestah. [3] [4]

Prometno varnost je mogoče opisati kot odsotnost nevarnosti ali kot stanje sprejemljivega tveganja pri udeležbi posameznika v prometu. Nevarnost pri tem opredeljujemo kot kritično kombinacijo prevladujočih okoliščin, ki lahko privede do prometne nesreče. [5]

Na varnost v prometu vpliva ogromno število dejavnikov kot tudi kompleksnih razmerij, ki se razvije med njimi. Večino dejavnikov, ki so bistvenega pomena za razumevanje delovanja prometnega sistema ter z njim povezane varnosti, uvrščamo med naslednje večje skupine [6] [7]:

- voznik: izkušnje, motivacija, pričakovanja, starost, morebitna bolezen, vožnja pod vplivom substanc ipd.
- vozilo: pnevmatike, zavore ipd.
- cestna infrastruktura: horizontalni in vertikalni potek ceste, prečni profil ceste, lastnosti in stanje vozne površine, križišča, različne vrste preglednosti ipd.
- prometno stanje: prometna obremenitev, struktura prometa ipd.
- okoljski pogoji: vremenski in svetlobni pogoji, sezonski vplivi, prisotnost divjih živali ipd.

Izmed petih naštetih skupin, zajemajo tri skupine ključne dejavnike, ki tvorijo ogrodje prometnega sistema ter ki predstavljajo tudi osrednje komponente prometne varnosti. Te skupine dejavnikov so [8]:

- voznik,
- vozilo ter
- cestna infrastruktura.

1.1.1 Prometne nesreče

V cestnem prometu veljajo prometne nesreče za najpogostejše in najbolj objektivne kazalce prometne varnosti. [5]

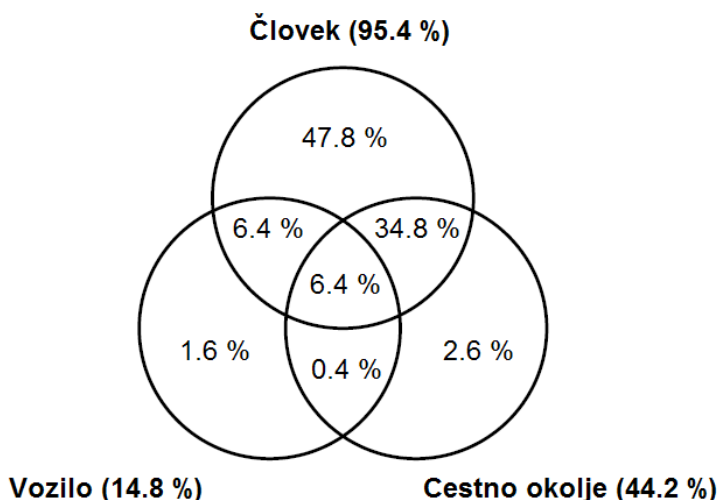
Zakon o varnosti cestnega prometa Republike Slovenije prometno nesrečo opredeljuje kot »nesrečo na javni cesti ali nekategorizirani cesti, ki se uporablja za javni cestni promet, v kateri je bilo udeleženo vsaj eno premikajoče se vozilo in je v njej najmanj ena oseba umrla ali je bila telesno poškodovana ali je nastala materialna škoda«. [9]

V splošnem lahko o prometnih nezgodah govorimo kot o redkih in naključnih dogodkih, pri čemer z besedo dogodek označimo vsako gibanje posameznika, ki je udeležen v cestnem prometu. Izraz redek dogodek pomeni, da prometne nezgode predstavljajo zelo majhen delež izmed vseh dogodkov, ki se zgodijo v prometnem sistemu. Izraz naključen dogodek pa pomeni, da nezgode nastajajo kot funkcija niza dogodkov, na katerega vpliva kopica različnih faktorjev. Med njimi ločimo deterministične (jih lahko nadzorujemo) in stohastične (so naključni in nepredvidljivi). [10]

Vsaka udeležba posameznika v prometu pomeni njegovo izpostavljenost določenemu nivoju nevarnosti, posledično pa lahko vodi v prometno nesrečo, ki ima lahko za posledico različno stopnjo resnosti. Kljub temu, da se vsak prometni udeleženec bolj ali manj zaveda tega tveganja, ga z vsako udeležbo v prometu tudi sprejme. [5] Tveganje posameznika v prometu lahko označimo kot produkt verjetnosti, da bo posameznik udeležen v prometni nesreči, in verjetnosti posledic morebitne nastale prometne nesreče zanj. Na cestah izven naselij predstavljajo glavni vir tveganja tri skupine dejavnikov. To so voznik, vozilo in cestna infrastruktura. Glede na to, da je tveganje v določeni meri vedno prisotno od začetka do konca vsakega potovanja posameznega udeleženca v prometu, njegovo vrednotenje odlično služi pri analiziranju prometne varnosti cest. Tveganje se pri tem pogosto izraža v povezavi s pojmom izpostavljenosti, katerega največkrat predstavlja PLDP (povprečni letni dnevni promet). [5] [6]

Za nevarnosti v prometu lahko rečemo, da se izražajo z nizi dogodkov pod prevladujočimi pogoji. Dogodki, ki jih narekujejo že omenjene temeljne komponente prometnega sistema (voznik, vozilo in cestna infrastruktura), so običajno v določenem ravnovesju. Kadar se ravnovesje poruši, nastopi niz kritičnih dogodkov, ki ima lahko za posledico nastanek prometne nesreče. [5]

Študija Treata in sodelavcev (1977, cit. po [11]) iz leta 1977, ki jo kot verodostojen vir podatkov tudi v današnjem času v svoji literaturi upošteva ogromno število strokovnjakov ([5] [10] [11]), razkriva, da so človeški dejavniki (dejavniki voznika) v večini primerov glavni vzrok prometnih nesreč. Kot je razvidno iz slike 1, so človeški dejavniki bodisi samostojen bodisi v kombinaciji z dejavniki cestnega okolja in vozila vzrok kar 95 % nesreč. Med človeške dejavnike, ki najpogosteje botrujejo prometnim nesrečam, spadajo: nepozornost in nepravilna pričakovanja voznika, neprimerna izbira hitrosti ter nepopustljiva in neprimerna vožnja. [5]



Slika 1: Delež dejavnikov povzročitve prometnih nesreč (povzeto po [11])

Medtem ko statistika kaže, da je cestna infrastruktura (cestno okolje) le malokrat glavni ali edini vzrok prometnih nezgod (2,6 %), pa podrobnejše analize razkrivajo, da se nekatere napake voznikov vendarle pogosteje dogajajo na določenih odsekih cest. To naj bi še posebej veljalo za ceste izven naselij. Kljub temu, da na cestah zunaj naselij izgubi življenje največ prometnih udeležencev, so te z vidika voznikov glede nevarnosti, ki jih predstavljajo, še vedno močno podcenjene. Prav neskladja karakteristik voznika in cestnega okolja pa naj bi bila namreč najpogosteje tudi vzrok nezgod na teh cestah. Slednje je moč razbrati tudi iz slike 1, ki prikazuje, da relativno velik delež (34,8 %) dejavnikov povzročitve prometnih nezgod predstavlja presek človeških dejavnikov in dejavnikov cestnega okolja. [11]

Dokaze o tem, kako lahko na (ne)pojavitve prometnih nesreč vpliva cesta s svojimi značilnostmi, je mogoče najti tudi v številnih študijah, katerih rezultati se pogosto uporabljajo kot smernice pri načrtovanju cest. V omenjenih študijah se kot skupine dejavnikov cestnega okolja, ki predstavljajo največji vpliv na (ne)nastanek nesreč, omenjajo horizontalni in vertikalni potek ceste ter prečni profil ceste. V zvezi s posamezno omenjeno skupino ločimo vpliv naslednjih dejavnikov [12] [13]:

- **Horizontalen potek ceste:** posamezni elementi ceste – velikost radija in dolžina krožnega loka krivine, odseki ceste – stopnja spremembe ukrivljenosti (ang. *curvature change rate* – CCR) (krivinska karakteristika, s pomočjo katere se z upoštevanjem krožnega loka in pripadajočih prehodnic posameznih zakrivljenih elementov ceste določi ukrivljenost posameznega elementa ali celotnega odseka ceste).
- **Vertikalen potek ceste:** vzdolžni nagib ceste in vertikalna zaokrožitev.
- **Prečni profil ceste:** širina prometnih pasov in bankin, označbe na vozišču, nagibi nasipnih in vkopnih brežin, morebitna prisotnost objektov in/ali ovir na obcestju, prečni nagib vozišča (odvodnjavanje) ter različne vrste preglednosti.

Statistika prometnih nesreč

Kot pomoč pri prepoznavanju problematike prometne varnosti v cestnem prometu služi tudi zbiranje statističnih podatkov o prometnih nesrečah. Zelo obsežno podatkovno bazo prometnih nesreč na območju EU predstavlja podatkovna baza CARE (Community Road Accident Database), ki beleži vse prometne nesreče, ki imajo za posledico vsaj eno poškodovano ali mrtvo osebo. Na podlagi omenjene podatkovne baze je nastal tudi projekt

DaCoTA (Road Safety Data Collection, Transfer and Analysis), s katerim so nosilci projekta glede na razpoložljivost podatkov podatke o prometnih nesrečah predstavili po najrazličnejših kategorijah za obdobje od leta 2001 do 2010 za 25 evropskih držav. [14] V obdobju 2001-2010 se je na evropskih cestah v skladu z načrtovanimi cilji Bele knjige Evropske prometne politike število umrlih oseb v prometnih nesrečah na letni ravni zmanjšalo s skoraj 50.000 na slabih 29.000. V Sloveniji se je v istem obdobju število smrtnih žrtev zmanjšalo iz števila 278 na 138. [15] Ob omenjenih podatkih velja izpostaviti, da na evropskih tleh velja splošna ocena, da je ob vsaki smrtni žrtvi kot posledici prometne nesreče prisotnih deset ljudi s hudo poškodbo in 40 ljudi z lažjo poškodbo. [16] Poleg tudi vse prevečkrat neupravičeno spregledanih in podcenjenih psiholoških posledic prometnih nesreč, ki jih utrpijo tako udeleženci nesreč kot tudi njihovi bližnji, zgolj navedeni podatki prikazujejo, da je število prizadetih v prometnih nesrečah občutno previsoko ter da je potrebno iskati nove rešitve za boljšo prometno varnost. Eno izmed najprimernejših razmišljanj za izboljšanje varnosti ponuja švedska prometna politika Vizija nič (ang. *Vision zero*). Ta si namreč kot dolgoročen cilj postavlja nič hudo poškodovanih in nič umrlih ljudi v prometnih nesrečah. Z vidika moralnosti jo lahko štejejo praktično kot edino ustrezno prometno politiko. [5]

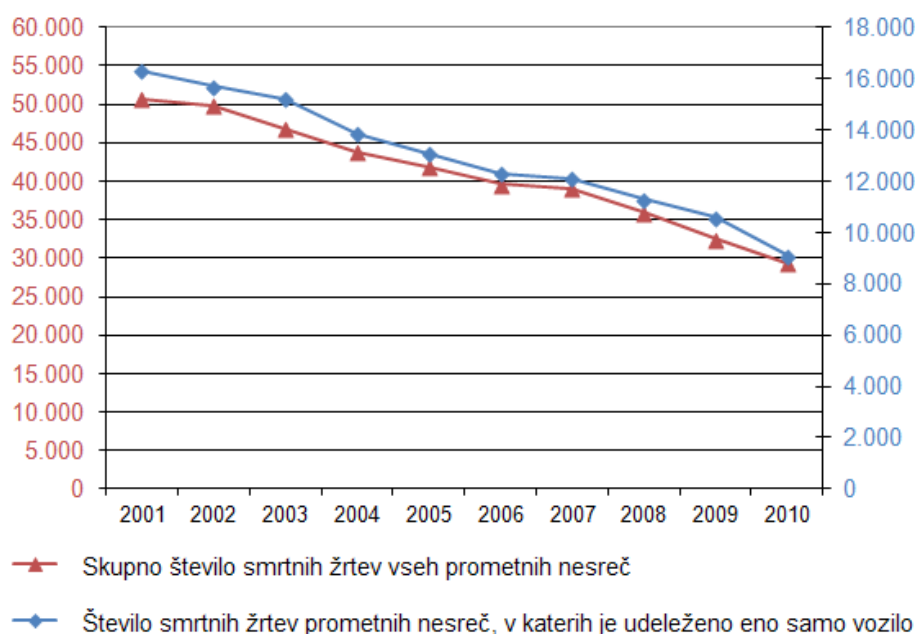
Statistika, ki jo navaja projekt DaCoTA za leto 2010 na območju EU, nam razkriva, da delež smrtnih žrtev prometnih nesreč na cestah izven naselij, v katere niso vključene AC in HC, predstavlja kar 55 % vseh smrtnih žrtev v cestnem prometu. Od navedenega razmerja v EU se nekoliko razlikuje razmerje v republiki Sloveniji. Na našem ozemlju je v letu 2010 znašal delež umrlih v prometnih nesrečah na cestah omenjene vrste, nekaj več kot 40 % vseh smrtnih žrtev prometnih nesreč. [14]

Navedena dejstva kažejo na to, da obstaja še precej odprtih možnosti glede izboljšav prometne varnosti na cestah, ki potekajo izven naselij. Za ceste te vrste so značilne predvsem prometne nesreče s hudimi poškodbami in smrtnimi žrtvami, ki so največkrat posledica visokih oziroma neprimernih hitrosti, nepozornosti voznikov, velikih razlik v hitrostih med različnimi udeleženci v prometu, geometrijskih neuskkljenosti cest, nepravilnih izvedb in slabega vzdrževanja bankin, neprimernih prehitevanj vozil, slabih vremenskih pogojev ter trčenj z ovirami ob cesti. [4] [13]

Na cestah zunaj naselij so skrb vzbujajoče predvsem prometne nesreče dveh vrst [4]:

- Prometne nesreče, v katerih je udeleženo eno samo vozilo – SVA prometne nesreče (ang. *single vehicle accidents*): O takih prometnih nesrečah govorimo v primeru, kadar vozilo zapusti vozišče ceste in trči v oviro na obcestju, vozilo trči v žival, ruševine ali padlo kamenje na vozišču ali kadar se vozilo na vozišču prevrne. [17] Izmed naštetih močno prevladujejo nesreče, ko vozilo zapusti vozišče ceste in trči v oviro na obcestju.
- Čelna trčenja – HOC (ang. *head on collisions*): Prometne nesreče te vrste običajno definiramo kot trčenja, v katerih sta udeleženi vsaj dve vozili, ki potujeta v nasprotni smeri po vozišču. [13] V zvezi s čelnimi trčenji velja omeniti, da se med posameznimi državami precej razlikujejo njihove definicije, zaradi česar se pogosto razlikujejo tudi razvrščanja prometnih nesreč glede na tip nesreče. Zaradi omenjenega in zaradi neenotnega zbiranja podatkov o prometnih nesrečah je vsaj zaenkrat primerjava statističnih podatkov o slednji vrsti nesreč med posameznimi državami praktično nemogoča. [18]

Statistični podatki, ki so bili zbrani v že omenjenemu projektu DaCoTA, nam prikazujejo, da so v obdobju od leta 2001 do 2010 smrtne žrtve SVA prometnih nesreč predstavljale kar 32 % vseh smrtnih žrtev prometnih nesreč na območju EU. V absolutnem smislu se je sicer število mrtvih od leta 2001 do 2010 na tem območju občutno zmanjšalo – na območju 19 EU držav iz 16.000 na 9.000, vendar pa ostaja relativen delež smrtnih žrtev omenjenega tipa prometnih nesreč v povprečju še vedno nad 30 % vseh smrtnih žrtev. V Sloveniji se je število umrlih v SVA prometnih nesrečah od leta 2001 do 2010 na letni ravni zmanjšalo iz 59 na 31, medtem ko se delež ljudi, ki so umrli v prometnih nesrečah tega tipa, giblje skozi celotno obdobje desetih let v okolici 20 % vseh umrlih v prometnih nesrečah. [19]



Slika 2: Grafični prikaz zmanjševanja števila smrtnih žrtev vseh prometnih nesreč ter števila žrtev SVA prometnih nesreč v obdobju od leta 2001 do 2010 (povzeto po [19])

V letu 2010 so na območju EU smrtne žrtve SVA prometnih nesreč, ki so se zgodile na cestah zunaj naselij, predstavljale v povprečju kar 61 % vseh žrtev SVA prometnih nesreč. Na slovenskih cestah je bil ta delež nekoliko drugačen – v istem obdobju so SVA prometne nesreče, ki so se zgodile na cestah zunaj naselij, prispevale 45 % vseh žrtev tovrstnih nesreč. [19]

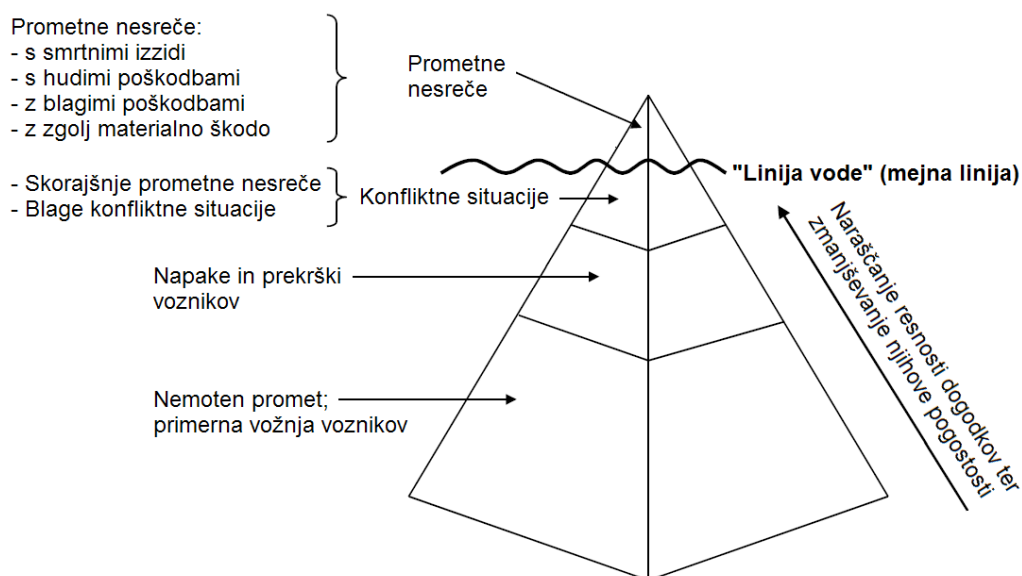
1.1.2 Vožnja in vedenje voznikov

Kot parametre za vrednotenje varnosti vožnje v cestnem prometu najpogosteje uporabljamo prometne nesreče. Prometno varnost običajno enačimo z nasprotjem od prometnih nesreč. Vendar pa, v kolikor nekoliko podrobneje proučimo vsa dogajanja v prometu, ugotovimo, da je prometna varnost vendarle več kot le zgolj odsotnost nesreč. Slednjemu zagotovo govori v prid tudi dejstvo, da imajo prometne nesreče (same po sebi) oziroma naše opredeljevanje letih kar nekaj pomanjkljivosti. Nekatere izmed teh se še posebej odražajo v primerih, kadar obravnavamo prometne nesreče posameznih voznikov oziroma nesreče, ki se zgodijo na posameznih mestih, v krajšem časovnem obdobju. Med pomanjkljivosti uvrščamo [20]:

- prometne nesreče so s statističnega vidika zelo redki dogodki,
- na njihov nastanek vplivajo naključje in sistematični dejavniki (so edini relevantni),

- vzroki za nastanek prometnih nesreč so običajno predstavljeni v nezadovoljivem obsegu in
- z izjemo prometnih nesreč, ki se končajo s smrtnimi žrtvami, je evidentiranje prometnih nesreč pogosto nezanesljivo (med državami se razlikujejo tudi definicije tipov prometnih nesreč).

Eno izmed možnosti izoginitve omenjenim pomanjkljivostim predstavlja upoštevanje voznika in njegove vožnje v fazah pred nastankom prometne nesreče. To pomeni, da predpostavimo neprilagojeno vožnjo kot predhodnje spremenljivo stanje, ki lahko vodi v nesrečo. Tak pristop je mogoče ustrezno ponazoriti s t. i. modelom piramide varnosti. Za omenjen model pravimo, da ponazarja v grobem tri vrste dogodkov, in sicer: dno piramide predstavlja nemoten potek prometa ali primerno vožnjo voznikov, osrednji del piramide predstavlja napake voznikov in konfliktno situacije, vrh pa zajema vse prometne nesreče, pri čemer se v sami konici piramide nahajajo prometne nesreče s smrtnimi izidi. Na podlagi logičnega sklepanja lahko ugotovimo, da v modelu piramide od spodaj navzgor narašča resnost oziroma nevarnost dogodkov, v isti smeri pa se zmanjšuje njihova pogostost. Model piramide varnosti lahko nadomestimo tudi z modelom ledene gore. V tem primeru govorimo, da so izmed vseh dogodkov opazne, tj. »nad vodo«, le prometne nesreče, ostali dogodki – napake voznikov in konfliktno situacije pa ostanejo neopazne oziroma »pod vodo«. [20]



Slika 3: Kontinuum prometne varnosti, ponazorjen kot kombinacija modela piramide in ledene gore (povzeto po [20])

V omenjenih modelih kot tudi v splošnem napako voznika opredeljujemo kot odstopanje voznikove vožnje od optimalne v danih pogojih, konfliktno situacijo pa kot stanje, v katerem bi prišlo do domnevnega trka, če voznik ne bi opravil manevra (zaviranje, pospeševanje in/ali zavoj), s katerim se je v določenem trenutku izognil trku. [21] Rečemo lahko, da je vsem napakam in konfliktnim situacijam v prometu skupno, da imajo enak vzročen mehanizem kot prometne nesreče oziroma da nastopajo pred vsemi prometnimi nesrečami. Glede na to, da je njihova pogostost pojavljanja v primerjavi s pogostostjo pojavljanja nesreč večja ter da je posledično vpliv naključnosti na njihovo pojavitev manjši, predstavljajo napake voznikov in konfliktno situacije potencialno primernejše parametre za izvedbo statističnih analiz ter vsaj kratkoročnih vrednotenj prometne varnosti. [20]

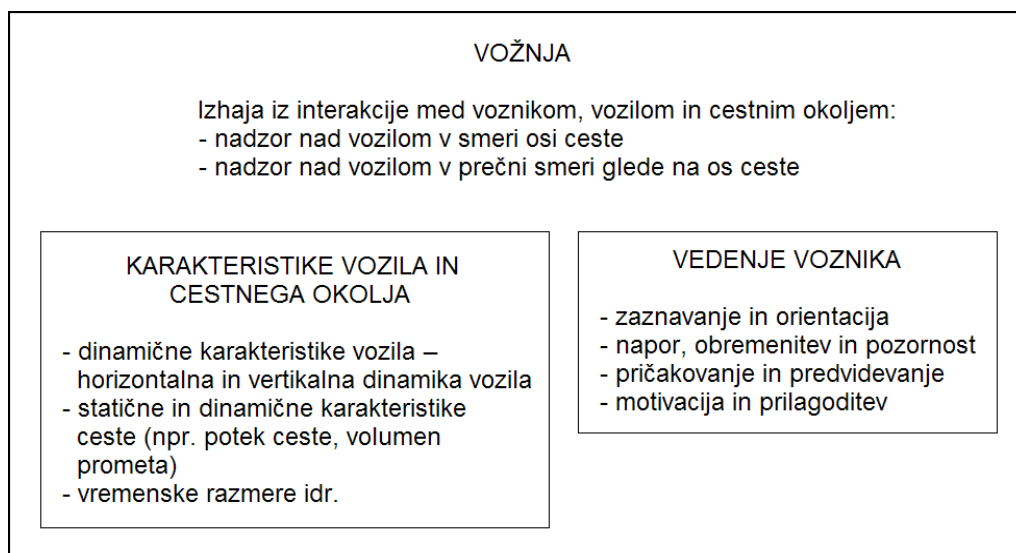
Opredelitev vožnje in vedenja

Znano je, da so človeški dejavniki prisotni v več kot 90 % vzrokov prometnih nesreč. Glede na to, da napake voznikov in konfliktne situacije v prometu predstavljajo povode za vse prometne nesreče, lahko predpostavljamo, da so človeški dejavniki zelo pogost vzrok tudi tovrstnih prometnih dogodkov. Na podlagi zgolj omenjenih dejstev je mogoče sklepati, da morata imeti osnovna rezultata človeških dejavnikov – vožnja in vedenje prometnih udeležencev osrednje mesto v vsaki prometni politiki, ki želi biti varna. [22]

O izrazu vožnja (ang. *driving behavior*) govorimo kot o rezultatu kompleksnih interakcij med voznikom, vozilom in cestno infrastrukturo. [12] Gre za takorekoč merljivo gibanje vozila v prostoru in času, vodeno s strani voznika. Opišemo ga lahko z dvema splošnima spremenljivkama [23]:

- nadzor nad vozilom v smeri osi ceste s spremenljivkami: hitrost, pospešek (pojemek) vozila in njegova vzdolžna oddaljenost do ostalih objektov ter
- nadzor nad vozilom v prečni smeri glede na os ceste s spremenljivkami: hitrost, pospešek (pojemek) ter prečni položaj vozila na vozišču (oddaljenost vozila do roba vozišča in/ali sredinske ločilne črte).

Za vožnjo je značilno, da jo določajo vedenje voznika na eni ter karakteristike vozila in cestne infrastrukture oziroma cestnega okolja na drugi strani. O izrazu vedenje ali ravnanje voznika (ang. *driver behavior*) govorimo torej kot o elementu vožnje, pri čemer to zajema voznikove psihološke in fiziološke značilnosti, kot so zaznavanje, orientacija, stres, napor, pozornost, pričakovanje, predvidevanje idr. [20] [24] Kot pomoč za lažje razlikovanje obeh pojmov nam lahko služi shematičen prikaz elementov vožnje na sliki 4.



Slika 4: Elementi vožnje (povzeto po [20])

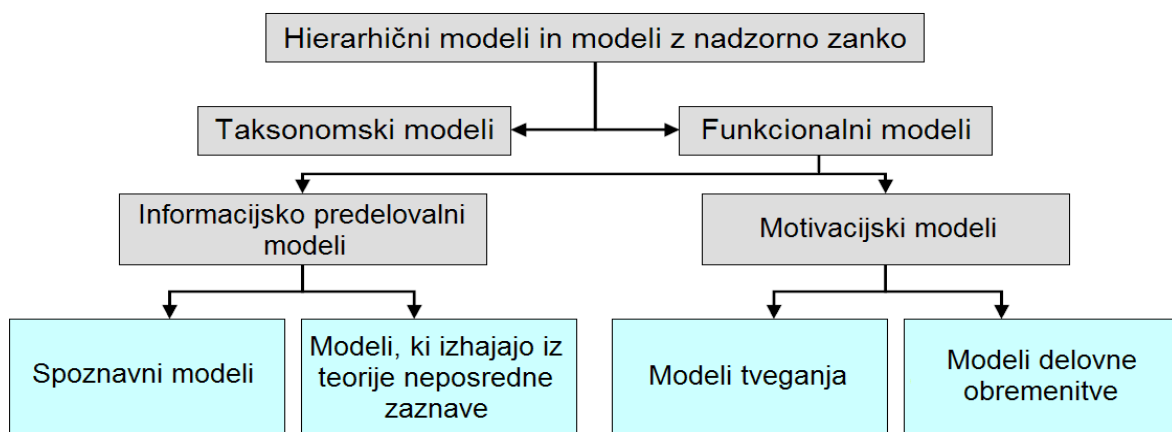
V posplošenem smislu lahko rečemo, da moramo za analiziranje vožnje preprosto beležiti lego vozila v določenem trenutku in prostoru, za analizo vedenja voznika pa moramo nadzorovati voznika in njegova dejanja, torej kam gleda, katere gumbе, pedala in stikala pritiska ipd. Dejstvo je, da se oba obravnavana pojma med seboj močno prepleteta – vedenje voznika je na eni strani sestavni element vožnje, vožnja pa na drugi strani (delna) posledica vedenja. [23]

Varnost v prometu se izmed vseh spremenljivk vožnje najpogosteje osredotoča na hitrost vozila (v smeri osi ceste), nekoliko redkeje pa na prečni položaj vozila na vozišču. Ker je za vožnjo značilno, da ima nanjo v največji meri poleg voznika in prometnega stanja na cesti vpliv tudi cestna infrastruktura, je pri iskanju varnostnih rešitev pomembno upoštevati tudi njene dejavnike. Med dejavnike infrastrukture, ki poglavitno vplivajo na izbiro hitrosti voznika, štejemo geometrijske parametre elementov, ki določajo horizontalni in vertikalni potek ceste ter prečni profil ceste. Med njimi so najpogostejši: velikost radija krožnega loka krivine, dolžina preme, stopnja spremembe ukrivljenosti, širina prometnih pasov, različne vrste preglednosti ter sosledja posameznih elementov. [12] Kot dejavnika infrastrukture, ki predstavljata najizrazitejši vpliv na voznikovo izbiro prečnega položaja vozila na vozišču, pa štejemo okolje z obcestjem ceste ter celotno geometrijo ceste. [24]

Modeli vožnje in vedenja

Na kakšen način se pravzaprav oblikuje vedenje in vožnja posameznega voznika je vprašanje, s katerim se že več kot 40 let ukvarjajo znanstveniki in drugi strokovnjaki iz širokega spektra področij, povezanih s cestnim prometom. Zaradi kompleksnosti mehanizma delovanja voznikovega vedenja je vsaj zaenkrat praktično nemogoče ustvariti model, ki bi na nedvoumen način pojasnil ta mehanizem, hkrati popolnoma natančno ponazoril in napovedal vožnjo voznika ter obenem posledično znal napovedati tudi nastanek prometne nesreče. [24] Dokaz temu je cela kopica raznovrstnih modelov, s katerimi so in tudi danes skušajo najrazličnejši avtorji dokazati svoje teorije iz tega področja. Avtorji so sicer s svojim tovrstnim poskušanjem vendarle precej doprinesli k boljšemu razumevanju nastajanja prometnih nesreč ter posledično tudi k izboljševanju prometne varnosti nasploh. [12]

V grobem je mogoče vse dosedanje modele vožnje in vedenja voznikov združiti v obsežno skupino, ki zajema hierarhične modele in modele z nadzorno zanko. Pravimo, da modeli v tej skupini služijo kot ogrodje za vse ostale nadaljnje teorije. Omenjeno skupino modelov delimo na dve najbolj značilni množici modelov, in sicer na taksonomske ter funkcionalne modele. Funkcionalne modele lahko nadalje delimo na informacijsko predelovalne in motivacijske modele. Znotraj informacijsko predelovalnih modelov velja omeniti dve karakteristični skupini modelov, in sicer so to spoznavni modeli ter modeli, ki izhajajo iz teorije neposredne zaznave, med motivacijskimi modeli pa na drugi strani kot njihove tipične predstavnike štejemo modele tveganja ter modele delovne obremenitve. [11]



Slika 5: Shema modelov vožnje in vedenja voznikov (povzeto po [11])

Izmed naštetih modelov se za ponazarjanje vožnje zelo pogosto uporabljajo različne vrste hierarhičnih ter informacijsko predelovalnih modelov (njihova vsebina se sicer pravzaprav prepleta med seboj).

Hierarhični model

Zelo razširjen hierarhični model, ki sta ga razvila Michon (1971, 1979, cit. po [11]) in Janssen (1979, cit. po [11]) opredeljuje vožnjo kot hierarhično strukturo nalog reševanja problemov na treh ravneh, in sicer na strateški ravni, na ravni manevriranja ter na nadzorni ravni. Strateška ali navigacijska raven (ang. *strategic* ali *navigational level*) obsega vse procese v povezavi z izborom potovanja, kot so kam in kdaj iti, katero pot izbrati ipd. Odločitve voznika na tem nivoju so običajno redke, v primerjavi s preostalima nivojema trajajo najdlje časa, ter se, v kolikor se konstantno ne ponavljajo, procesirajo v bolj ali manj zavestnem stanju. Na ravni manevriranja ali ravni vodenja (ang. *manoeuvring level*) voznik sprejema odločitve v sekundah, pri tem pa na vedenje vplivajo motivacijske in situacijske spremenljivke. Najbolj značilna manevriranja na tem nivoju so zavijanje, prehitevanje, upoštevanje varnostne razdalje, vključevanje v križišče idr. Odločitve na nadzorni ali operativni ravni (ang. *control level*) voznik sprejema skorajda neprestano avtomatsko kot posledico odziva na dražljaje. Tipične naloge na tem nivoju so zadrževanje na prometnem pasu, menjavanje prestav ter uporaba pedal (sklopka, zavora, plin), vsak izkušen voznik pa jih izvaja takorekoč podzavestno. [5]

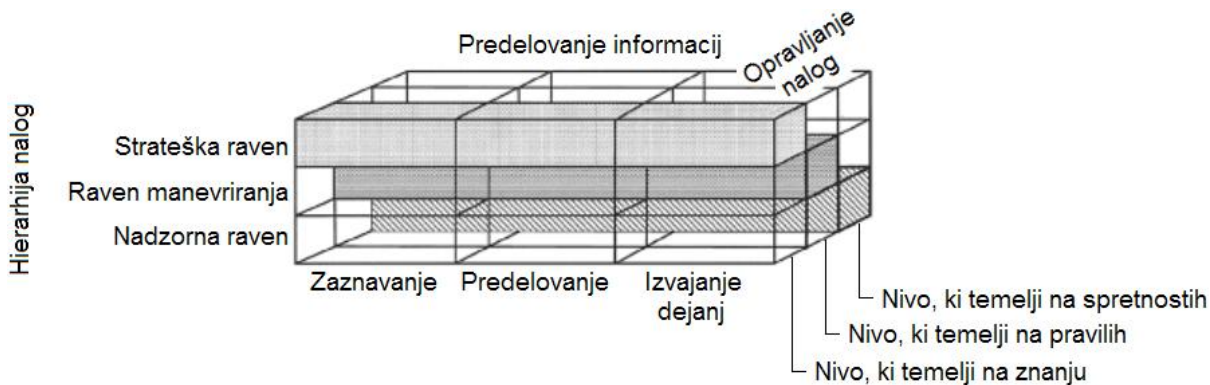
Podoben pristop kot v hierarhičnem modelu avtorjev Michona in Janssenja je mogoče najti tudi v trinivojskem modelu opravljanja nalog avtorja Rasmussena (1983, cit. po [5]). Slednji razlikuje tri različne nivoje pozornosti, ki so potrebni, da voznik opravi določeno nalogo. Avtor jih je poimenoval kot: nivo, ki temelji na spretnostih ali veščinah voznika, nivo, ki temelji na pravilih ter nivo, ki temelji na znanju voznika. Nivo, ki temelji na spretnostih voznika (ang. *skill-based level*) zahteva najmanj pozornosti, naloge pa izkušen voznik na tem nivoju opravlja zelo hitro in praktično avtomatsko. Na nivoju, ki temelji na pravilih (ang. *rule-based level*), je vedenje voznika vodeno s strani njegovega naučenega znanja o prometnih pravilih in predpisih oziroma pravilnem postopanju v dani situaciji ter s strani za normalno vožnjo nujno potrebnih dejanj, ki jih mora voznik v določenem trenutku opraviti. Na nivoju, ki temelji na znanju voznika (ang. *knowledge-based level*) voznikovo vedenje narekuje visoko zahtevana koncentracija, ki je potrebna, da voznik opravi določeno nalogo. Na tem nivoju se zaradi velikega napora, ki ga zahteva posamezna naloga, pojavlja precejšnja možnost pojavitve napak.

Informacijsko predelovalni model

Med informacijsko predelovalnimi modeli sta najbolj uveljavljena spoznavni model avtorja Rumarja (1985, cit. po [20]) ter model, ki izhaja iz teorije neposredne zaznave avtorja Gibsona (1986, cit. po [20]). Oba omenjena modela potrebujeata za razumevanje precej natančno razlago iz psihološkega in fiziološkega področja, vendar pa je ta le za razumevanje osnov nekoliko preobsežna. V splošnem lahko rečemo, da se v povezavi s teorijo o predelovanju informacij običajno vključuje pojem zaznavanje, samo predelovanje informacij pa temelji na naslednjih stopnjah: izbira relevantnih informacij in/ali predelovanje (procesiranje) informacij ter izvršitev dejanj.

Opravljanje vožnje kot naloge v treh dimenzijah

Vse tri zgoraj opisane modele je nizozemski psiholog in prometni strokovnjak Theeuwes (1993, cit. po [25]) spretno združil v tridimenzionalno matriko, s katero je na zanimiv način predstavil vožnjo kot opravljanje nalog oziroma opravil. Kot je razvidno iz slike 6, njegova matrika zajema tri hierarhične ravni, tri stopnje predelovanja informacij ter tri nivoje pozornosti za opravljanje nalog.



Slika 6: Vožnja kot opravljanje nalog v treh dimenzijah (povzeto po [25])

Za izkušenega voznika običajno velja, da se hierarhične ravni z nivoji pozornosti povezujejo v diagonalni smeri. To pomeni, da voznik naloge na strateški ravni opravlja na nivoju, ki temelji na znanju voznika, naloge na ravni manevriranja so povezane z nivojem, ki temelji na pravilih, naloge na nadzorni ravni pa voznik opravlja na nivoju, ki temelji na spretnostih. Opisana razmerja se nekoliko razlikujejo pri voznikih začetnikih. Slednji denimo naloge na nadzorni ravni opravljajo na nivoju, ki temelji na znanju. Potrebno je vedeti, da se razmerja med posameznimi ravnmi in nivoji ne pojavljajo samo v oblikah ena proti ena ter, kot je moč tudi logično sklepati, da se pri vozniku skozi čas spremenijo nivoji pozornosti pri katerih opravljanja naloge, ki pripadajo določeni hierarhični ravni (Theeuwes, J., 1993, cit. po [26]). Ob tem velja še povedati, da so vse tri stopnje predelovanja informacij prisotne pri vseh hierarhičnih ravneh, spreminja pa se le način predelovanja informacij. To se dogaja zaradi različne stopnje avtomatizacije predelovanja informacij, kar dejansko pomeni, da se pri izvajanju nalog na določeni ravni lahko hitrost zaznavanja, predelovanja informacij in izvrševanja dejanj voznika spreminja. [5] [27]

1.2 Uvod v predvidljive ceste in ceste, ki odpuščajo napake voznikov

Učinkovito zmanjšanje števila prometnih nezgod in števila ljudi, ki v nezgodah utrpijo poškodbe, je mogoče doseči le z ukrepanjem na področju treh glavnih komponent cestnega prometnega sistema, in sicer na področju voznikov, vozil in cestne infrastrukture. Potencial za izboljšanje varnosti cestne infrastrukture ali cestnega okolja predvsem na cestah zunaj naselij predstavljata dva različna koncepta – koncept predvidljivih cest in koncept cest, ki odpuščajo napake voznikov. [28]

Koncept predvidljivih cest (ang. *the self-explaining roads concept*) temelji na ideji, da je mogoče z ustrezno ureditvijo (načrtovanjem) in izgledom ceste izzvati pravilno vedenje in vožnjo voznikov. Ključnega pomena pri tem je, da mora cesta dosledno izpolnjevati pričakovanja uporabnikov ceste. Na ta način naj bi bilo namreč moč bistveno zmanjšati število napak voznikov, kar je pravzaprav tudi osnovni namen koncepta. [29] [30]

Koncept cest, ki odpušča napake voznikov (ang. *the forgiving roads concept*), predvideva zagotovitev izboljšanja varnosti cest z nekoliko drugačno strategijo. Omenjen koncept v ospredje postavlja reševanje napak voznikov oziroma drugih nedelovanj v prometnem sistemu, ki imajo za posledico, da voznik zapusti (smerno) vozišče. Dobro načrtovana cesta, ki odpušča napake voznikov, naj bi v prvi fazi zmanjševala tveganje za nastanek prometne nezgode, v drugi fazi pa tveganje za nastanek resnejših poškodb ob nezgodi. [29]

Če povzamemo bistvo obeh konceptov, lahko nekoliko poenostavljeno rečemo, da je glavni namen koncepta predvidljivih cest preprečiti napake voznikov, namen cest, ki odpuščajo napake voznikov, pa karseda omiliti njihove posledice. [30]

1.3 Namen in sestava diplomske naloge

Izraza predvidljive ceste in ceste, ki odpuščajo napake voznikov, se v mednarodni literaturi, tj. v priročnikih, smernicah, publikacijah in drugih podobnih delih, pojavljata vedno pogosteje. V nekaterih prometnih sistemih prometno najnaprednejših in najrazvitejših držav sveta, kot so Nizozemska, Nemčija, Danska, VB, Združene države Amerike idr., sta oba oziroma po eden koncept tudi že praktično udejanjena. V slovenski literaturi sta se ideji o predvidljivih cestah in cestah, ki odpuščajo napake voznikov, začeli pojavljati šele pred kratkim, posledično pa ju je moč zaslediti tudi v le precej skromnem številu strokovnih del. Z diplomsko nalogo o predvidljivih cestah in cestah, ki odpuščajo napake voznikov, bom sam poskusil doprinesti k večji prepoznavnosti konceptov ter s tem, glede na potencial, ki ga predstavljata, tudi k boljši prometni varnosti v Sloveniji. Osrednji namen diplomske naloge je torej predstaviti teoretične podrobnosti konceptov ter prikazati možnosti njune praktične uporabe.

Diplomska naloga je sestavljena iz šestih poglavij:

- Prvo poglavje: V uvodnem poglavju so predstavljene temeljne značilnosti prometne varnosti s poudarkom na varnosti cest zunaj naselij. Poglavje se osredotoča na področje prometnih nesreč ter področje vedenja in vožnje voznikov.
- Drugo poglavje: Poglavje zajema kratek opis na evropskem območju najbolj uveljavljenih orodij in metod za vrednotenje in upravljanje varnosti cest.
- Tretje poglavje: V poglavju je predstavljen koncept predvidljivih cest. Poleg ideje koncepta sta natančno predstavljena tudi dva obstoječa načina za zagotovitev praktične uresničitve koncepta.
- Četrto poglavje: Poglavje zajema predstavitev koncepta cest, ki odpuščajo napake voznikov. V tem delu naloge so natančno prikazane strategije za načrtovanje cest v skladu s konceptom.
- Peto poglavje: V petem poglavju je obravnavana varnostno problematična cesta Unec–Žlebič. Prikazana je prometno varnostna analiza ceste, predstavljeni so varnostno najbolj problematični odseki in križišča ceste in njihove pomanjkljivosti ter podani so predlogi (proti)ukrepov za povečanje njihove varnosti v skladu z obravnavanima konceptoma.
- Šesto poglavje: V zadnjem poglavju so podane splošne ugotovitve glede cest zunaj naselij, obeh predstavljenih konceptov ter obravnavane ceste.

2 ORODJA ZA VREDNOTENJE IN UPRAVLJANJE VARNOSTI CEST

Izboljšanje prometne varnosti je in še vedno spada med prednostne cilje vsake razvitejše države. To se kot posledica odraža v zmanjševanju števila prometnih nesreč na cestah ter posledično tudi zmanjševanju števila poškodovanih prometnih udeležencev. Navkljub prednostim, ki jih zagotavljajo izboljšave varnosti cest, pa le-te vendarle prinašajo na plan tudi nekatere nove izzive, ki jih je za odpravo preostalih varnostnih pomanjkljivosti potrebno rešiti. Eden izmed takih izzivov je denimo ta, da zmanjšanje števila prometnih nesreč pomeni praviloma precej bolj raztreseno porazdelitev nesreč po cestni mreži, kar pa je pogosto vzrok, da so pristopi za upravljanje varnosti, ki temeljijo na obdelavi podatkov o prometnih nesrečah (t. i. reaktivni pristopi), bistveno manj učinkoviti. Pot do rešitve omenjenega izziva posledično predstavlja uporaba naprednejših t. i. proaktivnih orodij in metod za upravljanje s prometno varnostjo cest, vendar pa le-ta vsekakor zahteva njihovo dobro poznavanje. [5]

Za vsa orodja oziroma procese za vrednotenje in upravljanje varnosti cest je značilno, da za svojo uporabo zahtevajo določen nivo podatkov. Najpogosteje so to podatki o prometnih nesrečah, prometu, geometriji ceste, vozilih ter prometnih udeležencih. Orodja se poleg glede na vrsto zahtevanih podatkov razlikujejo tudi glede na raven podrobnosti teh podatkov. Pogostost ter način, na katerega je potrebno pridobiti podatke, praviloma odvisita od vrste orodja ter namena, za katerega se to orodje uporablja. Podatki so lahko načeloma zbrani priložnostno (za poseben namen oziroma posamezno študijo) in niso namenjeni splošni uporabi, ali pa strukturirano ter služijo širši uporabi in za več namenov. [5]

Orodja za vrednotenje in upravljanje varnosti cest šteujemo kot sestavne elemente celotnega upravljanja varnosti cestne infrastrukture. Njihov glavni namen je najrazličnejšim prometnim agencijam in organizacijam služiti kot pomoč pri nadzoru nad prometno varnostjo cest, prepoznavanju problematike prometne varnosti ter iskanju rešitev za njeno izboljšanje. [5]

Pristojni organi za ceste v državah EU za vrednotenje varnosti cest ter učinkovitosti ukrepov, ki se jih na cestah izvaja, najpogosteje uporabljajo naslednja orodja ali procese [5]:

- Preverjanje varnosti v cestnem prometu – RSA (ang. *Road safety audit*)
- Pregled varnosti ceste – RSI (ang. *Road safety inspection*)
- Upravljanje varnosti cestnega omrežja – NSM (ang. *Network safety management*)
- Modeliranje prometnih nesreč – APM (ang. *Accident prediction modelling*)
- Točkovanje varnosti ceste – RPS (ang. *Road protection scoring*)
- Prepoznavanje in analiziranje nevarnih mest (črnih točk) na cestah – BSM (ang. *Identification and analysis of hazardous road locations* ali *Blackspot safety management*)
- Ocena učinka na varnost v cestnem prometu – RSIA (ang. *Road safety impact assessment*)
- Monitoring vedenja prometnih udeležencev (ang. *Monitoring of road user behavior*)
- Raziskave konfliktnih situacij v cestnem prometu (ang. *Conflict studies*)
- Poglobljene analize prometnih nesreč (ang. *In-depth analyses of crashes*)

Uporaba orodij je med prometnimi strokovnjaki v največji meri odvisna od preprostosti posameznega orodja ter nivoja podatkov, ki ga za svojo uporabo le-ta zahteva. Njihovo izvajanje je lahko v praksi sicer tudi predpisano. Direktiva EU 2008/96/EC (EUR Lex, cit. po

[31]) denimo navaja, da morajo države članice EU kot osnovo za izvedbo tistih ukrepov, ki so predvideni na cestah, ki spadajo med vseevropsko cestno omrežje (TERN), obvezno izvajati naslednja orodja: RSA, RSI, NSM ter RSIA. V Sloveniji je uporaba orodij v splošnem precej razširjena. Pristojni organi za ceste ter različne organizacije, ki se ukvarjajo s prometno varnostjo, uporabljajo namreč vseh deset vrst naštetih orodij. [31]

Najprimernejšo delitev orodij za vrednotenje in upravljanje varnosti cest predstavlja delitev glede na njihovo potrebo po uporabi podatkov o najpogostejšem kazalcu prometne varnosti – prometnih nesrečah. Orodja na podlagi te delitve razvrščamo med [32]:

- Reaktivna orodja ali orodja, katerih uporaba temelji na podatkih o prometnih nesrečah: Tradicionalen način določanja varnosti cest ali posameznih cestnih odsekov predstavlja prepoznavo zgodovine prometnih nesreč na teh cestah oziroma njihovih odsekih. Na podlagi ugotavljanja vzrokov nesreč, ki jih pripisujemo dejavnikom cestnega okolja (bodisi kot samostojni dejavniki bodisi v kombinaciji z drugimi dejavniki), je mogoče prepoznati nekatere ključne elemente cestne infrastrukture, ki jih je moč povezati z določenimi tipi in posledicami prometnih nesreč. Med orodja, ki temeljijo na tovrstnih metodah vrednotenja in upravljanja varnosti, štejemo: NSM, BSM ter poglobljene analize prometnih nesreč.
- Proaktivna orodja ali orodja, katerih uporaba ne temelji na podatkih o prometnih nesrečah: V nekaterih državah se je z dosegom relativno visokega nivoja varnosti cest, tj. zmanjšanja števila prometnih nesreč (s hudimi poškodbami), pričakovano bistveno zmanjšalo število cestnih odsekov oziroma mest na cestah z visoko stopnjo prometnih nesreč. Vzrok (sovzrok) temu je v nekaterih primerih sicer tudi nezadovoljivo evidentiranje in/ali poročanje o prometnih nesrečah, zlasti o tistih manj resnih. Posledica opisanega v teh primerih je, da z orodji, katerih uporaba temelji na podatkih o prometnih nesrečah, več ni mogoče upravljati z varnostjo cest, pač pa je potrebno za to uporabiti drugačne vrste orodij ali procesov:
 - orodja za napovedovanje prometnih nesreč – prepoznavo nevarnih cestnih in obcestnih elementov ter njihova uporaba v algoritmih za napovedovanje njihovega vpliva na pogostost prometnih nesreč
 - orodja za prepoznavanje glavnih dejavnikov povzročitve najpogostejših tipov prometnih nesreč ter iskanje rešitev zanje
 - orodja za prepoznavanje nevarnih ureditev cest v fazi njihovega načrtovanja
 - orodja za prepoznavanje nevarnega vedenja voznikov
 - orodja za prepoznavanje nevarnih kombinacij različnih vrst vozil

Izmed prej naštetih (10) orodij spadajo v skupino proaktivnih orodij: RSA, RSI, APM, RPS, RSIA, monitoring vedenja prometnih udeležencev ter raziskave konfliktnih situacij v cestnem prometu.

Temeljne značilnosti in sestavni elementi posameznih omenjenih (10) orodij so na kratko predstavljeni v naslednjih poglavjih.

2.1 Preverjanje varnosti v cestnem prometu

O preverjanju varnosti v cestnem prometu (v nadaljevanju RSA) govorimo kot o neodvisnem, podrobnem in sistematično tehničnem varnostnem preverjanju konstrukcijskih lastnosti cestno infrastrukturnega projekta. RSA obsega vse faze investicije od načrtovanja, začetka

obratovanja do pridobitve ustreznega uporabnega ali obratovalnega dovoljenja. Praviloma se izvaja v štirih (v nekaterih primerih petih) korakih, in sicer dveh korakih pred ter dveh korakih po izgradnji objekta. Osrednji namen izvedbe RSA-ja je zagotoviti, da novo načrtovana cesta predstavlja minimalno možno tveganje za nastanek prometne nezgode na njej. Omenjena zagotovitev pomeni odstranitev ali premestitev vseh potencialno nevarnih cestnih in/ali obcestnih elementov, še preden so dejansko zgrajeni. Pri izvajanju RSA-ja je pomembno, da le-ta enakovredno obravnava vse vrste uporabnikov ceste. [5] [33]

O učinkovitem RSA-ju lahko govorimo, kadar [5]:

- ga izvaja ekipa strokovno usposobljenih in pooblaščenih (v nekaterih državah licenciranih) presojevalcev (prometnih strokovnjakov),
- je izveden na standardiziran način oziroma v skladu z dosledno uporabljenimi kontrolnimi seznama, kar omogoča zbiranje in primerjavo rezultatov različnih preverjanj,
- je organiziran na način, da sodelujoči presojevalci predstavljajo neodvisen kader oziroma da niso na kakršenkoli način vključeni v projekt ceste, ki ga proučujejo,
- je dokumentiran v obliki poročila, ki ga ustvarijo presojevalci ter ki vsebuje posebna priporočila v zvezi z izboljšavami, ki so potrebne za zagotovitev ustrezne varnosti ceste ter
- je pooblaščen s strani pristojne agencije, in sicer na način, da agencija poda odgovor na vsako predlagano priporočilo ter vsako zavrnjeno priporočilo tudi pisno utemelji.

2.2 Pregled varnosti ceste

Pregled ceste z vidika prometno varnostnih lastnosti oziroma pregled varnosti ceste (v nadaljevanju RSI) je sistematičen periodičen proces, ki temelji na ogledu in pregledu obstoječe ceste ali cestnih odsekov (tudi rekonstruirane in obnovljene ceste pred sprostitvijo prometa na njih), z upoštevanjem cestne okolice, ki ga opravijo presojevalci prometne varnosti z namenom, da ugotovijo morebitne napake in pomanjkljivosti ceste (vzroke), ki lahko privedejo do nastanka prometnih nesreč v prihodnosti. [34]

Za zagotovitev ustreznega RSI-ja je potrebno [34]:

- da se pregled opravi sistematično, kar pomeni, da mora biti pregled obširen, izčrpen, razumljiv ter izpeljan metodološko,
- da pregled opravi eden ali (bolj zaželeno) skupina presojevalcev prometne varnosti z izkušnjami na področju cestno prometnega inženirstva, poznavanja vedenja prometnih udeležencev ali s področja načrtovanja cest, ki pa ne sodelujejo pri vzdrževanju obravnavane ceste ali cestnih odsekov,
- da se pregled nanaša samo na cesto, ki je v uporabi, in ne na cesto, ki je v fazi načrtovanja ali gradnje,
- da je pregled z namenom preprečevanja nastanka morebitnih prometnih nesreč v celoti proaktiven (ne temelji na podatkih o prometnih nesrečah, ki so se že zgodile)

RSI vodi do zmanjšanja verjetnosti za nastanek prometnih nesreč, oziroma v kolikor se le-te že pojavljajo, do kvalitetne izbire nujnih (proti)ukrepov. [34]

2.3 Upravljanje varnosti cestnega omrežja

Upravljanje varnosti cestnega omrežja (v nadaljevanju NSM) je proces, v katerem se statistično analizira variacije v številu prometnih nesreč med cestami oziroma cestnimi odseki obravnavane cestne mreže. Osrednji cilj izvajanja NSM-ja je prepoznavna cestnih odsekov, za katere je v različnih oblikah značilna slaba prometna varnost, tj. neobičajno visoka stopnja prometnih nesreč, visok delež najresnejših nesreč in/ali visok delež določenega tipa nesreč. NSM lahko zajema celotno omrežje cest, ki je v pristojnosti določenega organa, ali pa je omejeno le na določene vrste cest oziroma prometna okolja. [5]

V praksi obstaja že kar nekaj različnih različic NSM-ja – od relativno preprostih razvrščanj cestnih odsekov glede na zabeleženo število prometnih nesreč do naprednih statističnih metod, ki temeljijo na modelih napovedovanja prometnih nesreč. [5]

Kot obliko upravljanja varnosti cestnega omrežja je mogoče šteti protokol metodologije EuroRAP (European Road Assessment Programme) – ocena stopnje tveganja cest (poglavje 5.1).

2.4 Modeliranje prometnih nesreč

Modeli (napovedovanja) prometnih nesreč (v nadaljevanju APM) so matematične formulacije odnosa prometnovarnostnega kazalca – števila prometnih nesreč glede na parametre, ki vplivajo na ta kazalec (prometna obremenitev, karakteristike ceste, značilnosti vozil in okolja, psihofizični dejavniki voznikov idr.). Glavni namen izvajanja APM-ja je prepoznati poglobitve dejavnike povzročiteljev prometnih nesreč ter ovrednotiti razsežnosti njihovega vpliva oziroma podati oceno pričakovanega števila nesreč na opazovani cesti. APM se praviloma uporablja za celotne dolžine cest, posamezne cestne odseke ter križišča. [35] [5]

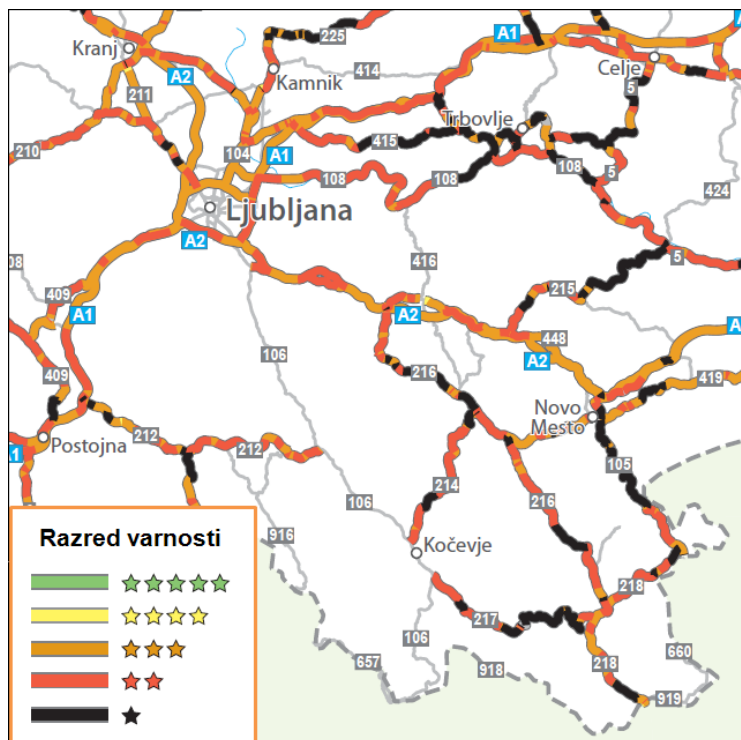
Vplive posameznih dejavnikov je predvsem zaradi njihove kompleksnosti ter kompleksnih razmerij med njimi v okviru modelov napovedi prometnih nesreč običajno težko strukturirati. V enačbah kot spremenljivka praviloma vedno nastopa le volumen prometa ceste (PLDP) ter v primeru obravnave cestnih odsekov dolžina odseka, uporaba ostalih spremenljivk pa običajno odvisi od vrste oziroma namena raziskave. Z modeli napovedi se tako najpogosteje napoveduje nesreče pri predpostavljenih nespremenjenih splošnih zunanjih pogojih. [5] [35]

2.5 Točkovanje varnosti ceste

Točkovanje varnosti ceste (v nadaljevanju RPS) predstavlja postopek ocenjevanja, kako odpuščajoča je cesta oziroma v kolikšni meri lahko cesta udeleženca varuje v primeru nastanka prometne nesreče. V praksi obstaja več vrst sistemov RPS-a, med katerimi pa je, vsaj kar se tiče evropskega območja, najbolj poznana metodologija EuroRAP. Na podlagi slednje metodologije, sicer s prilagoditvijo določenim lokalnim pogojem, so bili razviti še nekateri podobni sistemi, kot so AusRAP (Avstralija), KiwiRAP (Nova Zelandija), usRAP (ZDA) ter iRAP (mednarodni program vrednotenja cest). [5]

Določitev, kako odpuščajoča je cesta s svojim obcestjem, se praviloma nanaša na ocenitev, kako uspešno lahko cestno okolje zavaruje uporabnika ceste pred hudo poškodbo ali smrtjo v primeru pojavitve nesreče. Atributi cestne infrastrukture, ki vplivajo na tveganje za

nastanek resnejših poškodb, se ugotavljajo preko pregledov cest. Na podlagi pregledov se za attribute ceste določi dejavnike tveganja, z upoštevanjem le-teh pa se izračuna varnost cest. Protokol rangiranje cest glede na stanje cest in obcestja metodologije EuroRAP za ocenjevanje varnosti cest uporablja vrednotenje cest oziroma odsekov z zvezdicami (poglavje 5.1). V sklopu omenjenega protokola se izdelajo tudi karte cestnih omrežij, na katerih so prikazane ceste z izračunanimi stopnjami varnosti. [5]



Slika 7: Primer karte rangiranja cestnega omrežja (povzeto po [36])

2.6 Prepoznavanje in analiziranje nevarnih mest na cestah

Nevarno mesto ali tudi »črna točka« opredeljujemo kot mesto, točko, odsek ali križišče na cestnem omrežju, ki kaže višjo gostoto smrtnih žrtev in hudo poškodovanih udeležencev prometnih nesreč v primerjavi s primerljivimi deli cestnega omrežja. Gre za mesta z visokim tveganjem za uporabnike ceste oziroma mesta s povečano verjetnostjo za prometno nesrečo s hujšimi posledicami. [37]

Nevarna mesta so na odsekih cest določena z enostavnimi ali zahtevnimi statističnimi metodami na podlagi podatkov o številu prometnih nesreč, številu poškodovanih in umrlih udeležencev v nesrečah ter podatkov o prometnem delu na obravnavanem odseku. Pri metodah določitve nevarnih mest na osnovi povečanega tveganja je za pridobitev čim realnejših rezultatov pomembno upoštevati nekatere omejitve tovrstnega orodja [37]:

- naključen značaj prometnih nesreč (vpliv naključja, zunanjih dejavnikov, časovnega obdobja),
- regresijo k povprečju (znižanje stopnje prometnih nesreč kot posledica naključnega značaja prometnih nesreč),
- migracijo prometnih nesreč (časovna in prostorska spremenljivost),
- prometne obremenitve (relativna primerjava zgostitev nesreč glede na prometne obremenitve podobnih odsekov).

V sklopu postopka identifikacije ali določitve nevarnih mest na cestnem omrežju je praviloma potrebna tudi preveritev nabora določitve nevarnih mest (preveritev že izvedenih ukrepov, analiza podatkov o prometni varnosti, tehničnih in geometrijskih elementih ceste in stanju vozišča, terenski pregled ter izdelava poročila). Preveritvi nabora določitve nevarnih mest običajno sledi izdelava idejnih rešitev za sanacijo nevarnih mest. [37]

2.7 Ocena učinka na varnost v cestnem prometu

Ocena učinka na varnost v cestnem prometu (v nadaljevanju RSIA) je strateška primerjalna ocena vpliva infrastrukturnega projekta oziroma investicije, ki ga le-ta lahko ima na raven prometne varnosti (število in/ali posledice prometnih nesreč) infrastrukturne mreže. Osnovni cilj izvedbe RSIA-ja je, da se v začetni fazi planskega procesa primerjajo alternativne rešitve z vidika vplivov, ki jih le-te imajo na nivo varnosti obravnavanega cestnega omrežja. [38]

Ocena vpliva na varnost zajema ocenjevanje trenutne ravni prometne varnosti obravnavanega cestnega omrežja (običajno del omrežja) ter ocenjevanje ravni varnosti predvidenega rezultata posamezne predlagane rešitve oziroma skupine rešitev. [5]

2.8 Monitoring vedenja prometnih udeležencev

Ene izmed najpomembnejših dejavnikov, ki vplivajo na cestnoprometno varnost, predstavljata vedenje prometnih udeležencev (voznikov) ter njihova rezultirajoča vožnja. Iz tega razloga nemalo število agencij in organizacij, ki se ukvarja z varnostjo cest, posveča čedalje večje zanimanje njunemu spremljanju ter ocenjevanju njunih sprememb skozi čas. Najbolj pogosto spremljane oblike vedenja in vožnje uporabnikov ceste so [5]:

1. hitrost
2. uporaba varnostnega pasu
3. uporaba varnostne čelade
4. vožnja v utrujenem stanju (običajno na podlagi samoocenjevanja)

Potencialno zelo pomembni oblike vedenja (vožnje) predstavljata tudi vožnja pod vplivom alkohola, drog ali drugih prepovedanih substanc ter uporaba mobilnih telefonov med vožnjo. Za obe obliki je značilno, da sta le v redkih primerih spremljani sistematično, kar posledično pomeni, da so podatki o njuni razširjenosti največkrat nepopolni ter nezanesljivi. [5]

V idealnem smislu naj bi bila izbira oblike vedenja (vožnje), ki jo je potrebno spremljati, v največji meri odvisna od nivoja tveganja, ki ga posamezna oblika predstavlja (na primer spremljanje hitrosti vozil je zaradi večjega vpliva na varnost bolj zaželeno kot denimo spremljanje uporabe varnostne čelade). Slabost takšnega pristopa predstavlja sicer dejstvo, da je tveganje določenih oblik vedenja (vožnje) sila težko določljivo (na primer vpliv utrujenosti voznika na varnost). [5]

O monitoringu vožnje praviloma govorimo kot o evidentiranju položaja vozila v prostoru in času. Parametre vozila, ki jih lahko spremljamo, v osnovi delimo v dve skupini, in sicer v vzdolžne spremenljivke (glede na os ceste) – hitrost vozila in njegova vzdolžna oddaljenost od ostalih objektov, ter prečne spremenljivke – prečni odmik vozila od roba vozišča ter hitrost vozila v prečni smeri. Monitoring vedenja na drugi strani predstavlja spremljanje voznika oziroma njegovih dejanj, tj. kam gleda, katere gume in pedala pritiska ipd. Monitoring

vedenja velja v primerjavi z monitoringom vožnje za zahtevnejši proces. Medtem ko se za spremljanje vožnje uporabljajo avtomatske naprave za beleženje parametrov, pa monitoring vedenja zahteva sodelovanje opazovalcev, ki vedenje voznikov spremljajo bodisi neposredno v vozilih bodisi preko video posnetkov v vsakem opazovanem vozilu. [5]

2.9 Raziskave konfliktnih situacij v cestnem prometu

Konfliktne situacije delimo glede na grozečo nevarnost za pojavitev prometne nesreče, ki se kaže v trenutku, ko udeleženec začne opravljati manever. O resni konfliktni situaciji govorimo v primeru, ko se vožnja udeleženca skorajda rezultira v nesreči, torej ko voznik opravi manever v zadnjem možnem trenutku. [5]

Oblika proučevanja konfliktnih situacij se je z napredkom na področju programske opreme za obdelavo video posnetkov v zadnjem času kar nekoliko spremenila. Tovrstna proučevanja so do nedavnega predvsem zaradi »ročnih metod« analiziranja video posnetkov navkljub ustrezni usposobljenosti opazovalcev, ki so te analize opravljali, veljala za nekoliko subjektivna orodja. Sodobna programska orodja za procesiranje video posnetkov so z natančnim prepoznavanjem hitrosti in trajektorij v konfliktno situacijo vpletenih vozil opazovalcem omogočila praktično popolnoma objektivno ocenjevanje v študijah najbolj pogosto iskane spremenljivke – časa do pojavitve trčenja (ang. *time to collision*). Raziskave na podlagi tovrstnih metod v primerjavi s predhodnimi prometnim strokovnjakom omogočajo tudi natančnejšo in doslednejšo klasifikacijo konfliktnih situacij, posledično pa pripomorejo tudi k boljšemu razumevanju odnosa med njimi in prometnimi nesrečami. [5]

V skupino orodij, ki omogočajo objektivno vrednotenje resnosti konfliktnih situacij in njihovih povezav z nesrečami, uvrščamo tudi naturalistične raziskave voženj (ang. *Naturalistic driving studies*). Naturalistične raziskave zajemajo objektivna in nevsiljiva opazovanja voznikov v njihovih vozilih (opremljenih z določenimi napravami) in njihovem vsakdanjem prometnem okolju v daljšem časovnem obdobju. Omenjene raziskave se uporabljajo predvsem z namenom po pridobitvi čim realnejših podatkov o vožnji v čim večjem obsegu. [5]

2.10 Poglobljene analize prometnih nesreč

Poglobljena analiza prometne nesreče je raziskava, s katero se poskuša natančno rekonstruirati prometne dogodke, ki so privedli do prometne nesreče, ter ugotoviti dejavnike, ki predstavljajo glavne vzroke različnih poškodb udeležencev v nesreči. Tovrstne raziskave se največkrat osredotočajo na prepoznavo človeških dejavnikov, ki so praviloma tudi najtežje določljivi. Osrednjo težavo za izvajanje poglobljenih analiz sicer predstavljajo zelo pogosto premalo podrobni (uradni) podatki o prometnih nesrečah. Med najpomembnejše elemente poglobljenih analiz štejemo [5]:

- rekonstrukcijo dinamike gibanja (manevrov) vozil pred nastankom prometne nesreče
- ocenitev hitrosti vozil ob trčenju,
- prepoznavo tehničnih okvar vozil in mehanizmov nastanka poškodb udeležencev nesreče ter
- celovito ocenitev vloge človeških dejavnikov (voznik), kot so stopnja alkohola in sledi prepovedanih drog v krvi, uporaba varnostnega pasu med vožnjo, nenaden nastop bolezni tik pred nastankom nesreče ter znaki, da je voznik pred trčenjem zaspal oziroma da je bila njegova pozornost odvrnjena od vožnje.

3 PREDVIDLJIVE CESTE

3.1 Opredelitev koncepta predvidljivih cest

Koncept predvidljivih cest predstavlja enega izmed konceptov načrtovanja cest, katerega glavni namen je zmanjšanje števila prometnih nesreč na cestnih omrežjih oziroma natančneje na cestah zunaj naselij. Koncept je bil zasnovan predvsem z željo, da se z odpravljanjem nepričakovanih in nevarnih situacij v prometu voznikom olajša zahtevnost njihove vožnje. [4]

Izraz predvidljive ceste se v literaturi prvič pojavi z delom nizozemskih strokovnjakov Theeuwesa in Godthelpa ob začetku 90 let prejšnjega stoletja. Pomen besedne zveze predvidljive ceste izvira iz nizozemskega izraza »begrijpelijkheid van de weg«, kar lahko prevedemo kot razumljive ceste. Omenjen izraz je z zmožnostjo bolj natančnega pojasnila samega koncepta naknadno nadomestila angleška besedna zveza »self-explaining roads« (dobeseden prevod »samopojasnujoče se ceste«), od koder tudi izhaja slovenski izraz predvidljive ceste. Kot osnovo obravnavanega koncepta se v literaturi postavlja razlago že omenjenih avtorjev Theeuwesa in Godthelpa (1992, cit. po [39]), da je cesta predvidljiva takrat, kadar stalno izpolnjuje pričakovanja voznikov ter izvablja od njih pravilno in varno vožnjo preprosto preko svoje ureditve oziroma svojega izgleda. Takšno vedenje voznikov naj bi zajemalo: pričakovanje navzočnosti ostalih (vrst) uporabnikov ceste, pričakovanje vedenja ostalih uporabnikov ceste, pričakovanje sprememb cestnega okolja, izbiro hitrosti ter izbiro prečnega položaja vozila na vozišču. [28]

Koncept predvidljivih cest v osnovi temelji na kognitivni psihologiji s poudarkom na proučevanju človekovih notranjih miselnih procesov. Osrednjo vlogo v konceptu predstavljata proces kategorizacije in proces pričakovanja. Proces kategorizacije Theeuwesa in Godthelpa (1993, cit. po [40] str. 7) razlagata na naslednji način: »... preko izkušenj bodo uporabniki cest razvili prototipsko predstavo o različnih kategorijah cest. V kolikor je izgled specifičnega cestnega okolja homogen ter fizično drugačen od ostalih vrst cestnih okolij (kategorij cest), je mogoče pričakovati, da bodo lahko vozniki prototipsko predstavo razvili brez težav«. V zvezi s procesom pričakovanja Theeuwesa (2002, cit. po [40] str. 7–8) v svojem poznejšem delu poudarja pomembnost t. i. pričakovanj »od zgoraj navzdol« (ang. »*top-down expectations*«) (znanje oziroma pričakovanja voznika vplivajo na njegovo zaznavanje) ter pojasnjuje: »Očitno je, da lahko izredno nevarne situacije nastanejo v primeru, kadar cestno okolje sproža neustrezna pričakovanja voznikov v smislu ureditve ceste ... zaradi tako pomembne vloge pričakovanj v vožnji je ključnega pomena, da je ureditev ceste prilagojena pričakovanjem voznikov«.

Termin in koncept predvidljivih cest sta se v času od svojega nastanka oziroma zasnove pa do danes med strokovnjaki različnih strok, ki se ukvarjajo z varnostjo cest, močno razširila. Prometnim strokovnjakom, ki se soočajo z novimi izzivi odprave pomembnih varnostnih pomanjkljivosti cest, se namreč koncept, ki predvideva dosego zmanjšanja napak voznikov na podlagi ureditve ceste, ki je v skladu s pričakovanji voznikov in od slednjih izvablja ustrezno vedenje, ponuja kot zelo privlačna ideja. Težava, ki se sicer pri tem poraja, je, da je tovrstna ideja precej bolj teoretična kot praktična. Zaradi neobstoja splošnih praktičnih smernic, ki bi podajale tehnična navodila za izvedbo predvidljivih cest, so se posledično izoblikovale različne interpretacije koncepta. Uporaba koncepta v praksi praviloma temelji na

principih kategorizacije cest. Koncept se v splošnem povezuje tudi s številnimi vidiki inovativnega načrtovanja cest, kot so koncept razumljive in intuitivne ureditve ceste, koncept konsistentnosti, koncept t. i. berljivosti ter koncept psihološkega umirjanja prometa. Na podlagi upoštevanja obstoječe literature je naposled mogoče predpostaviti, da je praktična uresničitev koncepta predvidljivih cest v grobem mogoča na dva načina, in sicer s kategorizacijo cest (bolj teoretičen način) ter posameznimi »predvidljivimi« tehničnimi ukrepi (način bolj praktične narave). Oba načina sta predstavljena v naslednjih poglavjih. [39] [40]

3.2 Načrtovanje predvidljivih cest na podlagi kategorizacije cest

Koncept predvidljivih cest temelji na ideji, da so ceste z značilnimi geometrijskimi in tehničnimi elementi oziroma značilno prometno opremo voznikom enostavno razumljive in razločljive. V kolikor lahko voznik jasno prepozna, na kateri cesti v smislu tipa ceste se nahaja, lahko podzavestno ugotovi, kakšne cestne in prometne pogoje lahko pričakuje, ter posledično temu prilagodi svojo vožnjo. Rečemo lahko, da je ustrezna hitrost oziroma vožnja voznika na ta način sprožena s strani same ureditve ceste. Pravilno načrtovane predvidljive ceste naj bi s sugeriranjem pravilne vožnje voznikom na podlagi svoje ureditve zahtevale bistveno skromnejšo potrebo po označevanju omejitev hitrosti in nevarnih mest na cestah. [4]

Trenutni praktični pristopi za doseg uresničitve koncepta predvidljivih cest v veliki večini temeljijo na principih kategorizacije cest ter z njimi povezanih principih prometnih predpisov (predvidljive ceste s tovrstno zasnovo lahko označimo tudi z izrazom standardizirane ceste (ang. *standardised roads*). Osrednji razlog za to je moč pripisati predvsem dejstvu, da je poznavanje odvisnosti vedenja voznikov od posameznih elementov ceste preskromno, da bi lahko koncept informiranja voznikov preko ureditve ceste dosegli s katerimi drugimi ukrepi.

Koncept predvidljivih cest se v splošnem opira na naslednje predpostavke [4]:

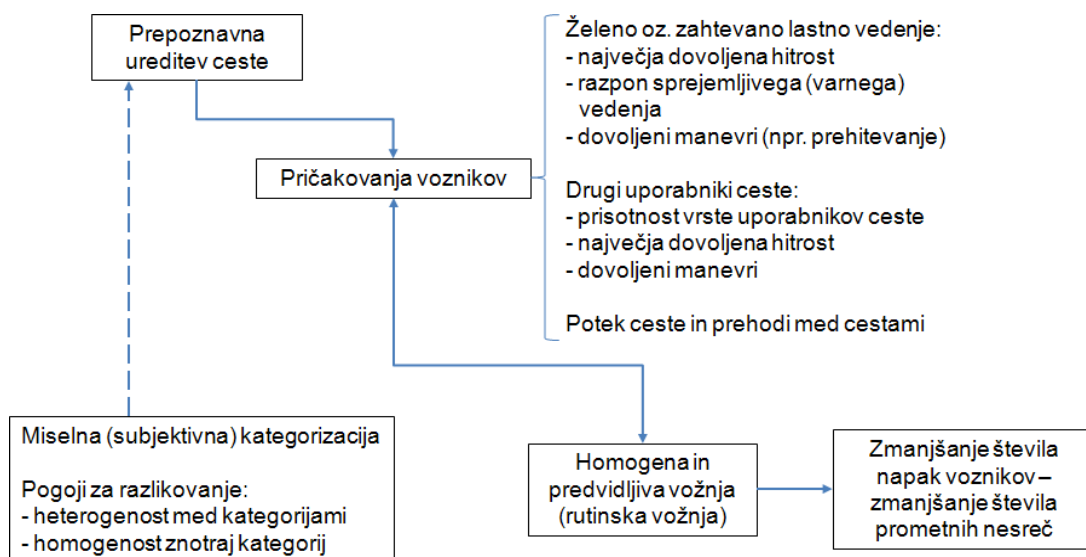
- posameznim kategorijam cest je mogoče dodeliti točno določene značilnosti cest,
- videz ceste izziva pričakovanja voznikov,
- pričakovanja voznikov vplivajo na vedenje in vožnjo voznikov.

Koncepti, katerih osnovo predstavljajo principi kategorizacije cest, pa zahtevajo [4]:

- Ceste enake funkcije, s približno enako strukturo prometa na njih ter enakimi omejitvami hitrosti oziroma priporočenimi hitrostmi morajo imeti z namenom, da so čim enostavneje razpoznavne, karseda podoben videz.
- Ceste različnih funkcij, z neenako strukturo prometa na njih in/ali različnimi omejitvami hitrosti morajo biti med seboj jasno razločljive.
- Vozniki morajo na cestah na enostaven način prepoznati, kakšna vožnja se od njih pričakuje (cesta lahko pravzaprav sproži ustrezno vožnjo).

Da je s predvidljivimi cestami mogoče učinkovito vplivati na vedenje voznikov, je torej pomembno predvsem, da so ceste, ki spadajo v določen tip ceste, med seboj glede na izgled karseda podobne ter da pričakovanja voznikov, ki jih izzovejo določeni elementi posamezne kategorije ceste, oziroma njihov vpliv na vožnjo ni v nasprotju z želenim (varnim) vedenjem voznikov. [4]

Osnovno idejo »delovanja« koncepta predvidljivih cest ponazarja slika 8.



Slika 8: Shematski prikaz verige dogodkov v povezavi s prepoznavno ureditvijo ceste in predvidljivim vedenjem voznikov (povzeto po [41])

Slika 8 dejansko prikazuje, kako je mogoče z načrtovanjem prepoznavnih cest pripomoči k preprečitvi nastanka prometnih nesreč. V kolikor ima cesta prepoznavno ureditev, obstaja velika verjetnost, da lahko izzove primerna pričakovanja voznikov (kar se tiče njihove vožnje kot tudi vožnje drugih udeležencev). V primerjavi z manj razpoznavnimi cestami je posledično na takih cestah moč pričakovati bolj homogeno in predvidljivo vedenje udeležencev, kar naj bi navsezadnje pomenilo, da v prometu nastane manj nevarnih situacij in posledično manj prometnih nesreč. [41]

3.2.1 Elementi predvidljivih cest

Za zagotavljanje visoke varnosti cest, ta je odvisna predvsem od prilagoditve vožnje voznikov, je potrebno vedeti, kateri elementi ali značilnosti ceste v največji meri vplivajo na voznikovo prepoznavanje in razločevanje različnih vrst cest. Pri tem je vsekakor pomembno upoštevati, da uporabniki cest večino elementov že povezujejo z določenimi subjektivnimi kategorijami cest oziroma določenimi pričakovanimi situacijami – ceste s fizično ločenimi smernimi vozišči in odstavnimi pasovi vozniki opredeljujejo kot ceste z visokimi omejitvami hitrosti (prehodov za pešce in kolesarskih pasov na takih cestah denimo ne pričakujejo). [4]

Po navedbah več nizozemskih študij lahko kot elemente z največjim vplivom na subjektivno kategoriziranje cest oziroma kot elemente, s katerimi je v največji meri mogoče upravljati s predvidljivostjo cest, štejemo [4]:

- število prometnih pasov in obliko ločitve smernih vozišč
- širino ceste
- označbe na vozišču
- horizontalen in vertikalni potek ceste
- cestno okolje

Pomemben pogoj za vzpostavitev učinkovitega koncepta predvidljivih cest je, da morajo biti določeni elementi ceste z namenom, da se vozniki nenehno zavedajo, na kateri vrsti ceste vozijo, konstantno vidni. Poleg tega je pomembno tudi, da so dejansko vsi elementi praktično uporabni in izvedljivi ter da ne izzivajo neustreznih pričakovanj voznikov oziroma ne

predstavljajo negativnih vplivov na prometno varnost. Iz tega razloga je potrebno, da so vsi elementi temeljito izbrani ter da so prilagojeni specifični kategoriji ceste. V splošnem je potrebno tudi zagotoviti, da je koncept izvedljiv na obstoječih cestah. [4]

3.2.2 Kategorizacija predvidljivih cest

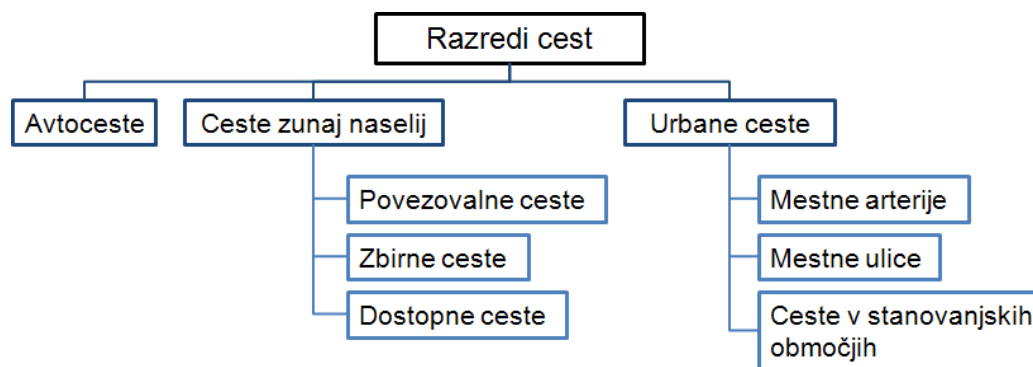
Predpogoj za udejanitev koncepta predvidljivih cest, tj. vzpostavitev medsebojne povezave med ureditvijo ceste in želenim, varnim vedenjem voznikov, predstavlja konsistentna kategorizacija cest na celotnem cestnem omrežju. Ključnega pomena pri tem je, da pristojni organi vzpostavijo jasno razlikovanje, kakšno vedenje oziroma vožnja je na posameznih vrstah cest zaželena in kakšna lahko predstavlja potencialno nevarnost. [4]

V splošnem obstajajo trije načini kategoriziranja cest [4]:

- **Hierarhična kategorizacija:** V odvisnosti od nacionalnih predpisov posameznih držav lahko ceste upravljajo različni cestno-prometni organi. Ceste v tem smislu lahko delimo na: državne, pokrajinske, regionalne in lokalne/občinske ceste.
- **Funkcionalna kategorizacija:** Funkcija cest se v splošnem navezuje na dve nasprotujoči si značilnosti – mobilnost in dostopnost. Ceste glede na funkcijo delimo na: daljinske/povezovalne, zbirne ter dostopne ceste.
- **Kategorizacija glede na vrsto ceste:** Kategorizacija cest glede na njihovo vrsto temelji na podlagi geometrijskih ali operativnih značilnosti cest ali njihovega poteka v prostoru. Značilne vrste cest so: AC, HC, (ostale) ceste zunaj naselij ter urbane ceste.

Priporočila za izvedbo kategorizacije predvidljivih cest

Uspešna izvedba predvidljivih cest naj bi praviloma zahtevala kategorizacijo cest, ki zajema funkcionalno kategorizacijo v kombinaciji z opredeljenimi prometnimi predpisi. Tovrstna kategorizacija, ki je prikazana tudi na sliki 9, naj bi obsegala razdelitev različnih vrst cest na posamezne razrede (kategorije) glede na funkcijo ceste ter opredelitev in dodelitev ustreznih prometnih predpisov posameznim razredom [4].

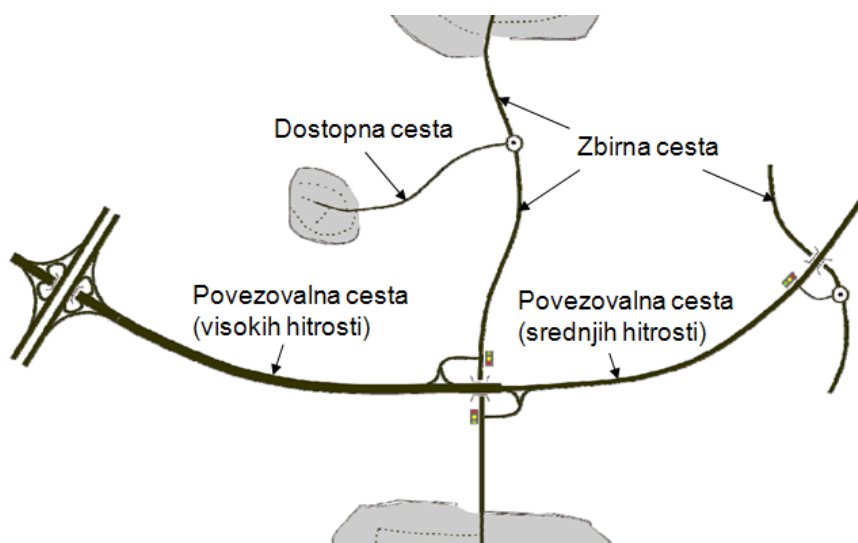


Slika 9: Princip ustrezne kategorizacije cest (povzeto po [4])

Za zagotovitev karseda prepoznavnih in čim boljše razločljivih cest naj bi bilo potrebno, da je število kategorij cest omejeno. Na drugi strani naj bi bilo za dosego prometne funkcionalnosti cestnih omrežij – cest zunaj naselij potrebno opredeliti vsaj tri kategorije cest. Sklepati je mogoče, da je za izpolnitev navedenih priporočil ceste zunaj naselij potrebno porazdeliti v tri, največ štiri kategorije. [4]

Ob upoštevanju navedenih principov kategorizacije cest, tj. principov, kot jih navaja dokument evropskega projekta RIPCORD-ISEREST (Road Infrastructure Safety Protection – Core-Research and Development for Road Safety in Europe; Increasing Safety and Reliability of Secondary roads for a sustainable Surface Transport) [4], ki podaja praktične informacije o predvidljivih cestah, ter upoštevanju temeljnih principov koncepta je sistem predvidljivih cest mogoče vzpostaviti s kategoriziranjem cest zunaj naselij v tri kategorije:

- Povezovalne ceste (medregionalne ceste) – funkcija pretok (ang. *flow*), (povezovalne ceste visokih in srednjih hitrosti)
- Zbirne ceste (regionalne ceste) – funkcija porazdelitev (ang. *distribution*)
- Dostopne ceste (lokalne ceste) – funkcija dostop (ang. *access*)



Slika 10: Grafični prikaz predvidljivih cest – tri kategorije cest (povzeto po [4])

Ceste zunaj naselij iste kategorije morajo omogočati konsistentne in varne vozne hitrosti za celotne dolžine cest. Iz tega razloga je potrebno, da so vse temeljne značilnosti cest, ki pglavitno vplivajo na izbiro hitrosti voznikov, vnaprej določene. Bistvenega pomena pri tem je, da so ceste znotraj posamezne kategorije poenotene, razlike med posameznimi kategorijami cest pa karseda jasne. [4]

Za posamezne kategorije cest morajo biti določeni [4]:

- struktura prometa
- varne in primerne omejitve hitrosti
- predpisi o prehitevanju
- predpisi o dostopih in priključkih na cesto
- značilni prečni profili ceste
- horizontalen, vertikalni in prostorski potek ceste
- tipi križišč
- medsebojne povezave z ostalimi kategorijami cest
- varna ureditev obcestja

Sprememba funkcije ali kategorije ceste mora biti voznikom jasno nakazana z nedvoumnim prehodom ceste. V ta namen se lahko uporabi na primer križišče ali prehod ceste, kot je denimo vhod v naselje. [4]

3.2.2.1 Priporočila za načrtovanje povezovalnih, zbirnih in dostopnih cest

Priporočila za načrtovanje povezovalnih, zbirnih in dostopnih cest, ki so predstavljena v tekočem poglavju, so v skladu s priporočili, kot jih podaja dokument evropskega projekta RIPCORDER-ISEREST [4] na podlagi praktičnih primerov predvidljivih cest na Nizozemskem, Danskem in v Nemčiji. Smernice za načrtovanje so podane za ceste zunaj naselij. Zaradi svoje standardizirane ureditve, ki je pravzaprav že v skladu s konceptom predvidljivih cest, avtoceste v tem poglavju niso zajete.

Rezultati raziskav, opravljenih v sklopu omenjenega projekta, kažejo, da je med elemente, ki so na cestah stalno vidni in posledično najpomembneje vplivajo na voznikovo prepoznavanje in razlikovanje kategorij cest, mogoče umestiti označbe na vozišču, prečne profile cest ter elemente, ki ločujejo smerna vozišča. Vsem praktičnim primerom koncepta je tudi skupno, da dajejo velik poudarek zagotavljanju ločenosti cestnih funkcij (mobilnost in dostopnost) ter zagotavljanju preprečitve večjih razlik v hitrostih znotraj posameznih kategorij. [4]

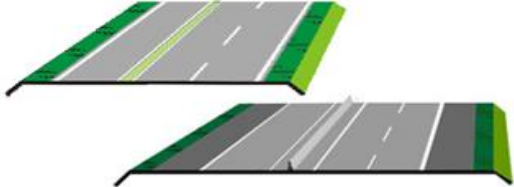
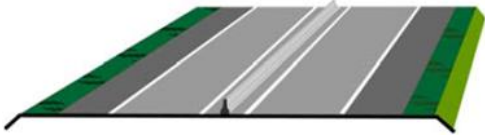
Pomemben vidik praktičnih konceptov je tudi, da se struktura prometa med različnimi kategorijami cest razlikuje v odvisnosti od različnih nivojev hitrosti. Osrednji namen vzpostavitve tovrstnega razlikovanja je, da se zaščiti najranljivejše uporabnike ceste ter prepreči prometne nezgode, ki lahko nastanejo zaradi prehitevanj, oziroma trčenja od zadaj. Poleg omenjenega je za koncepte v praksi značilno še, da so različnim kategorijam cest dodeljeni različni tipi križišč – izvennivojska križišča na povezovalnih cestah in nivojska križišča na zbirnih in dostopnih cestah. [4]

Povezovalne ceste

Povezovalne ceste so namenjene izključno funkciji mobilnosti. Praviloma neposredno povezujejo pomembnejša prometna središča oziroma nudijo dostop do avtocest. Zaradi funkcionalnih potreb so povezovalne ceste lahko tudi deljene na ceste visokih in ceste srednjih hitrosti. Značilne karakteristike povezovalnih cest so [4]:


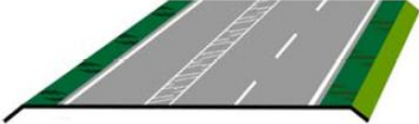
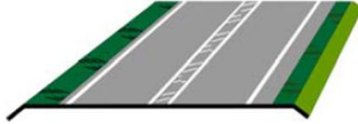
- Značilni prečni profili, ki omogočajo prepoznavo kategorije:

Preglednica 1: Prečni profili povezovalnih cest [4]

2+1 ceste z/brez varnostne ograje na ločilnem pasu	
Širina prečnega profila: 15,5-20,5 m Širina cestišča ceste: 12,5-18,5 m Širina prometnih pasov: 3,25-3,5 m Širina odstavnih pasov: -/2,5 m Širina ločilnega pasu: 1,0-2,0 m	
2*1 ceste z varnostno ograjo na ločilnem pasu	
Širina prečnega profila: 14,7-17,0 m Širina cestišča: 12,7-15,0 m Širina prometnih pasov: 3,0-3,5 m Širina odstavnih pasov: 1,65-2,5 m Širina ločilnega pasu: 2,0-2,2 m	

Se nadaljuje ...

... nadaljevanje preglednice 1

2*2 ceste z varnostno ograjo na ločilnem pasu	
Širina prečnega profila: 21,0-22,0 m Širina cestišča: 15,5-16,5 m Širina prometnih pasov: 3,25-3,5 m Širina ločilnega pasu: 2,2-2,5 m	
2+1 ceste/odseki z dvema prometnima pasovoma	
Širina prečnega profila: 15,5 m Širina cestišča: 12,0-12,5 m Širina prometnih pasov: 3,25-3,5 m Širina ločilnega pasu: 0,5-1,0 m	
Širina prečnega profila: 11,5-12,0 m Širina cestišča: 8,5-9,0 m Širina prometnih pasov: 3,5 m Širina ločilnega pasu: 0,5-1,0 m	

- Omejitev hitrosti 80-110 km/h: Visoke omejitve hitrosti na cestah so posledica njihove funkcije mobilnosti (premagovanje večjih razdalj s konstantno visokimi hitrostmi).
- Prepovedan promet za počasna vozila (v < 60 km/h) ter nemotorizirane prometne udeležence: Prepoved uporabe ceste za določene prometne udeležence se izvaja z namenom, da se na cesti prepreči velike razlike v hitrostih. V primeru zmernih prometnih obremenitev na cesti je lahko sicer promet določenih kmetijskih vozil pogojno dopusten.
- Cestni priključki do zasebnih objektov ali zemljišč niso dovoljeni: Manevri, kot so ustavljanja in zavijanja, na cesti iz prometno varnostnih razlogov niso zaželeni. V kolikor je to potrebno, se lahko več cestnih priključkov združi v cesto nižje kategorije, ki se jo preko večjega križišča vodi do povezovalne ceste.
- Veliki radiji horizontalnih in vertikalnih zaokrožitev: Geometrijski elementi ceste morajo omogočati visoke hitrosti, ustrezne zaustavne preglednosti ter majhne spremembe hitrosti v krivinah.
- Izvennivojska in semaforizirana križišča: Za zagotavljanje visokih hitrosti in za preprečevanje konfliktnih situacij v križiščih je priporočeno, da so križanja cest izvedena z izvennivojskimi križišči, vključevanje oziroma izključevanje prometa s cest pa urejeno s pospeševalnimi in zaviralnimi pasovi. Pogojno ustrezna so sicer tudi nivojska semaforizirana križišča in krožna križišča, vendar s predhodno omejitvijo hitrosti (70 km/h).
- Prehitevanja omogočajo prehitevalni prometni pasovi: Zaradi svoje mobilne funkcije morajo ceste nuditi dovolj možnosti za prehitevanja. Uporaba nasprotnih voznih pasov za prehitevanja je zaradi visokih hitrosti vozil praviloma nedovoljena (široke označbe med smernimi vozišči) oziroma preprečena (fizično ločeni smerni vozišči). 2*2 ceste omogočajo prehitevanja po svoji celotni dolžini, 2+1 ceste omogočajo prehitevanja na približno 20 do 40 % svoje dolžine za posamezno vozno smer, 2*1 ceste prehitevanj ne omogočajo, zato se lahko pojavljajo le v krajših dolžinah.

Zbirne ceste

Zbirne ceste imajo v cestnem omrežju nalogo zbiranja in distribucije prometa (zbiranje in kanaliziranje prometa iz lokalnih cest na ceste višjih kategorij), kar pomeni, da zagotavljajo tako mobilnost kot tudi dostopnost. Običajno povezujejo med seboj manjša mesta. Zbirne

ceste se praviloma pojavljajo v srednje velikih dolžinah, prometne obremenitve na njih pa so zmerne. Značilne karakteristike zbirnih cest so [4]:

- Značilna prečna profila, ki omogočata prepoznavo kategorije:

Preglednica 2: Prečna profila zbirnih cest [4]

Dvopasovne ceste	
Širina prečnega profila: 11,0-11,4 m Širina cestišča: 8,0/7,5 m Širina prometnih pasov: 3,5/2,75 m* Širina označb med smernima voziščema: 0/1,1 m	
*Širina prometnih pasov dovoljena le v primeru širokih označb med smernima voziščema	

- Omejitev hitrosti 60-90 km/h: Omejitev hitrosti mora biti prilagojena funkciji ceste.
- Uporaba ceste je praviloma dovoljena vsem vrstam prometnih udeležencev: Glede na to, da zbirne ceste omrežju cest zunaj naselij služijo kot »hrbtenica«, je pričakovano, da jih lahko uporabljajo vse vrste uporabnikov cest. Iz varnostnih razlogov je sicer potrebna preveritev, ali je zaradi prometnih obremenitev in pomembnosti nemotoriziranega prometa dopustna skupna raba ceste (v kolikor ni, je potrebna izvedba vzporednih peš in/ali kolesarskih poti).
- Cestni priključki do zasebnih objektov ali zemljišč so dovoljeni le v omejenem številu.
- Geometrijski elementi ceste se pojavljajo v srednjih velikostih, potek ceste je prilagojen topografiji: Dolžine prem in velikosti radijev horizontalnih zaokrožitev morajo biti z namenom, da cesta ne dopušča prevelikih hitrosti, ustrezno omejene.
- Nivojska križišča: Priporočen tip križišč so krožna križišča.
- Prehitevanja so omogočena na odsekih, kjer je zagotovljena zadostna prehitevalna preglednost: Prehitevanja na cestah niso zaželeni. Dovoljena so sicer na odsekih z zmernimi prometnimi obremenitvami in ustrezno prehitevalno preglednostjo.

Dostopne ceste

Dostopne ceste predstavljajo najnižjo kategorijo cest zunaj naselij. Njihova funkcija je, da predvsem lokalnemu prometu zagotavljajo dostop do zasebnih objektov ter mu omogočajo premagovanje krajših razdalj. Običajno povezujejo med seboj stanovanjska območja oziroma stanovanjska območja z zbirnimi cestami (s cestami višjih kategorij se praviloma ne povezujejo). Dostopne ceste veljajo za prometno manj pomembne ceste, prometne obremenitve na njih pa so precej nizke. Značilne karakteristike dostopnih cest so [4]:

- Značilen prečni profil, ki omogoča prepoznavo kategorije:

Preglednica 3: Prečni profil dostopnih cest [4]

2-1 ceste	
Širina prečnega profila: 7,5-9,0 m Širina cestišča: 4,5-6,0 m Širina prometnih pasov: 3,0-4,5 m	

- Omejitev hitrosti 40-70 km/h: Ker so ceste namenjene vsem vrstam prometnih udeležencev, je z nizkimi omejitvami hitrosti potrebno zagotoviti čim manjše razlike med hitrostmi uporabnikov.

- Cestni priključki do zasebnih objektov ali zemljišč so zelo pogosti.
- Horizontalen in vertikalni potek ceste je močno prilagojen topografiji.
- Nivojska + in T križišča.
- Prehitevanja so praktično onemogočena: Zaradi same funkcije cest in kratkih razdalj so prehitevanja na cestah pravzaprav nepotrebna.

3.3 Posamezni tehnični ukrepi za načrtovanje predvidljivih cest

Proučevanja predvidljivosti oziroma prepoznavnosti cest kažejo, da enega izmed glavnih vprašanj varnosti prometnih udeležencev predstavlja hitrost. Hitrost v prometu namreč na eni strani pomembno vpliva na pojavitev in na drugi strani na resnost prometnih nesreč. Pravimo, da je dobro prometno varnost mogoče pričakovati takrat, kadar vozniki na cestah izbirajo hitrosti, ki so v skladu z ureditvijo ceste in cestnimi pogoji. Ureditev ceste ima lahko pri tem zelo pomembno vlogo. Ustrezna ureditev lahko namreč preko intuitivnih pričakovanj voznikov poglavitno vpliva na njihovo izbiro primerne hitrosti. Slednje pa je pravzaprav tudi ideja koncepta predvidljivih cest. [41] Če torej upoštevamo pomembnost hitrosti kot dejavnika varnosti ter osnovno sporočila koncepta predvidljivih cest (poglavje 3.1), lahko rešitve za praktično udejanitev koncepta upravičeno iščemo v posameznih že znanih in novih tehničnih ukrepih, ki s svojo podobo na ustrezen, tj. psihološki, način vplivajo zlasti na hitrost voznikov.

Tehnični ukrepi ali elementi cest in obcestij, ki veljajo za »predvidljive« oziroma s katerimi je mogoče načrtovati predvidljive ceste, so predstavljeni v naslednjih poglavjih. Ukrepi so predlagani s strani avtorjev mednarodnega evropskega projekta SPACE (Speed Adaption Control by Self Explaining Roads). Za ukrepe je značilno, da predstavljajo vpliv na voznikovo čutno zaznavanje in spoznavnost (kognicijo) (ne le v smislu kategorizacije), predvsem v povezavi z izbiro primerne hitrosti. Ukrepi so v osnovi podani za ceste zunaj naselij z nefizično ločenima smernima voziščema višjih kategorij (državne ceste), vendar pa je veliko število ukrepov primernih tudi za druge kategorije cest. Razdeljeni so v štiri skupine glede na tip cestnega odseka, na katerem se lahko izvajajo [39]:

- krivine
- prehodi ali tranzicije cest
- križišča
- ravni odseki

Predvidljive ceste, katerih izvedba temelji na posameznih tehničnih ukrepih, lahko zaradi njihovega precej neposrednega vpliva na vožnjo označujemo tudi z izrazom »vsiljive ceste« (ang. *self-enforced roads*) (pri tem je sicer pomembno vedeti, da v nadaljevanju obravnavani ukrepi zagotavljajo psihološko in ne fizično umirjanje prometa). Če ceste omenjene vrste na splošno primerjamo s predvidljivimi cestami, katerih izvedba temelji na principih kategorizacije cest, lahko v grobem predpostavimo, da so stroškovno kot tudi praktično lažje izvedljive, sodeč po nekaterih opravljenih študijah pa tudi funkcionalno ustrežnejše.

3.3.1 Krivine

Po navedbah Charltona in de Ponta (2007, cit. po [39]) lahko glavne vzroke za najbolj problematične napake voznikov med vožnjo v krivinah cest pripišemo pomanjkanju pozornosti voznikov, njihovem napačnemu ocenjevanju njihove hitrosti, neustreznemu

zaznavanju ukrivljenosti zavojev ter njihovi neustrezni izbiri prečnega položaja vozila na vozišču pred vstopom v zavoj. S ciljem po odpravi vsakovrstnih pomanjkljivosti v vožnji se kot osnovno vodilo pri izbiri in načrtovanju ukrepov, ki so ustrezni za izboljšanje prometne varnosti v krivinah cest, priporoča upoštevanje hierarhije ter doslednosti oziroma konsistentnosti. Hierarhija izvajanja ukrepov z drugimi besedami pomeni, da z naraščanjem ostrine zavoja sorazmerno narašča tudi število ukrepov (na primer število prometnih znakov, označb na vozišču idr.), ki se jih izvede v posamezni krivini. Na tak način je namreč mogoče voznika lažje spodbuditi k izbiri primerne hitrosti med približevanjem ali vožnji skozi zavoj. Konsistentno izvajanje ukrepov pa na drugi strani pomeni, da se določena hierarhija izvajanja pojavlja konstantno skozi celoten potek oziroma v vseh krivinah ceste. Povedano drugače, določeno število ukrepov, ki nastopa denimo v bolj blagi krivini, mora biti zagotovljeno v vseh krivinah približno enake ukrivljenosti. [39]

Znano je, da je izbira hitrosti voznikov v krivinah v največji meri odvisna od geometrije krivine ter vhodne hitrosti vozila v krivino. To torej pomeni, da je z vplivom (ukrepov) na voznikovo ocenitev ukrivljenosti zavoja ter njegovo izbiro hitrosti med približevanjem krivini mogoče vplivati tudi na njegovo hitrost med vožnjo skozi krivino. [39]

V praksi se v krivinah, ki veljajo za nekoliko bolj nevarne, najbolj pogosto postavlja prometni znak, ki označuje približevanje nevarnemu ovinku ali ovinkom, slednjega pa lahko dopolnjuje prometni znak, ki označuje omejitev hitrosti ali priporočeno hitrost, in/ali različne označbe na vozišču. V odvisnosti od ostrine ovinka lahko poleg omenjene kombinacije ob cesti stojijo tudi table za usmerjanje in cestni smerniki, dodatno pomoč voznikom (zlasti motociklistom) pri vožnji pa lahko zagotavlja še izboljšana torna sposobnost vozne površine in ustrezen prečni nagib vozišča. Posebno pozornost pri izvajanju ukrepov na cesti je običajno potrebno nameniti zelo ostrim krivinam ter tistim, ki nastopijo nepričakovano po daljših odsekih, na katerih lahko vozniki dosežejo zelo visoke hitrosti. V takih primerih je v krivinah z namenom po prilagoditvi vožnje voznikov potrebna bodisi namestitve velikega števila ukrepov bodisi izvedba ukrepov, kakršnih vozniki še ne poznajo. [39]

V naslednjih poglavjih (od 3.1.1.1 do 3.1.1.9) je predstavljenih devet različnih vrst ukrepov, s katerimi je v skladu s konceptom teorije predvidljivih cest mogoče doseči ustrezno prilagoditev vožnje voznikov v krivinah. Ob tem velja zgolj omeniti, da med predstavljenimi ukrepi kot samostojnega ukrepa ni mogoče zaslediti prometnega znaka, ki označuje približevanje nevarnemu ovinku ali ovinkom, saj je njegova postavitve, kot že rečeno, predvidena pred vsemi nekoliko bolj nevarnimi krivinami.

3.3.1.1 Prometni znaki »tabla za usmerjanje« in cestni smerniki

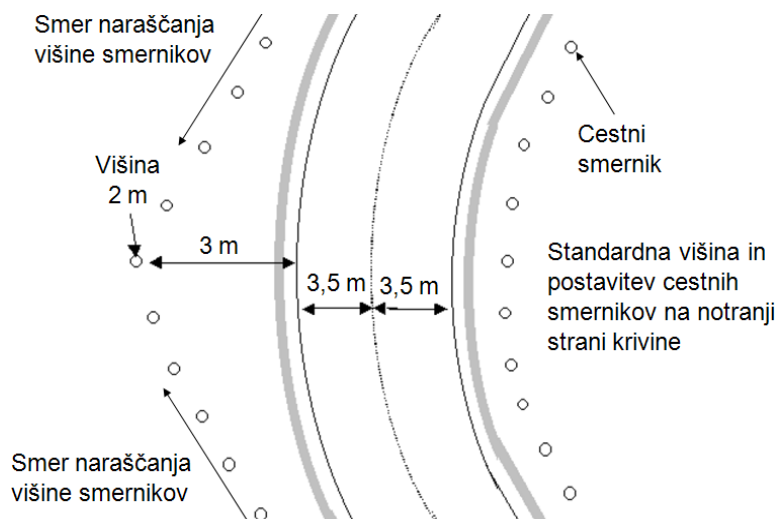
Znake »tabla za usmerjanje« in cestne smernike uvrščamo med prometno signalizacijo in prometno opremo, ki se uporablja za nakazovanje poteka cest v krivinah. [39] Glavni cilj tovrstnih ukrepov je, da skušajo s svojo postavitvijo ob vozišču voznikom jasno nakazovati površino, ki je namenjena njihovi uporabi. [42] Cestni smerniki se sicer za nakazovanje poti poleg v krivinah zelo pogosto uporabljajo tudi na vseh preostalih odsekih cest, medtem ko table za usmerjanje praviloma stojijo le v najbolj ostrih zavojih. Uporaba obeh vrst ukrepov je običajno še posebej zaželeno na tistih mestih na cesti, kjer se horizontalen potek ceste nenadoma oziroma nepričakovano spremeni. Tovrstni ukrepi lahko namreč s svojo prisotnostjo predstavljajo pomoč vozniku pri premagovanju zavoja že v fazi približevanja

krivini. [39] [43] V primeru najbolj nevarnih zavojev lahko table za usmerjanje dopolnjuje tudi obroba oziroma pravokotno ozadje fluorescentno rumene barve, s katero se pomen znaka še dodatno poudari (uporaba dodatne obrobe ali ozadja fluorescentno rumene barve je v takih primerih zaželena tudi na prometnih znakih, ki označujejo približevanje nevarnemu ovinku ali ovinkom, ter znakih za omejitve hitrosti). [44]



Slika 11: Možne oblike znakov »tabla za usmerjanje« (levo) in cestni smernik (desno) [45] [46]

Za cestne smernike je značilno, da se pri postavitvi ob cesti pojavljajo v enakih oblikah in višinah ter da je konstanten tudi njihov odklik od vozišča ceste. Nekoliko poseben način nakazovanja poteka ceste z uporabo cestnih smernikov pa sta zasnovala Hungerford in Rockwell (1980, cit. po [39]) . Avtorja sta se domislila, da naj bi bilo z uporabo smernikov različnih višin (od nekaj cm do 3 m), ki se namestijo na različnih oddaljenostih od vozišča (od 1 do 6 m), v krivinah cest mogoče oblikovati posebne postavitve smernikov, ki naj bi voznikom dajale t. i. pozitivno dojemljive iluzije. Na podlagi preizkusa zasnovanih postavitvev v študiji avtorja navajata, da vozniki krivine s posebnimi postavitvami smernikov ocenjujejo kot ostrejšje. Vplive različnih tovrstnih postavitvev na vožnjo voznikov so z uporabo simulatorja vožnje zatem proučevali tudi Godley in sodelavci [47]. Slednji v svojem delu navajajo, da lahko za najbolj učinkovito postavitvev štejejo primer, ko so cestni smerniki na zunanji strani krivine postavljeni, gledano iz tlorisnega pogleda, v obliki lomljene črte (slika 12), hkrati pa njihova višina narašča s približevanjem v ovinek, medtem ko so smerniki na notranji strani postavljeni vzdolž ceste na standarden način (konstantna višina in oddaljenost smernikov od vozišča). Taka oblika postavitve vpliva namreč na znižanje hitrosti voznikov na obeh voznih pasovih, obenem pa povzroči, da vozniki na zunanjem pasu krivine svoje vozilo nekoliko približajo sredinski ločilni črti, s čimer se zmanjšuje tveganje, da bi vozilo zapustilo vozišče ceste.



Slika 12: Posebna postavitvev cestnih smernikov v krivini ceste (povzeto po [47])

Delovanje

Znaki »tabla za usmerjanje« in cestni smerniki z ustreznim nakazovanjem ceste voznikom tako rekoč »pojasnjujejo« kakšen potek ima cesta oziroma do kje segajo meje vozišča, kar je še posebej koristno, kadar vozniki premagujejo ostre zavoje. Izmed omenjenih ukrepov predstavljajo z vidika izboljšanja prometne varnosti še neizkoriščen potencial predvsem različne oblike postavitve cestnih smernikov, ki se v praksi praktično še ne pojavljajo. [39]

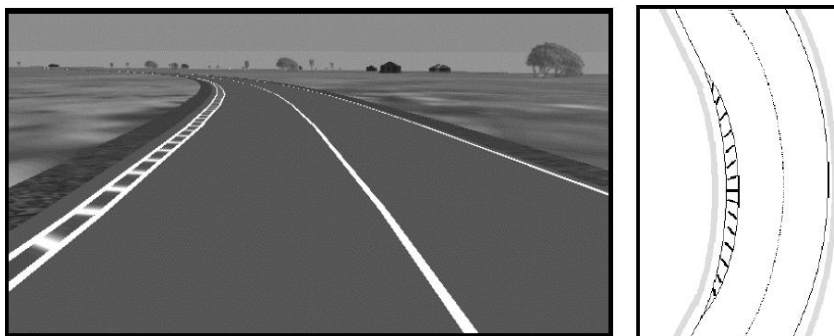
Deli Fitzpatricka in sodelavcev (2000, cit. po [42]) ter Neumana in sodelavcev (2003, cit. po [42]), v katerih so omenjeni avtorji proučevali učinek cestnih smernikov, sta pokazali, da je uporaba smernikov (standardne postavitve) v krivinah na teh mestih prinesla zmanjšanje stopnje prometnih nesreč, v katerih vozilo zapusti vozišče. Več raziskav potrjuje, da pozitiven vpliv na prometno varnost predstavljajo tudi table za usmerjanje. Rezultati raziskav kažejo, da postavitve tabel v krivinah cest pripomore k zmanjšanju hitrosti voznikov, manjšemu tveganju, da voznik zapelje z vozišča, ter posledično tudi manjšemu tveganju za nastanek nesreč, v katerih vozilo zapusti vozišče ceste. [42] [43]

3.3.1.2 Ukrepi za vzdolžno označevanje vozišč

Označitev ceste se v splošnem navezuje na vsakršno napravo ali ukrep, ki ob ali na cesti služi za nakazovanje njenega poteka s tem, da daje voznikom vizualne namige o poti, ki jo cesta začrtuje v prostoru. Za najbolj uveljavljene ukrepe, ki se izvedejo z namestitvijo na vozišču in ki označujejo ceste v njihovi vzdolžni smeri, veljajo vzdolžne označbe. [39] Osrednji namen tovrstnih označb je z nakazovanjem poteka smernih vozišč predvsem v krivinah pripomoči k boljši kontroli voznika nad svojim vozilom. To pomeni, da ukrepi vozniku služijo kot pomoč, da ta pravočasno zazna in pravilno oceni ostrino zavoja, prilagodi svojo hitrost ter izbere ustrezen prečni položaj vozila na vozišču pred vstopom v zavoj. [43]

Pod imenom vzdolžne označbe poznamo sredinske ločilne in robne črte, za katere je značilno, da se v praksi lahko pojavljajo v različnih dimenzijah in oblikah. [48] Poseben način izvedbe vzdolžnih označb je na primer mogoče zaznati na cestah v VB. Na tem območju se lahko v krivinah cest v primeru, ko v posamezni krivini ni zagotovljena zadostna preglednost, sredinski ločilni črti spremeni značilna dolžina črt in vmesnih presledkov, s čimer ta postane opozorilna črta, ali pa se na tem mestu označi sredinska dvojna ločilna črta. V slednjem primeru se lahko razmejitev dvosmernih voziščnih površin poudari tako, da se med dvojno črto nariše šrafura, ki lahko, v kolikor širina vozišča to dopušča, v širino sega do enega metra. Glavni namen take izvedbe šrafur je predvsem preprečitev nastanka čelnih trčenj. [39]

Inovativen pristop pri oblikovanju vzdolžnih označb, primernih za namestitve v krivinah cest, so v svoji študiji ubrali Rockwell in sodelavci (1975, cit. po [39]). Slednji v svojem delu predlagajo, da se na notranji strani krivine ob robni črti vozišča nariše šrafura širine od 35 do 55 cm, s čimer se doseže, da voznik pri približevanju krivini usmeri svoj pogled proti notranji strani krivine, obenem pa taka izvedba označb tudi omogoča, da voznik lažje zazna in oceni ukrivljenost krivine. Po mnenju avtorjev naj bi tako vedenje voznika v krivini pripomoglo k njegovi odločitvi za izbiro nižje hitrosti, vendar pa takšnega vpliva tovrstnih označb Godley in sodelavci [47] v kasnejši študiji z uporabo simulatorja vožnje niso mogli potrditi.



Slika 13: Izvedba vzdolžnih označb s šrafuro na notranji strani krivine (vožnja po po levem smernem vozišču): pogled iz perspektive voznika (levo) in tlorisni pogled (desno) [47]

Večjo opaznost ter posledično večjo učinkovitost vzdolžnih označb je v splošnem mogoče doseči z uporabo cestnih markerjev oziroma različnih vrst retroreflektivnih materialov. Izboljšava »delovanja« označb je mogoča tudi z uporabo ropotnih črt, ki prometno varnost povečujejo s tem, da voznike, ki izberejo neustrezen prečni položaj vozila, ob prevoztvi črt z zvočnimi in vibracijskimi signali opozarjajo, da prilagodijo svojo vožnjo. [39] [49]

Delovanje

Z izvedbo ukrepov, ki so namenjeni vzdolžnemu označevanju cest je mogoče doseči, da cesta s tem, ko vozniku z dobro vidnimi mejami vozišča natančno nakazuje svoj potek, zanj postane predvidljiva. Takšno »delovanje« postane še posebej pomembno pred vstopom vozila v zavoj, saj mora v tem času voznik najprej zaznati krivino in pravilno oceniti njeno oddaljenost, zatem pa prilagoditi hitrost ter izbrati primeren prečni položaj vozila na vozišču.

3.3.1.3 Prometni znaki, ki se avtomatsko aktivirajo

Prometne znake, ki se avtomatsko aktivirajo (ang. *vehicle activated signs*) lahko zaradi njihovih značilnosti opredelimo kot znake s spremenljivo vsebino. V odvisnosti od načina delovanja se tovrstni znaki lahko aktivirajo ob vsakem približevanju vozila znaku ali pa le v primeru, kadar se mu vozilo približuje s hitrostjo, ki presega mejno vrednost, ki je določena v nastavitvah njegovega sistema. Ob aktivaciji lahko znaki na podlagi vgrajene tehnologije prikazujejo različne vsebine, kot so na primer: znak za nevaren ovinek ali omejitev hitrosti, besedilo »zmanjšaj hitrost« (ang. »*slow down*«), žalosten obraz ipd. Tovrstni prometni znaki običajno delujejo s pomočjo akumulatorjev, električne, sončne ali vetrne energije. [39] [50]



Slika 14: Prometni znak, ki se avtomatsko aktivira in voznika opozarja na nevarno krivino [39]

Kakšen vpliv predstavljajo tovrstni ukrepi na vožnjo, je v raziskavi zanimalo Winnetta in Wheelerja (2003, cit. po [39] [50]). Slednja sta v treh opazovanih krivinah ugotavljala učinek znakov, ki so bili postavljeni na vidnem mestu na razdalji 50-100 m od temen ovinkov in so se avtomatsko aktivirali ob določeni hitrosti (50. percentilu merjenih hitrosti). Avtorja v svojem delu navajata, da se je povprečna hitrost vozil mesec dni po postavitvi znakov zmanjšala za od 3 do 11 km/h, pozitivne učinke na hitrost vozil pa naj bi njihova postavitve dosegala tudi še tri leta po izvedbi.

Delovanje

Prometni znaki, ki se avtomatsko aktivirajo, se v primeru postavitve pred zavojem s svojim načinom delovanja osredotočajo predvsem na voznikovo pravilno izbiro hitrosti in prečnega položaja vozila na vozišču. Njihov glavni namen je obvestiti voznika, da se približuje nevarnemu odseku ceste, ki od njega zahteva večjo pozornost. [39]

3.3.1.4 Barvne vozne površine

Z izvedbo barvne vozne površine na odseku ceste, ki poteka v krivini, je mogoče voznika med vožnjo spodbuditi, da postane bolj pazljiv oziroma da se zave, da na cesti prihaja do spremembe cestnega okolja. [51] Kot rezultat spremembe voznikovega vedenja je z večjo gotovostjo mogoče pričakovati, da bo voznik v takem cestnem okolju med približevanjem zavojem preusmeril svoj pogled proti krivini. Pri izvajanju voznih površin nestandardnih barv je tako kot pri standardnih izvedbah vozišč v krivinah pomembno, da ima vozna površina zagotovljeno ustrezno odpornost proti drsenju. Omenjena značilnost površin predstavlja namreč velik vpliv na oprijemljivost med pnevmatikami vozil in površino vozišča. [39] [52]

Vozno površino, ki se jo v krivinah cest izvede v drugačni barvi kot na preostalih odsekih ceste, praviloma vedno dopolnjujejo tudi prometni znaki in označbe na vozišču. Razlog za to gre pripisati dejstvu, da barvna vozna površina kot samostojen ukrep običajno ne more zagotoviti, da bi vozniki na tem mestu prilagodili svoje hitrosti, medtem ko lahko v kombinaciji s prometno signalizacijo, ki jo površina vozišča take izvedbe dodatno poudari, k temu precej pripomore. [39] [53]



Slika 15: Barvna vozna površina v krivini [39]

Pri izvajanju barvnih voznih površin je za njihovo učinkovitost velikega pomena tudi izbira barve, ki mora biti taka, da postane za voznikovo oko glede na okolico ceste nekoliko vsiljiva. V praksi se barvne površine že pojavljajo v rdeči in rumeno rjavi barvi (ang. *buff*). [39]

Delovanje:

Sprememba barve vozišča v krivini naj bi voznika opozorila, da se približuje nevarnemu zavoju in da mora zato ustrezno prilagoditi svojo hitrost. Z izvedbo tovrstnega ukrepa je sicer bolj verjetno pričakovati, da lahko sprememba barve vozišča pri vozniku vzbudi pozornost ter na ta način slednji lažje opazi druge ukrepe, ki na ali ob vozni površini prav tako sugerirajo prilagoditev vožnje. [39]

3.3.1.5 Napisi in simboli na vozišču

Pred vstopom vozila v krivino je z napisom na vozišču z besedo »počasi« (ang. »slow«) voznika mogoče opomniti, da mora prilagoditi svojo hitrost, ker se približuje nevarnemu zavoju. Tak ukrep se za doseg svojega namena lahko uporabi tudi v kombinaciji z drugimi ukrepi, katerih namen je prav tako prilagoditev vožnje voznikov. Ena izmed možnosti je, da se napis na vozišču izvede v kombinaciji s prečnimi označbami, ki se jih poleg napisa izvede v obliki širokih črt, kar prikazuje tudi slika 16. Napis »počasi« lahko na vozišču namesto prečnih črt dopolnjuje denimo tudi puščica, ki nakazuje smer zavoja. [39] Takšno kombinacijo označb sta v svoji raziskavi uporabila Retting in Farmer (1998, cit. po [43]) ter ugotovila, da se je po tovrstni označitvi vozišča na odseku pred vstopom v zavoj močno zmanjšal delež voznikov, ki so prekorali omejitev hitrosti za več kot 8 km/h. Še nekoliko drugačno kombinacijo označb v priročniku NCHRP Report 600 predlagajo Campbell in sodelavci [43]. Njihov predlog zajema namestitve napisa omejitve hitrosti s številkami, slednjega pa na vozišču dopolnjuje še napis »zavoj« (ang. »curve«) ali označba v obliki puščice.



Slika 16: Napis na vozišču – »slow« v kombinaciji s prečnimi označbami (vožnja po levem smernem vozišču) [39]

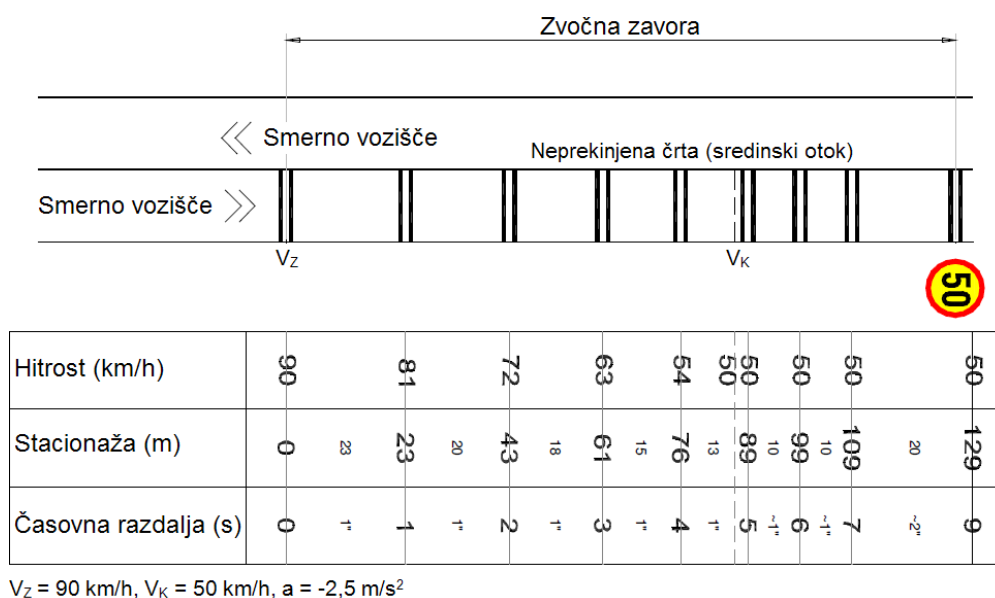
Delovanje

Z različnimi napisi in simboli na vozišču, ki vozniku sporočajo uporabne informacije, je mogoče učinkovito vplivati na njegovo vedenje. V prid označbam te vrste govori predvsem dejstvo, da so zaradi postavitve na vozišču, kamor je večino časa tudi usmerjen pogled voznika, zelo hitro opazne. [43]

3.3.1.6 Zvočne zavore

Zvočne zavore ali zvočne opozorilne naprave (ang. *rumble devices*) sestavljajo prečno na os ceste izvedene črte oziroma pasovi iz materiala, ki ne zmanjšuje koeficienta oprijemljivosti.

Na vozni površini se lahko pasovi posamezne zvočne zavore pojavljajo v eni ali več skupinah, v predvideni smeri vožnje pa se običajno zmanjšuje vzdolžna razdalja med posameznimi pasovi ali skupinami pasov. [39] [50] Z reliefnim odstopanjem od vozišča in/ali spremembo teksture zvočne zavore ustvarjajo vizualne, slušne in vibracijske učinke, s katerimi voznike opozarjajo, da na cesti prihaja do določenih sprememb. [42] [54] Iz tega razloga je njihova izvedba poleg na mestih pred vstopi v krivine primerna tudi pred križišči, na prehodih cest izven naselij v naselja, pred delovnimi zaporami, prehodi čez železniške proge, predori in mostovi. [10] Izkušnje kažejo, da je uporaba zvočnih zavore za doseg zmanjšanja hitrosti voznikov učinkovita zlasti po krajšem začetnem obdobju izvedbe, medtem ko se lahko sčasoma zaradi spoznanja voznikov, da je vožnja preko pasov z višjo hitrostjo manj neprijetna kot vožnja z nizko hitrostjo, njihova učinkovitost nekoliko zmanjša. Poleg omenjenega zvočnim zavoram ne govori v prid tudi dejstvo, da je vožnja preko njih precej hrupna, zaradi česar je njihova uporaba v bližini poseljenih območij neprimerna. [39]



Slika 17: Zvočna zavora za primer postavitve pred vstopom v naselje [54]

Delovanje

Glavni namen izvedbe zvočne zavore na vozišču je pri vozniku, ki ukrep prevozi s predvideno hitrostjo, ustvariti nekoliko neprijeten občutek, zaradi katerega postane bolj pozoren na potek ceste. V primeru, da so pasovi zvočne zavore postavljeni v vzdolžnih presledkih, ki se v predvideni smeri vožnje postopoma zmanjšujejo, je mogoče voznika tudi prepričati, da kljub zaviranju ohranja enako hitrost oziroma da se le-ta povečuje. [39] [54]

3.3.1.7 Vzorci iz označb za umirjanje prometa

Skupek posameznih označb, ki se jih na vozišču izvede v določeni formaciji, lahko na cesti oblikuje prav poseben vzorec, s katerim je mogoče doseči prilagoditev hitrosti voznikov. Izmed številnih vzorcev velja izpostaviti tri različne vrste oblik, ki predstavljajo največji potencial za doseg svojega namena. To so: optične zavore, t. i. vzorci ribje kosti (ang. *herringbone patterns*) ter Chevron vzorci (ang. *Chevron patterns*). [39]

Optične zavore sestavljajo označbe v obliki črt večje širine, ki se na vozišču prečno na os ceste izvajajo v predvideni smeri vožnje postopoma zmanjšujočih razmakih. [43] Temeljni

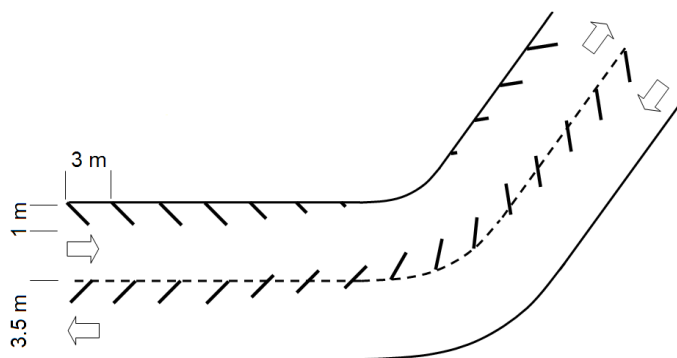
namen optičnih zavor je, da povečajo voznikovo zaznavanje hitrosti njegovega vozila ter da posledično voznik zmanjša svojo hitrost. Optično zavoro praviloma sestavljajo črte, ki na vozni površini potekajo po celotni širini prometnega pasu, sestavljajo pa jo lahko tudi črte v obliki krajših pravokotnikov, ki se jih namesti le ob robni črti oziroma robu vozišča in sredinski ločilni črti prometnega pasu. V slednjem primeru tako govorimo o drugi obliki optičnih zavor, in sicer o obrobni optični zavorah. Ne glede na obliko zavor je predvideno, da širina črt znaša 60 cm. Optične zavore se vzdolž osi ceste lahko pojavljajo na odsekih dolžine 50-400 m, pri čemer njihova izvedba ponavadi opozarja na približevanje nevarnim odsekom. [39]



Slika 18: Optična (levo) in obrobna optična (desno) zavora (vožnja po levem smernem vozišču) [47]

Sodeč po zapisih Wheelerja (2002, cit. po [39]) je optične zavore mogoče šteti za relativno učinkovit ukrep. Po njegovih navedbah se je na cestah VB po izvedbi optičnih zavor na odsekih pred manjšim številom izbranih krivin povprečna hitrost vozil na teh odsekih zmanjšala za 2-11 km/h. Negotovost glede učinkovanja omenjenega ukrepa ustvarja sicer dejstvo, da so bile omenjene meritve hitrosti opravljene le kratek čas po izvedbi označb in je zato o njihovem pozitivnem učinku tudi po daljšem časovnem obdobju težko sklepati. V povezavi z učinkovitostjo optičnih zavor velja še omeniti, da Campbell in sodelavci [43] na podlagi ene izmed raziskav navajajo, da imajo tovrstni ukrepi običajno največji vpliv predvsem na najbolj hitre voznike na cestah.

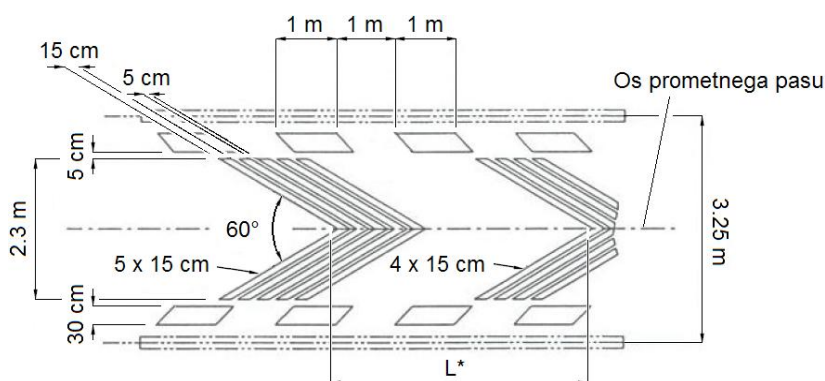
Drugo vrsto oblik vzorcev iz označb, ki so namenjeni opozarjanju voznikov na približevanje nevarnemu odseku, predstavljajo t. i. vzorci ribje kosti. Različne oblike tovrstnih vzorcev je mogoče ustvariti s poševnimi črtami krajših dolžin, ki se jih na smernem vozišču v spremenljivih ali konstantnih razmakih označi ob robni in sredinski ločilni črti. Poševne črte imajo lahko v vzorcih enake ali različne dolžine, usmerjene pa so lahko v predvideno smer vožnje ali nasprotno smer. [39] [47] [55] Enega izmed vzorcev te vrste, ki je prikazan tudi na sliki 19, sta v svojem poskusnem projektu, v katerem sta ugotavljala njegov učinek, uporabila novozelandska avtorja Charlton in de Pont (2007, cit. po [55]). Slednja sta na podlagi analiziranja vožnje anketirancev na simulatorju vožnje ugotovila, da izvedba označb po celotnih dolžinah krivin v kombinaciji s postavitvijo tabel za usmerjanje izrazitega znižanja hitrosti voznikov sicer ni prinesla, vendar pa so se po uporabi obeh ukrepov v povprečju močno izboljšali prečni položaji vozil na vozišču, ki so jih anketiranci izbirali med vožnjo skozi zavoje (v temenih krivin v levih zavojih so bila vozila locirana bližje robni črti na notranjih straneh krivin, v desnih zavojih pa bližje sredinski ločilni črti (vožnja po levem smernem vozišču)). [56]



Slika 19: Vzorec ribje kosti, ki ga tvorijo poševne črte različnih dolžin (vožnja po levem smernem vozišču) [56]

V tretjo vrsto oblik vzorcev spadajo Chevron vzorci ali t. i. cikcak vzorci. Vsem različicam Chevron vzorcev je skupno, da jih sestavljajo označbe v obliki puščice oziroma črke V, ki so na vozni površini postavljene tako, da kažejo v smer vožnje. Puščice opisane oblike se v Chevron vzorcih praviloma nameščajo po celotni širini posameznega prometnega pasu oziroma smernega vozišča, njihova medsebojna oddaljenost pa je lahko bodisi konstantna bodisi se v predvideni smeri vožnje postopoma zmanjšuje. [10]

Drakopoulos in Vergou (2003, cit. po [39]) sta delovanje Chevron vzorca, katerega puščice so nameščene v smeri vožnje postopoma zmanjšujočih razmakih, raziskovala na primeru njegove izvedbe na izvozu z avtoceste. Na podlagi opravljenih meritev avtorja navajata, da je obravnavan ukrep učinkovit, saj se je hitrost vozil na izvozu po izvedbi označb v povprečju znižala kar za 19 km/h.



L* Enakomeren ali postopoma zmanjšujoč razmak med puščicami (od prb. 10 do 30 m)

Slika 20: Chevron vzorec na enem prometnem pasu z dodatnimi robnimi črtami (povzeto po [57])

Delovanje

Za optične zavore, vzorce ribje kosti ter Chevron vzorce je značilno, da lahko s svojimi vizualnimi učinki oziroma izgledom močno povečajo voznikovo zaznavanje nevarnosti, ter na ta način vplivajo, da slednji prilagodi svojo hitrost. [55] Tovrstne učinke naj bi omenjene oblike vzorcev dosegale s postavitvijo označb v smeri vožnje postopoma zmanjšujočih razmakih, ki vozniku, ki med vožnjo preko označb vozi s konstantno hitrostjo, daje občutek, da vozi hitreje kot v resnici. [39] [43] Nekateri strokovnjaki (Jarvis, J., Jordan, P., 1990, Burney, G., 1977, cit. po [55]) sicer takemu mnenju nasprotujejo ter pojasnjujejo, da naj bi tovrstni ukrepi za voznike delovali kot opozorilne naprave, ki jih ni mogoče prezreti, ter da vozniki posledično preko označb vozijo počasneje zgolj iz previdnosti. Našteti vzorci so

zaradi svojih značilnosti primerni za izvedbo predvsem na mestih, na katerih se zaradi velike nevarnosti odseka, ki sledi, zahteva precejšnje znižanje hitrosti vozil. Med primerna mesta za izvedbo uvrščamo mesta pred krivinami, križišči ali prehodi cest izven naselij v naselja. [39]

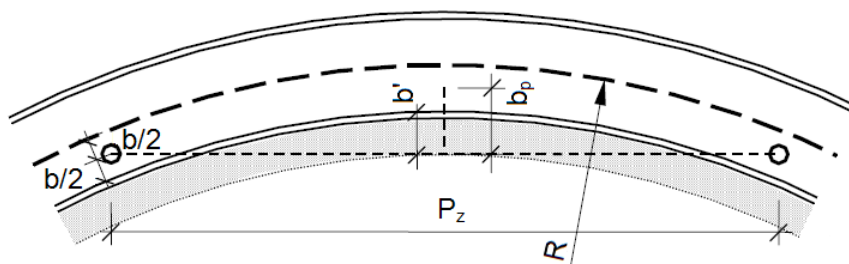
3.3.1.8 Zagotavljanje vizure preglednosti

Vzdolž ceste je potrebno vozniku, ki po cesti potuje s hitrostjo, ki je enaka opredeljeni vozni hitrosti na določenem odseku, trajno zagotavljati preglednost za varno zaustavitev vozila v primeru, ko se na vozišču nahaja ovira, ter pregled nad potekom linije ceste pred njim in nad prometno signalizacijo. [58] Po navedbah študije Leeja in sodelavcev (2000, cit. po [39]) v krivinah izbiro hitrosti voznika določa prav vizura preglednosti. To pomeni, da voznik pri približevanju ali premagovanju zavoja upočasni svoje vozilo takrat, ko je dolžina vizure preglednosti enaka dolžini zaustavne preglednosti, zatem pa ob povečevanju dolžine vizure voznik zopet pospeši na želeno hitrost. [59] Takšne ugotovitve sta sicer nekoliko popravila Charlton in de Pont (2007, cit. po [39]), ki sta ugotovila, da naj bi tak način vožnje voznikov veljal le za tiste krivine, v katerih je radij krožnega loka manjši od 300 m.

Znano je, da na nepreglednih cestnih odsekih največjo težavo glede zagotavljanja zadostne preglednosti predstavljajo horizontalne in vertikalne zaokrožitve. Za zagotovitev horizontalne preglednosti v krivinah je nujno potrebna odstranitev vseh kontinuiranih ovir na notranji strani krivine, vključno s premičnimi ovirami na ustrezni oddaljenosti od roba vozišča. Za vertikalno preglednost je značilno, da jo zagotovimo z ustrezno velikostjo radija konveksne vertikalne zaokrožitve. [39] [59] [60]

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

b' [m] Širina pregledne berme
 b_p [m] Širina preglednosti
 P_z [m] Zahtevana dolžina preglednosti
 R [m] Polmer horizontalne krivine



Slika 21: Shema določitve polja horizontalne preglednosti [59]

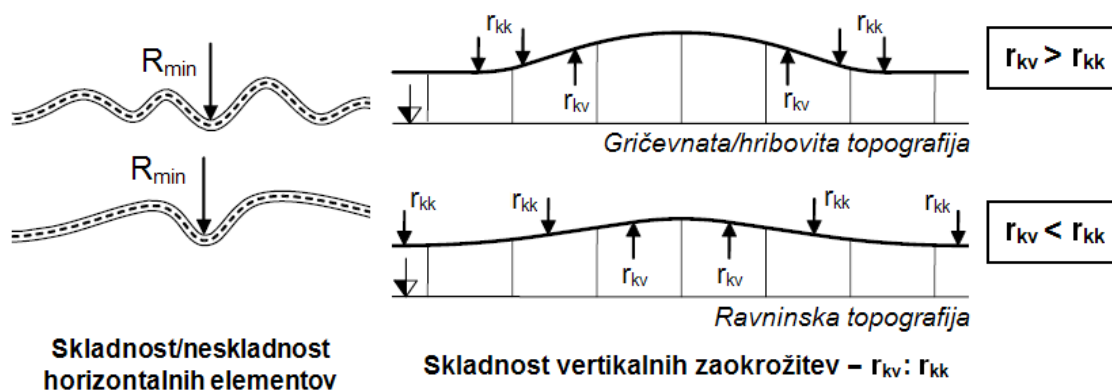
Delovanje

Z zagotovitvijo minimalne pregledne razdalje na cesti je mogoče predvideti, da bo lahko voznik, ki na posameznem odseku ceste vozi s hitrostjo, ki je približno enaka računski (projektni) hitrosti, uporabljeni na tem odseku, v primeru, da se na vozišču nahaja ovira, pravočasno zaustavil svoje vozilo, ne da bi prišlo do trčenja z oviro. [61]

3.3.1.9 Konsistenten potek ceste

Pri vodenju trase je za zagotovitev varne vožnje nujno potrebno upoštevati konsistentno uporabo geometrijskih elementov ceste, kar pomeni, da morajo biti horizontalni in vertikalni elementi ceste uporabljeni tako, da potekajo v določenem sosledju ter da so med seboj skladni. Kar se tiče varnosti vožnje, so najmanj zaželeni primeri, ko cesta s svojim potekom

ustvarja optične iluzije ali kadar se potek ceste nenadoma nepričakovano spremeni. V primeru, ko konsistentnost poteka trase ni dosežena, poleg tega pa na cesti ni možna izvedba katerega drugega ukrepa, je mogoče konsistentnost poteka zagotoviti s spremembo geometrijskih elementov ceste. Med te ukrepe lahko štejemo: povečanje velikosti radija krožnega loka horizontalne krivine, uporabo prehodnice (velja za ceste nižjih kategorij), zmanjšanje velikosti središčnega kota krožnega loka horizontalne krivine, povečanje razdalje med dvema zaporednima horizontalnima krivinama, zmanjšanje vzdolžnega nagiba ceste ter zmanjšanje deleža dolžine ceste, ki poteka v vertikalnih krivinah z majhnimi radiji vertikalne zaokrožitve, predvsem v primeru konveksnih vertikalnih zaokrožitev. [39] [58] [59]



Slika 22: Načini uskladitve zaporedja geometrijskih elementov [59]

Delovanje

Temeljno načelo zagotovitve konsistentnega poteka ceste je, da spremembe geometrijskih elementov ceste ne presenetijo voznika med vožnjo. [39] Z uporabo konsistentnih kombinacij geometrijskih elementov se doseže, da potek ceste uresniči pričakovanja voznikov, kar rezultira v večjo konstantnost njihovih hitrosti oziroma manjše nepričakovane spremembe hitrosti. [43]

3.3.2 Prehodi

Prehodi ali tranzicije cest (ang. *transitions*) se nanašajo na tista mesta na cestah, na katerih pride do spremembe poteka ceste v prostoru, vrste ali funkcije ceste, obenem pa lahko med tovrstno skupino uvrstimo tudi mesta, na katerih se bistveno spremenijo karakteristike posamezne ceste. Med najpogostejše prehode štejemo vhode v naselja ali z drugo besedo uvozišča (ang. *gateway*), med ostale tranzicije pa lahko uvrstimo mesta na cestah, na katerih se spremeni omejitev hitrosti, širina vozišča, število prometnih pasov smernega vozišča ali podobno. [39] Za zagotovitev čim boljše učinkovitosti tehničnih ukrepov, ki se jih na območjih prehodov izvaja z namenom dosege prilagoditve hitrosti voznikov med vožnjo skozi njih, se priporoča, da se ukrepi na tovrstnih mestih ne izvajajo kot samostojni ukrepi, pač pa kot kombinacije ukrepov. [62] Na tak način so ukrepi predstavljeni tudi v naslednjih dveh poglavjih, ki predstavljata vhode v naselja ter ostale prehode.

Kot najbolj problematična mesta v smislu prilagoditve hitrosti voznikov se kažejo prehodi, pri vožnji skozi katere vozniki vstopajo v poseljena območja. Vzrok za takšno težavo je v splošnem moč pripisati predvsem dejstvu, da vozniki zaradi predhodnje hitre vožnje običajno podcenijo svoje hitrosti, poleg tega pa so ravno na prehodih v naselja zahtevana najbolj izrazita znižanja hitrosti (v večini primerov z 90 na 50 km/h). [39] [43]

3.3.2.1 Vhodi v naselja

Vhod v naselje ali uvozišče predstavlja mesto na cesti, na katerem cesta, ki poteka po območju zunaj naselja, preide v naselje oziroma pozidano območje, ki ga omejujejo meje naselja, ki so označene s prometno signalizacijo, ter kjer veljajo nižje omejitve hitrosti, kot na odseku ceste pred tem območjem. Osnovni namen prehoda te vrste je, da voznika opozori na večjo spremembo cestnega okolja, v katerem se od njega zahteva drugačna vožnja kot na odseku pred prehodom. Prilagoditev vožnje je na tem mestu zahtevana predvsem zaradi dejstva, da voznik po vstopu v naselje med vožnjo naleti na bistveno večje število nemotoriziranih udeležencev v prometu. [39] [43]

Zaželeno je, da vhode v naselja sestavlja več vrst ukrepov. Poleg nujno potrebnega prometnega znaka, ki označuje ime naselja, in/ali prometnega znaka za omejitve hitrosti, ki voznike ob vstopu v naselje obveščata o dovoljeni hitrosti v tem območju, se na vseh vstopih v naselja priporoča uporaba različnih fizičnih in/ali drugih – nefizičnih ukrepov. V skupino fizičnih ukrepov uvrščamo različne vrste zožitve vozišč, razmejitve smernih vozišč ter zamika osi vozišč. Omenjeni ukrepi se praviloma izvajajo z uporabo deniveliranih elementov (ločilni otoki, dvignjeni robniki), po možnosti v kombinaciji z označbami – na primer vzorci šrafur. Med nefizične ukrepe pa spadajo: vzdolžne označbe (robne črte) in vzorci iz označb (vzorci šrafur, t. i. vzorci zob morskega psa, optične zavore), prometni znaki (znaki z "neobičajno" ali radikalno vsebino) in prometna oprema (markerji) za vodenje in kanaliziranje prometa, zvočne zavore, vozišča spremenjene barve in/ali teksture ter nekateri drugi podobni ukrepi za doseg prilagoditve hitrosti vozil. Med nefizičnimi ukrepi so za uporabo na vstopih v naselja še posebej zaželeni »neobičajni« oziroma takšni ukrepi, kakršnih vozniki na cestah ne srečujejo ravno pogosto. S tovrstnimi ukrepi je namreč lažje pritegniti pozornost voznika in ga opozoriti na spremembe na cesti, posledično pa je tudi z večjo gotovostjo mogoče pričakovati prilagoditev njegove hitrosti. [39] [54]

Zanimiv način za doseg zmanjšanja hitrosti vozil na prehodih v naselja predlaga irski nacionalni urad za ceste – NRA (The National Roads Authority) (iRAP, cit. po [39]). Njegov predlog zajema uporabo posebnih ukrepov – neobičajno velikih oziroma visokih elementov vhoda v naselje (cestna oprema), ki naj bi znižanje hitrosti voznikov dosegli na račun ustvarjene iluzije zožitve ceste oziroma na račun mogočnega izgleda vstopnega praga naselja. [50] Omenjeni ukrepi so prikazani na sliki 23 (desno).



Slika 23: Vhod v naselje z vzorcem zob morskega psa na barvni vozni površini (levo) in vhod v naselje z neobičajno velikimi prometnimi znaki ter ločilnim otokom (desno) [39] [63]

Delovanje

Namen posameznega vhoda v naselje je, da ta čim bolj poudari tiste prometne znake, ki označujejo mesto prehoda ter običajno tudi spremembo omejitve hitrosti. Na tak način vhod voznika namreč opozori, da mora ustrezno prilagoditi svojo hitrost, saj pri nadaljnji vožnji obstaja velika verjetnost, da bo naletel na nemotorizirane udeležence v prometu. [39]

Na mestih vhodov v naselja je prilagoditev vožnje izključno od prometnih znakov sila težko pričakovati, še posebej če prometni znaki ne učinkujejo na način, preko katerega vozniki zaznavajo in kategorizirajo v prometu nastale situacije. [43] [64] Omenjeno trditev potrjujejo tudi ugotovitve številnih raziskav, da največje vplive na hitrost prinašajo kombinacije večih različnih ukrepov (Kennedy, J. et al., 2005, cit po [39]). Največja znižanja hitrosti običajno povzročajo fizični ukrepi (zožitve vozišč), saj ti voznike, ki želijo varno prevoziti ukrep, praktično prisilijo k manjši hitrosti. Za razliko od omenjenih predstavljajo preostali (nefizični) ukrepi nekoliko blažji vpliv na izbiro hitrosti voznikov. Svoj učinek tovrstni ukrepi dosegajo na primer z opozarjanjem voznikov na omejitve hitrosti, poudarjanjem spremembe okolja, vizualnim zoženjem vozišča ali na kak drug podoben način. [39] [64]

Nekateri prometni strokovnjaki v svojih zapisih tudi opozarjajo, da je za doseg ustreznih hitrosti voznikov med vožnjo skozi poseljena območja nujno potrebno, da se nekateri ukrepi poleg na vhodih v določenih razmakih izvajajo tudi znotraj teh območij. V nasprotnem primeru obstaja namreč določena verjetnost, da bodo vozniki že po 250 m po vstopu v naselje zopet povišali svoje hitrosti. [43] Kot zanimivost velja omeniti še mnenje britanske Enote za prometno svetovanje (Traffic Advisory Unit) (1994, cit. po [64]), ki v enem izmed dokumentov navaja, da je v primeru, ko vhod v naselje ne sovpada s pozidanim območjem, večjo učinkovitost ukrepov mogoče pričakovati, če so ukrepi nameščeni ob prvem objektu ob cesti kot če obdajajo mejo naselja.

3.3.2.2 Ostali prehodi

Ostali prehodi se pri tej razvrstitvi nanašajo na tista mesta na cestah, ki jih zaradi svojih lastnosti lahko uvrstimo med prehode, a ne med vhode v naselja, ter ki jih zaznamujejo večje spremembe karakteristik ceste in/ali cestnega okolja (kot je na primer sprememba širine vozišča ceste). Kljub temu, da na teh mestih ne prihaja vedno do spremembe omejitve hitrosti, je cilj oblikovanja prehodov opozoriti voznika na spremembo na cesti ter ga prepričati, da prilagodi svojo hitrost. [39] [62]



Slika 24: Prehod ceste, ki voznika opozarja na zožanje vozišča [39]

Delovanje

Za vse prehode, vključno z vhodi v naselja (poglavje 3.3.2.1), je značilno, da je njihov najboljši možni učinek mogoče doseči s kombinacijo ukrepov. Za razliko od vhodov v naselja se pri ostalih prehodih načeloma ne predvideva uporaba fizičnih ukrepov, pač pa naj bi se na teh mestih izvajali prometni znaki z različnimi vsebinami, barvne vozne površine, zvočne zavore in/ali različne označbe na vozišču, kot so optične zavore ipd. Osrednji namen ukrepov, ki so izvedeni na prehodih, je predvsem, da voznik med nadaljnjo vožnjo postane bolj pazljiv, četudi njihova prisotnost doseže le majhno znižanje voznikove hitrosti. [39] [62]

3.3.3 Križišča

Z vidika prometne varnosti največ možnosti za izboljšave predstavljajo nivojska križišča. Med njimi velja izpostaviti štiri skupine križišč [39]:

- štirikraka (+) križišča s prednostno cesto
- trikraka (T) križišča s prednostno cesto
- večkraka krožna križišča
- semaforizirana križišča (na cestah zunaj naselij niso ravno pogosta)

Lega, značilnosti, tip križišča ter porazdelitev prometnih tokov v križišču predstavljajo velik vpliv na prometno varnost. Znano je, da je pogostost prometnih nesreč v veliki meri odvisna od števila križišč in priključkov na cesto na enoto dolžine ceste. V križiščih z naraščanjem števila krakov narašča število konfliktnih točk v križišču, kar prav tako predstavlja negativen vpliv na varnost. Nevarnost za pojavitev prometne nesreče se povečuje tudi z naraščanjem prometnih obremenitev na neprednostnih cestah v križiščih s prednostno cesto. Zlasti v primerih, ko so prometne obremenitve na neprednostnih cestah v križišču relativno visoke, je zaželeno preoblikovanje klasičnega križišča v krožno križišče. Glavna prednost krožnega križišča v primerjavi s klasičnim nivojskim je z vidika varnosti manjše število konfliktnih točk v križišču, ki je posledica preprečitve križanj in prepletanj ter omejitve priključevanja in odcepljanja prometnih tokov v njem. [65] Krožno križišče k večji varnosti pripomore tudi s svojo obliko. S tem, ko voznika, ki želi varno prevoziti križišče prisili k upočasnitvi vozila, se ob morebitni nastali prometni nesreči namreč močno zmanjša verjetnost za nastanek hudih posledic. Glede na tip križišča v splošnem med najbolj nevarna umeščamo najbolj zapletena križišča, kot so štiri ali večkraka nesemaforizirana križišča, medtem ko za najbolj varna veljajo nezapletena križišča, kot so krožna, semaforizirana in T križišča. [39] [66]

Z željo po zagotovitvi karseda varnih cest je ključnega pomena, da so križišča ne glede na tip enostavno razumljiva, pregledna, prepoznavna ter čim bolj opazna. Zlasti slednji dve značilnosti velja pojasniti na primeru križišč s prednostno cesto, ki se na območju zunaj naselij izmed vseh tipov križišč pojavljajo daleč najpogosteje. Dobra prepoznavnost in opaznost križišča vozniku med približevanjem križišču omogoča, da se dovolj zgodaj zave, da na cesti prihaja do določene spremembe. [67] Za voznika, ki v križišče vstopa po prednostni cesti je pomembno, da se zave, da lahko v križišču pričakuje vozila, ki se vanj vključujejo z neprednostnih smeri, za voznika na neprednostni smeri pa je ključnega pomena, da pravočasno prepozna križišče ter posledično dovolj zgodaj upočasniti oziroma ustavi svoje vozilo. Nekateri strokovnjaki še omenjajo, da je za dosego prilagoditve hitrosti vozil pred vstopom v križišče ne glede na njihov tip dobro prepoznavnost in opaznost potrebno zagotoviti predvsem tistim križiščem, ki se pojavijo nepričakovano oziroma nastopijo po daljših odsekih brez križišč. [39]

Na cestah izven naselij se v praksi za opozarjanje voznikov na približevanje križišču, najpogosteje uporabljajo prometni znaki za nevarnost, ki označujejo bližino križišča, ter nekateri prometni znaki za obvestila, kot so denimo predkrižiščne table. [39] [44] V sledečih poglavjih so predstavljeni ukrepi, z izvedbo katerih je mogoče vplivati na pravilno izbiro hitrosti voznikov pred vstopom v križišče oziroma poudariti bližino križišč.

3.3.3.1 Dodatni prometni znaki in prometna oprema za poudarjanje križišč

Eden izmed načinov, kako doseči večjo opaznost križišč, je poudarjanje prometnih znakov, ki so postavljeni pred ali v križišču, z uporabo obrobe ali pravokotnega ozadja iz svetlobno odsevnega materiala fluorescentno rumene barve. Podoben učinek je moč doseči tudi s postavitvijo prometnih znakov, ki se avtomatsko aktivirajo (poglavje 3.3.1.3). [39] [44]

Poseben način za poudarjanje predvsem manjših priključkov na ceste je razvil NRA. Njegova zamisel predvideva uporabo cestnih smernikov posebne oblike, s katerimi se označi ustje priključka na cesto, kot je to prikazano na sliki 25. [39]



Slika 25: Cestni smerniki posebne oblike za poudarjanje priključka na cesto (vožnja po levem smernem vozišču) [39]

Delovanje

Ob vsakem približevanju voznika, ki vozi po neprednostni cesti, križišču s prednostno cesto obstaja nevarnost, da voznik pred vstopom v križišče ne zaustavi oziroma ne upočasni dovolj svojega vozila. Z različnimi prometnimi znaki in prometno opremo, s postavitvijo katerih se poudari križišče, je voznika na priključni smeri mogoče opozoriti na prisotnost križišča ter da se od njega pričakuje zmanjšanje hitrosti in posebna previdnost pri vključevanju v promet. S tovrstno prometno signalizacijo je pred vstopom v križišče mogoče vplivati tudi na hitrost voznikov, ki vozijo po prednostni cesti. Slednje namreč prometna signalizacija opominja, da lahko pričakujejo vključevanje novih prometnih udeležencev v promet, obenem pa jim lahko kot pomoč služi tudi v primeru zavijanja v križišču. [39]

3.3.3.2 Vzdolžne, prečne, druge označbe in cestni markerji

Z različnimi označbami na vozišču, ki se jih namesti na območju križišč, je mogoče na teh mestih voznikom jasno nakazati potek ceste oziroma prometnih pasov. Ustrezna označitev križišč voznikom omogoča, da med vožnjo pravočasno opazijo križišče, obenem pa jim tudi sporoča, kakšne manevre lahko v posameznem križišču pričakujejo. [68] Med označbe, ki se uporabljajo za nakazovanje poti v križiščih, umeščamo vzdolžne označbe (robne in sredinske ločilne črte), prečne označbe (široke prečne črte, poševne črte in označbe v obliki

trikotnikov), ter druge označbe (puščice, vzorci šrafur ter napisi in drugi simboli na vozišču). Poleg omenjenih označb se z istim namenom lahko na cesti namešča tudi cestne markerje, katerih prednost je predvsem njihova boljša vidnost v slabih svetlobnih pogojih. [44]

Posebne oblike označb, ki so namenjene označitvi križišč ter obenem predstavljajo tudi potencial za doseg prilagoditve hitrosti vozil v križiščih, opisujejo v svojem delu Ray in sodelavci [69]. Slednji predstavljajo sicer standardne vzdolžne in nekatere druge vrste označb, ki pa se na vozišču izvedejo v posebno veliki širini. Ta naj bi za razliko od širine označb standardne izvedbe, ki znaša 10-12 cm, znašala vse do 25 cm. Poleg razširitve lahko tovrsten način izvedbe zajema tudi podaljšanje označb in/ali povečanje njihove svetlobne odbojnosti. Osrednji namen uporabe označb spremenjenih lastnosti je predvsem izboljšati vidnost križišča, na ta način preusmeriti vso pozornost voznika nanj ter s tem povečati možnost, da se voznik zave nevarnosti, ki jo predstavlja križišče.



Slika 26: Robni črti in vzorec šrafure, ki so izvedeni v povečani širini pred vstopom v križišče [69]

Delovanje

Prisotnost označb v križišču poleg tega, da povečuje zavedanje voznikov, da se približujejo križišču, voznike tudi opozarja, da se v območju križišča od njih zahteva prilagojen način vožnje, kar zajema tudi znižanje njihove hitrosti. Naloga označb različnih oblik je v križiščih tudi nakazovanje poteka ceste oziroma prometnih pasov, ki voznikom pomaga pri izbiri ustreznega prečnega položaja njihovih vozil na vozišču. [69]

3.3.3.3 Napisi na vozišču, vzorci iz označb, zvočne zavore in barvne vozne površine

Z nekaterimi ne ravno pogosto uporabljenimi ukrepi, ki se jih izvede z namestitvijo na vozni površini ali izdelavo obrabne in zaporne plasti voziščne konstrukcije, je mogoče voznika opozoriti na dejstvo, da na cesti prihaja do bistvenih sprememb, zaradi česar mora prilagoditi svojo hitrost. Med te ukrepe lahko uvrstimo nekatere vzorce iz označb za umirjanje prometa – vzorce ribje kosti in optične zavore (poglavje 3.3.1.7), zvočne zavore (poglavje 3.3.1.6), napise na vozišču (poglavje 3.3.1.5) ter barvne vozne površine (poglavje 3.3.1.4). [39]

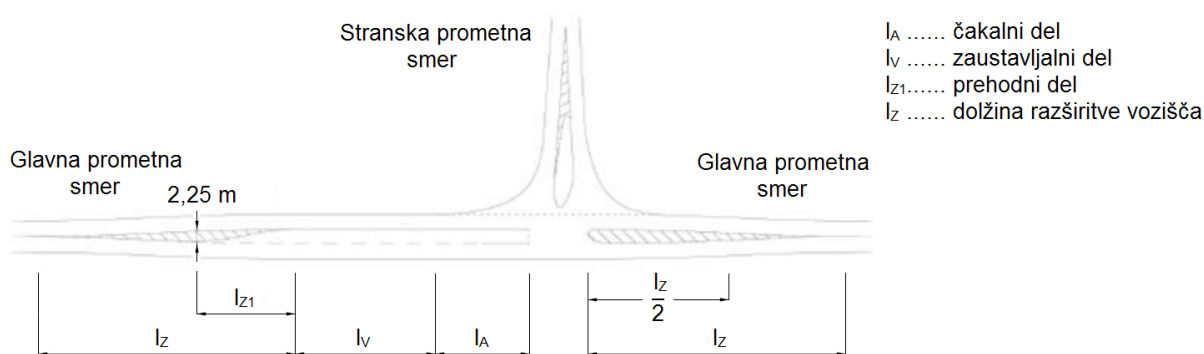
3.3.3.4 Tipi križišč in njihova ureditev

Prenačrtovanje in rekonstrukcija križišča, s katerima je mogoče izboljšati prometno varnost v novo načrtovanih oziroma že obstoječih križiščih, lahko zajemata [39] [42] [69]:

- kanaliziranje prometa,
- spremembo tipa križišča,

- spremembo kota, ki ga tvorita osi križajočih se cest (izvedba križanja osi cest čim bližje pravemu kotu – 75-110°) [70] in/ali
- spremembo horizontalnega in/ali vertikalnega poteka ceste pred vstopom v križišče (izvedba horizontalnega odklona ceste ali zmanjšanje ukrivljenosti krivine, zmanjšanje naklona nivelete)

Kot primer kanaliziranja prometa velja obravnavati izvedbo dodatnega prometnega pasu za leve zavijalce v tri ali štirirakem križišču neenakovrednih cest, v katerem prednostna cesta poteka naravnost. Osrednji cilj dodatnega prometnega pasu, ki se ga v križišču izvede na prednostni cesti, je, da ta za vozila, ki pripeljejo po prednostni cesti in zavijajo levo, ustvari t. i. čakalni prostor ter s tem močno zmanjša verjetnost, da bi v zadek vozila, katerega voznik v križišču čaka na prosto pot za zavoj v levo, trčilo vozilo, ki v križišču pripelje za njim. [39] [42] Slabost oziroma pomanjkljivost opisanega ukrepa predstavlja sicer hitrosti voznikov, ki križišče omenjene vrste prevozijo po prednostni cesti brez spremembe smeri. Njihova hitrost v križišču se namreč tudi po izvedbi dodatnega prometnega pasu ne zmanjša, kar predstavlja težavo pri vključevanju voznikov, ki v križišču vstopajo po neprednostni cesti. Dodatno težavo zaradi širine dodatnega pasu pa ustvarja tudi nekoliko daljša pot, ki jo vozniki, ki v križišču prihajajo z neprednostne ceste, opravijo pri zavijanju v levo. [39]



Slika 27: Elementi pasu za leve zavijalce (povzeto po [71])

Veliko število prometnih strokovnjakov zaradi značilnosti krožnih križišč uvedbo slednjih uvršča med ene izmed najbolj zaželenih ukrepov za umirjanje prometa na cestah z visokimi omejitvami hitrosti. Poleg prilagoditve hitrosti voznikov je od križišč omenjenega tipa mogoče pričakovati tudi zmanjšanje števila nesreč ter resnosti njihovih nastalih posledic. [42] [69]

Kadar pride do želje ali zahteve po prenačrtovanju ali rekonstrukciji štirirakega (+) križišča, se za najbolj primerne ukrepe šteje [39]:

- preoblikovanje križišča v krožno križišče
- kanaliziranje prometa
- izvedba razdeljenega križišča – dve T križišči, zamaknjeni za določeno dolžino

Delovanje

Glavni namen kakršnegakoli prenačrtovanja ali rekonstrukcije križišča je povečati opaznost križišča, kar naj bi voznikom omogočalo lažjo ocenitev, kakšna izbira hitrosti se pri vožnji skozi križišče od njih pričakuje. Istočasno prenačrtovanje ali rekonstrukcija križišča izboljša tudi geometrijo križišča, zaradi česar postane križišče voznikom bolj razumljivo, posledično pa slednji v križišču tudi lažje in varneje opravijo želene spremembe smeri. [39]

3.3.3.5 Preglednost v križišču

V križiščih s prednostno cesto v splošnem ločimo dve vrsti preglednosti – preglednost pri uvozu v križišče in preglednost pri približevanju križišču. Preglednost pri uvozu v križišče vozniku na prednostni smeri omogoča, da lahko v primeru, ko se vozilo na priključni smeri že vključuje na njegov vozni pas ali prečka križišče, svoje vozilo zaustavi do križišča (trikotnik preglednosti). Preglednost pri približevanju križišču pa štejemo za tisto, pri kateri lahko vozilo, ki se v križišče vključuje z neprednostne ceste, brez spremembe hitrosti zapelje v križišče oziroma lahko v primeru zasedenosti križišča še pravočasno ustavi. [59] [58]

V nekaterih primerih ima lahko prevelika preglednost tudi negativne učinke. V primeru, da voznik prezgodaj opazi, da se križišču po preostalih krakih ne približuje nobeno vozilo, obstaja nevarnost, da bo voznik pred vhomom v križišče izbral previsoko hitrost. Iz tega razloga je kot ustrezen ukrep moč šteti postavitev ovir, s katerimi se na območju vstopa v križišče namenoma omeji polje preglednosti. Na ta način je namreč mogoče pri vozniku povzročiti občutek negotovosti, zaradi česar se pričakuje, da slednji na tem mestu zmanjša svojo hitrost. Postavitev ovir je primerna denimo v krožnih križiščih z manjšimi prometnimi obremenitvami. [39]

Delovanje

Dobra preglednost v križišču služi vozniku kot pomoč, da lahko ta dovolj zgodaj prepozna geometrijo križišča ter opazi morebitne ostale prometne udeležence v križišču, kar mu omogoča, da izbere tudi primerno hitrost. V križiščih, v katerih zadostna preglednost ni zagotovljena, je to morebiti mogoče zagotoviti z odstranitvijo ovir, ki polje preglednosti omejujejo pred in/ali v križiščih. [39]

3.3.4 Ravni odseki

Ravni odseki ali z drugo besedo povezave (ang. *links*) se v tej razdelitvi nanašajo na tiste odseke cest izven naselij, ki potekajo v premah ali krivinah z izredno velikimi radiji krožnih lokov. Poleg standardnih ukrepov so v sklopu tega poglavja zajete tudi določene značilnosti cest oziroma njihove spremembe, ki jih zaradi njihovega vpliva na hitrost voznikov lahko upravičeno štejemo za ukrepe. Omenjene (spremembe) značilnosti se sicer pojavljajo na vseh že obravnavanih mestih ali odsekih cest, vendar v predhodnih poglavjih še niso bile predstavljene. [39]

3.3.4.1 Širina in število prometnih pasov

Širina in število prometnih pasov posameznega smernega vozišča spadata med tiste tehnične značilnosti cest, za katere je s precejšnjo gotovostjo mogoče trditi, da vplivajo na izbiro hitrosti voznikov, kljub temu pa je v praksi vendarle težko pričakovati, da bi se spremembe omenjenih značilnosti izvajale zgolj zaradi želene prilagoditve hitrosti. [39]

Ceste zunaj naselij (izključujoč AC in HC) imajo običajno dva prometna pasova, od katerih je po eden namenjen vožnji v vsako smer. Kadar pride do potrebe po izboljšanju kapacitete in/ali prometne varnosti ceste oziroma kadar na cesti ni mogoče omejiti razlike med hitrostmi vozil na manj kot 20 ali 30 km/h, se kot primerna sprememba tehničnih značilnosti ceste šteje izvedba dodatnega prometnega pasu na enem izmed smernih vozišč. V primeru, ko se

dodatni prometni pas izvede ob desni strani voznega pasu ceste (ki poteka v vzponu) govorimo o prometnem pasu za počasna vozila (ang. *climbing lane*). Če se dodatni pas, ne glede na vertikalni potek ceste, na vozišču izvede ob levi strani voznega pasu pa govorimo o prehitevalnem prometnem pasu (ang. *passing lane*). Najbolj pomembna razlika med obema možnima izvedbama je, da morajo v primeru, ko vozišče sestavlja pas za počasna vozila, vozniki menjati najpočasnejša vozila, medtem ko so v primeru prehitevalnega pasu tovrstni manevri predvideni za najhitrejša vozila. [13] [72] Na podlagi študije neprofitne organizacije CROW (ang. *The national information and technology platform for infrastructure, traffic, transport and public space*) (2002, cit. po [13]) več strokovnjakov pojasnjuje, da je izmed obeh oblik dodatnega prometnega pasu zaradi opisanega načina vodenja prometa z vidika pretočnosti prometa ter prometne varnosti bolj zaželeno izvajanje prehitevalnih pasov.

Prehitevalni prometni pasovi se lahko na cestah zunaj naselij pojavljajo le na krajših odsekih, možnost pa je, da nastopajo tudi na celotni dolžini posamezne ceste. V primerih, kadar tovrstni prometni pasovi sestavljajo vozišče na celotni trasi ter pri tem izmenično (vsake 1,2-1,5 km) dopolnjujejo enega od voznih pasov v vsako smer lahko govorimo o posebni vrsti cest s tremi prometnimi pasovi, in sicer o 2+1 cestah. [13] Omenjene vrste cest se v osnovi razlikujejo glede na obliko ločitve smernih vozišč. Smerni vozišči sta lahko ločeni z različnimi vzdolžnimi označbami, zaradi preprečitve čelnih trkov vozil predvsem na mestih odpiranja oziroma zapiranja dodatnega prometnega pasu pa je precej bolj zaželeno, da ju ločuje ločilni pas z varnostno ograjo. [39]



Slika 28: 2+1 cesta, na kateri smerni vozišči ločuje jeklina kabelna varnostna ograja (levo) in dvojna sredinska ločilna črta (desno) [73]

Druga izmed omenjenih tehničnih značilnosti cest – širina prometnih pasov, prav tako pomembno vpliva na varnost cest. S povečevanjem širine ceste oziroma posameznega prometnega pasu se običajno povečuje težnja voznikov k izbiri višje hitrosti. Znano je, da lahko velika širina prometnih pasov izzove tudi nevarna prehitevanja na cesti, kar prav tako predstavlja negativen učinek na varnost v prometu. V primeru prevelike širine voznih pasov je zmanjšanje njihove širine sicer mogoče doseči na primer z namestitvijo vzorca šrafure iz označb med smernima voziščema, razširitvijo tlakovanih bankin na račun smernih vozišč, načrtovanjem ožjih prometnih pasov, kot v primeru 2+1 cest, ipd. Nevarnost na drugi strani predstavlja tudi majhna širina. Z zmanjševanjem širine pasov se namreč zmanjšuje povprečna oddaljenost vozil do ovir, ki stojijo ob vozišču, ter vozil, ki vozijo nasproti, poleg tega pa se zmanjšuje tudi manevrski prostor na prometnem pasu. Res je sicer, da majhna širina pasov voznike prisili k izbiri nižje hitrosti, vendar pa je zaradi vseh omenjenih značilnosti, ki povečujejo tveganje za nastanek prometnih nesreč, prometna varnost na

pasovih zelo majhne širine prav tako slaba. Na podlagi poznavanja prednosti in slabosti tako majhne kot tudi velike širine prometnih pasov je mogoče sklepati, da lahko največjo korist v smislu prometne varnosti prinese izvedba prometnih pasov večje širine, na katerih pa se z uporabo različnih označb ustvari iluzijo, da je cesta ožja, kot v je resnici. [39] [66]

Delovanje

Povečanje števila prometnih pasov posameznega smernega vozišča prinaša na cestah praviloma višje hitrosti vozil, četudi širina posameznega prometnega pasu ostane pri tem nespremenjena. Vzrok temu je mogoče pripisati večim priložnostim za prehitavanja in/ali povečani širini ceste, ki lahko voznike asociira na cesto višje kategorije. [64] [66] Na podlagi precej obsežne raziskave Elvika in Vaaja (2004, cit. po [13]), je mogoče sklepati, da je vpliv povečanja števila prometnih pasov ceste na prometno varnost sila težko natančno opredeliti. Njuna študija je namreč pokazala, da se je s povečanjem števila pasov na nekaterih cestah število prometnih nesreč z materialno škodo ter število nesreč s telesnimi poškodbami precej zmanjšalo, na nekaterih drugih pa se je število nesreč obeh vrst celo nekoliko povečalo. Avtorja na podlagi rezultatov študije sicer kot najbolj zanesljiv ukrep za izboljšanje varnosti izpostavljata izvedbo dodatnega prometnega pasu (prehitevalni pas, pas za počasna vozila).

Rezultati praktično vseh opravljenih raziskav, v katerih so avtorji proučevali vpliv širine prometnih pasov na varnost v prometu, kažejo, da se z večanjem širine prometnih pasov hitrosti voznikov povečujejo. [74] Navkljub višjim hitrostim vozil na širokih prometnih pasovih je v državah, v katerih vozniki dosledno upoštevajo cestnoprometne predpise, s povečanjem standardne širine pasov praviloma moč pozitivno vplivati na stopnjo prometnih nesreč. [39] Ustrezno prometno varnost naj bi bilo v splošnem mogoče doseči tudi z uporabo prometnih pasov manjših širin, ki voznike takorekoč prisilijo k prilagoditvi hitrosti, vendar pa naj bi bila njihova izvedba primerna le na tistih smernih voziščih, ki jih sestavljata vsaj dva prometna pasova oziroma jih sestavlja tlakovana bankina ali odstavnici pas. [66]

3.3.4.2 Lastnosti, kvaliteta vozne površine in odvodnjavanje vozišča

Na izbiro hitrosti voznikov vplivajo tudi lastnosti in kvaliteta vozne površine ceste. Z veliko gotovostjo je mogoče predvideti, da bodo vozniki na cestah, katerih vozne površine so nestandardnih barv in/ali struktur, vozili vsaj nekoliko počasneje kot denimo na cestah, katerih vozišča so standardnih izvedb in brez poškodb. [39] Kot primere voznih površin nestandardnih barv velja omeniti barvne vozne površine in tlakovana vozišča. Barvne vozne površine naj bi se na cestah praviloma izvajale le na nevarnih odsekih v krajših dolžinah (pasovih), pri čemer naj bi bil njihov osrednji namen predvsem poudariti kake druge ukrepe za umirjanje prometa, ki so poleg njih še prisotni na cesti (znaki, označbe ipd.). [62] Za tlakovana vozišča je značilno, da imajo v primerjavi s standardnimi vozišči poleg drugačne barve tudi drugačno teksturo. Prav zaradi te lastnosti vozniki med vožnjo preko tovrstnih površin zaznavajo različne zvoke in vibracije, ki zmanjšujejo udobnost vožnje ter posledično voznike silijo k znižanju njihovih hitrosti. [66] Nekateri strokovnjaki zaradi težav v povezavi z vzdrževanjem tlakovanih vozišč ter različnih varnostnih razlogov sicer ocenjujejo, da tovrstna vozišča v določenih državah niso primerna za izvedbo na cestah zunaj naselij. [75]

Ne glede na to ali je vozišče standardne ali nestandardne izvedbe mora imeti njegova površina zagotovljeno zadostno odpornost proti drsenju. Navedena lastnost mora namreč vozniku, ki vozi s hitrostjo, ki ne presega dovoljene, zagotavljati, da še posebej ob slabih

vremenskih pogojih (mokra vozna površina) ali v primeru, kadar je ta prisiljen opraviti nenaden manever, ne pride do zdrsa njegovega vozila. [13] Za trajno zagotavljanje zadostne odpornosti vozniških površin proti drsenju je potrebno, da se redno izvajajo meritve torne sposobnosti površin. Izvajanje omenjenih postopkov najbolj zahtevajo najnevarnejša mesta na cestah, kot so ostre krivine, odseki pred križišči ter odseki v strmih padcih. [39] [66]

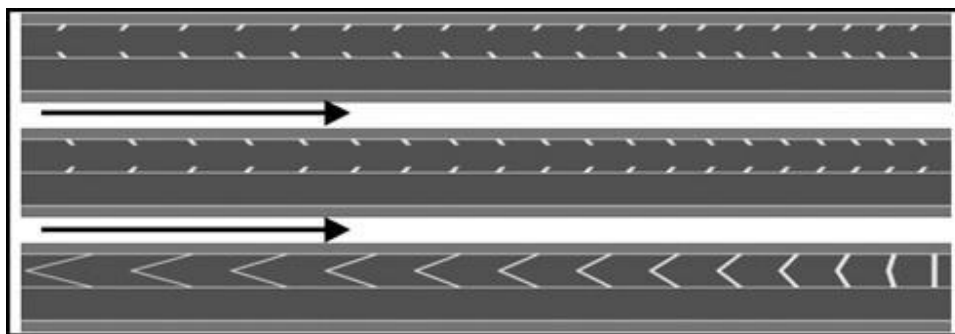
Najbolj problematična mesta na cesti v smislu odvodnjavanja vode z vozišča predstavljajo odseki, katerih vzdolžni kot tudi prečni nagib znaša blizu 0 % (preme, krivine z izredno velikimi radiji krožnih lokov, ki potekajo na ravninskem območju). [76] Glavna težava, ki se ob nastopu padavin na območju ceste na takih odsekih lahko pojavi, je zastajanje vode na vozišču, ki lahko vodi do nastanka akvaplaninga. Za zagotavljanje kvalitetnega odtoka površinske vode s ceste je tako potrebno, da je vozišče izvedeno v minimalnem prečnem nagibu. Odstopanje od minimalne vrednosti je sicer dopustno na območjih vijačenja ceste ter v območjih nivojskih križišč, kjer se odvodnjavanje ureja na drugačen način. [59]

Delovanje

Neravnine na vozniških površinah, ki so lahko posledica uporabe nestandardnih gradbenih materialov za izdelavo vozišča ali različnih poškodb vozišča, štejejo za tiste značilnosti vozniških površin, ki lahko najbolj vplivajo na hitrosti vozil. Zmanjšanje hitrosti voznikov med vožnjo po neravninah je v največji meri posledica zmanjšane udobja voznika, ki ga ustvarijo povečan hrup in vibracije. Navkljub pozitivnemu učinku na prilagoditev hitrosti vozil je zagotavljanje neravnin na vozišču le v redkih primerih ustrezno. Veliko bolj zanesljive ukrepe za izboljšanje prometne varnosti predstavljajo denimo barvne vozne površine. [67]

3.3.4.3 Vzorci iz označb za navidezno zoženje vozišča

Nekateri vzorci, ki jih na vozniški površini sestavljajo posamezne označbe, ki stojijo v točno določeni postavitvi, lahko s svojo obliko ustvarjajo iluzijo, da so ceste oziroma prometni pasovi, na katerih so nameščeni, ožji kot so v resnici. Med tovrstne vzorce lahko umestimo različne vzorce ribje kosti in Chevron vzorce, ki jih sicer označujemo tudi kot vzorce za umirjanje prometa (poglavje 3.3.1.7), ter vzorce Wundt. [39] Navidezno zoženje prometnih pasov je sicer mogoče doseči tudi s spremembo postavitve označb, kot je na primer prestavitev robnih črt bližje sredinski ločilni črti, ali pa z namestitvijo označb večje širine na območju ločevanja smernih vozišč, kot je na primer vzorec šrafure. [64]



Slika 29: Vzorec ribje kosti – poševne črte v smeri vožnje kažejo nazaj (cesta zgoraj), naprej (cesta v sredini), ter vzorec Wundt (cesta spodaj) na prometnem pasu (vožnja po levem smernem vozišču) [39]

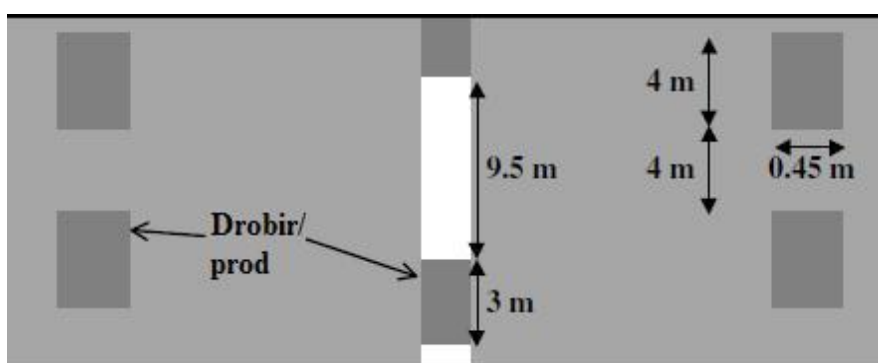
Delovanje

Izgled ceste, na kateri se namesti različne vzorce iz označb oziroma se spremeni položaj

določenih označb, lahko vozniku daje občutek, da je širina prometnega pasu po katerem vozi, manjša kot je v resnici. Na podlagi takega občutka naj bi voznik zaradi pazljivosti pred tem, da ne zapelje s svojega prometnega pasu, primerno upočasnil svoje vozilo.

3.3.4.4 Ukrepi za ločevanje smernih vozišč in označevanje robov vozišč

Med skupino ukrepov, ki so primerni za ločevanje smernih vozišč in/ali označevanje robov vozišč, uvrščamo sredinske ločilne in robne črte, talne označbe iz odsevnih materialov, markerje ter sredinske ločilne in robne ropotne črte. Poleg omenjenih lahko v to skupino umestimo tudi še nekatere ne najbolj poznane ukrepe oziroma ukrepe, ki predstavljajo potencial za izboljšanje varnosti cest, in sicer so to označbe v obliki 3D črt ter različni vzorci na vozišču: vzorci šrafur, črte v obliki šahovnice, črte in pasovi iz drobirja ali proda različnih barv. Vzorci je na vozni površini mogoče oblikovati z namestitvijo označb in/ali izgradnjo oziroma različnimi postopki obdelave obrabnih in zapornih plasti voziščnih konstrukcij. [39]



Slika 30: Primer vzorca na vozišču – ukrep province Drenthe [47]

Številne študije potrjujejo dejstvo, da je neposreden vpliv standardnih vzdolžnih označb na vozišču na izbiro hitrosti voznikov ter njihovih prečnih položajev vozil praktično nemogoče eksaktno določiti. Znano je sicer, da se na cestah, na katerih ni prisotnih nobenih označb, z namestitvijo sredinske ločilne črte in/ali robnih črt praviloma poveča hitrost voznikov, poleg tega pa vozniki svoja vozila približajo robovom vozišč. V primerih, ko se robne črte doda že nameščeni sredinski črti ali ko se z njimi nadomesti sredinsko črto, je od voznikov mogoče pričakovati celo nižje hitrosti. V teh primerih je sicer izbiro prečnih položajev vozil težko predvideti. Precej bolj gotov vpliv na vožnjo predstavlja vpliv širine črt. Ne glede na položaj črt se s povečevanjem njihove širine povečuje oddaljenost vozil od črt, zaradi izboljšane vidljivosti širših črt pa se običajno povečujejo tudi hitrosti voznikov. Posledica boljše vidljivosti črt so tudi višje hitrosti vozil na cestah z neprekinjeno sredinsko ločilno črto v primerjavi s cestami, na katerih je ta prekinjena. Neprekinjene črte voznikom namreč bolj nazorno nakazujejo potek prometnih pasov, nižja hitrost vozil na cestah s prekinjeno črto pa je tudi posledica voznikovega povečanega zaznavanja hitrosti. [67]

Delovanje

Za doseg prilagoditve hitrosti voznikov na cestah je mogoče uporabiti različne in ne ravno običajne vzorce za ločevanje smernih vozišč in/ali označevanje robov vozišč, ki se jih na vozišču oblikuje z različnimi označbami oziroma vzorci iz označb in/ali površinami posebnih oblik in lastnosti. Osrednji cilj izvedbe takšnih vzorcev je, da zaradi kompleksnega vizualnega okolja, ki ga ustvarjajo, povečujejo voznikovo delovno obremenitev (ang. *workload*), kar praviloma privede do tega, da voznik prilagodi svojo hitrost. [39]

V primerih, kadar se na cestah zahteva prilagoditev prečnih položajev vozil, se poleg že omenjenih vzorcev na vozišču lahko uporabi tudi nekatere drugačne ukrepe. Kadar se na cestah želi omejiti ali preprečiti prehitevanja vozil oziroma vse druge prehode vozil na nasprotna smerna vozišča se na območju ločevanja smernih vozišč lahko namesti različne označbe ali vzorce iz označb, kot so dvojne (prekinjene ali neprekinjene) ločilne črte, sredinske ločilne ropotne črte in vzorci šrafur, večjo učinkovitost pa gre pričakovati od ukrepov, ki fizično ločujejo smerna vozišča. Poleg varnostnih ograj velja med fizičnimi ukrepi omeniti nekatere stroškovno bolj učinkovite ukrepe, kot so na primer dvojne ločilne črte z vmesnimi manjšimi reflektorji, upogljivimi stebrički, povoznimi robniki ali drugimi podobnimi objekti. Kadar se na cestah skuša doseči, da se vozniki med vožnjo bolj odmaknejo od robov vozišč, se lahko na mestih robov izvedejo široke robne črte, robne črte neobičajnih oblik (šahovnica), črte iz posebnih materialov (drobir) ali robne ropotne črte. [77] [78]

3.3.4.5 Bankine

Za bankine je značilno, da se na cestah pojavljajo v najrazličnejših širinah, med seboj pa se razlikujejo tudi po materialih, iz katerih so zgrajene. Glede na vrsto materiala bankine v grobem delimo na netlakovane (peščene, humusirane) ter tlakovane (asfalt, beton, tlakovci). Omeniti velja, da sta širina bankin ter vrsta njihovih površin običajno odvisni od vrste ceste. Tako denimo tlakovane bankine velikih širin (odstavne pasove) skorajda ne srečamo na nobeni drugi vrsti cest kot na avtocestah. Prednost takega načina izvedbe bankin je za voznike vsekakor lažja razpoznavnost kategorije ceste, na kateri se nahajajo. [39] [58]

Delovanje

Znano je, da bankine, ne glede na to ali so na cesti izvedene kot tlakovane ali netlakovane, predstavljajo določen vpliv na izbiro hitrosti voznikov, vendar pa je v povezavi s tem težko pričakovati, da bi bile bankine na cestah izvedene (odstranjene) zgolj iz navedenega razloga.



Slika 31: Tlakovana bankina, ki zaradi svoje barve spominja na netlakovano (povzeto po [79])

Prisotnost tlakovanih bankin na cesti lahko voznike prepriča, da vozijo po cesti višje kategorije, zaradi česar ni mogoče zanikati dejstva, da lahko vozniki na takih cestah posledično izberejo višje hitrosti. Navkljub temu ceste s tlakovanimi bankinami veljajo za bolj varne kot tiste z netlakovanimi, saj tlakovane površine vozilom zagotavljajo ustrežnejšo

dodatno vozno površino – boljša torna sposobnost, ni nivojskih razlik med voziščem in bankino ipd. Možno rešitev za preprečitev negativnih vizualnih učinkov, ki jih prinašajo tlakovane bankine, lahko predstavljajo na primer tlakovane bankine, ki se jih izvede v barvi zemlje, kot to prikazuje slika 31. [79]

3.3.4.6 Objekti in ovire ob cesti

Različni objekti in ovire, ki se kontinuirano ponavljajo ob vozišču ceste, lahko vplivajo na izbor hitrosti kot tudi prečnih položajev vozil na vozišču voznikov, kljub temu pa je njihova postavitve ali odstranitve na cesti zgolj iz omenjenega razloga predvidena le v izrednih primerih. Med skupino objektov in ovir s takim vplivom uvrščamo drevesa, žive meje in drugo vegetacijo podobne velikosti, stebre, zidove, drogove cestne razsvetljave ipd. [39]

Delovanje

Vpliv ponavljajočih se objektov ali ovir, ki stojijo ob vozišču ceste, na vožnjo si je mogoče razlagati na več možnih (protislovnih) načinov [39] [50]:

- Periferni ali obrobni vid voznika, ki zazna ponavljajoče se objekte ali ovire ob cesti, lahko poveča voznikovo zaznavanje hitrosti ter s tem posledično vpliva, da voznik izbere nižjo hitrost.
- V primeru, ko cesto uokvirjajo drevesa ali katera druga vrsta vegetacije podobne velikosti, lahko podoba ceste vozniki dojemajo kot tunel, zaradi česar obstaja nevarnost, da vozniki v takem cestnem okolju vozijo hitreje.
- Zaradi povečane kognitivne obremenitve (tj. obremenitve povezane z izvršilno kontrolo delovnega spomina), ki jo povzroča prisotnost objektov ali ovir ob cesti, vozniki zmanjšajo svojo hitrost.
- V primeru, da se voznik zaveda nevarnosti, ki jo predstavljajo ob cesti stoječa drevesa ali katere druge podobno nevarne ovire ali objekti, je mogoče pričakovati, da voznik v takem cestnem okolju vozi počasneje ter bližje sredinski ločilni črti.
- Mogoče je, da voznik zaradi naravnega in ne preveč togega izgleda dreves ali katerih drugih ovir podobne vrste, ki stojijo v bližini vozišča, podceni nevarnost takih ovir, posledično ne prilagodi svoje hitrosti ter niti ne oddalji svojega vozila od roba vozišča.
- V primeru, da se niti na veliki oddaljenosti od ceste ne nahaja noben objekt ali ovira, lahko tako okolje vozniku daje občutek, da je cesta odprta in široka, ter posledično spodbudi voznika, da vozi hitreje.

3.3.4.7 Varnostne ograje

Znano je, da varnostne ograje predstavljajo določen vpliv na voznikovo izbiro hitrosti in prečnega položaja na vozišču, vendar pa v praksi njihova namestitve na cesti zgolj iz omenjenega razloga ni predvidena. V zvezi z vplivom ograj na vožnjo velja sicer omeniti, da se ob načrtovanju postavitve ograj lahko upošteva poseben parameter – odmik izognitve (poglavje 4.5.3.1.6), ki predstavlja mejo (prečni odmik ograje od vozišča), pri kateri ograja več ne vpliva na vožnjo voznika. [49]

4 CESTE, KI ODPUŠČAJO NAPAKE VOZNIKOV

4.1 Opredelitev koncepta cest, ki odpuščajo napake voznikov

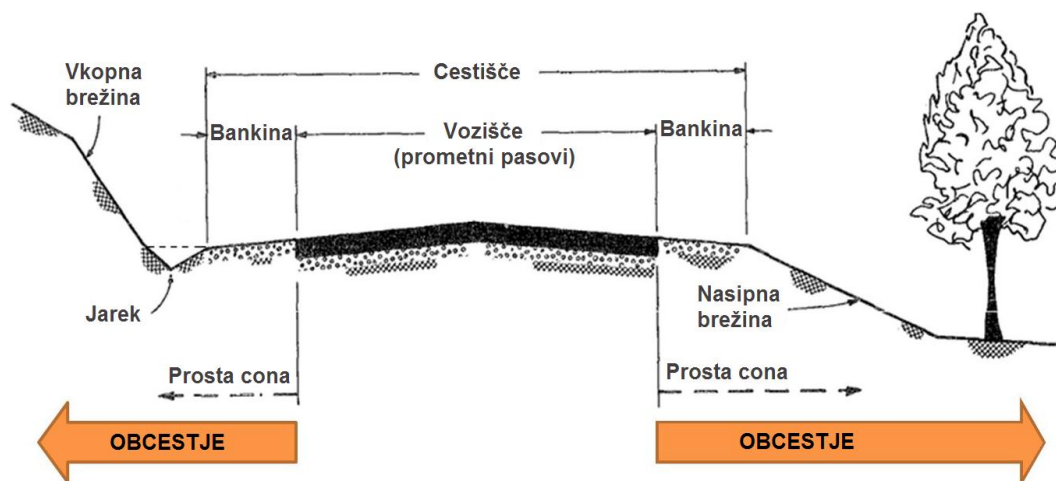
Koncept cest ali obcestij, ki odpuščajo napake voznikov, je začel nastajati ob koncu 60 let prejšnjega stoletja predvsem zaradi spoznanja prometnih strokovnjakov, da: lahko praktično vsak voznik (ne glede na starost, izkušnje, osebne značilnosti idr.) s svojim vozilom zapelje z vozišča ceste in trči v najrazličnejše ovire na obcestju, da so tovrstni trki na cestah zelo pogosti ter da običajno prinašajo zelo hude posledice. [80] V splošnem lahko vzroke, da vozniki zapeljejo z vozišča, pripišemo trem glavnim skupinam dejavnikov [30] [49] [81]:

- Ravnanju in psihofizičnemu stanju voznikov: nepozornost, utrujenost, vožnja pod vplivom alkohola ali drog, izvajanje sunkovitih manevrov (izogibanje drugim vozilom, živalim ali drugim oviram na cesti) prekomerna hitrost idr.
- Pogojem na cesti: neustrezni geometrijski in tehnični elementi ceste, neugodni pogoji na vozišču (voda, sneg, led), slaba vidljivost, neustrezno odvodnjavanje ceste, nezadostna odpornost vozne površine proti drsenju, neustrezna postavitev prometnih znakov in/ali označb na vozišču, neustrezna označitev poteka ceste idr.
- Okvaram v delovanju vozila: okvare krmila in zavor, predrte pnevmatike idr.

Osnovna ideja koncepta cest, ki odpuščajo napake voznikov, je, da naj bi cesta voznikom, ki so zaradi svojih napak, neustreznih pogojev na cesti, okvare vozila ali drugih vzrokov zapeljali na obcestje omogočila, da lahko na varen način zapeljejo nazaj na vozišče oziroma se na obcestju ustavijo, v primeru, ko slednjega ne more omogočiti in je trk vozila neizbežen, pa naj bi cesta dopuščala le trčenja, ki udeležencem ne prizadejejo hujših poškodb. Naloga odpuščajoče ceste z njenim obcestjem je torej preprečiti nastanek prometnih nezgod na obcestju oziroma zmanjšati posledice neizogibnih tovrstnih nezgod. [30]

4.2 Definicija obcestja

TSC 03.200 (Tehnična specifikacija za javne ceste v Sloveniji) [82] navaja, da obcestje ceste zajema gradbene objekte vzdolž ceste (brežine vkopov in nasipov, podporne, oporne in zaščitne zidove idr.), vzdolžno površino za vzdrževanje cestnega telesa (pas zemljišča na primer med robom gradbenih objektov in mejo zemljišča ceste, ki ohranja stabilnost cestnega telesa) ter naprave za vzdrževanje ceste, obcestja in prometa na cesti (dostopne poti za vzdrževalce ali intervencijska vozila idr.). V različnih (tujih) strokovnih delih je moč zaslediti, da se definicije obcestja oziroma mnenja o tem, kateri elementi okolja ceste sestavljajo obcestje, med seboj nekoliko razlikujejo. [83] Konzorcij desetih evropskih držav [8] v delu, ki je nastalo v sklopu evropskega projekta RISER (Roadside Infrastructure for Safer European Roads), obcestje opredeljuje denimo kot celotno območje okoli ceste, ki sega do roba vozišča ceste. Slednja definicija torej za razliko od definicije, ki jo navaja TSC 03.200, za obcestje šteje tudi neprometne pasove, bankine in berme, medtem ko so v navedeni tehnični specifikaciji omenjeni elementi okolice ceste opredeljeni kot cestišče. Definicija, kakršna je uporabljena v smernicah RISER, se v njim podobnih in istovrstnih strokovnih delih relativno pogosto uporablja, upoštevana pa je tudi v sklopu četrtega poglavja te naloge. Za lažjo interpretacijo so na sliki 32, ki prikazuje prečni profil ceste v kombinaciji vkopa in nasipa, jasno označene meje območja obcestja, kot ga opredeljuje v nadaljnjih poglavjih upoštevana definicija. Ob tem velja še omeniti, da glede na predstavljeno definicijo v primeru, kadar ima cesta smerni vozišči fizično ločeni, med obcestje spada tudi območje med voziščema. [30]



Slika 32: Prečni profil ceste v vkopu in nasipu (mešan profil) z označenimi mejami obcestja (povzeto po [30])

4.3 Nevarnosti na obcestju

Primaren cilj načrtovanja cest, ki odpustčajo napake voznikov, je, da se iz preventivnih razlogov vsaka ovira na obcestju, ki predstavlja določeno potencialno nevarnost za voznike, odstrani, premesti ali ustrezno preoblikuje. Na ta način je namreč vzdolž ceste mogoče zagotoviti t. i. proste cone (ang. *clear zones*), katerih namen je, da voznikom do določene oddaljenosti od vozišča nudijo še varno prevozno površino. Vendar pa oblikovanje prostih con zadostne širine v praksi velikokrat ni ravno izvedljivo. Eden izmed razlogov je denimo ta, da mora biti na obcestju cest v neposredni bližini vozišč postavljena predpisana prometna signalizacija ter nekateri objekti z različnimi prometnimi funkcijami (prometni znaki, prometna oprema, drogovci cestne razsvetljave idr.), ki pa sicer za voznike v primerjavi z drugimi vrstami ovir ne predstavljajo nič kaj manjšo nevarnost. Med ovire, z odstranitvijo, premestitvijo ali preoblikovanjem katerih je običajno mogoče zagotoviti ustrezno širino prostih con na obcestju, spadajo drevesa, brežine in jarki, električni drogovci ipd. [30] [49]

Kot ustrezno priporočilo o tem, kdaj lahko o posamezni oviri govorimo v splošnem kot o nevarni, velja upoštevati mnenje Ameriškega ministrstva za promet (U.S. Department of Transportation) (1986, cit. po [30]). Slednje navaja, da oviro, ki se nahaja na obcestju, štejemo za nevarno, če lahko z veliko gotovostjo predvidimo, da bo ob morebitnem trku vozila z njo izpolnjen vsaj eden izmed naslednjih pogojev:

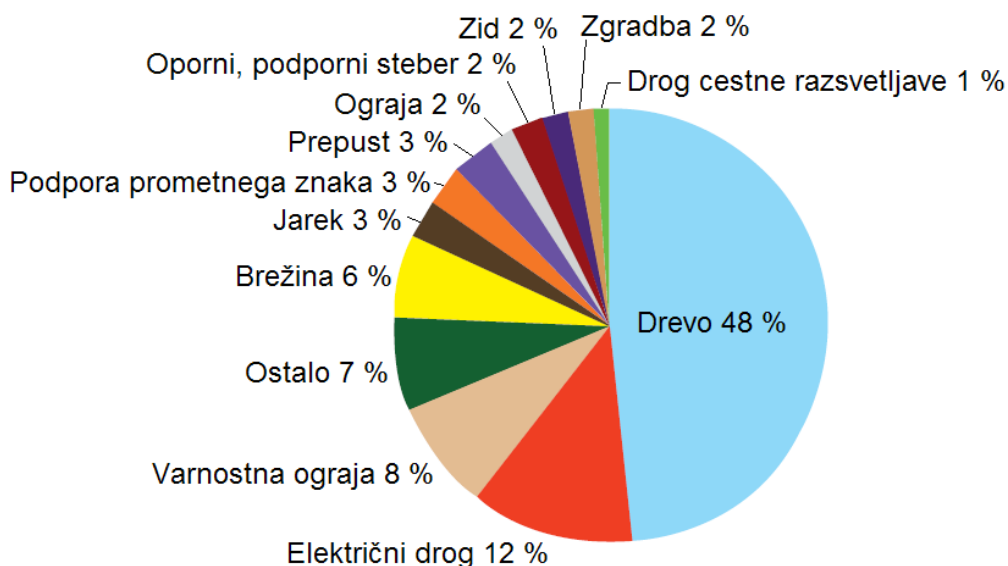
- vozilo se nenadno zaustavi
- v kabino vozila vdre vsaj del zunanje ovire
- vozilo zaradi ovire na obcestju postane nestabilno

Po navedbah smernic RISER [8], katerih priporočila temeljijo tudi na podrobnih analizah prometnih nesreč, za nevarne ovire velja, da se njihova nevarnost ob trku praviloma izkaže že pri naletnih hitrostih vozil 40 oziroma 50 km/h.

Med številnimi različnimi vrstami ovir se na podlagi zbranih statističnih podatkov za najbolj nevarne štejejo drevesa. Smernice RISER [8], ki so bile zasnovane na podlagi analiziranja več kot 260.000 primerov prometnih nesreč, v katerih je vozilo samostojno trčilo v oviro, denimo takšno trditev potrjujejo s podatkom, da so se izmed vseh trčenj v določeno oviro prav trčenja v drevesa v največjem deležu – 17 % končale z vsaj eno smrtno žrtvijo. Po

omenjenem delu sodeč, za precej nevarne ovire veljajo tudi objekti, kot so jarki, drogovi, stebri, prometni znaki, betonski zidovi, prepusti in še nekateri drugi podobni objekti. Prometne nesreče, ki so nastale zaradi trka vozila v eno izmed navedenih ovir, so imele v približno 10 % primerov za posledico vsaj eno smrtno žrtev.

Podobne ugotovitve, kot so opisane zgoraj, predstavlja tudi delo Zavarovalnega inštituta za varnost na cestah – IIHS (Insurance Institute for Highway Safety) ter Inštituta za ugotavljanje škode v prometu – HLDI (Highway Loss Data Institute) (IIHS, HLDI, 2010, cit. po [49]), ki obsega analizo vseh prometnih nesreč, ki so se v letu 2008 na ameriških cestah zaradi samostojnega trčenja vozila v oviro na obcestju končale z vsaj eno smrtno žrtvijo. Rezultati raziskave omenjenega dela kažejo, da so skoraj polovico (48 %) izmed vseh umrlih udeležencev (8623) v tovrstnih prometnih nesrečah prispevale nesreče, v katerih je vozilo trčilo v drevo. Relativno veliko število žrtev so prispevale tudi nesreče, v katerih je prišlo do trka vozil z električnimi drogovi (12 %) ter varnostnimi ograjami (8 %). Delež smrtnih žrtev, ki so jih prispevali trki vozil v posamezne ovire na obcestju, prikazuje tudi graf na sliki 33. [30]



Slika 33: Delež smrtnih žrtev, ki so ga prispevale prometne nesreče zaradi trčenja vozil v posamezno oviro na obcestju (povzeto po [49])

Nevarnosti, ki jih za voznike prinašajo obcestja, so na nekoliko drugačen način s statističnimi podatki predstavljene v priročniku NCHRP Report 500 [84], v katerem so zajete vse prometne nesreče, ki so se kot posledica zleta vozila z vozišča zgodile na vseh dvopasovnih ameriških cestah v letu 1999. Podatki so v omenjenem delu razvrščeni glede na dogodke, ki so ob zletu vozila z vozišča izmed vseh dogodkov povzročili največ škode in vsaj eno smrtno žrtev. Podatki potrjujejo dejstvo, da so trki vozil z drevesi precej pogosti in nevarni, saj so le-ti prispevali 29 % vseh smrtnih žrtev tovrstnih nesreč, vendar pa poleg tega tudi razkrivajo, da za še bolj nevarne veljajo prevrtnice vozil, ki so botrovale kar 41 % žrtvam.

Podrobne analize statističnih podatkov in rezultati študij kažejo, da krivine v primerjavi z ravnimi odseki predvsem zaradi dejstva, ker vozniki v krivinah po zapustitvi vozišča težje zapeljejo nazaj na vozišče, predstavljajo za voznike večje tveganje, da pride do prometne nesreče, v kateri vozilo trči v oviro. Iz tega razloga je posledično upravičeno tudi sklepati, da ovire, ki se nahajajo v krivinah, veljajo za bolj nevarne od tistih na ravnih odsekih. [8]

Ovire, ki s svojo postavitvijo na obcestju predstavljajo nevarnost voznikom, je glede na njihove lastnosti mogoče razvrstiti v več skupin. V nadaljnjih poglavjih so zajete ter na kratko predstavljene najpogostejše in najbolj nevarne ovire po naslednji razporeditvi [30]:

- točkovne ovire
- kontinuirane ovire
- dimanične ovire

4.3.1 Točkovne ovire

Po navedbah številnih študij s področja prometne varnosti predstavljajo točkovne ovire potencialno nevarnost na obcestju v največjem obsegu. Točkovno oviro definiramo kot trajno nameščeno oviro ali objekt omejene oziroma majhne dolžine. Tovrstne ovire lahko sestavljajo najrazličnejši materiali (les, kamen, beton, jeklo idr.), glede na nastanek pa jih v splošnem delimo na naravne ter umetne oziroma izdelane. [30] [85]

4.3.1.1 Drevesa

Rezultati analiz prometnih nesreč, ki sta ju opravili IIHS oziroma Urad za ceste in promet avstralske zvezne države Novi Južni Wales – RTA NSW (Roads and Traffic Authority of New South Wales) (IIHS, 2010, RTA NSW, 2004, cit. po [30]), pričajo o tem, da prometne nesreče, v katerih vozila samostojno trčijo v drevo na obcestju, povzročajo ogromno hudih poškodb in smrtnih žrtev. V primerjavi z ostalimi ovirami na obcestju veljajo drevesa za najbolj nevarne. Mnenja o tem, kdaj lahko posamezno drevo (štor) štejemo za nevarno se sicer v praksi nekoliko razlikujejo. Smernice in standardi v državah, kot so Nemčija, Švedska, Nizozemska in nekatere druge, navajajo, da lahko drevesa s tem pojmom označimo takrat, kadar njihov premer znaša vsaj nekaj manj kot oziroma 10 cm, medtem ko je denimo v VB ta meja določena pri 30 cm (TSC 02.210 navaja mejno vrednost 15 cm). [8] [85] [86]

4.3.1.2 Električni in telekomunikacijski drogovi

Električni in telekomunikacijski drogovi, ki so namenjeni nošnji električnih oziroma telekomunikacijskih kablinskih vodov, se najbolj pogosto pojavljajo v leseni ali betonski izvedbi. Zaradi relativno velikih premerov drogov (> 20 cm) ter majhne zmožnosti absorpcije energije materialov, ki gradijo drogove, štejemo tovrstne objekte za zelo neodpuščajoče ovire. [8] [30] Tovrstne ovire veljajo za nenevarne izključno v primeru, kadar so oblikovane kot pasivno varne, tj. da imajo zmožnost prelomljenja (poglavje 4.5.2.1). [85]

4.3.1.3 Podpore prometnih znakov in cestne razsvetljave

Podpore (nosilne konstrukcije) prometnih znakov in cestne razsvetljave predstavljajo potencialno nevarnost voznikom predvsem zaradi izredno kratkih razdalj, za katere so oddaljene od robov vozišč. Postavitev prometnih znakov in cestne razsvetljave je praviloma predpisana z zakonodajo, zato njihova odstranitev ali premestitev običajno ni mogoča. Nevarnost podpor te vrste je v praksi sicer mogoče precej zmanjšati z izvedbo podpor z zmožnostjo prelomljenja. [30] Smernice in standardi več evropskih držav kot nevarne štejejo vse podpore, ki niso pasivno varne oziroma katerih premer znaša več kot 10 cm (TSC 02.210 kot nevarne podpore šteje (pol)portalne nosilce, katerih premer (širina) znaša več kot 7,6 cm ali katerih debelina stene presega 2,9 mm). [85] [86]

4.3.1.4 Oporni, podporni zidovi in stebri

Stebri viaduktov, stebri in zidovi nadvozov, (prečni) zidovi na vhodih v predore ter drugi oporni in podporni zidovi veljajo zaradi izredno togega materiala – betona, iz katerega so praviloma zgrajeni, za precej nevarne objekte na obcestju. Po navedbah smernic RISER [85], se navedeni objekti štejejo za posebno nevarne v primeru, ko premer stebra viadukta znaša več kot 1 m, so objekti locirani preblizu vozišča ali kadar ti niso zaščiteni z varnostnimi ograjami. [30]

4.3.1.5 Zaključki in prehodi varnostnih ograj

Zaključne oziroma začetne elemente ograj je mogoče šteti za nevarne, kadar ti niso primerno pritrjeni ali sidrani, imajo top zaključek oziroma niso usmerjeni v tla v ustreznem nagibu ali kadar ograje niso izvedene na način, da se oba zaključna elementa postopoma oddaljujeta od roba vozišča. Temeljna težava, ki jo predstavljajo neustrezno oblikovani zaključki ograj, je predvsem ta, da med trkom vozila v zaključek pride do penetracije objekta v kabino vozila, kar povzroča zelo hude poškodbe udeležencev. [83] Med nevarne zaključke ograj je mogoče uvrstiti tudi vse tiste zaključke, ki ne izpolnjujejo zahtev evropskega standarda EN 1317-4. [8]

Prehodi med zaključki različnih vrst ograj (toge, poltoge, prožne) se največkrat pojavljajo med zaključki tistih ograj, ki so druga poleg druge postavljene na ter pred oziroma za premostitvenimi objekti. Nevarnost, ki jo taki prehodi ustvarjajo, je v primeru zleta vozila s ceste predvsem sunkovita ustavitev vozila, ki se lahko zgodi zaradi neustrezne povezanosti ograj. [30] Veliko nevarnost prehodov med ograjami predstavljajo tudi razmaki med blizu ležečimi zaključki ograj. [85]

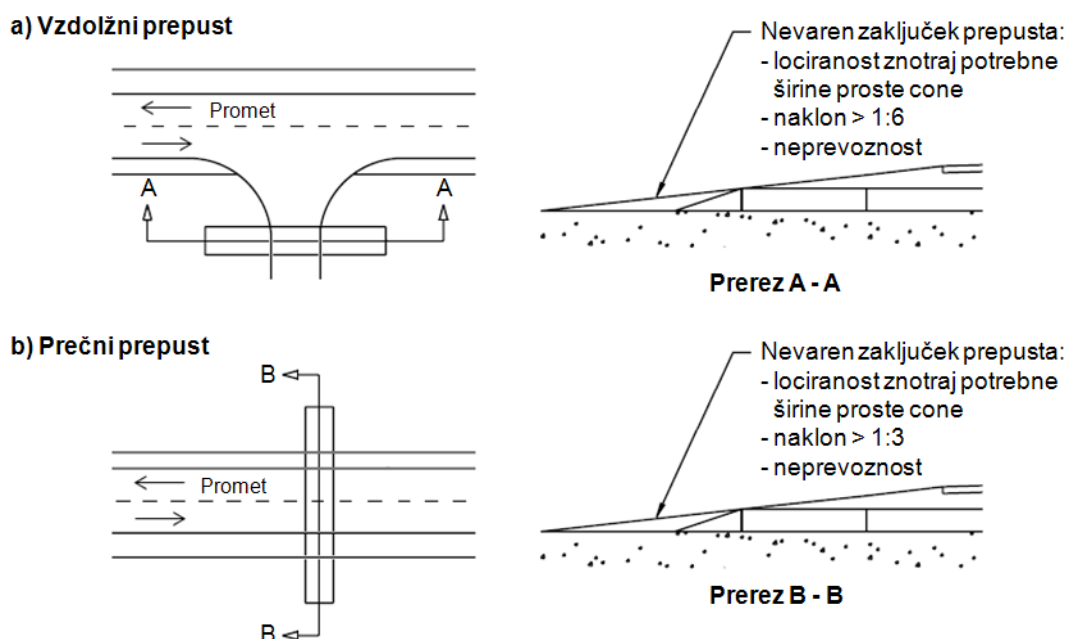


Slika 34: Neustrezno oblikovan zaključek ograje (levo) in neprimerno izveden prehod med zaključkoma ograj pred mostom (desno) [83] [30]

4.3.1.6 Prepusti in zaključki prepustov

V primeru, da vozilo zapusti vozišče ceste, se kot nevarne ovire štejejo tudi prepusti oziroma zaključki prepustov. Prepusti so najbolj pogosto betonski, pojavljajo pa se tudi v jeklenih in plastičnih izvedbah. Materiala, kot sta beton in jeklo, imata majhno zmožnost absorpcije energije, zato trki vozil z zaključki prepustov, ki jih sestavljata omenjena materiala, prinesejo hude poškodbe udeležencem tovrstnih nezgod. [30] V primerih velikih premerov predstavljajo prepusti za voznike tudi nevarnost, da vozilo pade v zaključek prepusta. Prepuste oziroma njihove zaključke v odvisnosti od njihove lege glede na os (obravnane) ceste delimo na vzdolžne – ležijo v območjih križišč oziroma cestnih priključkov ter prečne – lahko se nahajajo praktično na vseh odsekih cest. Med vsemi prepusti štejemo za nevarne tiste,

katerih zaključki ležijo v neposredni bližini vozišč in niso prevozni. Prevoznost zaključkov praviloma onemogoča njihova oblika, če ne sovпада z ustreznim naklonom brežine, na kateri se nahaja, in/ali različni togi (podporni) zidovi, ki so sestavni elementi zaključkov. [8] [49]



Slika 35: Nevaren vzdolžni in prečni prepust (povzeto po [49])

4.3.1.7 Ostale točkovne ovire na obcestju

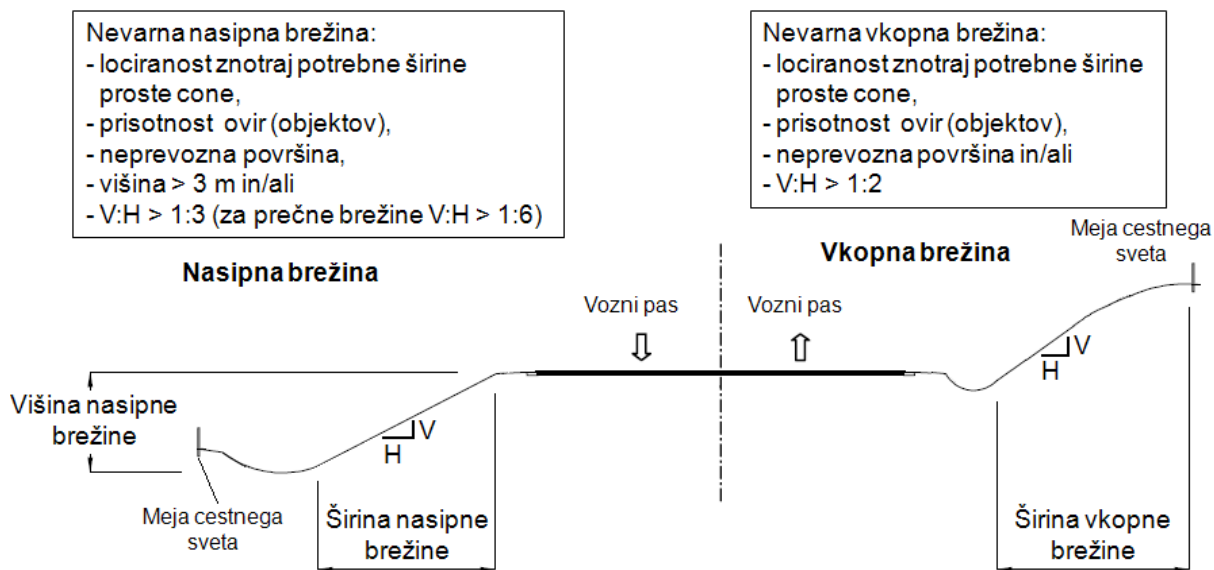
Poleg vseh navedenih ovir se na obcestjih nahajajo tudi nekatere druge točkovne ovire, ki zaradi svojih značilnosti prav tako potrebujejo posebno ureditev. Med te ovire, ki jih praviloma sestavljajo izredno togi materiali, štejemo nezaščitene hiše oziroma njihove zidove, hidrante, umetniška dela, reklamne panoje, betonske stebričke, ki se uporabljajo za označevanje stacionaže ceste, zaključke ograj, ki ne spadajo med varnostne, objekte, ki so namenjeni uporabi nemotoriziranih prometnih udeležencev, kot na primer klopi, stojala za kolesa, objekte z vnetljivimi snovmi ipd. [30] [85] [86]

4.3.2 Kontinuirane ovire

Med kontinuirane ali porazdeljene ovire umeščamo potencialno nevarne ovire in objekte, ki se ob cestah pojavljajo v izredno velikih dolžinah. V sklopu te razdelitve je vsem kontinuiranim oviram skupno, da zaradi njihovih razsežnosti in/ali funkcij v povezavi z uporabnostjo cest, njihova odstranitev ali premestitev praktično ni mogoča. [30]

4.3.2.1 Brežine

Brežine v odvisnosti od poteka ceste po terenu (prečnega profila ceste) v osnovi delimo na vkopne in nasipne brežine. V odvisnosti od njihove lege glede na os obravnavane ceste jih lahko delimo tudi na vzdolžne in prečne (ang. *transverse slopes*). Nevarnost, ki jo brežine predstavljajo, je v največji meri odvisna od njihove širine, torej višine nasipa oziroma globine vkopa, strmine, kompaktnosti ter njihove oddaljenosti od roba vozišča. Kriteriji za določitev nevarnosti brežin, kot jih določajo smernice RISER [8], so podani na sliki 36 (mejne vrednosti se med standardi in priročniki posameznih držav sicer nekoliko razlikujejo). [87]

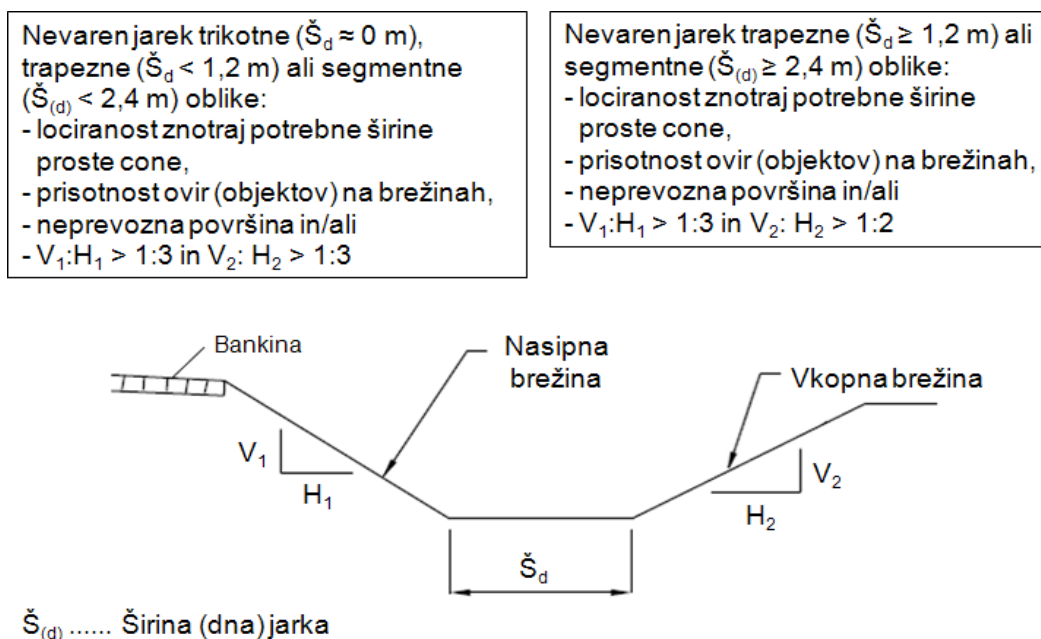


Slika 36: Kriteriji za določitev nevarnosti nasipne in vkopne brežine (povzeto po [60] [8])

Največja nevarnost, ki jo ob morebitnem zletu vozila z vozišča predstavljajo brežine, je prevrnitev vozila. Dejavnik, od katerega je v največji meri odvisno, ali pride do prevrnitve vozila, je naklon brežine. [30]

4.3.2.2 Cestni jarki

Cestni jarki se najpogosteje pojavljajo v segmentni, trapezni ali trikotni (V) obliki, ki jo ustvarjajo po dve brežini s predpisanim naklonom, ter dno jarka s predpisano širino in vzdolžnim naklonom (vse navedene dimenzije prečnega profila cestnega jarka v osnovi določuje prosti pretok tipičnega naliva s cestišča in obcestnih površin). [30] [88] Groba merila za opredelitev nevarnosti jarkov posameznih oblik so podana na sliki 37 (natančnejši podatki o mejnih vrednostih so predstavljeni v prilogi B).



Slika 37: Kriteriji za določitev nevarnosti različnih oblik cestnih jarkov (povzeto po [49])

Glavno skrb v povezavi z nevarnostjo cestnih jarkov predstavljajo prevrnitve vozil v jarkih ter naleti vozil v vkopne brežine jarkov. [8]

4.3.2.3 Skalovja

Skalovja veljajo za nevarne ovire praktično vedno, kadar se nahajajo preblizu vozišča ceste. Ovire omenjene vrste je največkrat mogoče zaznati ob voziščih na hribovitih in skalnatih območjih. Prav zaradi takega terena, ki za izgradnjo ceste zahteva izredno visoke stroške, je ob cestah na tovrstnih območjih širina prostih con običajno precej omejena. Dodatno nevarnost za voznike lahko skalovje ustvarja tudi z odkrušenimi deli kamnin, ki v primeru, da skalovje ni ustrezno zaščiteno, padajo na vozno površino. Skalovja zelo majhnih dolžin, posamezne skale ali balvane lahko sicer štejemo tudi kot točkovne ovire. [30] [85]

4.3.2.4 Varnostne ograje

Čeprav se varnostne ograje na cestah postavljajo predvsem z namenom, da varujejo vozila pred nevarnim obcestjem, pa pravzaprav tudi same nastopajo kot ovire, ki za voznike predstavljajo določeno nevarnost. Ta naj bi bila sicer praviloma precej manjša od tiste, ki jo predstavljajo ovire, pred katerimi tovrstni objekti ščitijo voznike. Poglavitne dejavnike v smislu značilnosti varnostnih ograj, ki povečujejo tveganje za nastanek hujših posledic ob trku vozila z ograjo, je moč pripisati: neustreznim sestavnim delom ograj (varnostne lastnosti v primeru trka), njihovim neustreznim dimenzijam (premajhna višina in prekratka dolžina ograje, premajhna dolžina stebrov ograje), napačnemu pozicioniranju ograj (premajhna razdalja med ograjo in oviro ter med ograjo in voziščem) ter neustrezno oblikovanim zaključnim elementom ograj (poglavje 4.3.1.5). V splošnem je za nevarne ograje mogoče šteti vse ograje, ki ne izpolnjujejo zahtev evropskega standarda EN 1317, se dokazano slabo obnašajo v primeru trka vozila z njimi, niso načrtovane, da lahko nudijo zaščito določenim vozilom oziroma udeležencem v prometu (tovorna vozila, motociklisti), ter tudi ograje, ki so na cesti nepravilno izvedene. [8] [85]

Predvideno je, da mora posamezna varnostna ograja v primeru trčenja vozila z njo brez velikega pojemka hitrosti preusmeriti vozilo za dovolj majhen odklonski kot. Izsledki podrobnih analiz prometnih nesreč namreč kažejo, da se velikokrat dogodi, da v preusmerjeno vozilo trči katero drugo vozilo, kar ima običajno za posledico hude poškodbe vseh udeležencev take nesreče. [30]

4.3.2.5 Robniki

Glavno težavo, ki jo prinašajo naleti vozil z robniki, je ta, da lahko vozilo po trku izgubi stik s tlemi, kar pomeni, da voznik popolnoma izgubi nadzor nad svojim vozilom. Razdalja, ki jo vozilo, medtem ko je v zraku, premaga, ter višina odbijača vozila, ki je po naletu dosežena, lahko postaneta kritični zlasti v primeru, ko vozilo zatem trči še na primer v varnostno ograjo ali celo katero drugo bolj nevarno oviro. V primerih, kadar pride do tega, da se vozilo, medtem ko zapušča vozišče ceste, vrti ali drsi po vozišču ter pri tem trči v robnik s strani, lahko stik kolesa vozila z robnikom povzroči, da se vozilo prevrne. [49]

Obnašanje vozila v primeru naleta z robnikom je v precejšnji meri odvisno od oblike robnikov, še posebej pa od njihove višine. V osnovi robnike delimo na vertikalne – nepovozne in

poševne – povozne. Mejne vrednosti višin, od katerih dalje lahko posamezne vrste robnikov štejejo za nevarne, se v literaturi kar nekoliko razlikujejo: 10, 15 ali 20 cm. [30] [85] [87] [89]

4.3.2.6 Nivojske razlike med vozišči in bankinami

Ureditve bankin na obcestju štejejo kot najustreznejše takrat, kadar nivo vozišča in nivo bankine ob njegovem robu med seboj sovpadata. Na cestah, na katerih bankine niso tlakovane, se lahko zaradi vzrokov, kot so erozija, spodkopavanje materiala s kolesi vozil, preplastitev vozišča ipd., nivojska razlika med površino vozišča in površino bankine precej poveča. [30] V kolikor se na cesti z (vzdrževalnimi) deli ne zagotovi izenačitve nivoja obeh površin, lahko tako stanje v primeru, da vozilo s kolesom zapelje z vozišča na bankino, predstavlja za voznike resno grožnjo. V takem primeru lahko pride do naslednjih nevarnih situacij [90]:

- vozilo v celoti zapelje z vozišča in trči v oviro na obcestju,
- ob padcu kolesa vozila na bankino ali ob voznikovem poizkusu vrnitve na vozišče se vozilo na vozišču ali obcestju prevrne ali
- voznik ob vrnitvi na vozišče prečka svoj prometni pas ter pri tem trči v nasproti vozeče vozilo ali oviro na obcestju ob nasprotnem voznem pasu.

Mejna vrednost, pri kateri nivojsko razliko med voziščem in bankino opredeljujemo kot nevarno, znaša po slovenski zakonodaji 3 cm (vrednosti se med različnimi strokovnimi deli sicer nekoliko razlikujejo). [90] [91]

Nevarnost za nastanek prej opisanih situacij na cesti obstaja sicer tudi ob zagotovljeni ustrezni nivojski razliki, če bankine niso primerno utrjene. Ob tem pa velja še omeniti, da nevarnost na cesti predstavljajo tudi primeri ureditev bankin, kadar je nivo bankine višji od nivoja vozišča. [91]

4.3.2.7 Vodna telesa

Vodna telesa, kot so reke, jezera, kanali, izkopi, v katerih se zadržuje voda, ter manjši ribniki, štejejo za nevarne, kadar njihova globina znaša vsaj 1 m ter se nahajajo v neposredni bližini vozišča. Glavno nevarnost, ki jo vodna telesa v primeru, da vozilo zapelje ali se prevrne vanje, predstavljajo za voznike, je utopitev. [87]

4.3.2.8 Ostale kontinuirane ovire

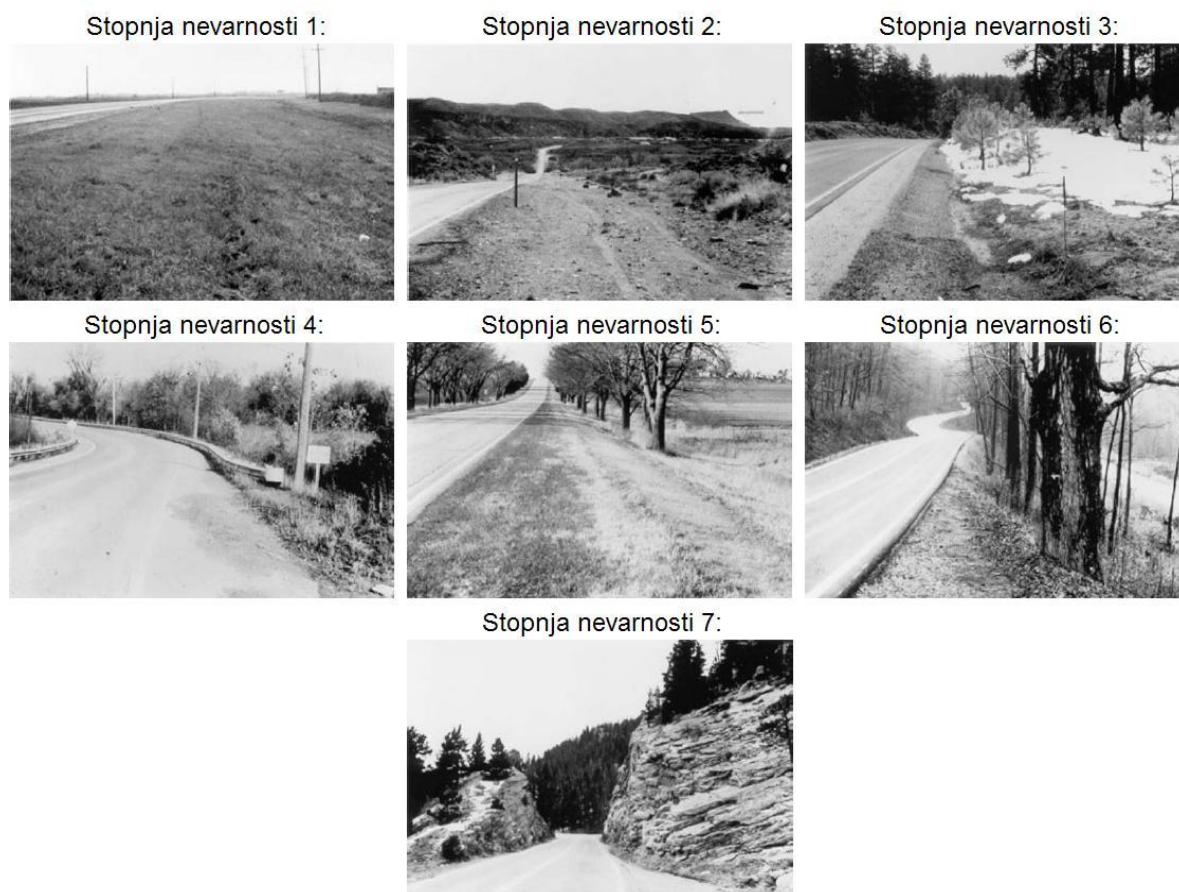
Med ostale kontinuirane uvrščamo drevesa, kadar ob vozišču nastopajo kot drevored ali gozd, cevovode, daljše zidove, ograje, ki ne spadajo med varnostne, železniške proge ali druge ceste, ki potekajo v bližini obravnavane ceste, idr. [30] [85]

4.3.3 Dimanične ovire

Dinamične ovire zahtevajo svojo kategorijo zgolj zaradi dejstva, ker so za razliko od že predstavljenih točkovnih in kontinuiranih ovir premične, torej se njihov položaj na obcestju lahko spreminja. Med tovrstne ovire lahko uvrstimo praktično vsa motozirana vozila, ki mirujejo na obcestju. Dinamične ovire so sicer najbolj pogoste v urbanih okoljih, vendar pa jih srečujemo tudi na cestah zunaj naselij. [30]

4.4 Rangiranje nevarnosti obcestja

Nevarnost obcestij predstavlja močan vpliv na verjetnost za pojavitev prometnih nesreč na teh območjih. Zaradi splošne želje prometnih strokovnjakov po napovedovanju prometnih nesreč (tj. uporabi proaktivnih orodij) na cestah ter z namenom pripomoči h karseda natančnim napovedim so Zegeer in sodelavci (1988, cit. po [77]) razvili posebno merilo vrednotenja obcestja – rangiranje nevarnosti obcestja. Stopnja nevarnosti obcestja (SN), ki se določi posameznemu odseku ceste in ki služi kot spremenljivka v računskih napovedih pogostosti nesreč na izbranih odsekih ali cetonih dolžinah cest, pove, kakšno nevarnost (verjetnost za nastanek prometne nesreče) predstavlja obcestje vozniku v primeru njegove zapustitve vozišča oziroma kako (ne)odpuščajoče je obcestje. Merilo nevarnosti določa sedem stopenj, pri čemer prva stopnja predstavlja najbolj, sedma stopnja pa najmanj varno obcestje (slika 38). Kriteriji za določitev stopenj nevarnosti, ta je sicer v osnovi subjektivna, so podani v preglednici 4. [77]



Slika 38: Tipični primeri obcestij posameznih stopenj nevarnosti [77]

Preglednica 4: Kriteriji za določitev stopnje nevarnosti obcestja [77]

Stopnja nevarnosti	Kriteriji
Stopnja 1	<ul style="list-style-type: none"> - širina proste cone ≥ 9 m, - naklon brežine položnejši od 1:4, - obcestje vozniku omogoča vzpostavitev kontrole nad vozilom
Stopnja 2	<ul style="list-style-type: none"> - širina proste cone med 6 in 7,5 m - naklon brežine približno 1:4 - obcestje vozniku omogoča vzpostavitev kontrole nad vozilom

Se nadaljuje ...

... nadaljevanje preglednice 4

Stopnja 3	<ul style="list-style-type: none"> - širina proste cone približno 3 m - naklon brežine med 1:3 in 1:4 - neravna površina obcestja - obcestje vozniku komajda omogoča vzpostavitev kontrole nad vozilom
Stopnja 4	<ul style="list-style-type: none"> - širina proste cone med 1,5 in 3 m - naklon brežine med 1:3 in 1:4 - na obcestju, na oddaljenosti od vozišča med 1,5 in 2 m je morebiti nameščena varnostna ograja - na obcestju, na oddaljenosti od vozišča približno 3 m so morebiti prisotna drevesa, podpore cestne opreme ali druge ovire, ki niso zaščitene z varnostnimi ograjami - obcestje je komajda odpuščajoče, pri čemer obstaja precejšnja verjetnost, da pride do prometne nesreče na obcestju
Stopnja 5	<ul style="list-style-type: none"> - širina proste cone med 1,5 in 3 m - naklon brežine približno 1:3 - na obcestju, na oddaljenosti od vozišča med 0 in 1,5 m je morebiti nameščena varnostna ograja - na obcestju, na oddaljenosti od vozišča med 2 in 3 m se nahajajo toge ovire (objekti) ali pa je na tem mestu začetek nasipne brežine - obcestje vozniku ne omogoča vzpostavitve kontrole nad vozilom
Stopnja 6	<ul style="list-style-type: none"> - širina proste cone $\leq 1,5$ m - naklon brežine približno 1:2 - varnostna ograja ni nameščena - nezaščitene toge ovire se nahajajo na oddaljenosti od vozišča med 0 in 2 m - obcestje vozniku ne omogoča vzpostavitve kontrole nad vozilom
Stopnja 7	<ul style="list-style-type: none"> - širina proste cone $\leq 1,5$ m - naklon brežine 1:2 ali strmější - prisotnost skalovja neposredno ob vozišču - varnostna ograja ni nameščena - zlet vozila z vozišča prinese najhujše posledice

Stopnja nevarnosti posameznih odsekov cest lahko posredno preko uporabe v računskih napovedih pogostosti nesreč kot tudi neposredno kot samostojen podatek pomembno služi pri ugotavljanju mest na cestah, ki so najbolj potrebna ukrepov izboljšav varnosti obcestja. Zelo preprost način napovedovanja pogostosti nesreč predstavlja izračun v prometnih analizah pogosto uporabljenega faktorja spremembe pogostosti prometnih nesreč (FSPPN) (ang. *accident modification factor*) po naslednji enačbi [75]:

$$FSPPN = \frac{e^{(-0,6869+0,0668*SN)}}{e^{-0,4865}} \quad (1)$$

kjer je:

- SN stopnja nevarnosti obcestja (obe strani ceste) v vrednosti od 1-7

Faktor se pri napovedovanju pogostosti prometnih nesreč najbolj pogosto uporablja v primerih, ko se za določene odseke cest predvidi izboljšave, pri čemer služi kot ocena

upravičenosti izbranih ukrepov. Izračunana vrednost faktorja pove, ali je po izvedbi ukrepov moč pričakovati zmanjšanje ($FSPPN < 1,0$) ali povečanje ($FSPPN > 1$) števila prometnih nesreč oziroma nikakršne spremembe ($FSPPN = 1$). [75]

4.5 Tehnični ukrepi za načrtovanje cest, ki odpuščajo napake voznikov

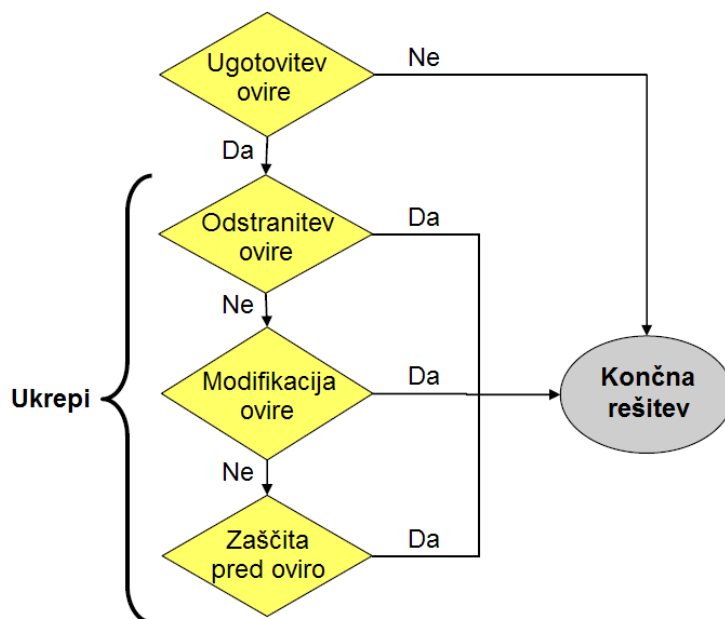
Idealen cilj vsake dobro načrtovane ceste je, da vozila med vožnjo ne zapustijo vozišča ceste. V kolikor vendarle pride do takega dogodka, je cilj odpuščajoče ceste z obcestjem, da v prvi vrsti vozniku omogoči, da lahko zapelje nazaj na vozišče, oziroma v kolikor to ni več mogoče, da karseda zmanjša verjetnost, da bi prišlo do morebitnega trčenja z oviro in/ali prevrnitve vozila. Če nobena izmed obeh možnosti ne more biti izpolnjena, je sledeča in obenem zadnja naloga odpuščajoče ceste, da v čim večji meri zmanjša resnost posledic, ki nastanejo ob prometni nesreči na obcestju. [84]

Verjetnost, da bo vozilo, ki zapušča vozišče ceste, na obcestju trčilo v oviro oziroma se na tem območju prevrnilo, je v osnovi odvisna zlasti od hitrosti in trajektorije vozila ter ureditve obcestja, ki leži na njegovi poti. V primeru, ko na obcestju pride do prometne nesreče, na resnost njenih posledic ene izmed poglavitnih vplivov predstavljajo dejavniki, kot so varnostni sistem in vrsta vozila ter lastnosti obcestja. Razvidno je, da ima projektant ceste izmed vseh naštetih faktorjev, ki vplivajo bodisi na verjetnost za nastanek nesreče bodisi na resnost njenih posledic, možnost neposredno vplivati le na podobo in funkcionalnost obcestja. [81]

Načrtovanje varnega obcestja oziroma okolice ceste v precejšnji meri odvisi od prepoznavne nevarnih ovir, ki se na tem območju nahajajo (uporaba orodij za vrednotenje in upravljanje varnosti cest). V splošnem kot o nevarnih ovirah praviloma govorimo o točkovnih (poglavje 4.3.1) in porazdeljenih ovirah (poglavje 4.3.2), medtem ko nevarne dinamične ovire (poglavje 4.3.3) obravnavamo le v izrednih primerih. Ko so nevarne ovire enkrat identificirane in ko je zanje ugotovljeno, da se nahajajo v območju, znotraj katerega predstavljajo za voznike nevarnost, (tj. znotraj določene potrebne širine proste cone) je potrebno določiti in izbrati najustreznejši ukrep ali skupino ukrepov, s katerim se zagotovi zmanjšanje njihove nevarnosti. Kljub temu, da se postopki za določitev ustreznih ukrepov za točkovne in porazdeljene ovire med seboj nekoliko razlikujejo, pa je v splošnem v primeru obeh vrst ovir mogoče uporabiti enako strategijo [8]:

1. odstranitev ali premestitev nevarne ovire (zagotovitev proste cone potrebne širine),
2. modifikacija nevarne ovire ali
3. zaščita pred nevarno oviro.

Navedena strategija, ki je prikazana tudi na sliki 39, torej predvideva, da se vsako ugotovljeno nevarno oviro v prvem koraku skuša odstraniti ali premestiti na varno oddaljenost od vozišča ceste. Če slednje ni mogoče, se oviro skuša modificirati, da postane prevozna oziroma pasivno varna. V kolikor ni izvedljivo niti to, se na obcestju z uporabo različnih vrst cestnih varovalnih sistemov (varnostnih ograj) izvede zaščita pred oviro. V praksi gre seveda pričakovati, da se lahko opisan teoretičen postopek predvsem zaradi prostorskih, ekonomskih ali finančnih omejitev nekoliko spremeni. Racionalnejšo rešitev oziroma več rešitev je namreč zagotovo mogoče izbrati, če se vsak posamezen ukrep kvalitativno in kvantitativno oceni, se preuči stroške in koristi, ki jih prinaša, ter se naposled opravi še njihova primerjava. [30] [92]



Slika 39: Strategija izbire primernega ukrepa za zmanjšanje nevarnosti posamezne nevarne ovire na obcestju (povzeto po [8])

Strategija izbire ustreznih ukrepov za doseg odpuščajoče okolice ceste se lahko uporabi na že obstoječih cestah ali med postopkom načrtovanja novih. Pri ugotavljanju nevarnih ovir in izbiri ustreznih ukrepov za zmanjšanje njihove nevarnosti ima projektant v fazi načrtovanja novih cest v primerjavi s prenačrtovanjem obstoječih praviloma nekoliko lažje delo. Pod pogojem, da je projekt novogradnje zadostno financiran, je namreč predvsem zaradi manjših omejitev s prostorom na novo načrtovanih cestah bistveno enostavneje zagotoviti zadostno širino prostih con. Velika težava, ki jo predstavlja prenačrtovanje obstoječih cest, pa je vsekakor tudi ta, da ugotavljanje nevarnih ovir in snovanje rešitev zanje odvisi od številnih faktorjev, kot so volumen, hitrost in struktura prometnih tokov, geometrija ceste, položaj ovire glede na geometrijo ceste, oddaljenost ovire od vozišča, značilnosti vozne površine ter pričakovane resnosti morebitnih prometnih nezgod, v katerih nastopajo ovire. [30] [85]

V zaključno fazo obravnavane strategije je mogoče vključiti tudi opravljanje meritev varnosti ali monitoring učinkov preurejene ceste. Za preveritev ustreznosti izvedbe ukrepa ali več ukrepov je zlasti pomembno, da se opravi primerjava nivoja varnosti pred in po spremembi ceste ter da se oceni vse koristi, ki jih posamezen ukrep prinese. Na ta način je namreč mogoče tudi objektivno ovrednotiti, ali je sprememba ureditve ceste zares učinkovita. [8]

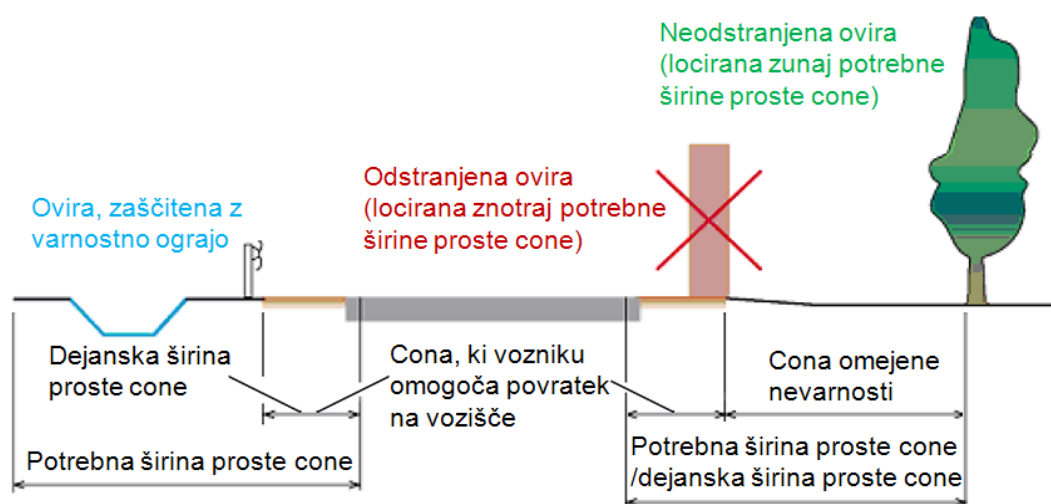
4.5.1 Odstranitev ali premestitev nevarnih ovir

Odstranitev nevarnih ovir ali njihovo premestitev na določeno oddaljenost od roba vozišča oziroma z drugimi besedami zagotovitev prostih con potrebne širine vzdolž vozišča uvrščamo med najbolj zaželene ukrepe, s katerimi je v primeru nevarnega obcestja mogoče oblikovati cesto, ki odpušča napake voznikov. Temeljni namen izvedbe tovrstnih ukrepov je, da se karseda zmanjša verjetnost za nastanek morebitnega trčenja vozila z oviro oziroma prevrnitve vozila na obcestju. Nevarne ovire, katerih odstranitev ali premestitev je praviloma mogoča in primerna, predstavljajo v pretežni meri točkovne ovire. Največkrat so to drevesa ter različne vrste podpor cestne opreme (podpore prometnih znakov in cestne razsvetljave, električni drogovi). [8]

V nadaljevanju so opisani ukrepi oziroma posledice ukrepov, ki zajemajo odstranitev ali premestitev posameznih nevarnih ovir na obcestju.

4.5.1.1 Proste cone

Prosto cono ali tudi varno cono (ang. *safety zone*) definiramo kot celotno obcestno območje, ki meji do roba vozišča in ki vozilom v primeru njihove zapustitve vozišča zagotavlja varno prevozno površino, tj. relativno ravno (blag naklon), čvrsto površino brez neravnin, na kateri se ne nahaja nobena nevarna ovira. Proste cone sestavljajo po dve coni, in sicer cona, ki vozniku omogoča povratek na vozišče (bankina) ter cona omejene nevarnosti (preostali del proste cone – brežina). Potrebna širina prostih con na cesti naj bi praviloma znašala toliko, kolikor znaša pričakovana razdalja od vozišča, ki naj bi jo vozilo doseglo, če zapelje z njega. [30] [92] [93]



Slika 40: Ponazoritev proste cone (povzeto po [30])

Zmanjšanje tveganja za pojavitev trčenja vozila z oviro ali prevrnitve vozila na obcestju proste cone na račun prostora in pogojev, ki jih voznikom nudijo, dosežejo na dva načina:

- vozniku, ki s svojim vozilom zapuščata (zapusti) vozišče, omogočajo, da si lahko povrne kontrolo nad svojim vozilom in da se lahko varno vrne nazaj na vozišče,
- v kolikor slednje ni mogoče, vozniku, ki se z vozilom znajde na obcestju, omogočajo, da se na tem območju lahko varno ustavi oziroma izogne vsakršni nadaljnji oviri. [84]

Ob vsakem zletu vozila z vozišča predstavljajo osrednje zanimanje dve vrsti dejavnikov, in sicer na eni strani okoliščine, pod katerimi vozilo zapusti cesto (hitrost, kot idr.), na drugi strani pa razdalja, ki jo na obcestju vozilo premaga. Obe vrsti omenjenih dejavnikov sta namreč neposredno povezani s kriteriji za določitev mer (potrebne širine) prostih con. Med smernicami in standardi več evropskih držav je moč zaslediti, da se za določitev potrebnih dimenzij prostih con praviloma uporabljajo naslednji kriteriji [8]:

- Tip ceste – kategorija ceste (AC, HC, glavne ceste, regionalne ceste, fizično ločena smerna vozišča ipd.).
- Brežine – karakteristike brežin, običajno so to tip, naklon ter višina brežine.
- Hitrost – za projektiranje cest se praviloma uporablja računsko hitrost, vendar pa je v primeru prenačrtovanja cest bolj ustrezno upoštevati dejanske izmerjene hitrosti vozil, razen če te ne presegajo računsko hitrosti.

- Promet – volumen in struktura (predvsem delež tovornih vozil) prometa, po navadi izražena kot PLDP.
- Horizontalen potek ceste – ravni odseki in krivine.
- Širina prometnih pasov – običajno povezana s tipom ceste.
- Ostalo – zmanjšanje širine prostih con lahko izhaja zaradi neugodne lociranosti različnih ovir ali objektov, kot so vodna telesa, industrijski in stanovanjski objekti, naprave za odvodnjavanje cest, železniške proge idr.

Kot je mogoče logično sklepati je večjo širino prostih con potrebno zagotoviti na cestah višjih kategorij z višjimi omejitvami hitrosti, na cestah z višjimi prometnimi obremenitvami, na cestah, ki potekajo v nasipih, in v splošnem na brežinah z večjimi nakloni in višinami. Večjo širino praviloma zahtevajo tudi odseki cest z večjimi radiji horizontalne zaokrožitve ter ceste z večjimi širinami prometnih pasov. Okvirne vrednosti potrebnih širin prostih con, ki predstavljajo razumno stopnjo varnosti obcestja, prikazuje priloga A (preglednica A1). Omenjene vrednosti so določene empirično na podlagi upoštevanja različnih tipov in naklonov brežin, PLDP-jev ter uporabljenih računskih hitrosti na posameznih cestah. V navedeni prilogi (preglednica A2) so podane tudi vrednosti korekcijskega faktorja krivin (določene so za različne radije ukrivljenosti in računске hitrosti cest), ki se lahko uporablja za izračun potrebnih širin prostih con v krivinah, ter enačba za izračun teh širin. [49] [92]

Rezultati praktično vseh raziskav, v katerih so avtorji ugotavljali vpliv širine prostih con na prometno varnost, kažejo, da se z večanjem širine con število prometnih nesreč, ki se zgodi na obcestju zmanjšuje. Študija Avstralskega odbora za raziskovanje cest – ARRB (Australian Road Research Board) (Austroroads, 2011, cit. po [94]), v kateri so avtorji analizirali nesreče, ki so se kot posledica zleta vozila z vozišča zgodile na avstralskih cestah, je denimo pokazala, da je tveganje za nastanek nesreče na obcestju, v kateri pride do poškodbe vsaj enega udeleženca, v primeru, ko širina proste cone znaša od 0 do 2 m kar 2,4-krat večje, kot če širina znaša 8 m. Tveganje za nastanek nesreče naj bi sicer močno upadlo že pri širini 4 m, pri širinah, večjih od 8 m, pa občutnega zmanjšanja tveganja ne gre več pričakovati.

4.5.1.1.1 Cona, ki vozniku omogoča povratek na vozišče

Cone, ki voznikom omogočajo povratek na vozišče (ang. *recovery zones* ali *recovery areas*) ali bankine, lahko opredelimo kot stranske pasove ob voziščih, katerih v smislu koncepta odpuščajočega obcestja glavni namen je, da v primeru, ko voznik začne zapuščati svoj prometni pas, še lahko obdrži oziroma ponovno vzpostavi kontrolo nad vozilom ter se varno vrne na vozišče ali pa se na tem mestu varno ustavi. [30] Tovrstne cone poleg navedenega posredno uresničujejo omenjen koncept tudi na način, da nudijo prevozno površino na primer voznikom, ki se skušajo izogniti nasproti vozečim vozilom, voznikom, ki se želijo izogniti vozilom, ki v križiščih zavijajo levo, voznikom, ki so se primorani zasilno ustaviti ipd. [85]

Temeljni pogoj con, ki voznikom omogočajo povratek na vozišče, za dosego svojega namena je, da se na njih ne nahajajo nobene ovire ter da so primerno utrjene. [79] Kadar govorimo o zagotovitvi tovrstnih con na obcestju, imamo v splošnem v mislih naslednje možnosti [30]:

- izvedba tlakovanih bankin,
- izvedba netlakovanih bankin,

- povečanje širine ali izboljšava obstoječih bankin ali
- izvedba (tlakovanih ali netlakovanih) bankin na ločilnem pasu.

Tlakovane bankine najpogosteje predstavljajo asfaltne in betonske bankine, poleg teh pa sicer v to skupino spadajo tudi bankine, grajene iz različnih vrst tlakovcev. Za tlakovane bankine je zaželeno, da so lastnosti njihove površine čim bolj enake lastnostim vozne površine. Predvsem pomembno je, da imajo zagotovljeno dobro torno sposobnost, saj ta preprečuje morebitne zdrse vozil. Tlakovane bankine veljajo v primerjavi z netlakovanimi za precej bolj varne, veliko pomoč naj bi voznikom zagotavljale zlasti v primerih, v katerih obstaja veliko tveganje, da pride do prometne nesreče, v kateri vozilo zapelje z vozišča, čelnega trčenja, trčenja vozil od zadaj ter trčenja z nemotoriziranimi udeleženci. [8] [79]

Med netlakovane bankine uvrščamo peščene (drobljenec, prodec) ter humusirane bankine. Z vidika varnosti glavno slabost netlakovanih bankin predstavlja predvsem slaba odpornost njihove površine proti drsenju, ki v primeru, ko pride kolo vozila v stik z bankino, pri visokih hitrostih le redko omogoča varen povratek vozila na vozišče. Navedeno dejstvo potrjujejo tudi smernice RISER [8]. Omenjeno delo namreč navaja, da se je na cestah z netlakovanimi bankinami v primerjavi s tistimi s tlakovanimi bistveno večkrat dogodilo, da so vozila po prvi zapustitvi vozišča slednjega zapustila še večkrat zaporedoma. [58]

Potrebne dimenzije con, ki voznikom omogočajo povratek, se med smernicami in standardi posameznih evropskih držav med seboj kar precej razlikujejo (0,5-2,0 m). Dimenzijam je sicer skupno, da jih običajno opredeljujejo naslednji kriteriji: računski hitrost ceste, kategorija ceste, PLDP ter širina voznih pasov. [85] Na podlagi ugotovitev številnih raziskav smernice RISER [8] predlagajo, da naj bi na cestah zunaj naselij (izključujoč avtoceste) ustrezna širina tovrstnih con znašala med 1,0 in 1,5 m. Pri večjih širinah, razen ko gre za bankine na zunanji strani krivin, namreč občutnejše večje varnosti naj ne bilo moč pričakovati.

Ropotne črte

Ropotne črte (ang. *rumble strips*) definiramo kot vzdolžne varnostne naprave na vozišču, ki se uporabljajo z namenom, da voznike, ki začnejo nenamerno zapuščati svoj prometni pas, z vibracijskimi in zvočnimi učinki opozorijo, da morajo spremeniti prečni položaj vozila na vozišču. [79] [87] Ropotne črte so na cestah največkrat nameščene ob/na zunanjih robovih vozišč (na robni črti, med robno črto in tlakovano bankino ali na tlakovani bankini), srečamo pa jih sicer tudi na območjih, kjer ločujejo smerna vozišča (sredinska ločilna črta). [8]

Ropotne črte gradi niz vdobljenih ali izbočenih elementov (globina od 1,0 do 2,5 cm) krajših dolžin (od 15 do 50 cm) s konstantnimi razmaki (od 17 do 30 cm) s ali brez konstantnih prekinitev, ki ležijo prečno na predvideno smer vožnje. Glede na način izdelave ločimo naslednje vrste ropotnih črt [79]:

- Vdobljene – lahko so drobljene, vtisnjene ali oblikovane ob izdelavi vozišča.
- Izbočene – tvorijo jih lahko cestni markerji, trakovi različnih vrst za označevanje, asfaltne grbine ali kateri drugi materiali.

Ropotne črte veljajo v praksi za stroškovno zelo učinkovite ukrepe. Njihova namestitvev praviloma zahteva zelo nizko ceno, poleg tega skorajda ne potrebujejo vzdrževanja, na drugi strani pa dokazano pozitivno vplivajo na zmanjšanje števila prometnih nesreč, ki se zgodijo

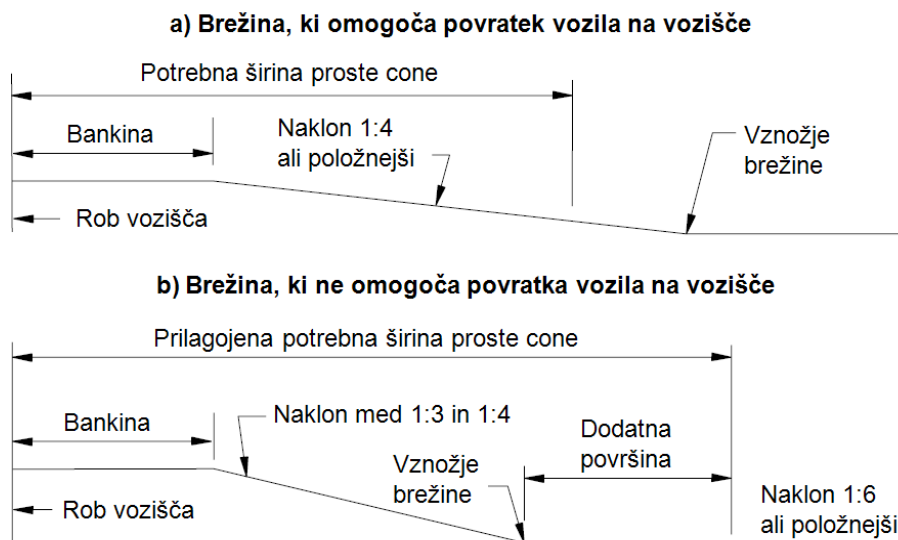
zaradi zletov vozil z vozišč. [8] [79] [84] Med slabosti, ki jih prinesejo ropotne črte, štejemo sicer hrup, ki ga povzroča vožnja vozil preko njih, oteženo vožnjo motociklistov in kolesarjev ter v primeru izbočenih ropotnih črt oteženo pluzenje cest. K pomanjkljivostim ropotnih črt je mogoče umestiti tudi še njihovo »nedelovanje« v primeru, če se vdobljene črte zapolnijo z vodo ali umazanijo. [13] [79]

4.5.1.1.2 Cona omejene nevarnosti

Cono omejene nevarnosti (ang. *limited severity zone*) je mogoče označiti kot območje ali brežino s prevozno površino (čvrsta, brez ovir in neravnin), ki sega od roba bankine do meje, do katere sega celotna prosta cona. Značilnosti tovrstnih con se v osnovi precej razlikujejo v odvisnosti od tipa brežine (nasipna ali vkopna) ter posledično tudi njenega naklona. [30]

Cone omejene nevarnosti ali brežine, ki obdajajo cesto, ki poteka v nasipu, glede na njihov naklon delimo v tri skupine [49]:

- brežine, ki omogočajo povratek vozila na vozišče,
- brežine, ki ne omogočajo povratka vozila na vozišče ter
- kritične brežine.



Slika 41: Potrebna širina proste cone na primeru nasipne brežine, ki omogoča povratek vozila na vozišče (a), in brežine, ki tega ne omogoča (b) (povzeto po [95])

O brežinah, ki omogočajo povratek vozila (ang. *recoverable foreslopes*), govorimo kot o prevoznih brežinah (čvrsta površina, brez ovir in neravnin), katerih naklon (višina:širina) znaša 1:4 ali manj. Zanje je značilno, da voznikom v primeru, ko zapeljejo nanje, omogočajo, da lahko na teh mestih znižajo svojo hitrost, se po potrebi ustavijo ter zapeljejo nazaj na vozišče. Zaradi opisane lastnosti se za posamezne tovrstne cone vrednost potrebne širine proste cone lahko uporabi direktno iz preglednic (priloga A, preglednica A1), brez preračunavanj. Brežine, ki vozilom ne omogočajo povratka na vozišče (ang. *non-recoverable foreslopes*) opredeljujemo kot brežine, ki so prevozne, vendar ki zaradi svojega naklona vozniku, ki zapelje nanje, običajno ne morejo omogočiti, da bi se na tem območju ustavil ali preko njih vrnil na cesto. Mednje uvrščamo brežine, katerih naklon znaša med 1:3 in 1:4. Glede na to, da je na tovrstnih brežinah logično pričakovati, da bo veliko vozil po zapustitvi vozišča končalo na njihovem dnu, je potrebno zahtevano širino proste cone povečati oziroma

ob vznožju brežine zagotoviti še dodatno površino zadostne širine (≥ 3 m), ki bo prevozna in v dovolj majhnem naklonu ($\leq 1:6$). Pod oznako kritične brežine (ang. *critical foreslopes*) uvrščamo vse brežine ne glede na njihovo prevoznost, katerih naklon je v razmerju 1:3 ali strmější. Zleti vozil na brežine s takimi nakloni se običajno končajo s prevrnitvijo vozila. Tovrstne brežine zahtevajo modifikacijo naklona ali izvedbo varnostnih ograj, s katerimi se voznike zaščitijo pred njimi, zato ne spadajo med elemente prostih con. [49]

Cone omejene nevarnosti so na območjih vkopnih brežin precej bolj enostavno določljive. V primeru poteka ceste v vkopu kot primerne brežine štejemo tiste, ki so prevozne in katerih naklon znaša 1:3 ali manj. [49]

Vrednosti potrebnih širin con omejene nevarnosti med smernicami in standardi držav običajno niso navedene, saj so dimenzije praviloma podane za proste cone v celoti. [30]

4.5.1.1.3 Ločilni pasovi

Ločilni pas ali srednji ločilni pas (ang. *median*) je pas cestišča, s katerim sta fizično in/ali z označbo ločeni smerni vozišči in ki omogoča odvodnjavanje ob notranjem robu vozišča, namestitve prometne signalizacije in opreme ter drogov cestne razsvetljave. [86] [88]

Na podlagi rezultatov večih raziskav, v katerih so bili obravnavani ločilni pasovi, prometni strokovnjaki v zvezi z vplivom pasov na prometno varnost podajajo naslednje ugotovitve [30]:

- Čelna trčenja med nasproti vozečimi vozili so redkejša v primerih širših ločilnih pasov.
- Število prometnih nesreč, ki se zgodi na ločilnih pasovih, se s povečevanjem širine do približno 9 m praviloma povečuje, od te meje dalje pa se zmanjšuje.
- Vpliv širine pasov na skupno število vseh vrst nesreč je negotov.

Če upoštevamo zgoraj omenjene vrednosti širin ter vrednosti, ki jih v smernicah podaja ministrstvo za promet in infrastrukturo kanadske zvezne države Alberte – AIT (Alberta Infrastructure and Transportation) [92], lahko rečemo, da je za zagotovitev sprejemljive varnosti med smernimi vozišči potrebna izvedba (prevoznih) ločilnih pasov širine vsaj 10 m. Pri manjših širinah naj bi bila priporočena namestitve varnostne ograje.

4.5.1.2 Zasilni izvozi

Zasilni izvozi (ang. *escape ramps*) so prevozne prometne površine, izvedene v neposredni bližini vozišč, ki so namenjene uporabi vozil (zlasti težjih tovornih), katerih vozniki izgubijo nadzor nad hitrostjo oziroma pri katerih se pojavijo težave z zaviranjem. Tovrstne površine so primerne za izvedbo predvsem na tistih mestih na cestah, ki sledijo daljšim odsekom s strmim padcem, še posebej pa pred mesti, kjer morajo vozniki opraviti večje spremembe smeri (krivine, izvozne rampe, križišča ipd.). [8] [30] Voznikom s previsokimi hitrostmi zasilni izvozi omogočajo, da na teh mestih upočasnijo in ustavijo svoja vozila, ter na ta način preprečijo morebitne zlete vozil s ceste ali trčenja z ograjami ali drugimi vozili. [96]

Glede na vrsto sistema zaustavljanja zasilne izvoze delimo na [49] [97]:

- Gravitacijske zasilne izvoze: Izvozi imajo običajno dolg naraščajoč vzdolžni nagib, ki vozilom na podlagi pretvorbe njihove kinetične energije v potencialno omogoči zaustavitev.

- Zasilne izvoze z zaustavnim bazenom (ang. *arrester beds*): Površino izvoza gradijo posebni materiali, ki zagotavljajo velik kotalni upor, kar ob prevoztvi vozila take površine omogoča zmanjšanje njegove hitrosti.
- Zasilne izvoze z nasipom: Na zasilnem izvozu se namesti nasip (pesek, gramoz ali drugi lahki nasipni materiali), v katerega se vozilo, ki zapusti vozišče, zarije in ustavi.
- Zasilne izvoze s povlečnimi mrežami (ang. *dragnet*): Izvoz gradi več zaporednih povlečnih mrež, ki so preko posebnih sidrnih elementov prečno na smer vožnje pritrjene na oporna (betonska) zidova. Mreže vozilo, ki zapelje na izvoz, zaobjamejo, absorbirajo njegovo kinetično energijo ter ga postopoma zaustavijo.



Slika 42: Gravitacijski zasilni izvoz (zgoraj levo), zasilni izvoz z zaustavnim bazenom (zgoraj desno), nasipom (spodaj levo) in povlečnimi mrežami (spodaj desno) [98] [99] [100]

Načrtovanje in oblikovanje zasilnih izvozov od projektantov v splošnem zahteva, da upoštevajo: značilnosti terena na izbranem odseku, geometrijo ceste in vrednost njenega vzdolžnega nagiba, maksimalno možno hitrost, ki jo lahko dosežejo (težka) vozila ter razpoložljivost prostora za izvedbo izvoza. [96]

4.5.1.3 Vzdrževanje vegetacije

Prisotnost vegetacije na obcestju lahko za prometno varnost predstavlja slabost predvsem z vidika zmanjšane preglednosti ter (posledično) povečanega tveganja za nastanek prometne nezgode na obcestju. V skladu s konceptom prostih con je zaželeno, da se vso nevarno vegetacijo z obcestja odstrani (zmanjša), zaradi njene ponovne rasti pa je vendar poleg tega pomembno tudi, da se vegetacijo redno vzdržuje. Vzdrževanje vegetacije obsega ukrepe, kot so košnja travnatih površin ter obrezovanje in obsekavanje grmovij in dreves. [30] [101]

4.5.2 Modifikacija ovir

Odstranitev ali premestitev nevarnih ovir oziroma zagotovitev ustrezne širine prostih con na obcestju v številnih primerih zlasti zaradi ekonomskih in funkcionalnih razlogov ni mogoča. Za uresničitev koncepta odpuščajočih cest se v takih primerih kot naslednji primerni ukrepi

štejejo modifikacije ovir, s katerimi se doseže, da ovire postanejo čim bolj (pasivno) varne. Modifikacija ali tudi nadomestitev posamezne ovire (objekta), ki se nahaja znotraj predvidenega območja proste cone, (z bolj varno) zagotavlja, da je v primeru, ko voznik zapelje z vozišča, se nanj ne more vrniti ter se pri tem več ne more izogniti oviri, trk vozila z oviro oziroma vožnja preko nje čim manj nevarna. Z drugimi besedami to pomeni, da modificirane ovire skušajo karseda minimizirati posledice (materialno škodo in/ali poškodbe udeležencev) zleta vozila z vozišča. [30]

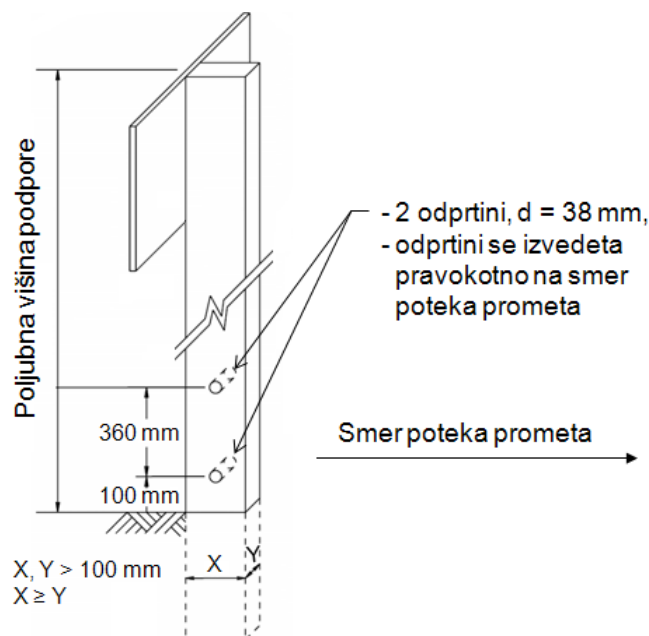
Med ovire in objekte, katerih nevarnost je mogoče in ustrezno zmanjšati z njihovo modifikacijo oziroma prilagoditvijo, uvrščamo točkovne kot tudi kontinuirane ovire (objekte), in sicer: vse vrste podpor cestne opreme, brežine, jarke, prepuste, zidove, zaključne elemente in prehode varnostnih ograj, robnike ter bankine. Možni ukrepi modificiranja posameznih naštetih ovir so predstavljeni v naslednjih poglavjih.

4.5.2.1 Prelomljive podpore cestne opreme

Izraz prelomljive podpore (ang. *break-away supports*) zajema vse vrste podpor oziroma nosilnih konstrukcij cestne opreme (električni in telekomunikacijski drogovi, drogovi in podpore cestne razsvetljave in prometnih znakov (tudi svetlobnih prometnih znakov)), ki so načrtovane tako, da se v primeru trka vozila z njimi upognejo, zlomijo ali razstavijo. Glavna prednost tovrstne izvedbe podpor je, da na podlagi določenega sistema delovanja ob naletu vozila na vozilu ne povzročijo večjih poškodb in najpomembneje, posledično hujših poškodb ne prizadejejo tudi potnikom v vozilu. Nosilne konstrukcije z opisano zmožnostjo zaradi omenjenih značilnosti spadajo tudi v širšo skupino t. i. pasivno varne cestne opreme. V praksi obstaja že kar nekaj različnih mehanizmov, na podlagi katerih podpore lahko delujejo, v grobem pa je te mogoče razdeliti glede na dva osnovna principa delovanja podpor [49]:

- Podpore z visoko absorpcijo energije: Podpore z visoko absorpcijo energije imajo lastnost, da v primeru trka prevzamejo veliko količino kinetične energije vozila ter na ta način kontrolirano zaustavijo vozilo. Naveden sistem delovanja omogočajo:
 - Materiali z visoko absorpcijo energije: Uporaba materialov z visoko absorpcijo energije, med katere je pravzaprav mogoče umestiti vse materiale z majhno togostjo, zagotavlja, da se podpora v primeru trka na mestu noge (ob nivoju tal), udarca in na preostali dolžini deformira, tj. da se ukloni, ter pri tem postopoma zaustavi vozilo. Podpore s takšnim načinom delovanja praviloma gradijo umetni kompozitni materiali, kot so na primer poliesterski kompoziti, ojačani s steklenimi vlakni. Za svoje delovanje zahtevajo podpore iz tovrstnih materialov precejšnjo dolžino (višino), zato so najbolj primerne za uporabo kot drogovi cestne razsvetljave in električni drogovi. [102] [103] [104]
- Podpore z nizko absorpcijo ali brez absorpcije energije: Za podpore z zmožnostjo prelomljenja, ki imajo nizko oziroma nimajo absorpcije energije, je značilno, da ob naletu vozila praktično ne absorbirajo energije vozila, torej ga ne zaustavljajo, vozilo pa po trku nadaljuje s podobno hitrostjo kot pred trkom. Opisani mehanizem delovanja lahko omogočijo [49]:
 - Majhen ali oslavljen prerez podpore: Podpore, ki svojo zmožnost prelomljenja dosežejo na račun majhnih oziroma oslavljenih prerezov, se v primeru trka vozila na mestu noge podpore in udarca lahko uklonijo in jih vozilo prevozi ali pa se na teh mestih prelomijo ter jih odbije v stran. Materiali, ki take podpore lahko sestavljajo, so jeklo, aluminij, les in steklena vlakna, prerezi pa so

najpogosteje tankostenski okrogli (cevi), škatlasti in U prerezi ter v primeru lesenih podpor polni okrogli ali pravokotni. Zaradi omenjenega sistema delovanja so tovrstne podpore praviloma namenjene le za nošnje manjših prometnih znakov. Izjema pri tem so lesene podpore večjih prerezov, ki nosijo večje prometne znake. [49] [105] [106] [107]



Slika 43: Oslabljen prerez lesene podpore prometnega znaka (povzeto po [105])

- »Zdrsni« spoj na nogi podpore: Zdrsni spoj (ang. *slip base*), ki se izvede na nogi posamezne podpore, tvorita dve čelni pločevini, ki ju ob njunih robovih obdaja več vijakov. Takšen spoj deluje na način, da so v primeru trka vozila v podporo vijaki v spoju potisnjeni ven, noga podpore pa se skupaj s konstrukcijo prevrne v nasprotno smer trka. Zdrsni spoj je lahko načrtovan tako, da omogoča zdrs noge v eno ali več smeri (običajno je to precej odvisno od oblike prereza), njegova uporaba pa je primerna praktično na vseh vrstah podpor (drogovi cestne razsvetljave, električni drogovi, podpore majhnih in velikih prometnih znakov).
- Oslabljen vijačen spoj na nogi podpore: Oslabljen vijačen spoj predstavlja spoj, v katerem nogo in temelj podpore povezuje večje število v prerezu oslabljenih vijakov ali majhnih nosilcev (ang. *frangible couplers*). Vijaki ali nosilci se v primeru trka vozila s podporo na mestu oslabljenega prereza pretrgajo, noga podpore pa se skupaj s konstrukcijo prevrne proti vozilu. Tovrstni spoji zaradi svojih elementov praviloma omogočajo prevrnitev podpore v vse smeri. V praksi se najpogosteje uporabljajo pri podporah, ki nosijo cestno razsvetlavo ali velike prometne znake.
- Aluminijast »škatlast« spoj na nogi podpore: O t. i. škatlastem spoju govorimo takrat, kadar je noga podpore s svojim temeljem povezana preko aluminijaste pločevine, ki ima obliko, podobno škatli. Škatlasta pločevina ob naletu vozila v podporo omogoča, da se noga podpore odtrga od temelja ter se skupaj s celotno konstrukcijo prevrne. Podpore z opisanim načinom delovanja se praviloma uporabljajo le kot drogovi cestne razsvetljave.

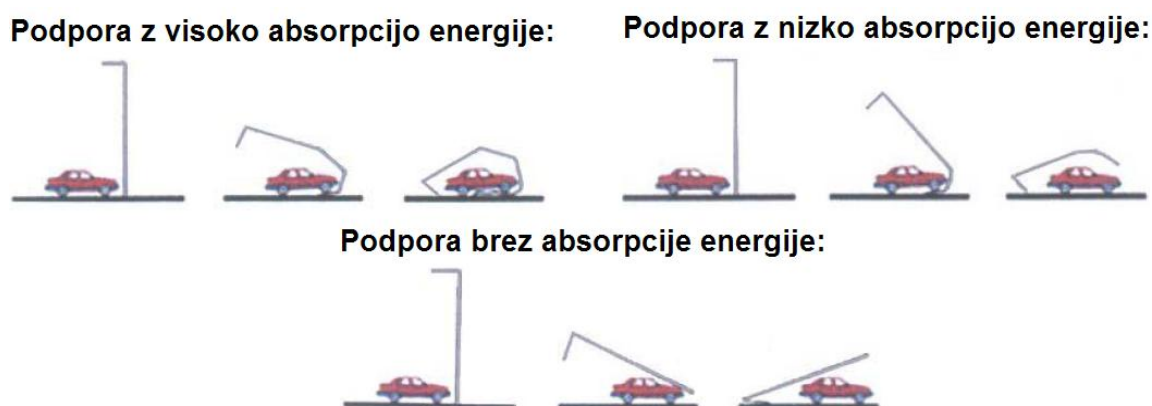


Slika 44: Zdrsnjen spoj (levo) in oslabiljen vijachen spoj (desno) na nogi podpore [108] [49]

Podobno razporeditev podpor z zmožnostjo prelomljenja kot je opisana zgoraj, uporablja tudi evropski standard EN 12767 (EN12767, cit. po [79]). Omenjen standard na podlagi opravljenih testnih trčenj pasivno varne podpore deli glede na zmožnost absorpcije energije v tri kategorije:

- podpore z visoko absorpcijo energije,
- podpore z nizko absorpcijo energije in
- podpore brez absorpcije energije,

posamezno kategorijo pa nadalje še na tri oziroma v primeru podpor brez absorpcije energije na štiri varnostne razrede. O absolutno najvarnejši kategoriji je v primeru pasivno varnih podpor težko govoriti. Prednost podpor z višjo absorpcijo energije je vsekakor zaustavitev vozila, vendar pa trki vozil z njimi običajno ne prinašajo ravno blagih posledic. Na drugi strani podpore z nizko absorpcijo energije resda ne povzročajo resnejših poškodb, a v primeru trčenja vozila z njimi obstaja nevarnost, da vozilo po trku trči še v katero drugo oviro na obcestju. [79]



Slika 45: Shematičen prikaz trka vozila s podporo z visoko (zgoraj levo), nizko (zgoraj desno) in brez absorpcije energije (spodaj) [103]

Vsem prelomljivim podporam je skupno, da so v osnovi načrtovane tako, da se njihova zmožnost prelomljenja realizira, kadar so na mestu noge v največji meri obremenjene s strižno silo. Predvideno je, da naj bi podpore udarec vozila utrpel na višini odbijača vozila, tj. približno 50 cm nad nivojem tal. V primeru, če vozilo trči v podporo na višji točki, v nogi podpore namesto strižne sile nastopi moment, kar lahko pri določenih vrstah podpor ne spodbudi njihovega delovanja. To je še posebej verjetno v primerih podpor, ki nosijo večje prometne znake, saj morajo biti te zaradi predvidenih sil vetra zmožne prenašati velike momente. Zaradi naštetih razlogov je torej zelo zaželeno, da se podpore ne nameščajo na

brežinah s strmimi nakloni. Na takih mestih obstaja namreč velika verjetnost, da vozilo v primeru zleta s ceste ob trku s podporo ne bo v stiku s tlemi. V zvezi s postavitvijo podpor na brežinah velja tudi omeniti, da morajo vse prelomljive podpore zagotavljati, da ob njihovem deformiranju v primeru trka višina togega dela podpore, ki ostane v zemlji (z izjemo podpor majhnih prerezov), ne sme presegati 10 cm. Vozilo, ki je v stiku s tlemi, lahko namreč že na majhnih naklonih s podvozjem zadane tog del, kar ima lahko za posledico silovito zaustavitev vozila. Pravilno delovanje nekaterih vrst podpor, tj. predvsem podpor, ki so globoko sidrana in se morajo ob trku prelomiti, je precej povezano tudi z vrsto tal. Če so podpore opisane vrste postavljene denimo v mehkih tleh, se ob naletu vozila ne prelomijo, pač pa jih vozilo skozi tla potiska naprej, kar lahko povzroči nepredvidljive poškodbe na vozilu. [49]

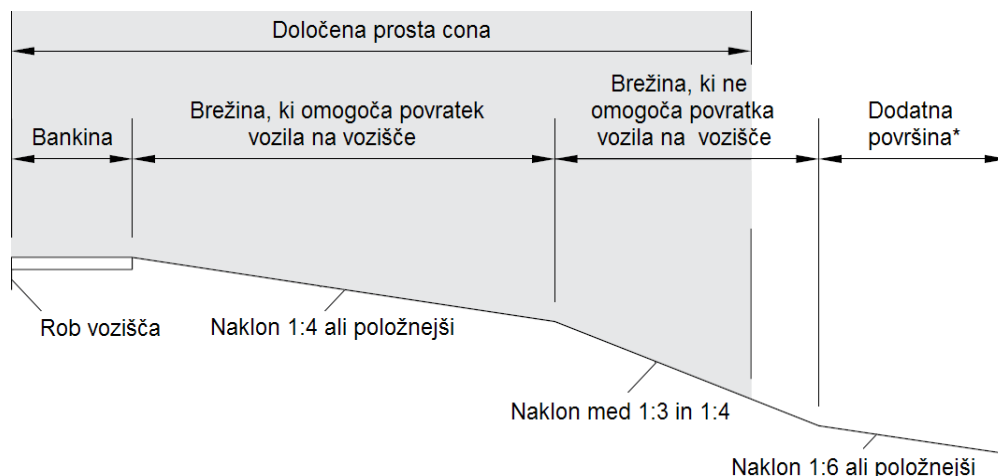
Predvideno je, da se določene vrste prelomljivih nosilnih konstrukcij izdelajo na način, da imajo zmožnost prelomitve tudi nekateri drugi njihovi sestavni elementi. Kot navaja priročnik MUTCD (Manual on Uniform Traffic Control Devices) (FHWA, 2009, cit. po [49]), prelomitev dodatnih elementov zahtevajo vse prelomljive podpore, v katerih potekajo električni vodi (na primer drogovi cestne razsvetljave). V nogah nosilnih konstrukcij takih vrst je zaradi nevarnosti električnega udara ali vžiga, do katerega lahko pride ob naletu vozila, potrebno vgraditi električne odklopnike, ki sočasno s prelomitvijo podpore prekinajo električni tok.

4.5.2.2 Preoblikovanje brežin

O preoblikovanjih brežin lahko govorimo kot o spremembah njihovih značilnosti. Med najpomembnejše uvrščamo oblikovanje čim manjšega naklona (nasipna brežina max 1:4, vkopna 1:3) in čim večje širine brežin ter zagotovitev prevoznosti brežin (čvrsta površina brez ovir in neravnin). Osrednji cilj preoblikovanja je, da se karseda zmanjša tveganje za nastanek prevrnitve vozila na obcestju. To je še posebej zaželeno na primerih nasipnih brežin. [84]

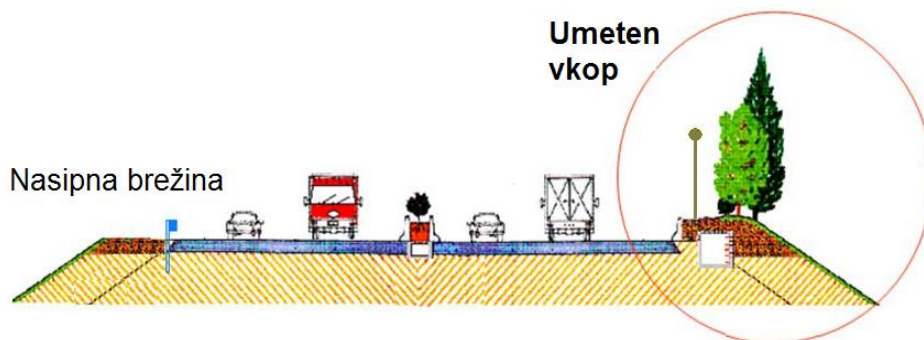
Glede na to, da se preoblikovanje brežin ali z drugimi besedami oblikovanje prostih con ustreznih širin zaradi zemeljskih del, ki se jih pri tem opravi, uvršča med izredno drage ukrepe, njihovo izvajanje v popolni meri večkrat ni izvedljivo. [84] Eno izmed možnosti, kako na nevarnih brežinah, ki potekajo v nasipih, na nekoliko bolj ekonomičen način zmanjšati tveganje za nastanek prevrnitve vozila, predstavlja izvedba t. i. lomljene strehaste brežine. O lomljeni strehasti brežini (ang. *barn roof*) govorimo kot o brežini, ki ima namesto konstantnega lomljen naklon, tj. dva ali tri naklone. Običajno jo, gledano od roba vozišča proti obcestju, sestavljata blag in nekoliko strmejši naklon, po potrebi pa še dodaten blažji naklon. Takšno izvedbo brežine je mogoče šteti za ustrezno v primerih, kadar je širina brežine, ki s svojim naklonom vozilu omogoča povratek na vozišče, premajhna, torej kadar širina zahtevane proste cone presega širino ustrezno oblikovane brežine. Oblikovanje strehaste brežine v primerjavi z brežino z enim konstantnim naklonom zahteva bistveno manjši poseg v prostor kot tudi manjšo porabo gradbenega materiala. [49]

Kot je to prikazano na sliki 46, v primeru, kadar je dodatni naklon brežine prestrm, da bi omogočal povratek vozila na vozišče, je potrebno ob vznožju brežine oblikovati dodatno prevozno površino z naklonom 1:6 ali manj. Širina te površine (na sliki označena z *) naj bi znašala vsaj 3 m, sicer pa naj bi bila določena kot razlika med potrebno širino (določene) proste cone (določena za konstanten naklon) in vsoto širin bankine in brežine, ki omogoča povratek vozila. [49]



Slika 46: Lomljena strehasta brežina [49]

Med posebno vrsto preoblikovanja nasipnih brežin štejemo izvedbo t. i. umetnega vkopa (ang. *false cutting*). Umeten vkop se oblikuje s postavitvijo dodatnega nasipa na obcestju, s čimer se ustvari nivojska razlika med nivojem vozne površine in obcestja kot v primeru vkopa. Brežina dodatnega nasipa, ki leži bližje vozišču, naj bi pri tem segala do roba bankine, oddaljenejša pa do vznožja prvotnega nasipa. Glavna prednost tako preoblikovane brežine z vidika varnosti je, da se vsi objekti in/ali ovire, ki so prisotni na obcestju, nahajajo na višjem nivoju, kjer predstavljajo manjšo nevarnost za trk oziroma prevrnitev vozila. Ob robu tiste brežine nasipa, ki sega do roba bankine, se lahko v primeru, ko na tem območju ni dovolj prostora za oblikovanje položnih brežin, namesti tudi varnostne ograje. [109]



Slika 47: Prečni profil ceste – brežina v nasipu (levo) in brežina umetnega vkopa (desno) [109]

Spremembe značilnosti poleg brežin, ki potekajo vzdolž ceste, v nekaterih primerih potrebujejo tudi prečne brežine. Prečne brežine, ki jih praviloma tvorijo brežine priključnih cest v križiščih in dovozih, lahko rečemo, da zahtevajo zmanjšanje naklona v primeru, kadar ta v neposredni bližini obravnavane ceste znaša več kot 1:6. [49]

Ne glede na vrsto in obliko brežin je zaželeno, da so tla brežin homogena, prehodi med različnimi nakloni pa zaokroženi. Obe lastnosti predstavljata namreč kar precejšen vpliv na tveganje za pojavitev prevrnitve vozila, ko le-to enkrat zapusti vozišče. [8]

4.5.2.3 Preureditev jarkov

Kljub temu, da so jarki kot naprave za odvodnjavanje ob cesti načrtovani, pogosto prav ti elementi nastopajo kot ovire, ki povzročijo prevrnitev in/ali v katere trči vozilo na obcestju. V

kolikor je v posameznih primerih ugotovljeno, da jarki s svojo prisotnostjo predstavljajo nevarnost na obcestju, je potrebna njihova preureditev. Možni ukrepi preureditve, izbira katerih odvisi tudi od oblike jarkov, so [30]:

- **Zasutje jarka:** Odstranitev jarkov z zasutjem je ustrezna v primerih, kadar jarki več ne služijo svojemu namenu. Učinkovit ukrep predstavlja postavitve drenaž in zasutje jarka z drenažnim materialom, s čimer se zagotovi drugačen sistem odvodnjavanja, ki na območju potrebne širine prostih con ne zahteva izvedbe strmih brežin.
- **Sprememba naklona brežin jarka:** V kolikor odstranitev jarka ni mogoča, je zaželeno, da se njegove brežine izvedejo v čim blažjem naklonu. Za brežino jarka, ki stoji bližje robu ceste, znaša priporočeno razmerje 1:4 ali manj. Oddaljenejša brežina jarka ima praviloma manjši vpliv na varnost, zato priporočeno razmerje zanjo znaša 1:3 ali 1:2 ali manj. Priporočene vrednosti razmerij naklonov brežin za posamezne oblike jarkov, ki jih predlaga priročnik RDG (Roadside Design Guide) [49], so prikazane v prilogi B.
- **Modifikacija dna jarka:** Dno jarka lahko v prečnem profilu predstavlja ravna ploskev ali dve brežini, od katerih ima ena padajoč in druga naraščajoč naklon. Thomson in Valtonen (2002, cit. po [30]), ki sta v svoji raziskavi proučevala obnašanje vozil ob njihovem zletu s ceste v jarek z obliko črke V, sta dokazala, da je v primeru jarkov z ustreznimi nakloni brežin z zaokrožitvijo njihovega dna mogoče učinkovito preprečiti nastanek prevrnitve vozila. Številne smernice in priročniki še navajajo, da mora iz varnostnih razlogov ne glede na obliko dna njegova širina znašati vsaj 1,2 m oziroma pogojno 1,0 m. Med prenačrtovanjem dna posameznega jarka je potrebno vsekakor tudi preučiti, ali njegova širina zadostuje potrebam odvodnje vode s cestišča. [49] [87]
- **Prekritje jarka:** Na podoben način kot v primeru zasutja je nevarnost jarka mogoče zmanjšati s prekritjem, ki se ga izvede na primer z namestitvijo kanalet ali prefabriciranih žlebov s prekrivnimi elementi (rešetke) v jarku. Glavna prednost tako oblikovanega jarka je vsekakor njegova prevoznost. Zagotovitev takšnega načina odvodnjavanja naj bi bila zaželeno zlasti v primerih jarkov večjih globin.
- **Sprememba sestavnih elementov jarka:** Jarke pogosto gradijo elementi in materiali, kot so betonske plošče, betonski in kamniti tlakovci, lomljenci, kanalete, prepusti, vtočni (in revizijski) jaški idr. Glede na to, da je za vse naštetje elemente in materiale značilno, da imajo zelo nizko absorpcijo energije, je njihove odpuščajoče lastnosti – prevoznost potrebno zagotoviti s prilagoditvijo njihove oblike.

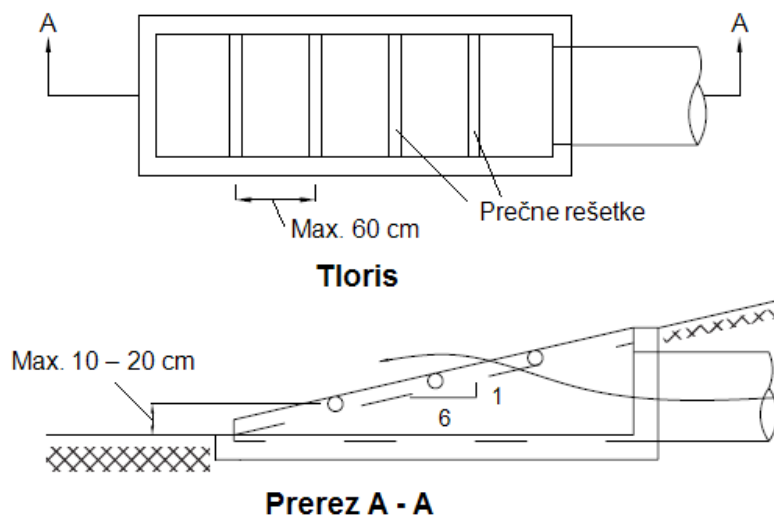
4.5.2.4 Modifikacija prepustov in njihovih zaključkov

Ukrepe modificiranja, ki so ustrezni za izvajanje na prepustih oziroma njihovih zaključkih, delimo na ukrepe za vzdolžne ter ukrepe za prečne prepuste.

Ukrepe, primerne za izvedbo na vzdolžnih prepustih, lahko razvrstimo po naslednjem vrstem redu [49]:

- i. **Odstranitev prepusta:** Kadar je to dopustno, je najbolj zaželen ukrep vsekakor odstranitev prepusta z obcestja. Ena izmed možnosti odstranitve je tudi posebna ureditev obcestja, ki omogoča vodenje vode preko priključne ceste. Taka rešitev naj bi bila sicer primerna zgolj na območjih, kjer se križajo ceste najnižjih kategorij.
- ii. **Zagotovitev prevoznosti prepusta:** Glede na to, da se predvsem z namenom po preprečitvi čelnih trčenj zagotavlja prevoznost prečnih brežin, je pomembno, da se prevoznost zagotovi tudi elementom, ki se nahajajo na teh brežinah. Zaželeno je, da

imajo prečne brežine karseda majhen naklon (priporočeno razmerje $V:H \leq 1:6$), s katerim pa mora sovpadati tudi naklon posameznega zaključka prepusta. V primeru velikih radijev prepustov se prevoznost zaključkov zagotovi z izvedbo prečnih rešetk, ki preprečujejo ujetje pnevmatike vozila v zaključek.



Slika 48: Zagotovitev prevoznosti vzdolžnega prepusta s prečnimi rešetkami (povzeto po [49])

- iii. Premestitev prepusta: Prepust se premesti v prečni smeri glede na os ceste stran od roba vozišča. V kolikor je tak ukrep izvedljiv, omogoča njegova izvedba na obcestju vzpostavitev ustrezne širine proste cone (poljubnen naklon brežine).

Podobno kot v primeru vzdolžnih prepustov lahko razvrstimo tudi ukrepa, ki sta ustrezna za izvedbo na prepustih, ki skrbijo za odvodnjo vode pod cesto prečno glede na njeno os [49]:

- i. Zagotovitev prevoznosti zaključka prepusta: Najbolj zaželen ukrep, ki se ga lahko izvede na prečnih prepustih, je, da se prepust podaljša ali skrajša do te mere, da njegov zaključek sega do površine brežine, v kateri se nahaja, ter da se zaključek oblikuje tako, da sovpada z naklonom brežine (priporočen naklon $V:H \leq 1:4$). V primerih prepustov z veliki premeri je prevoznost njihovih zaključkov moč zagotoviti z namestitvijo cevastih mrež, ki zapolnijo odprtino v brežini.
- ii. Podaljšanje prepusta: Kadar se zagotavljanje prevoznosti zaključkov prepustov izkaže za prezahteven ukrep, obstaja možnost, da se nevarnost zaključka zmanjša s podaljšanjem prepusta do oziroma preko potrebne širine proste cone ter z ureditvijo brežine. Na ta način zaključek prepusta konča izven zahtevane širine proste cone, kar močno zmanjša verjetnost za nastanek trčenja oziroma padca vozila v zaključek.

4.5.2.5 Preoblikovanje zidov

Oblikovanje opornih zidov se v odvisnosti od njihove lociranosti, tj. ali se nahajajo znotraj ali zunaj potrebne širine proste cone, nekoliko razlikuje. Za zidove, ki se nahajajo zunaj zahtevane širine, je zaželeno, da stojijo vertikalno oziroma v rahlem naklonu proti zemljini, da sta oba zaključka zidu izvedena na način, da se v blagem naklonu postopoma oddaljujeta od roba ceste, ter da je zid dovolj čvrst in ustrezno podprt, da prenese trk vozila, njegovo zunanje (vidno) lice oziroma elementi, ki ga gradijo, pa enostavno zamenljivi ali popravljivi. Za zidove znotraj zahtevane širine prostih con veljajo praviloma nekoliko strožja priporočila. Zanje se poleg vseh že navedenih priporočil priporoča, da potekajo vzporedno s cesto

oziroma glede na njeno os v blagem naklonu (1:40) (v predvideni smeri vožnje se zmanjšuje odmik zidu od roba vozišča) ter da je površina zunanjega lica zidu brez nevarnin (obe lastnosti v primeru trka omogočata drsenje vozila ob zidu). Če se v oporne zidove vgradi oziroma oblikuje betonske varnostne ograje, se zahteva, da se ograje v primeru trka obnašajo, kot je to predvideno za varnostne ograje. [110] [30]

O podpornih zidovih lahko praviloma govorimo v primeru, kadar zidovi poleg obravnavane ceste obdajajo še drugo cesto, ki poteka nad obravnavano. Za podporne zidove veljajo v osnovi enaka priporočila kot za oporne zidove. Dodatna zahteva, ki jo podporni zidovi morajo izpolnjevati, je sicer, da morajo zagotavljati zmožnost prevzema vseh obremenitev, ki jih povzročajo naleti vozil v različno postavljene ograje na višje postavljene cesti. [110]

V povezavi z načrtovanjem zidov velja omeniti, da je v primerih, kadar ti sestavljajo podvoze, zaželeno, da so vsi zidovi ali stebri postavljeni tako, da med voziščem in njimi ni potrebna namestitve varnostnih ograj. Slednje je moč zagotoviti s postavitvijo omenjenih elementov zunaj potrebne širine prostih con, pri čemer se med voziščem in elementi izvede vkopna ali nasipna brežina blagih naklonov. [110]

4.5.2.6 Ne nevarni zaključni elementi varnostnih ograj

Varnostne ograje imajo na cestah namen, da voznike ščitijo pred nevarnim obcestjem. Kot sestavni elementi varnostnih ograj morajo tudi zaključni oziroma začetni elementi ograj, kadar se nahajajo znotraj zahtevane širine prostih con, nastopati kot varnostne naprave, a obenem voznikom ne smejo predstavljati potencialno nevarnih ovir. Zlasti pomembno je, da so zaključki v primerih, ko stojijo ob voziščih, na katerih poteka promet v obe smeri, načrtovani tako, da varno prenesejo vse nalete vozil ne glede na njihovo smer. [8]

Za ne nevarne ali z drugimi besedami pasivno varne vrste zaključkov je značilno, da delujejo na vsaj enega od naslednjih načinov [8]:

- kontrolirano upočasnijo vozilo
- dovolijo kontrolirano penetracijo vozila za ograjo
- zadržijo in preusmerijo vozilo

Različne vrste ne nevarnih zaključnih elementov je smiselno razvrstiti glede na vrsto (material) varnostnih ograj, ki jih ti elementi sestavljajo oziroma dopolnjujejo:

- Zaključni elementi jeklenih varnostnih ograj: Pasivno varne zaključne elemente jeklenih varnostnih ograj delimo glede na njihovo geometrijo in postavitev na ukrivljene, tangentne in vkopane v vkopne brežine, glede na karakteristike delovanja pa na zaključke z absorpcijo energije ter brez nje. Za ukrivljene zaključke je v splošnem značilno, da njihov končen odmik od preostalega dela ograje (osi ograje) v prečni smeri znaša približno 1,2 m. Tovrstni zaključki oziroma določeni elementi zaključkov so lahko izdelani kot prelomljivi in brez zmožnosti absorpcije energije, kar omogoča, da vozilo ob trku ne utрпи večjih poškodb in pot (za ali ob ograji) nadaljuje brez večjega znižanja hitrosti, lahko pa so načrtovani tako, da ob naletu vozila absorbirajo večino kinetične energije vozila ter ga na ta način postopoma zaustavijo. Tangentni zaključki so ob cestah praviloma nameščeni na način, da njihov odmik od osi varnostne ograje znaša med približno 0,3 in 0,6 m. Zaključki te vrste imajo vedno zmožnost absorpcije kinetične energije vozila. Zaključni elementi s sposobnostjo

absorpcije naj bi ne glede na geometrijo (ukrivljeni ali tangentni) sicer v odvisnosti od njihovega tipa omogočali zaustavitev vozila na razdalji približno 15 m ali nekoliko manj. Odločitev o tem, kdaj izbrati zaključek z zmožnostjo absorpcije ali brez nje, naj bi v največji meri odvisela od verjetnosti, da bodo vozila čelno trčila v zaključni element, ter lastnosti (prevoznosti) obcestja neposredno za zaključkom. V kolikor je potrebna dolžina (poglavje 4.5.3.1.6) posamezne varnostne ograje (lahko rečemo tudi njenega zaključka) ustrezno določena, obstaja sicer zelo majhna verjetnost, da bi vozilo kakorkoli (čelni nalet, nalet pod kotom) doseglo nevarno obcestje ne glede na izbor zaključka. Če obcestje za posameznim zaključnim elementom ni prevozno, potem se vendarle priporoča namestitev zaključka z zmožnostjo absorpcije energije. V nekaterih primerih, kadar cesta poteka v vkopu oziroma prehaja iz nasipa v vkop, je mogoče zaključek posamezne varnostne ograje oblikovati tudi tako, da se zaključi v vkopni brežini. V kolikor je izvedba pravilna, tovrstni sistem zagotavlja popolno zaščito pred oviro ter onemogoča čelno trčenje vozila s koncem ograje. Najpomembnejša lastnost za izvedbo vkopanega zaključka je naklon vkopne brežine, ki mora biti v razmerju 1:3 ali strmější. [49]



Slika 49: Ukrivljen zaključni element brez zmožnosti absorpcije energije (zgoraj levo), tangentni zaključek z zmožnostjo absorpcije energije (zgoraj desno) ter vkopan zaključek varnostne ograje (spodaj) [49]

Med sprejemljivo varne zaključke jeklenih varnostnih ograj lahko umestimo še zaključne elemente standardnih ali nespremenjenih lastnosti, ki se izvedejo na način, da so v blagem naklonu usmerjeni v tla in/ali glede na os ceste odmaknjeni od roba vozišča. Za tovrstne zaključke je zaželeno, še posebej v primerih, ko stojijo ob cestah, ki omogočajo visoke hitrosti, da se končujejo čim dlje od robov vozišč (čim bližje potrebni širini prostih con) oziroma na mestih, kjer obstaja zelo majhna verjetnost naleta. [79]

Varne zaključne elemente zahtevajo tudi jeklene varnostne ograje, ki stojijo na ločilnih pasovih med smernimi vozišči. Ograje na teh območjih morajo praviloma vedno zaključevati elementi z zmožnostjo absorpcije energije. Med te elemente uvrščamo tudi posebne vrste varnostnih naprav – blažilce trkov, ki delujejo po principu ohranitve energije (poglavje 4.5.3.3). [49]

- Zaključni elementi betonskih varnostnih ograj: Kot najprimernejše oblike zaščite pred nevarnimi zaključki betonskih varnostnih ograj (tudi tistih, ki stojijo na ločilnih pasovih) štejemo različne tipe blažilcev trkov dveh vrst. To so blažilci trkov, ki delujejo po principu ohranitve energije, ter blažilci, katerih delovanje temelji na principu ohranjanja gibalne količine. (poglavje 4.5.3.3). Prvo skupino naprav predstavljajo različni tipi jeklenih sistemov ter različne vrste zaključkov, ki jih gradijo polietilenski, elastomerni elementi, elementi, napolnjeni z vodo, elementi iz perlitnega betona ali drugi podobni elementi. V drugo skupino blažilcev trkov spadajo različni tipi plastičnih sodov, napolnjeni s peskom, ki se jih v določenem številu in postavitvi namesti pred zaključke ograj. Poleg z uporabo omenjenih naprav je ustrezne zaključke betonskih varnostnih ograj mogoče zagotoviti tudi z izvedbo zaključka oziroma zaključnih ograj v zamiku pod blagim kotom (glede na rob vozišča). Takšna izvedba sicer zahteva, da je konec (zadnje) ograje dovolj oddaljen od roba vozišča (zunaj potrebne širine proste cone). [111] Zelo varne zaključke predstavljajo zaključne ograje, ki se v zamiku pod blagim kotom vključno s topim koncem vkopljejo v vkopno brežino. Varnost zaključkov betonskih ograj je praviloma mogoče izboljšati tudi s poševno oblikovanimi (tj. v blagem naklonu v tla usmerjenimi) konci ograj. Zaradi precejšnje nevarnosti, da vozilo ob naletu izgubi stik s tlemi oziroma se prevrne, so tovrstni zaključki vendarle primerni le na območjih, kjer veljajo nizke omejitve hitrosti oziroma kjer ni mogoča izvedba primernejših ukrepov. [49]
- Zaključni elementi jeklenih kabelnih varnostnih ograj: Zaključni elementi jeklenih kabelnih ograj zaradi svoje prožnosti ne veljajo za posebej problematične. Zaključke, katerih namen je, da zagotavljajo natezno napetost jeklenih kablov, sestavljajo pod kotom na krajši razdalji v tla usmerjeni jekleni kabli ter v ali na tleh nameščeni sidrni elementi, na katere so kabli pritrjeni. Podobno kot to velja za celotnem sistem kabelnih ograj z nizko oziroma visoko natezno napetostjo, velja tudi za zaključke, da so lahko načrtovani tako, da se ob naletu vozila vanje kabli sprostijo in s tem oslabijo celotno ograjo ali pa kabli po celotni dolžini ograje ostanejo napeti. Zaradi dejstva, ker se jeklene kabelne ograje najvarneje obnašajo v primerih trkov vozil pod blagimi koti, se zaključki izvajajo vzporedno s cesto oziroma v zamikih pod zelo blagimi koti glede na rob ceste. Pri načrtovanju zaključkov je poleg omenjenega potrebno še upoštevati, da potrebna dolžina varnostne ograje ne sme vključevati dolžine zaključka. [112] [113]
- Zaključni elementi lesenih varnostnih ograj: Zaradi prisotnosti lesenih varnostnih ograj izključno na cestah, ki omogočajo nizke hitrosti, oziroma cestah z zelo nizkimi prometnimi obremenitvami zaključni elementi tovrstnih ograj le v redkih primerih zahtevajo posebno ureditev. Zanje je sicer zaželeno, da so izvedeni na način, da so v blagem naklonu zaključeni v tla in/ali odmaknjeni od vozišča. Obstaja tudi še možnost, da se namesto lesenega zaključka uporabi jeklen tangenti zaključek z zmožnostjo absorpcije energije kot v primeru jeklenih varnostnih ograj. [86]

Ne glede na vrsto zaključnih elementov je za njihovo pravilno delovanje bistvenega pomena, da je območje med posameznim voziščem in zaključkom v zelo blagem naklonu in normalno prevozno, kajti v nasprotnem primeru obstaja velika nevarnost, da vozilo ne naleti v ograjo v predvidenem položaju. Za praktično vse vrste zaključkov jeklenih varnostnih ograj je predvsem zaradi njihove relativno majhne togosti poleg omenjega še zaželeno, da je v majhnem naklonu in prevozna tudi vsaj površina, na kateri zaključki stojijo, ter manjša površina neposredno za njimi. [49]

Za preveritev varnosti posameznih zaključnih elementov varnostnih ograj obstajajo številni različni kriteriji, ki jih morajo zaključki na testih trčenj izpolniti. Omenjene kriterije na evropskem področju predpisuje standard EN 1317-4. [79]

4.5.2.7 Prehodi med ograjami

Prehodi ali tranzicije med ograjami oziroma njihovimi zaključki se navezujejo na prehode med različnimi vrstami ograj, kar praviloma zajema različen material, ki ograje gradi, ter njihove različne togosti. Oblikovanje varnega prehoda zahteva, da se med različnimi ograjami zagotovi tak prehod, da zmore v primeru naleta vozila zadržati vozilo ter omogočiti, da slednje enakomerno drsi vzdolž ograj brez nenadnih pojmkov. [30]

Najpogostejšo obliko prehodov predstavljajo prehodi med prožnimi ali srednje togimi jeklenimi varnostnimi ograjami in togimi betonskimi varnostnimi ograjami, ki jih največkrat srečamo na mestih začetkov oziroma koncev premostitvenih objektov. Tovrstni prehodi morajo biti načrtovani tako, da se togost varovalnemu sistemu kot celoti v smeri ograje z manjšo togostjo proti ograji z večjo togostjo postopoma povečuje. Temeljni namen tovrstnega načrtovanja je karseda zmanjšati ali preprečiti možnost »ujetja« vozila v prehodu oziroma verjetnost, da bi vozilo zadelo rob betonske ograje, ob njegovem morebitnem zletu z vozišča. Postopno povečanje togosti varovalnega sistema se lahko zagotovi z zmanjšanjem vzdolžnega razmaka med stebri jeklene ograje, povečanjem velikosti stebrov ter ojačitvijo ščitnika jeklene ograje (denimo z dodatnim ščitnikom). Za varnost prehodov te vrste je bistvenega pomena, da je spoj med jekleno in betonsko ograjo dovolj nosilen, zelo pomembno pa je tudi, da se nivo odklona (togost) prehoda spremeni na dovolj veliki razdalji. Dodatno izboljšanje varnosti prehodov je sicer moč zagotoviti tudi še s poševnim oblikovanjem zaključka betonske ograje – zaključek je v blagem naklonu usmerjen v tla. [49]



Slika 50: Prehod med standardno jekleno in betonsko varnostno ograjo [49]

Nekoliko posebno vrsto prehodov predstavljajo prehodi med prožnimi in srednje togimi ali togimi varnostnimi ograjami. Za prehode te vrste – najpogosteje gre za prehod med jekleno kabelno varnostno ograjo in jekleno ali betonsko varnostno ograjo – je značilno, da se jih ne oblikuje s povezovanjem ograj, pač pa s prekrivanjem ali križanjem. Za zagotovitev varnega prehoda vozila z ene ograje na drugo v primeru njegovega zleta z vozišča je potrebno prekrivanje izvesti tako, da ograja z manjšo togostjo prekriva ograjo z večjo togostjo, pri križanju ograj, ki je sicer praviloma mogoče le med jekleno kabelno in jekleno ograjo, pa je ključnega pomena, da je kot križanja med osmi ograj dovolj majhen. [30] [114]

4.5.2.8 Ne nevarni robniki

Kljub temu, da dela različnih avtorjev podajajo za posamezne vrste robnikov različne mejne vrednosti višin, od katerih dalje naj bi robniki veljali za nevarne, lahko rečemo, da v splošnem zadovoljimo varnost, če v skladu z navedbami priročnika NCHRP Report 537 [89] upoštevamo, da višina robnikov ne sme znašati več kot 10 oziroma pogojno 15 cm. Omenjen priročnik sicer navaja, da na cestah z visokimi omejitvami hitrosti robniki niso zaželeni, v kolikor pa na teh mestih morajo biti prisotni, pa priporoča, da imajo karseda položno obliko in čim manjšo višino. Oblika robnikov predstavlja namreč v primeru, ko vozilo zapelje na robnik, precejšen vpliv na varnost. Posledično iz tega razloga izhajajo tudi priporočila, da se vertikalni – nepovozni robniki nameščajo na cestah, na katerih so dovoljene nizke hitrosti, poševni – povozni robniki pa na cestah, na katerih vozila dosegajo visoke hitrosti. [30]

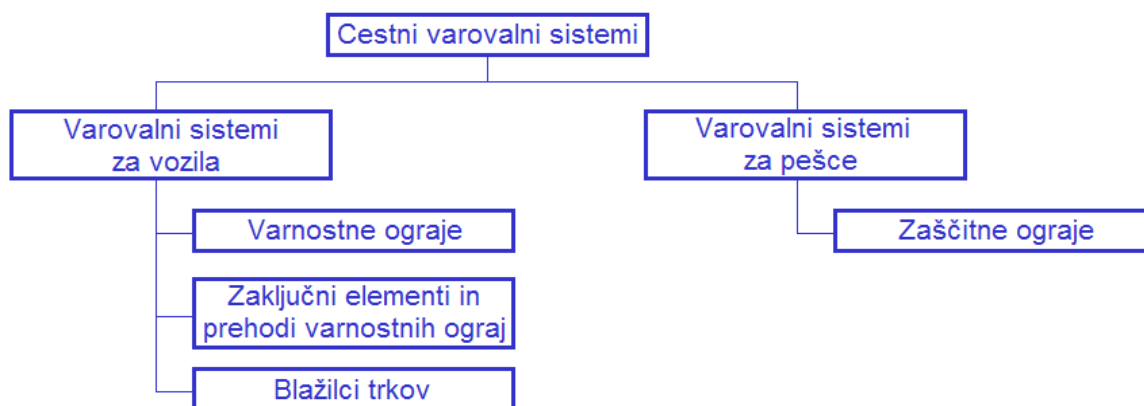
4.5.2.9 Modifikacija bankin

Modifikacija bankin, katere glavni namen je zagotovitev ustrezne površine, ki naj bi voznikom v primeru, ko zapeljejo z vozišča, omogočala povratek na vozišče, lahko zajema razširitev bankin, njihovo utrditev ali tlakovanje ter izenačitev nivojev bankin in vozišč ali zmanjšanje nivojske razlike med njimi. Kot alternativen način za doseg prepričljive nivojske razlike med voziščem in bankino velja omeniti izvedbo pasu iz asfalta ali betona v obliki klina vzdolž celotne dolžine roba vozišča. Tovrsten pas, ki pod kotom približno 45° povezuje rob vozišča s površino bankine, naj bi na tlakovanih kot tudi netlakovanih bankinah voznikom omogočal varen (nesunkovit) prehod z vozišča na bankino in obratno. [84] Med ukrepe modificiranja je mogoče v primerih, ko imajo tlakovane bankine določene pomanjkljive lastnosti, uvrstiti tudi izboljšanje torne sposobnosti površine ter krpanje razpok ali udarnih jam. [30]

4.5.3 Zaščita pred nevarnimi ovirami s cestnim varovalnim sistemom

V mnogo primerih nevarnih obcestij odstranitvev ali modifikacija nevarnih ovir ni izvedljiva oziroma ekonomsko upravičljiva. V takih primerih se kot tretji oziroma zadnji možni ukrep za zagotovitev odpuščajočega obcestja ponuja zaščita pred nevarnim obcestjem, ki se jo doseže z namestitvijo pasivno varnega cestnega varovalnega sistema (ang. *Road Restraint System*). Temeljni namen izvedbe varovalnega sistema ob cesti je preprečiti trk (prevrnitev) vozila z nevarno oviro na obcestju, vendar pa dovoliti njegovo trčenje z varno opremo. Z drugimi besedami lahko rečemo, da je cilj tovrstnih ukrepov karseda zmanjšati posledice vsakršnega trka (prevrnitve), ki ga ob zletu vozila z vozišča v absolutnem smislu ni več moč preprečiti. Res je sicer, da varovalni sistem kot objekt za voznika predstavlja določeno nevarnost na obcestju, a naj bi ta vendarle vedno zagotavljal, da je vsak trk vozila z varovalnim sistemom manj nevaren od trka z oviro oziroma izhoda vozila na obcestje. [8] [30] [84]

Cestne varovalne sisteme v osnovi delimo v dve skupini, in sicer v skupino varovalnih sistemov za vozila ter skupino varovalnih sistemov za pešce. V sklopu koncepta odpuščajočih cest imamo z izrazom cestni varovalni sistemi v mislih varovalne sisteme za vozila, varovalni sistemi, ki so namenjeni za zaščito pešcev (peščem preprečujejo vstop na cesto, padec v vodo ipd.) pa v tem sklopu niso obravnavani, saj predstavljajo zelo majhen vpliv na varnost voznikov.



Slika 51: Delitev cestnih varovalnih sistemov (povzeto po [30])

S cestnimi varovalnimi sistemi je mogoče in primerno ščititi voznike pred kakršnimikoli točkovnimi in kontinuiranimi ovirami. Posamezni varovalni sistemi in njihova značilna uporaba so predstavljeni v naslednjih poglavjih.

4.5.3.1 Varnostne ograje

Varnostne ograje (VO) predstavljajo največji in najpomembnejši del vseh cestnih varovalnih sistemov. Namen varnostnih ograj na cesti je, da vozilu ob zapustitvi svojega prometnega pasu preprečijo nalet ali prevrnitev na nevarnem obcestju in/ali nalet z ostalimi vozili. [30]

Dobro načrtovanje varnostnih ograj zahteva upoštevanje številnih ograjam bližnje ležečih elementov ceste oziroma njenega obcestja. Pri izbiri vrste in tipa posamezne ograje je tako potrebno upoštevati značilnosti vozišča, bankine, naprav za odvodnjavanje ter okolice v bližini ceste. Na ta način je namreč mogoče zagotoviti složno delovanje vseh elementov, kar naj bi imelo za posledico številne koristi, predvsem z vidika prometne varnosti. Poleg od načrtovanja je pravilno delovanje varnostnih ograj sicer v precejšni meri odvisno tudi še od namestitve, vzdrževanja ter v primerih že nastalih trčenj z ograjami popravila ograj. [115]

Varnostne ograje so v osnovi načrtovane za nalete vozil pod ostrimi koti glede na njihovo os. [8] Ograje morajo v primeru naleta vozila le-tega brez večjih vzdolžnih in prečnih pojemkov zadržati ob svoji površini, poleg tega pa morajo vozilo brez večjih sunkov v dovolj majhnem odklonskem kotu tudi preusmeriti nazaj proti vozišču. Povedano nekoliko drugače, učinkovite varnostne ograje naj bi [115]:

- preprečevale penetracijo vozil skozi ograjo ter zlete vozil preko oziroma pod ograjo,
- če le tega ne predvideva njihovo delovanje, ostale v primeru naleta vozila bolj ali manj nepoškodovane z namenom, da preostali sistem oziroma morebitne razbitine ne predstavljajo večje nevarnosti potnikom v vozilu ali drugim udeležencem, ter
- bile načrtovane in nameščene tako, da ne predstavljajo nevarnosti, da bi elementi ograj v primeru naleta vozila prodrli v vozilo (»ujetja« vozila, prebod kabine vozila).

Varnostne ograje v splošnem glede na lociranost ter temu posledično prilagojeno delovanje delimo v tri večje skupine, in sicer [8] [49]:

- Varnostne ograje ob zunanjih robovih vozišč: Varnostne ograje, ki stojijo vzdolž ceste na zunanji strani posameznega vozišča (ang. *roadside barriers*), so načrtovane tako,

da varno prenesejo nalete vozil le z ene strani. Tovrstne ograje se postavljajo z namenom, da voznike ščitijo pred nevarnimi ovirami in objekti oziroma nevarnim obcestjem, sicer pa se v nekaterih primerih uporabljajo tudi za ščitenje pešcev in kolesarjev pred motoriziranimi udeleženci v prometu. Izmed vseh treh vrst so omenjene ograje na cestah prisotne najpogosteje.

- **Varnostne ograje med vozišči (na ločilnih pasovih):** Varnostne ograje, ki se postavljajo vzdolž ceste med vozišči (ang. *median barriers*), se največkrat uporabljajo za ločevanje nasproti vozečih vozil med ločenimi smernimi vozišči. Njihova uporaba je sicer primerna tudi za ločevanje različnih vrst prometa, kot je na primer ločevanje tranzitnega od lokalnega prometa. Delovanje ograj omenjene vrste je zelo podobno delovanju ograj, ki stojijo ob zunanjih robovih vozišč, le s to razliko, da imajo ograje med vozišči možnost varno prenesti nalete vozil z obeh strani.
- **Varnostne ograje na premostitvenih objektih:** Pod oznako varnostne ograje na premostitvenih objektih razumemo ograje, ki se nahajajo na mostovih, viaduktih in nadvozih. Od preostalih dveh vrst ograj ograje na premostitvenih objektih loči to, da običajno nastopajo kot sestavni deli premostitvenih objektov ter da so praviloma načrtovane tako, da v primeru naleta vozila ne dovoljujejo nikakršnega odklona.

V nadaljevanju so predstavljena priporočila, ki naj bi jih za doseg čim večje varnosti voznikov izpolnjevale omenjene tri vrste varnostnih ograj.

4.5.3.1.1 Kriteriji uporabe varnostnih ograj

Na javnih cestah se lahko praviloma uporabljajo le varnostne ograje, ki izpolnjujejo kriterije standardov ali priročnikov s področja varnosti cestne opreme. Enega izmed najbolj uveljavljenih dokumentov, ki določajo tehnične značilnosti in pogoje testiranja varnostnih ograj, predstavlja standard EN 1317-2. Omenjen standard velja za vse vrste varnostnih ograj (varnostne ograje ob zunanjih robovih vozišč, med vozišči in na premostitvenih objektih), upoštevajo pa ga številne evropske države, med njimi tudi Slovenija. [86]

Evropski standard EN 1317-2 [116] za ugotavljanje učinkovitosti varnostnih ograj predpisuje izvedbo različnih testov trčenj z uporabo vozil različnih mas, hitrosti ter kotov, pod katerimi vozila glede na os ograje trčijo vanjo. Na podlagi teh testov se ugotavljajo nivo zadrževanja ograje, nivo resnosti trčenja za potnike v vozilu ter deformacija – delovna širina ali odklon ograje. V standardih in priročnikih za načrtovanje postavitve varnostnih ograj najpogosteje uporabljen parameter predstavlja nivo zadrževanja ograje (ang. *containment level*). Nivo zadrževanja pove, kolikšna je maksimalna obremenitev, ki jo varnostna ograja ob tem, da vozilu še zagotavlja varno zaščito, lahko prenese. Standard EN 1317-2 predpisuje za stalne varnostne ograje sedem različnih nivojev zadrževanja, ki so razdeljeni v tri večje skupine podobnih nivojev, kot to prikazuje preglednica 5. [8]

Preglednica 5: Nivoji zadrževanja varnostnih ograj [116]

Nivo zadrževanja	Sprejemljiva obremenitev
Osnovni nivo zadrževanja:	
N1	osebno vozilo (masa 1,5 t, hitrost 80 km/h, kot naleta 20°)
N2	osebno vozilo (masa 1,5 t, hitrost 110 km/h, kot naleta 20° ter masa 0,9 t, hitrost 100 km/h, kot naleta 20°)

Se nadaljuje ...

... nadaljevanje preglednice 5

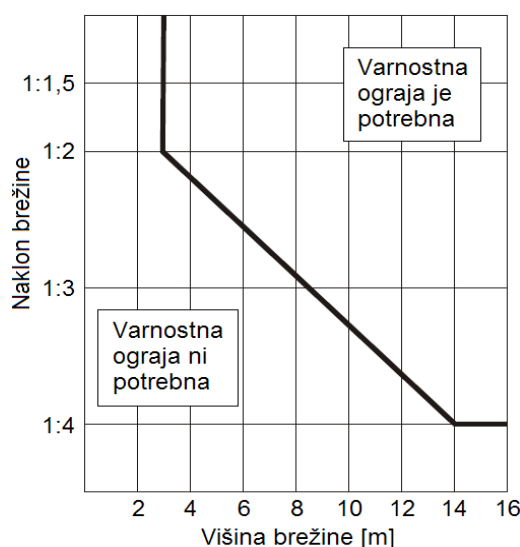
Višji nivo zadrževanja:	
H1	osebno vozilo (masa 0,9 t, hitrost 100 km/h, kot naleta 20°) tovorno vozilo (masa 10 t, hitrost 70 km/h, kot naleta 15°)
H2	osebno vozilo (masa 0,9 t, hitrost 100 km/h, kot naleta 20°) avtobus (masa 13 t, hitrost 70 km/h, kot naleta 20°)
H3	osebno vozilo (masa 0,9 t, hitrost 100 km/h, kot naleta 20°) tovorno vozilo (masa 16 t, hitrost 80 km/h, kot naleta 20°)
Zelo visok nivo zadrževanja:	
H4a	osebno vozilo (masa 0,9 t, hitrost 100 km/h, kot naleta 20°) tovorno vozilo (masa 30 t, hitrost 65 km/h, kot naleta 20°)
H4b	osebno vozilo (masa 0,9 t, hitrost 100 km/h, kot naleta 20°) tovorno vozilo s priklopnikom (masa 38 t, hitrost 65 km/h, kot naleta 20°)

4.5.3.1.2 Priporočila in smernice za uporabo varnostnih ograj

Priporočila za uporabo varnostnih ograj temeljijo na predpostavki, da je namestitev ograj primerna, če se s tem zmanjša resnost posledic potencialnega zleta vozila s ceste. Pri tem gre upoštevati, da se lahko ob zmanjšanju posledic zaradi lociranosti ograje v neposredni bližini vozišča zviša stopnja prometnih nesreč. Odločitev o uporabi ograj torej običajno temelji na podlagi subjektivne analize določenih elementov oziroma stanja obcestja. [49]

Priporočila in smernice za uporabo varnostnih ograj [49] [86]:

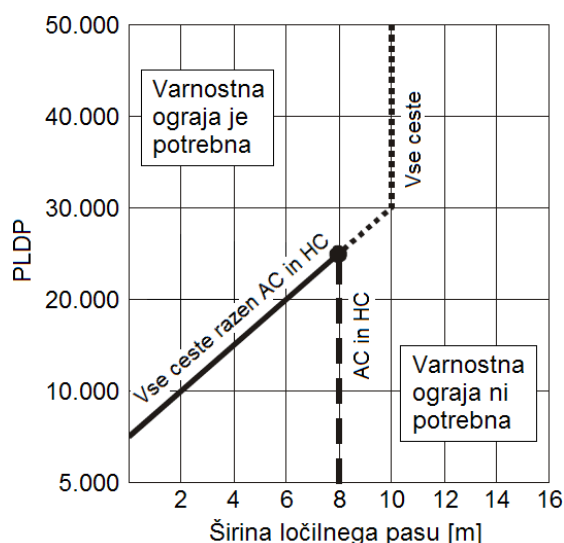
- Varnostna ograja na nasipu: Parametri, ki določajo postavljanje ograj na odsekih cest, ki potekajo v nasipih, so višina in povprečni naklon brežine nasipa ali terena ter oddaljenost začetka brežine od roba vozišča (meja potrebne širine proste cone).



Slika 52: Kriterij za uporabo varnostne ograje glede na naklon in višino nasipne brežine [86]

- Varnostna ograja v vkopu: Ograje se na cestah, ki potekajo v vkopih, ne postavljajo, če je brežina oziroma njena površina takšna, da vozilo ob njej lahko zdrsi.
- Varnostna ograja v območju nevarne ovire: Postavitev ograje je praviloma zahtevana, kadar ugotovljena nevarna ovira stoji znotraj zahtevane širine proste cone.

- **Varnostna ograja v bližini druge prometne površine:** Ograjo je potrebno postaviti v bližini druge prometne površine v primeru, ko je rob druge prometne površine oddaljen od roba vozišča manj kot znaša potrebna širina proste cone (ograj je potrebno postaviti ob višje ležeči prometni površini oziroma cesti v primeru, da druga prometna površina predstavlja nižje ležečo površino).
- **Varnostna ograja na vodovarstvenem območju:** Če cesta prečka vodovarstveno območje je ob vozišču potrebno postaviti varnostno ograjo.
- **Varnostna ograja za zaščito pešcev in kolesarjev:** Postavitev ograj za zaščito pešcev in kolesarjev je potrebna na odsekih, kjer obstaja nevarnost za zlet vozila in ki ležijo v bližini površin, kjer se zadržujejo nemotorizirani prometni udeleženci ter na odsekih, ki potekajo vzporedno s površinami, namenjenimi nemotoriziranemu prometu.
- **Dodatna zaščita za motocikliste:** Dodatno zaščito na (jekleni) varnostni ograji predstavlja dodaten ščitnik, ki se ga namesti pod osnovnim ščitnikom ograje. Namen uporabe dodatne zaščite je preprečiti, da bi motociklist ob padcu na vozišču zdrsnil za ograjo oziroma zadel steber ograje. Možnost dodatne zaščite, sicer nekoliko manj varne, predstavlja tudi namestitev posebne pene na stebrih ograje.
- **Varnostna ograja med voziščema:** Parametra, ki določata postavljanje ograje na ločilnem pasu med smernimi vozišči, sta širina ločilnega pasu ter volumen prometa (PLDP). V primeru AC ali HC, na kateri širina ločilnega pasu znaša manj, kot znaša zahtevana širina proste cone, je sicer postavitev ograje obvezna, ne glede na PLDP.



Slika 53: Kriteriji za uporabo varnostne ograje na ločilnem pasu v odvisnosti od vrste cest [86]

- **Varnostne ograje na premostitvenih objektih:** Postavitev ograje na premostitvenem objektu običajno zahteva izvedbo dodatnih manj togih ograj, ki se jih namesti pred oziroma za ograjo na objektu, ter izvedbo prehoda med temi ograjami in ograjo na objektu. V mnogih primerih taka izvedba ograj ni izvedljiva (stroškovno učinkovita), zato se lahko v tovrstnih primerih kot alternativni ukrep izvede podaljšanje ograje na objektu brez zaščitnih zaključkov ograje ali pa se uporabi manj toga ograjo.

4.5.3.1.3 Uporaba varnostnih ograj večje učinkovitosti

Velika večina varnostnih ograj je skladno s posameznimi kriteriji standardov ali priročnikov načrtovana za prestrego osebnih ali manjših tovornih vozil. V določenih primerih pa je za

zadovoljitev prometne varnosti vendarle potrebna uporaba ograj, ki so predvidene za prevzem nalezov tudi večjih oziroma težjih vozil. Med dejavnike, ki botrujejo uporabi ograj večje učinkovitosti (EN 1317-2: višji ali zelo visok nivo zadrževanja) štejemo [49]:

- velik delež težkih vozil v volumnu prometa (PDP)
- neugodno geometrijo ceste, kot so na primer ostre krivine (običajno v kombinaciji s slabo preglednostjo), dolgi odseki cest v padcu v kombinaciji s krivinami ipd.
- hude posledice ob potencialnem zletu vozila na obcestje, na primer na okoljsko občutljivih območjih, v bližini objektov kulturne dediščine ipd.
- ceste, na katerih potekajo prevozi nevarnih snovi

4.5.3.1.4 Vrste varnostnih ograj

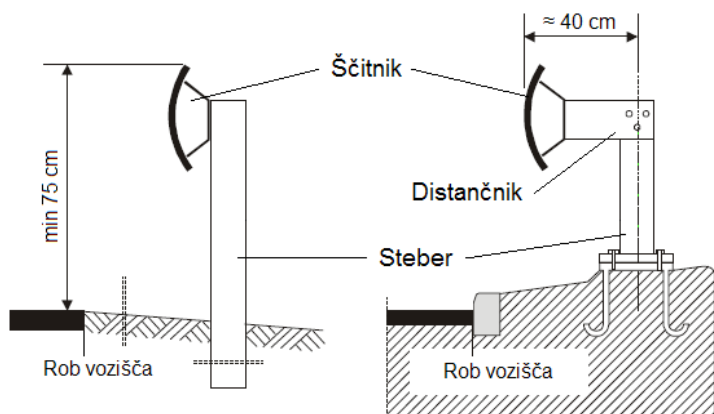
Poleg delitve varnostnih ograj glede na lociranost ob voziščih se zelo pogosto uporablja tudi delitev ograj na podlagi nivoja odklona (delovne širine), ki ga v primeru naleta vozila nudijo, oziroma materialov, ki jih sestavljajo. Glede na omenjeni značilnosti ograje umeščamo v [30]:

- Toge varnostne ograje: O togih varnostnih ograjah (ang. *rigid barriers*) praviloma govorimo kot o betonskih varnostnih ograjah. Za toge varnostne ograje je značilno, da ob trku vozila ohranijo svojo obliko in položaj. Tovrstne ograje zagotavljajo visok nivo zadrževanja brez odklona v primeru naleta vozila. Iz tega razloga se uporabljajo predvsem na tistih mestih ob cestah, kjer je zahtevana največja zaščita oziroma kjer je omejena raba prostora. Betonske varnostne ograje se uporablja tudi na cestah, ki potekajo preko vodovarstvenih območij. Slabost togih ograj je sicer precejšnje tveganje za nastanek resnejših posledic ob trčenju vozila v ograjo. [49]
- Poltoge varnostne ograje: Osrednji predstavnik poltogih varnostnih ograj (ang. *semi-rigid barriers*) so jeklene varnostne ograje. Slednja vrsta ograj velja izmed vseh vrst ograj za najbolj pogosto uporabljeno. Poltoge ograje odlikuje zmožnost absorpcije energije, kar ima v primeru naleta vozila v ograjo za posledico deformacijo ograje ter posledično ne prevelike poškodbe vozila (potnikov v vozilu). Preusmeritev vozila ob naletu na podlagi deformiranja ograje lahko v nekaterih primerih sicer predstavlja tudi nevarnost v obliki drugega trka z vozilom na vozišču ali oviro na drugi strani ceste.
- Prožne varnostne ograje: Prožne varnostne ograje (ang. *flexible barriers*) ali varnostne ograje z minimalno togostjo v največjem obsegu predstavljajo jeklene kabelne varnostne ograje. Izmed vseh vrst ograj imajo kabelne ograje sposobnost absorbirati največji delež kinetične energije vozila v primeru njegovega naleta ter posledično predstavljajo najmanjše tveganje za nastanek resnejših poškodb na vozilu (potnikov v vozilu). Slabost ograj te vrste je sicer, da je za njihovo ustrezno delovanje na območju neposredno za njimi potrebno zagotoviti dovolj široko prevozno površino, kajti v primeru naleta vozila se lahko odklonijo tudi do 4 m. Nevarnost delovanja tovrstnih ograj lahko v določenih primerih predstavlja tudi izrazita preusmeritev vozila (trk z drugim vozilom na vozišču ali oviro na obcestju na drugi strani vozišča). [49]

Kot primarna izbira varnostnih ograj veljajo jeklene varnostne ograje. Jeklene ograje se med seboj razlikujejo glede na [86]:

- vrsto in nosilnost stebrov – jekleni ali leseni, majhne ali velike nosilnosti,
- sestavne elemente – z distančnikom ali brez,
- postavitev – na terenu ali objektu (robniku),
- višino – minimalna potrebna višina je običajno približno 75 cm,

- obliko ščitnika – običajno v obliki črke W, obstajajo tudi ščitniki škatlastih oblik, v obliki dveh združenih črk WV ipd.,
- smer ščitenja – eno (steber s ščitnikom za ščitenje z ene strani) ali dvostranske (steber z dvema ščitnikoma za ščitenje z obeh smeri) varnostne ograje in
- vzdolžno razdaljo med stebri – medsebojna oddaljenost stebrov je odvisna od potrebnega nivoja zadrževanja, v praksi sicer obstajajo tudi posebni predeli ograj s povečanim razponom med stebri, ki se uporabljajo za ščitenje krajših ovir (denimo manjših prepustov), kjer je namestitev stebrov v običajnem razmaku težko izvedljiva.



Slika 54: Primer enostranske jeklene varnostne ograje s postavitvijo na terenu (bankini) brez distančnika (levo) ter ograje na objektu (robniku) z distančnikom (desno) [86]

Betonske varnostne ograje se običajno uporabljajo na cestah, na katerih z jeklenimi varnostnimi ograjami ni mogoče izpolniti zahtevanih kriterijev. Tudi med betonskimi varnostnimi ograjami razlikujemo različne nivoje zadrževanja, različne oblike (vrste) ograj (v obliki črke F, vertikalne, New Jersey ograje, trapezne oblike), različne višine ograj (običajno 80 in 110 cm) ter različne oblike ščitenja ograj (eno ali dvostranske ograje). [49] [86]

Ob robovih vozišč in med (smernimi) vozišči se lahko namešča tudi druga vrsta jeklenih varnostnih ograj, in sicer jeklene kabelne varnostne ograje (na slovenskih cestah njihova uporaba sicer ni dovoljena). Kabelne ograje se na cestah pojavljajo kot ograje z nizko (sidrni elementi zagotavljajo le tolikšno napetost, da kablji ne visijo med stebri) ali visoko (prednapeti kablji) natezno napetostjo v kabljih, gradijo jih trije ali štiri jekleni kablji, njihova višina pa je praviloma ≥ 75 cm. [49]

Na območjih, kjer iz naravovarstvenih ali estetskih razlogov ni dovoljena uporaba jeklenih ali betonskih varnostnih ograj, (praviloma gre za ceste, ki omogočajo nizke hitrosti, oziroma ceste z najnižjimi prometnimi obremenitvami) se lahko ob voziščih postavljajo lesene ali zidane varnostne ograje. [86]

4.5.3.1.5 Smernice za izbor varnostnih ograj

Ko je za posamezno cesto ali odsek ceste ugotovljeno, da potrebuje postavitve varnostne ograje, je potrebno zanjo izbrati ustrezno vrsto in tip varnostne ograje. Najustreznejšo izbiro naj bi v splošnem predstavljala ograja z zahtevanim nivojem zaščite in najnižjo ceno. Pri tem pa gre vendarle upoštevati, da je za karseda objektiven izbor poleg obeh omenjenih dejavnikov potrebno vzeti v obzir tudi še nekatere druge, in sicer: kategorijo ceste, hitrost, ki

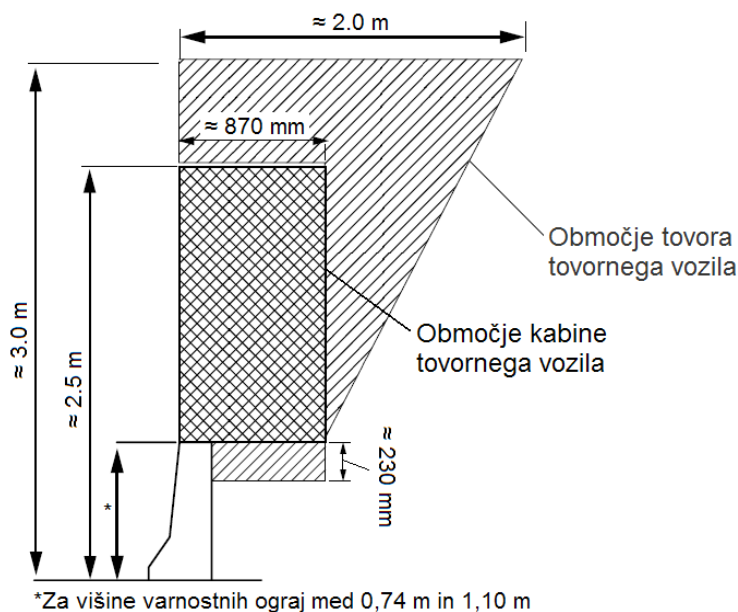
jo cesta omogoča, strukturo in volumen prometa na cesti, geometrijo ceste, prostor, ki je na voljo za delovanje (odklon) ograje, preglednost v križiščih, pogostost prometnih nesreč na odseku ceste ter morebitne omejitve v zvezi s postavljanjem ali vzdrževanjem ograj. Našteti dejavniki so zajeti v naslednjih smernicah oziroma kriterijih za izbor varnostne ograje [49]:

- i. Zmožnost zaščite varnostne ograje: V sklopu izbora ustrezne varnostne ograje je potrebno najprej izbrati potreben nivo zaščite ograje. Če upoštevamo standard EN 1317-2 to pomeni, da v prvem koraku izberemo nivo zadrževanja ograje. Okoliščine na obcestju najpogosteje narekujejo uporabo varnostnih ograj, ki so predvidene (testirane) za zadrževanje in preusmerjanje osebnih vozil (EN 1317-2: nivo zadrževanja N2 ali N1). Uporaba ograj višjih nivojev zadrževanja (nivo H1 ali več) je praviloma zahtevana v primeru postavitve ograj na premostitvenih objektih ter cestah ali odsekih cest z neugodnimi (varnostnimi) značilnostmi (poglavje 4.5.3.1.3).
- ii. Delovna širina varnostne ograje: Delovna širina ali odklon varnostne ograje pomeni, koliko prostora oziroma površine za sabo potrebuje ograja za svoje predvideno delovanje ob naletu vozila, torej kolikšen bo »premik« ograje v prečni smeri glede na os ceste. Prostor, ki je ob cesti na predvidenem mestu postavitve ograje na voljo, lahko v določenih primerih diktira izbiro nivoja zaščite ograje. V primeru, ko je razdalja med ograjo in ščiteno oviro oziroma nevarnim obcestjem relativno velika, se zaradi manj hudih posledic, ki jih ob naletu vozila omogoči deformacija ograje, na primer priporoča uporaba manj togih ograj. Če se nevarna ovira nahaja v neposredni bližini predvidenega mesta ograje, pa je potrebno izbrati togo ograjo brez možnosti odklona oziroma je potrebno manj togo ograjo na določenih mestih ustrezno ojačati (več stebrov, ojačan ščitnik ograje ipd.).

V fazi izbire varnostne ograje je pomembno upoštevati tudi dejstvo, da se lahko večja vozila zaradi njihovega višjega težišča v primeru naleta v ograjo nagnejo, kar zahteva dodaten odmik ograje od ovire oziroma izbor ograje večje učinkovitosti, ustrežnejše oblike in/ali večje višine. Naklon vozila je še posebej relevanten v primeru togih ograj, saj se zanje ne predvideva, da bi v primeru naleta vozila omogočale odklon, poleg tega pa se v nekaterih primerih nanje namešča tudi potencialno nevarna cestna oprema (cestna razsvetljava). Za toge varnostne ograje se tako z željo po preprečitvi potencialnih trčenj večjih vozil (v primeru nagnjenja) z ovirami, ki se nahajajo za ograjami, z izvedbo testnih trčenj ugotavlja poseben parameter – t. i. cona vdora vozila (ang. *zone of intrusion*). Cona vdora vozila (slika 55) predstavlja območje nad in za licem ograje, v katerega lahko poseže vozilo v primeru trka z ograjo. Območje je v največji meri odvisno od profila in višine ograje, sicer pa odvisi tudi od velikosti, hitrosti ter kota naleta vozila.

- iii. Okoliščine na mestu postavitve varnostne ograje: Izbira vrste ograje pogosto odvisi tudi od okoliščin oziroma značilnosti površine obcestja, kjer je predvidena postavitve ograje. V primerih, ko predvideno območje postavitve leži v naklonu, strmejšem od razmerja približno 1:10, se priporoča uporaba manj togih varnostnih ograj (prožnih ali poltogih). Pri naklonu, večjem od razmerja 1:6, uporaba katerekoli vrste ograje praviloma ni dovoljena, razen če je ograja posebej testirana za takšne pogoje.
- iv. Kompatibilnost varnostne ograje – varnostna ograja na premostitvenem objektu: Zaželeno je, da varnostna ograja na premostitvenem objektu skupaj z varnostnimi ograjami, ki se jih namesti pred oziroma za ograjo na objektu, tvori sistemsko celoto, s čimer se tudi omogoči, da ograje učinkovito funkcionirajo kot enoten sistem. V kolikor se predhodnje ograje od ograje na objektu v nivoju zaščite, višini in

karakteristikah v povezavi z delovno širino preveč razlikujejo, je potrebno med ograjami izvesti posebne prehode ograj.



Slika 55: Cona vdora vozila na primeru betonske varnostne ograje (povzeto po [49])

Izbiro varnostnih ograj lahko v določenih situacijah sicer narekujejo tudi dejavniki, kot so stroški življenjskega cikla ograj, vzdrževanje ograj, estetski in okoljski dejavniki ter izkušnje s posamezno vrsto ograj, vendar pa ti ne predstavljajo večjega vpliva na prometno varnost.

4.5.3.1.6 Priporočila za postavitve varnostnih ograj

Varnostne ograje ob zunanjih robovih vozišč

Ko je za izbrano cesto oziroma odsek ceste ugotovljeno, da potrebuje namestitve varnostne ograje, ter je zanjo že izbrana vrsta in tip ograje, je potrebno natančno določiti še postavitve ograje. Med faktorje, ki jih je pri določitvi postavitve ograj potrebno upoštevati, uvrščamo [49]:

- odmik varnostne ograje od roba vozišča in ščitene ovire
- značilnosti terena postavitve
- stopnja ukrivljenosti varnostne ograje
- potrebna dolžina varnostne ograje
- ureditev površine za namestitve zaključnih elementov varnostnih ograj

Odmik varnostne ograje od roba vozišča in ščitene ovire

Kot splošno pravilo velja, da mora biti varnostna ograja postavljena na največji možni oddaljenosti od roba vozišča, pri kateri še lahko nudi zaščito voznikom s svojim pravilnim delovanjem (običajno se ograja postavlja ob robu bankine). Namen takšne postavitve ograj je, da ima voznik v primeru, ko zapelje z vozišča, čim več možnosti, da si povrne kontrolo nad svojim vozilom, brez da bi pri tem prišlo do kakršnegakoli trčenja. Večja oddaljenost ograje od vozišča zagotavlja tudi boljšo preglednost na cesti. [49]

Zaželeno je, da se vsa obcestna oprema zlasti v primerih, kadar je njena postavitve predvidena na daljšem odseku ceste, postavlja na približno konstantni oddaljenosti od

vozišča, saj cesta na ta način vozniku zagotavlja določen nivo pričakovanja, kar pa naj bi onemogočalo morebitne nepredvidene reakcije voznika na te objekte. Najmanjša dovoljena razdalja med licem varnostne ograje in robom vozišča znaša običajno 50 cm. [86]

Pri določitvi odmika ograje od vozišča je priporočeno tudi, da se upošteva odmik izognitve (ang. *shy-line offset*), tj. razdalja v prečni smeri od roba vozišča, pri kateri posamezni objekti (ovire) več ne predstavljajo vpliva na vožnjo (hitrost, prečni položaj vozila). Vrednost odmika izognitve na posamezni cesti določa uporabljena računaska hitrost na cesti – točne vrednosti, kot jih predlaga priročnik RDG [49], so podane v prilogi C (preglednica C1). V kolikor je to izvedljivo, se za varnostne ograje, še posebej v primerih, ko gre za krajše odseke cest, priporoča, da se jih locira na večji oddaljenosti od vozišča, kot znaša odmik izognitve.

Delovna širina varnostne ograje ali njen predviden odklon v primeru trka vozila poleg tega, da v mnogih primerih narekuje izbiro vrste ograje, običajno določa tudi postavitvev oziroma oddaljenost ograje od ovire, pred katero se štiti voznike. V grobem ločimo dve različni situaciji uporabe varnostne ograje, in sicer [49] [86] [115]:

- Situacijo, ko varnostna ograja štiti voznike pred oviro ali objektom: Za preprečitev morebitnega »ujetja« vozila v oviri ob naletu v ograjo je potrebno, da je oddaljenost ograje od ovire večja, kot znaša njena delovna širina oziroma razdalja dinamičnega odklona (ta se določa na podlagi izvedenih testnih trčenj). Pri določitvi odmika ograje od ovire velja upoštevati tudi cono vdora vozila, ki se navezuje na varnost večjih vozil. V primerih, ko zaradi omejenega prostora na obcestju ni mogoče zagotoviti potrebnega odmika, je potrebno zmanjšati delovno širino (manj toge) ograje z ukrepi, kot so izvedba manjših razmikov med stebri ograje, zagotovitev globljega temeljenja stebrov, uporaba večjih stebrov, sidrnih plošč in vmesnih opor ter ojačitev ščitnih elementov, ali pa uporabiti drugo vrsto ograje z večjo togostjo.

Preglednica 6: Delovne širine posameznih vrst varnostnih ograj [49] [86] [115]

Vrsta varnostne ograje	Dinamičen odklon varnostne ograje
Jeklene VO	od 0,6 do 1,5 m
Betonske VO	0 m (1,8 m – začasne VO)
Jeklene kabelne VO	od 1,5 do 4,0 m

- Situacijo, ko varnostna ograja štiti voznike pred nevarnim nasipom: Razdalja med ograjo (koncem stebra ograje) in vrhom nasipne brežine mora biti tolikšna, da teren na mestu postavitve ograje nudi dovoljšnjo podporo stebrom (podporam) ograje ter na ta način zagotavlja ustrezno delovanje ograje. Zadostna vrednost razdalje znaša običajno okoli 0,5 m, sicer pa lahko variira v odvisnosti od naklona brežine, vrste tal, pričakovanih okoliščin naleta, prereza in temeljenja stebrov ograje ter vrste ograje.

Značilnosti terena postavitve

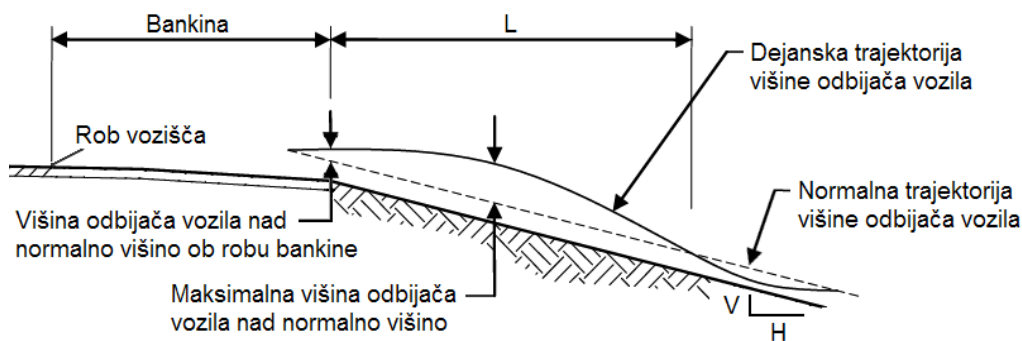
Postavitve varnostne ograje naj bi bila v osnovi določena, da ograja prestreže vozila, ki so v trenutku trka z njo z vsemi pnevmatikami na tleh ter so njihove vzmeti v »standardnem« položaju. Vendar pa različne značilnosti površine med voziščem in ograjo lahko povzročijo, da vozilo ob zapustitvi vozišča preide v nepredviden položaj (izgubi stik s tlemi – vozilo zapelje na ograjo ali jo celo preleti, zaniha – nadvozje vozila se tako približna tlem, da del vozila zadane stebre ograje), kar pa ima lahko ob trku z ograjo za posledico neustrezno

obnašanje ograje. Dve skupini elementov obcestja, ki zahtevata posebno pozornost pred določitvijo postavitve ograje, predstavljajo [49]:

- **Robniki:** Ob naletu vozila v robnik je trajektorija vozila odvisna od vzmetenja vozila, njegove hitrosti in kota naleta ter višine in oblike robnika. Uporaba robnikov v kombinaciji z varnostnimi ograjami na cestah, ki dopuščajo visoke hitrosti, oziroma odsekih, kjer obstaja relativno velika verjetnost trkov pod velikimi koti, v splošnem ni zaželena. V kolikor je njihova uporaba nujna se sicer priporoča, da se uporabijo poševni – povozni robniki, čim manjše višine (do približno 10 cm), ter da se ograjam izboljša učinkovitost (ojačitev, dodatni ščitniki ipd.).

V praksi na podlagi opravljenih testnih trčenj že obstajajo smernice za uporabo določenih oblik robnikov v kombinaciji z določenimi vrstami varnostnih ograj. Smernice običajno določajo odmik posamezne vrste ograje od posamezne oblike robnikov pri hitrosti, ki jo cesta omogoča. Priporočila z dejanskimi vrednostmi, ki jih je izdal AIT [87], so podana v prilogi C (preglednica C2).

- **Nasipne brežine:** Varnostne ograje so v splošnem načrtovane kot tudi testirane za uporabo na ravnem terenu, tj. terenu z naklonom 1:10 ali manj (običajno bankina). Kritičen naklon površine med voziščem in predvidenim mestom postavitve ograje, ki zahteva dodatno proučitev postavitve znaša 1:6. V primeru takega ali strmejšega naklona, v kolikor ni mogoča postavitve ograje ob bankini oziroma ni mogoča izravnava strmega naklona, je namreč zaradi nevarnosti posebnega obnašanja vozila (izguba stika s tlemi, nihanje) ob njegovem morebitnem izhodu na tako površino potrebno ograjo odmakniti od vozišča na dovolj veliko razdaljo, pri kateri naj bi vozilo zopet pridobilo ustrezen položaj za trk z ograjo. [115]



L Minimalna dovoljena oddaljenost varnostne ograje od roba bankine

Naklon brežine [V:H]	Minimalna razdalja L [m]
1:6	6,1
1:4	7,7
1:3	9,2
1:2	9,2

* Razdalja L je določena za trk vozila pod kotom 25° s hitrostjo 100 km/h.

Slika 56: Potreben odmik (L) varnostne ograje v primeru, ko je med voziščem in predvidenim mestom postavitve ograje nasipna brežina v naklonu 1:6 ali več (povzeto po [49])

Stopnja ukrivljenosti varnostne ograje

Varnostno ograjo je moč šteti za ukrivljeno (ang. *flared*), kadar njena os ne poteka popolnoma vzporedno z robom vozišča ceste. Ukrivljene ograje se običajno uporabljajo z

namenom: da se lahko zaključek ograje izvede na večji oddaljenosti od vozišča, da se s postopnim približevanjem ograje vozišču zmanjša verjetnost pojava reakcije voznika na nenadno pojavitev ograje, da se izvede postopen prehod med različnimi vrstami ograj, da se razširi površina, ki jo ima voznik na voljo za vrnitev na vozišče (manjša verjetnost za nastanek prometne nesreče) ali da se nekoliko zmanjša potrebna dolžina ograje. Slabosti ukrivljenih ograj sta sicer večji kot naleta v primeru zleta vozila z vozišča (resnejše posledice trkov) ter večja verjetnost, da bo ograja vozilo po naletu preusmerila nazaj na vozišče. [49]

Stopnje ukrivljenosti varnostnih ograj so določene v odvisnosti od uporabljene računske hitrosti ceste, vrste ograj ter njihovega predvidenega položaja glede na odkim izognitve. Vrednosti stopenj, kot jih predlaga priročnik RDG [49], so podane v prilogi C (preglednica C3).

Potrebna dolžina varnostne ograje

Potrebna dolžina varnostne ograje (ang. *length of need*) je dolžina, ki jo posamezna ograja potrebuje za svoje pravilno delovanje. Potrebno dolžino sestavljajo [92]:

- dolžina približevanja oviri,
- dolžina ovire in
- dolžina oddaljevanja od ovire.

V nadaljevanju je predstavljen postopek za določitev potrebne dolžine varnostne ograje v primeru, ko je ograja predvidena za postavitve na cesti (odseku ceste), ki poteka v premi oziroma krivini z zelo velikim radijem krožnega loka. Določitev potrebne dolžine ograje, ko se le-ta namešča v krivinah cest z manjšimi radiji, je prikazana grafično v prilogi C (C4).

Določitev skupne potrebne dolžine sestoji iz določitve dolžine približevanja oviri, izmere dolžine ovire ter določitve dolžine oddaljevanja od ovire. Določitvi dolžine približevanja in oddaljevanja zahtevata več korakov [49]:

- Določitev dolžine približevanja oviri (slika 57): Najprej je potrebno določiti oziroma izbrati z vidika načrtovanja potrebne dolžine najpomembnejša parametra, in sicer širino območja nevarnosti (L_N) ter dolžino zleta vozila (L_Z). Širina območja nevarnosti je razdalja (v prečni smeri glede na os ceste) med bližnjim robom vozišča in skrajnim koncem ovire ali v primeru nasipne brežine ali ovire, ki se konča zunaj potrebne širine proste cone, med bližnjim robom vozišča in mejo zahtevane širine proste cone (L_P). Dolžina zleta vozila predstavlja razdaljo, ki naj bi jo vozilo v primeru zleta z vozišča prevozilo preden naj bi trčilo v oviro. Omenjena razdalja se meri od najoddaljenejši točke ovire, ki jo vozilo še lahko zadane, do točke na bližnjem smernem vozišču, kjer se predvidi zlet vozila z vozišča. Dolžina zleta se praviloma izbere na podlagi smernic, ki vrednosti dolžine določajo glede na uporabljeno računsko hitrost ceste ter volumen prometa na cesti. Vrednosti so podane v prilogi C (preglednica C5).

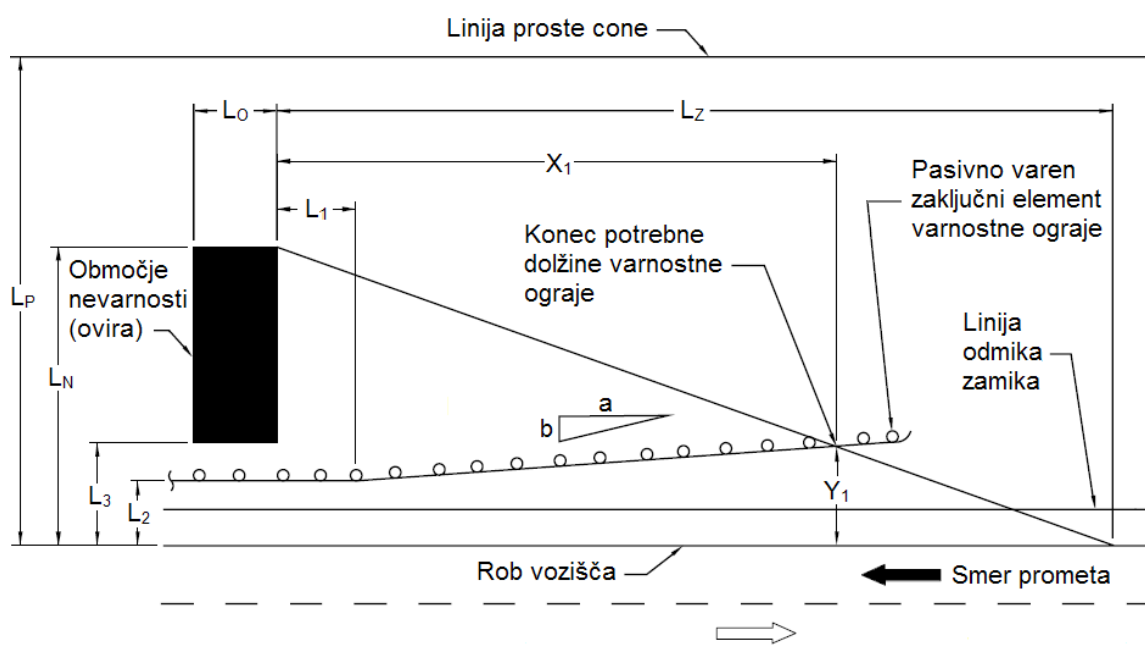
Ko sta parametra L_N in L_Z določena, potrebna dolžina varnostne ograje nadalje odvisi od: predvidene prečne oddaljenosti ograje od bližnjega roba vozišča (L_2), izbrane stopnje ukrivljenosti ograje (a:b) ter predvidene dodatne dolžine tangentnega dela ograje (L_1) (tj. tangentni del varnostne ograje, ki se »doda« tangentnemu delu ograje, ki pokriva dolžino ovire (L_0)).

Po določitvi in izboru vseh navedenih parametrov se potrebna dolžina približevanja oviri (X_1) izračuna po naslednji enačbi:

$$X_1 = \frac{L_N + L_1 \left(\frac{b}{a}\right) - L_2}{\left(\frac{b}{a}\right) + \left(\frac{L_N}{L_Z}\right)} \quad (2)$$

Prečni odmik začetka potrebne dolžine od roba vozišča (Y_1) pa se izračuna:

$$Y_1 = L_N - \frac{L_N}{L_Z} X_1 \quad (3)$$

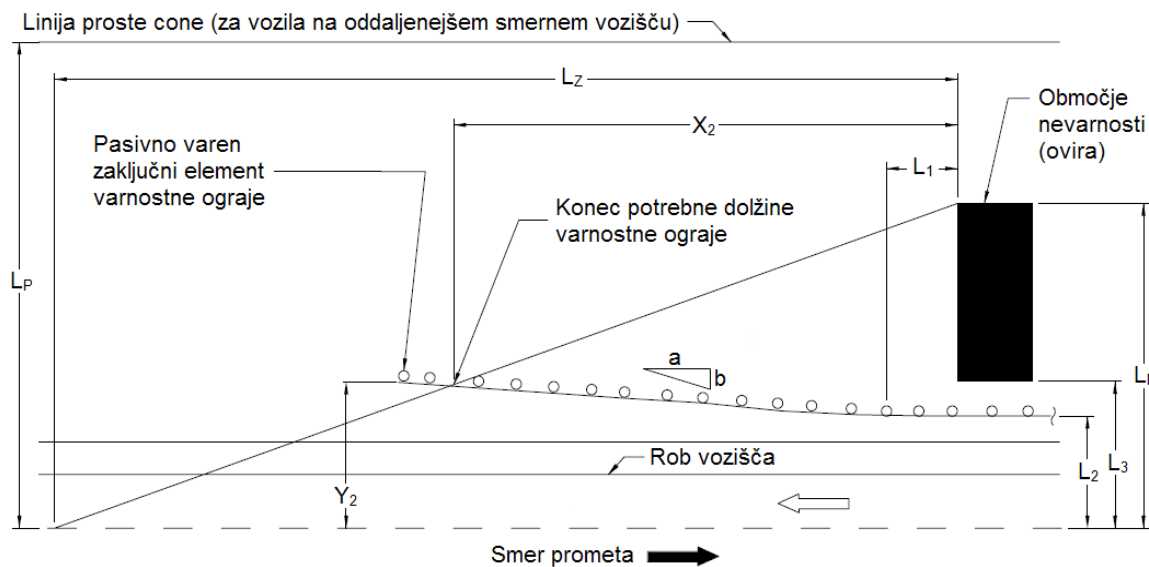


Slika 57: Parametri za določitev potrebne dolžine približevanja oviri (povzeto po [49])

- Določitev dolžine oddaljevanja od ovire (slika 58): Postopek določitve dolžine oddaljevanja od ovire je enak kot v primeru določitve dolžine približevanja oviri. Edina razlika med obema določitvama je ta, da so v primeru določitve dolžine oddaljevanja dolžine parametrov L_P , L_N , L_Z , L_2 , L_3 in Y namesto od bližnjega roba vozišča merjene od sredinske ločilne črte. Enačbi za izračun potrebne dolžine oddaljevanja od ovire (X_2) in prečnega odmika začetka (konca) potrebne dolžine od sredinske ločilne črte (Y_2) ostaneta prav tako enaki:

$$X_2 = \frac{L_N + L_1 \left(\frac{b}{a}\right) - L_2}{\left(\frac{b}{a}\right) + \left(\frac{L_N}{L_Z}\right)} \quad (4)$$

$$Y_2 = L_N - \frac{L_N}{L_Z} X_2 \quad (5)$$



Slika 58: Parametri za določitev potrebne dolžine oddaljevanja od ovire (povzeto po [49])

Skupno potrebno dolžino varnostne ograje (L_{POTR}) dobimo kot vsoto dolžine približevanja oviri (X_1), dolžine ovire (L_0) ter dolžine oddaljevanja od ovire (X_2):

$$L_{POTR} = X_1 + L_0 + X_2 \quad (6)$$

Ureditev površine za namestitev zaključnih elementov varnostnih ograj

Tako kot varnostna ograja tudi njena zaključna elementa za pravilno delovanje v primeru naleta vozila potrebujejo ustrezno urejeno, tj. čvrsto in ravno, podlago. V primerih, kadar je ureditev površine za namestitev zaključkov ograj neizvedljiva oziroma prezahtevna, se priporoča, da se dolžina ograje podaljša do mesta, kjer je mogoča pravilna izvedba zaključka ograje. [49]

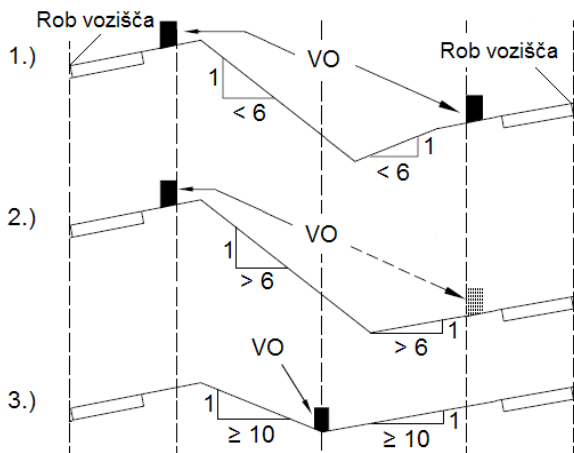
Varnostne ograje med vozišči

Kot najpomembnejši dejavnik, ki ga je pred namestitvijo varnostne ograje med obravnavanima voziščema z namenom po zagotovitvi ustreznega položaja vozila v trenutku morebitnega naleta v ograjo ter posledično pravilnega delovanja ograje potrebno upoštevati, štejemo teren (značilnosti terena) med robom vozišča in predvidenim mestom postavitve ograje. Poleg terena na obnašanje varnostne ograje v primeru naleta pomembno vplivata še dva faktorja, in sicer prisotnost ovire med voziščema ter stopnja ukrivljenosti ograje. [49]

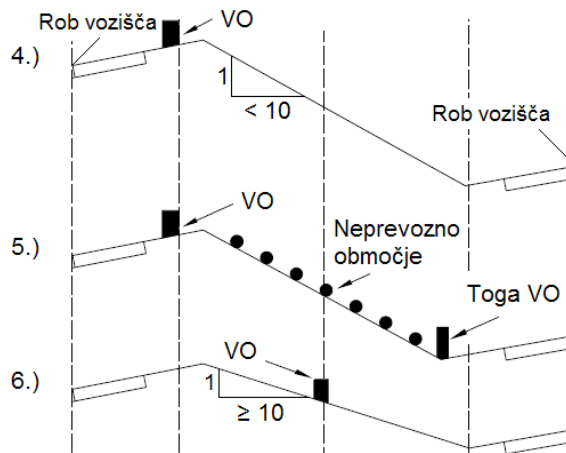
Značilnosti terena

Osrednja skrb, ki jo predstavljajo določene značilnosti terena na območju med posameznim voziščem in varnostno ograjo, je tveganje, da bi vozilo v primeru zapustitve vozišča ograjo zadelo na nepredvidenem mestu (prenizko ali previsoko) ali da bi vozilo ograjo prevozilo oziroma preletelo. Elementi obcestja, ki praviloma najpogosteje zahtevajo posebno pozornost pri določitvi postavitve ograje, so brežine oziroma natančneje njihovi nakloni ter višine. Priporočena mesta postavitve varnostnih ograj za različne prečne profile cest s fizično ločenimi (smernimi) vozišči so prikazana na sliki 59. [49]

I. LOČILNI PAS S CESTNIM JARKOM



II. ZNATNA VIŠINSKA RAZLIKA (> 3 m) MED VOZIŠČEMA:



- 1.: Ena ali obe brežini nista prevozni – varnostna ograja se postavlja ob vozišču, ob katerem brežina ni prevozna.
2.: Obe brežini sta prevozni – varnostna ograja se postavlja ob strmejši brežini.

Slika 59: Primeri različnih prečnih profilov cest (ločena (smerna) vozišča) s priporočenimi mesti postavitve varnostnih ograj (povzeto po [49])

Drugi relativno pogosti elementi obcestja, ki močno vplivajo na trajektorijo vozila v primeru njegove zapustitve vozišča in ki jih obravnavamo kot značilnosti terena, so robniki. Pogoji za namestitev robnikov ob ograjah na ločilnih pasovih se praktično ne razlikujejo od pogojev, ki se upoštevajo v primeru njihove namestitve ob ograjah ob zunanjih robovih vozišč. [49]

Ovire med vozišči

Nevarne ovire na območjih med (smernimi) vozišči najpogosteje ležijo znotraj zahtevane širine prostih con obeh vozišč. Ščitenje voznikov pred oviro se v takih primerih praviloma zagotovi z izvedbo prehoda (na obeh koncih ovire) dvostranske varnostne ograje v dve enostranski ograji, s katerima se »obkroži« oviro. Pomembno pri tem je, da se prehod ograj izvede na dovolj veliki dolžini, torej da sta zamika obeh ograj proti in stran od roba posameznega vozišča izvedena postopno (ograj morata imeti majhno stopnjo ukrivljenosti). V določenih primerih se lahko na obeh prehodih ograj namesti tudi blažilce trkov. [49] [86]

Varnostne ograje na premostitvenih objektih

Zaželeno je, da na premostitvenih objektih elementi vozišča in cestišča ceste – prometni pasovi in bankine nastopajo v enakih zahtevanih širinah kot na preostalih odsekih cest. Vendar pa v mnogih primerih tovrstni objekti slednjega ne omogočajo, kar ima za posledico manjši (zmanjšan) odmik ograje od roba vozišča. V takih primerih je priporočeno, da se pred (za) posamezno varnostno ograjo na objektu namesti dodatna »vhodna« varnostna ograja (ustrezen prehod ograje) z dovolj majhno stopnjo ukrivljenosti. [49]

4.5.3.1.7 Posodobitev varnostnih ograj

Veliko število obstoječih varnostnih ograj ne glede na njihovo vrsto ne izpolnjuje določenih prometno-varnostnih zahtev. Najpogostejši vzrok temu je starost ograj oziroma njihovo načrtovanje pred daljšim časovnim obdobjem. Za zagotovitev primerne delovanja takih

ograj je potrebna njihova posodobitev. Ta lahko zajema odpravo pomanjkljivosti dveh vrst, in sicer [49]:

- Konstrukcijske pomanjkljivosti varnostnih ograj – zastarele varnostne ograje, neustrezni razmiki med stebri ograj, neuporaba določenih elementov ograj (na primer distančnikov), neuporaba oziroma neustrezni zaključni elementi ograj, obrabljeni ali poškodovani ščitniki ograj, oslabljeni stebri ter neustrezno izvedeni prehodi ograj.
- Pomanjkljivosti v zvezi z načrtovanjem in postavitvijo varnostnih ograj – ograje premajhnih ali prevelikih dolžin, ograje z neustreznim nivojem odklona (delovne širine), prenizke ali previsoke ograje, ograje, ki so nepravilno nameščene na primer na strmih brežinah ali za robniki, ter ograje, katerih postavitev ni potrebna.

4.5.3.2 Zaključni elementi in prehodi varnostnih ograj

Priporočila, ki veljajo za načrtovanje zaključnih elementov varnostnih ograj ter prehodov med različnimi vrstami (nivo odklona, material) ograj, so predstavljena med ukrepi za modifikacijo ovir, in sicer v poglavju 4.5.2.6 oziroma 4.5.2.7.

4.5.3.3 Blažilci trkov

Blažilci trkov (ang. *crash cushions* ali *impact attenuators*) so varovalne naprave, katerih namen na cesti je, da prestrežejo vozila pred trki v nevarne ovire ter na ta način omilijo posledice neizogibnih nalezov. Tovrstne naprave slednje dosežejo na način, da v primeru čelnega nalezov vozila vanje vozilo postopoma in kontrolirano zaustavijo (močno upočasnijo), v primeru nalezov s strani pa vozilo preusmerijo stran od nevarne ovire (velja le za določene vrste naprav). Postavitev blažilcev trkov je največkrat upravičena na mestih, kjer nevarnih ovir (objektov) ni mogoče odstraniti, premestiti ali jih preoblikovati v pasivno varne ter kjer jih ni mogoče ščititi z uporabo varnostnih ograj (izvozne rampe, zaključki varnostnih ograj ipd.).

Prednostna lastnost blažilcev trkov je njihova sposobnost postopne absorpcije kinetične energije vozila v nalezu, tj. zmožnost kontroliranega zmanjševanja hitrosti vozila do njegove zaustavitve oziroma upočasnitve na relativno kratki razdalji na način, da obstaja zelo majhna verjetnost pojavitve hujših poškodb potnikov v vozilu. Blažilci trkov slednje omogočajo s svojim delovanjem na podlagi enega izmed naslednjih dveh principov (ob vsakem nalezu vozila blažilci trkov dejansko delujejo na podlagi obeh principov, vendar jih delimo glede na to, kateri princip je ob delovanju bolj »izrazit«) [49]:

- Princip ohranitve energije (ang. *work-energy principle*): Delovanje blažilcev trkov na podlagi principa ohranitve energije zajema zmanjšanje kinetične energije vozila v nalezu do vrednosti 0, tj. da se vozilo po trku popolnoma ustavi. Kinetična energija vozila se ob njegovem zaustavljanju ob blažilcu pretvarja v druge oblike energije – v največjem obsegu v deformacijsko (deformacija blažilca kot tudi vozila) ter notranjo (toplotno) energijo. Za dosego tovrstnega delovanja se v blažilcih trkov lahko uporabljajo sestavni deli iz različnih materialov. Ti so lahko plastično ali elastično deformabilni. V praksi obstaja že kar precejšnje število različnih vrst blažilcev trkov z značilnimi sistemi delovanja. Vsem je sicer skupno, da za svoje pravilno delovanje potrebujejo togo podpiranje oziroma vpetje.
- Princip ohranitve gibalne količine (ang. *conservation of momentum principle*): Delovanje blažilcev trkov, ki temelji na podlagi principa ohranitve gibalne količine, obsega zmanjšanje kinetične energije vozila v nalezu kot posledico prenosa gibalne

količine vozila na postavljen blažilce (blažilce). Blažilci za takšen način delovanja potrebujejo zadostno maso, ne potrebujejo pa dodatnega podpiranja. Delovanje po opisanem principu teoretično sicer ne omogoča popolne zaustavitve vozila po zaporednih trčenjih v blažilce, vendar pa praviloma zagotavlja upočasnitev vozila do te mere (približno 15 km/h), da njegov trk z oviro ni več nevaren.

Blažilci trkov, ki delujejo po principu ohranitve energije

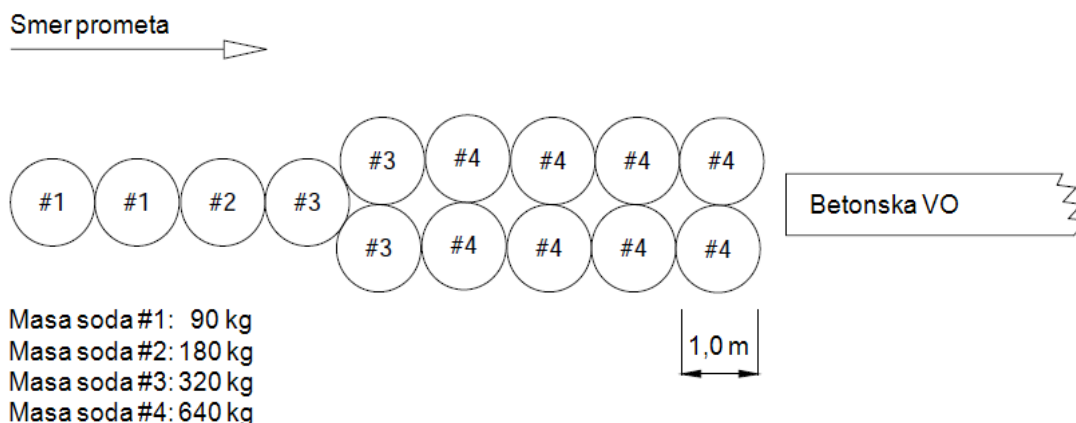
Blažilce trkov, katerih delovanje predvideva zmanjšanje hitrosti vozila v pretežni meri na račun deformacije blažilca, v največjem obsegu predstavljajo blažilci, ki jih gradijo različni jekleni sistemi. V to skupino sicer spadajo še blažilci, ki za svoje delovanje uporabljajo druge sestavne elemente: na primer polietilenske ali elastomerne elemente, elemente napolnjene z vodo, elemente iz perlitnega betona ipd. Blažilci, ki delujejo po principu ohranitve energije, se med seboj ločijo tudi glede na načrtovano smer delovanja – enosmerni (primerni za namestitvev na mestih, kjer promet poteka v eno smer) ter dvosmerni (primerni za namestitvev na mestih, kjer poteka promet v obe smeri) blažilci, ter glede na zmožnost preusmeritve vozila v primeru naleta s strani – blažilci z ali brez te zmožnosti. Tovrstne naprave je moč deliti tudi še na podlagi značilnosti njihovega vzdrževanja oziroma vzdrževanja njihovih sestavnih elementov. Ločimo blažilce (sestavne dele) za enkratno in večkratno uporabo ter blažilce, ki zahtevajo minimalno vzdrževanje. [49]



Slika 60: Blažilec trkov z jeklenim sistemom (levo), polietilenskimi cilindri (v sredini) in moduli iz perlitnega betona (desno) [49]

Blažilci trkov, ki delujejo po principu ohranitve gibalne količine

Blažilce trkov, ki za svoje delovanje izkoriščajo princip prenosa gibalne količine vozila na njihovo masivno sestavo, predstavljajo skupki postavljenih plastičnih sodov, ki so napolnjeni s peskom. Plastični sodi se pojavljajo v različnih oblikah, višinah in masah (masa peska), pred ovirami pa se postavljajo v različnih točno določenih številih in postavitvah. [49]



Slika 61: Možna postavitvev plastičnih sodov (napoljenih s peskom) različnih mas (povzeto po [49])

5 IZBOLJŠANJE PROMETNE VARNOSTI CESTE R1-212 UNEC–ŽLEBIČ

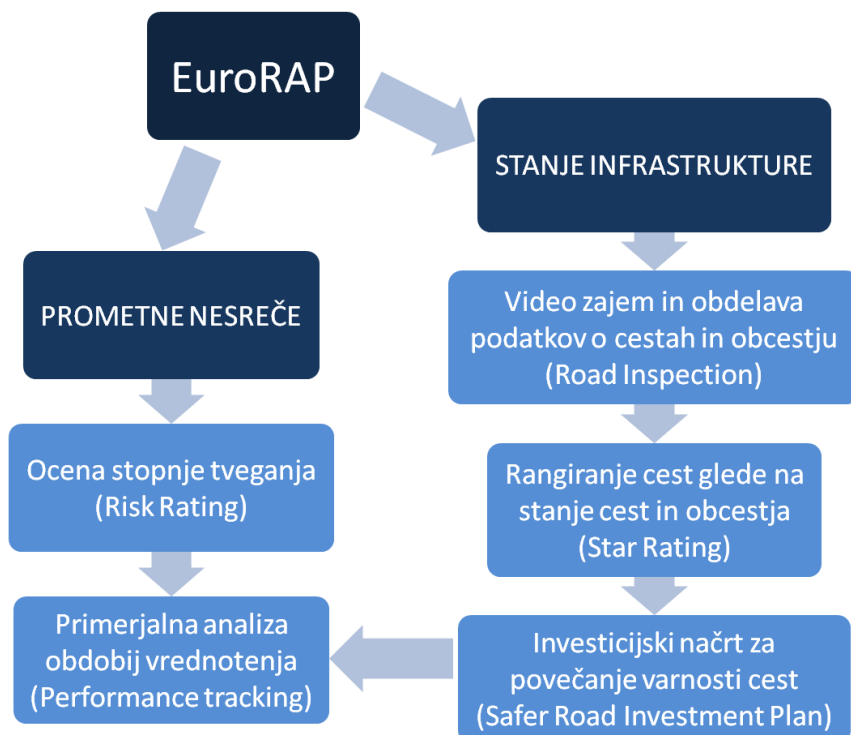
Z željo po izboljšanju prometne varnosti cest je v tekočem poglavju (poglavje 5) diplomske naloge predstavljena uporaba teoretičnih osnov na praktičnem primeru. V prvem podpoglavju je na kratko predstavljen evropski program oziroma metodologija za vrednotenje varnosti cest EuroRAP s poudarkom na dveh protokolih, na podlagi rezultatov katerih je bila cesta Unec–Žlebič tudi izbrana za obravnavo. Omenjenemu delu sledi predstavitev splošnih značilnosti ter ponazoritev prometne varnosti izbrane ceste. Na podlagi opravljene prometno varnostne analize ceste so v nadaljevanju v osrednjih poglavjih predstavljeni še najbolj nevarni odseki in križišča ceste oziroma njihove glavne varnostne pomanjkljivosti ter predlogi (proti)ukrepov za izboljšanje njihove varnosti v smislu konceptov predvidljivih cest in cest, ki odpuščajo napake voznikov.

5.1 Metodologija EuroRAP

EuroRAP je evropski neodvisen program ocene varnosti cest, ki ga je ustanovila mednarodna neprofitna organizacija, katere člani so avto klubi, pristojni državni organi in institucije, nacionalni in regionalni upravljavci cestnega omrežja, znanstveno raziskovalni inštituti in strokovnjaki različnih strok, ki se srečujejo in delujejo v okviru vsebin prometne varnosti na cestah. Program kaže način in metode, tehnične ukrepe in potrebna finančna sredstva, s katerimi je moč zagotoviti bolj varne ceste, tj. ceste, ki lahko oprostijo napake voznikov ter preprečijo hude posledice, ki se odrazijo v telesnih poškodbah, smrti ali večji materialni škodi. [117]

Program ali metodologija EuroRAP temelji na štirih protokolih, ki skupaj zagotavljajo dosledno vrednotenje varnosti cest, služijo kot pomoč pri prepoznavanju in razumevanju glavnih virov tveganja na cestah ter navajajo prednostne naloge za izboljšanje varnosti celotnih cestnih omrežij [118]:

- Ocena stopnje tveganja cest (ang. *Risk Rating*): Ocena stopnje tveganja na osnovi uporabe podatkov o prometnih nesrečah, prometnih obremenitvah in podatkov o cestah predstavlja rangiranje cest (pet kategorij) glede na stopnjo tveganja za nastanek prometne nesreče s hudo poškodovanimi ali mrtvimi udeleženci.
- Primerjalna analiza obdobja vrednotenja (ang. *Performance Tracking*): Na podlagi zbranih podatkov iz več zaporedno izdanih kart tveganj primerjalna analiza omogoča prepoznavo spremembe trenda gibanja števila najhujših prometnih nesreč na obravnavanih cestah oziroma cestnih omrežjih skozi čas ter prepoznavo najučinkovitejših (proti)ukrepov za zmanjševanje števila prometnih nesreč.
- Rangiranje cest glede na stanje cest in obcestja (ang. *Star Rating*): Rangiranje cest glede na stanje cest in obcestja temelji na podatkih, pridobljenih preko pregleda ceste, ter opredeljenih dejavnikih tveganja cestne infrastrukture. Ceste ali cestne odseke se na osnovi ugotovljenih atributov ceste in obcestja razvršča v pet varnostnih kategorij (odsekom se dodeljuje od ene do pet zvezdic).
- Investicijski načrt za povečanje varnosti cest (ang. *Safer Road Investment Plan*): Za ceste ali odseke cest, za katere je na podlagi njihovega rangiranja glede na stanje ceste in obcestja ugotovljeno, da predstavljajo previsoko tveganje za prometne udeležence, se izdelava investicijski načrt, s katerim se določi stroškovno učinkovite načine (proti)ukrepe za odpravo pomanjkljivosti ceste.



Slika 62: Shema delovanja programa EuroRAP (povzeto po [117])

Izmed navedenih protokolov se v metodologiji EuroRAP za prikazovanje stopenj varnosti cestnega omrežja uporabljata protokola ocena stopnje tveganja cest in rangiranje cest glede na stanje cest in občestja. V njunem sklopu se izdelajo značilne karte ocene varnosti cest. [119]

Ocena stopnje tveganja cest

Na osnovi analize podatkov o prometnih nesrečah, podatkov o cestah in odsekih cestnega omrežja ter podatkov o prometnih obremenitvah protokol ocena stopnje tveganja omogoča (s kartiranjem) prikaz [120]:

- prometnih nesreč na prevožene km vozil na odseku (karte stopnje tveganja),
- prometnih nesreč na km cestnega odseka,
- tveganja za prometnega udeleženca na cesti glede na povprečno tveganje na primerljivih odsekih,
- ekonomskega potenciala za zmanjšanje števila prometnih nesreč na odseku.

Najbolj uveljavljeno obliko prikazovanja tveganja predstavljajo karte stopnje tveganja. Karte stopnje tveganja prikazujejo rangiranje cestnega omrežja glede na število prometnih nesreč z mrtvimi in hudo poškodovanimi udeleženci na prevožen km vozila na odseku. Izdelane so na osnovi (uradnih) podatkov o številu prometnih nesreč z mrtvimi in težko poškodovanimi udeleženci in podatkov o prometnih obremenitvah v triletnem obdobju ter podatkov o omrežju cest. [119]

Stopnja tveganja cestnega odseka se določi po naslednjih enačbah [121]:

$$RVST = \frac{\text{Št. H in S prom. nesr.}}{\text{Milijarda prevoženih km vozil}} \quad (7)$$

$$\text{Miliarda prevoženih km vozil} = \frac{L_o * PLDP * 365 * \text{Št. let ocen. obdb.}}{10^9} \quad (8)$$

kjer je:

- RVST računska vrednost stopnje tveganja
- Št. H in S prom. nesr. število vseh prometnih nesreč s hudo poškodovanimi ali mrtvimi udeleženci na obravnavanem odseku
- L_o [km] dolžina cestnega odseka
- PLDP povprečen letni dnevni promet na odseku
- Št. let ocen. obdb. število let ocenjevalnega obdobja (tri leta)

Glede na izračunano vrednost se odsek rangira v enega od petih razredov – preglednica 7 (mejne vrednosti so podane za ocenjevalno obdobje treh let):

Preglednica 7: Stopnje tveganja z mejnimi računskimi vrednostmi stopenj tveganja [121]

Stopnja tveganja	Stopnja prometnih nesreč s smrtnim izidom/prevožen km vozil	Faktor lestvice	Prilagojene mejne računске vrednosti stopnje tveganja (RVST)
NIZKA	0 - < 2,4	F_L	0 - < $2,4 * F_L$
NIZKA - SREDNJA	2,4 - < 9,7	F_L	$2,4 * F_L$ - < $9,7 * F_L$
SREDNJA	9,7 - < 16,7	F_L	$9,7 * F_L$ - < $16,7 * F_L$
SREDNJA - VISOKA	16,7 - < 28,4	F_L	$16,7 * F_L$ - < $28,4 * F_L$
VISOKA	> 28,4	F_L	> $28,4 * F_L$

$$F_L = \frac{\text{Št. H in S prom. nesr.}}{\text{Št. S prom. nesr.}} \quad (9)$$

kjer je:

- Št. H in S prom. nesr. število vseh prometnih nesreč s hudo poškodovanimi ali mrtvimi udeleženci na celotnem cestnem omrežju
- Št. S prom. nesr. število vseh prometnih nesreč z mrtvimi udeleženci na celotnem cestnem omrežju

Rangiranje cest glede na stanje cest in obcestja

V sklopu protokola rangiranje cest glede na stanje cest in obcestja se z uporabo podatkov o atributih ceste in obcestja, ki so pridobljeni preko pregleda ceste (ang. *Road Inspection*) (analiza videoposnetka ali ocenjevanje med vožnjo), ter upoštevanjem opredeljenih dejavnikov tveganja cestne infrastrukture izdelajo karte rangiranja cest. Te prikazujejo verjetnost nastanka prometnih nesreč na cesti ter stopnjo varnosti udeležencev v primeru nesreče (zmožnost ceste za varovanje udeleženca pred hudo poškodbo ali smrtjo). [117] [119]

Rangiranje cest poteka na podlagi vrednotenja cest oziroma cestnih odsekov z od ene do pet zvezdic (ena zvezdica – zelo slabo stanje, pet zvezdic – zelo dobro stanje). Računska vrednost varnosti odseka (RVV) se določi po naslednjih enačbah [117] [122]:

$$RVV = \sum RVNPN \quad (10)$$

$$RVNPN = \text{Verjetnost} * \text{Resnost} * v_{pot} * \text{Prom. tok} * \text{Prevoz. obm. med vozišč.} \quad (11)$$

kjer je:

- RVNPN računska vrednost nevarnosti prometne nesreče (glede na tip nesreče: zlet vozila z vozišča, čelno trčenje, nesreča v križišču in na dovozu)
- Verjetnost atributi ceste (obcestja) z dejavniki tveganja, ki vplivajo na verjetnost za nastanek prometne nesreče
- Resnost atributi ceste (obcestja) z dejavniki tveganja, ki vplivajo na resnost prometne nesreče
- v_{pot} potovalna hitrost z dejavniki tveganja, ki vplivajo na stopnjo tveganja za nastanek prometne nesreče
- Prom. tok prometni tok z dejavniki tveganja, ki vplivajo na tveganje, da bo posameznik udeležen v prometni nesreči (funkcija vpliva drugega uporabnika ceste)
- Prevoz. obm. med vozišč. prevoznost območja med voziščema z dejavniki tveganja, ki vplivajo na verjetnost, da bo vozilo zapeljalo na nasprotno smerno vozišče

Glede na izračuno vrednost varnosti se cesto (odsek) rangira v enega od petih razredov:

Preglednica 8: Razredi varnosti [123]

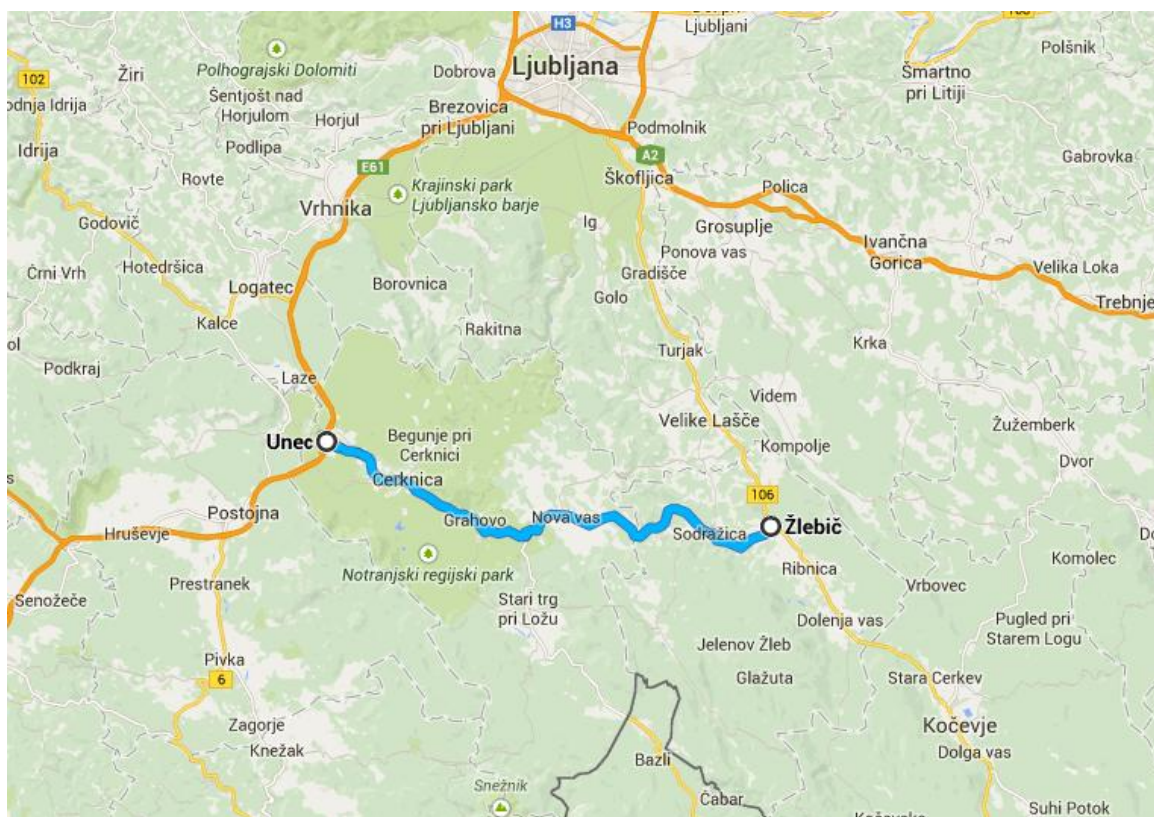
Razred varnosti	Mejne računske vrednosti varnosti (RVV)
5 ☆☆☆☆☆	0 - < 2,5
4 ☆☆☆☆	2,5 - < 5
3 ☆☆☆	5 - < 12,5
2 ☆☆	12,5 - < 22,5
1 ☆	> 22,5

5.2 Splošne značilnosti ceste Unec–Žlebič

Cesta Unec–Žlebič leži v južnem delu Slovenije, na območju Notranjske in Osrednjeslovenske regije, kjer pretežno v smeri zahod-vzhod povezuje AC A1 Koper–Ljubljana (Unec) z glavno cesto G2 106 Ljubljana–Kočevje (Žlebič) (slika 63). Kategorizirana je kot državna regionalna cesta I. reda – oznaka R1-212, kar pomeni da z njo upravlja Direkcija Republike Slovenije za ceste.

Cesta Unec–Žlebič med seboj povezuje središča lokalnega pomena, kot so Rakek, Cerknica, Nova vas in Sodražica, kar ji na podlagi delitve cest glede na funkcijo daje oznako zbirna cesta. Sestavlja jo šest odsekov, ki skupaj v dolžino merijo 40,72 km. Dolžina ceste, ki poteka zunaj naselij oziroma po obrobju naselij, kjer se ne uporabljajo pravila vožnje v naselju, znaša 28,40 km. Glede na podatke o volummu prometa obravnavana cesta v splošnem ne velja za prometno preobremenjeno (regionalne ceste: PLDP < 10 000 vozil/dan). Prometne obremenitve so sicer relativno visoke na odsekih ceste v bližini avtocestnega priključka Unec. Podatki o dolžini posameznih odsekov ter prometnih

obremenitvah na njih (podatki se uporabljajo v sklopu metodologije EuroRAP) so prikazani v preglednici 9. [124] [125]



Slika 63: Cesta Unec–Žlebič na zemljevidu Slovenije

Preglednica 9: Dolžina in prometna obremenitev na odsekih ceste Unec–Žlebič (podatki o prometnih obremenitvah so podani za leto 2013) [125] [124]

Številka odseka	Potek ceste in odseka	Dolžina odseka [km]	PLDP (vsa vozila)
1115	PRIKLJUČEK UNEC–UNEC	0,78	9300
1116	UNEC–RAKEK	2,16	7422
1117	RAKEK–CERKNICA	3,98	8546
1118	CERKNICA–BLOŠKA POLICA	10,85	4816
1119	BLOŠKA POLICA–SODRAŽICA	17,18	2579
1120	SODRAŽICA–ŽLEBIČ	5,77	2594

5.3 Prometna varnost ceste Unec–Žlebič

5.3.1 Prometne nezgode

Prometno varnost ceste Unec–Žlebič je mogoče opredeliti s statističnimi podatki o prometnih nesrečah. Uradni statistični podatki o prometnih nezgodah (RS Ministrstvo za notranje zadeve, Policija) za obravnavano cesto za izbrano obdobje petih let – 2009-2013 so zbrani v preglednici 10. Podatki so urejeni glede na vrsto nezgod v smislu poškodb udeležencev nezgod ter glede na lociranost nezgod v povezavi s potekom ceste v prostoru. [126]

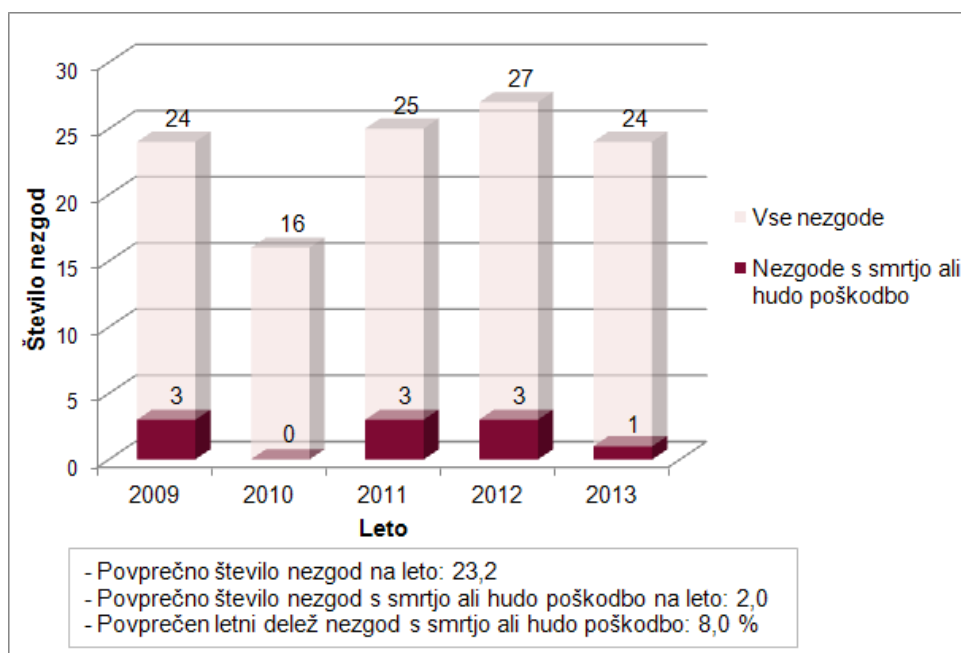
Preglednica 10: Število prometnih nesreč na cesti Unec–Žlebič v obdobju 2009-2013 glede na vrsto poškodb udeležencev in potek ceste v prostoru [126]

Vrsta nezgod	Število nezgod	
	Število vseh nezgod	
	Število nezgod zunaj naselij	Število nezgod v naseljih
Vse nezgode	148	
	116 (78 %)	32 (22 %)
Nezgode s smrtjo ali hudo poškodbo	12	
	10 (83 %)	2 (17 %)
Nezgode z lahko, sledjo ali brez poškodbe	136	
	106 (78 %)	30 (22 %)

Podatki o številu nezgod s smrtjo ali hudo poškodbo iz preglednice 10 pojasnjujejo, da so odseki ceste, ki potekajo zunaj naselij, v skladu z znanim dejstvom bolj nevarni od odsekov znotraj naselij. Večje število najhujših nesreč na tovrstnih odsekih je sicer resda deloma posledica tega, da cesta v približno 2/3 deležu poteka izven naselij, vendar pa gre glavne vzroke za to vendarle iskati v drugih dejavnikih. Če upoštevamo podatke, ki jih podaja preglednica 11, lahko kot temeljne razloge za večje tveganje za nastanek nezgode s hudimi posledicami na odsekih zunaj naselij predpostavimo napake voznikov v kombinaciji z visokimi hitrostmi vozil in neustreznimi ureditvami ceste.

Preglednica 11: Število prometnih nezgod s smrtjo ali hudo poškodbo na cesti Unec–Žlebič na odsekih zunaj naselij v obdobju 2009-2013 glede na vzrok nezgode [126]

Vzrok nezgode	Število nezgod s smrtjo ali hudo poškodbo
Nepriilagojena hitrost	3
Nepravilno prehitevanje	2
Nepravilna stran/smer vožnje	2
Premiki z vozilom	1
Ostalo	2
Skupaj	10



Slika 64: Diagram nezgod na cesti Unec–Žlebič na odsekih zunaj naselij v obdobju 2009-2013

... nadaljevanje preglednice 13

Podskrajnik–Cerknica	0.77**	197
Cerknica–Martinjak	0.52	129
Martinjak–Grahovo	0.43	23
Grahovo–Bločice	0.60	103
Bločice–Bloška polica	0.47	57
Bloška Polica–Nova vas	0.17	3
Nova vas–Podklanec	0.44	95
Podklanec–Žimarice*	0.93	581
Žimarice–Sodražica	0.48	12
Sodražica–Zamostec	1.35	12
Zamostec–Vinice	0.61	5
Vinice–Žlebič*	0.86	591

* Odsek zajema tudi del ceste, ki poteka med prometnima znakoma ime naselja in kjer ne veljajo pravila vožnje v naselju

** Visoka stopnja prometnih nesreč je posledica lociranosti problematičnega križišča na odseku

Poleg varnostno problematičnih odsekov se na cesti Unec–Žlebič zunaj naselij nahajata tudi dve manj varni križišči. Križišči, v območju katerih (60 m pred in za središčem križišča) se je v obravnavanem obdobju 2009-2013 zgodilo največ prometnih nezgod, sta:

Preglednica 14: Problematicni križišči na območju zunaj naselij ceste Unec–Žlebič s številom nezgod v križišču

Križišče	Število vseh nezgod
Odsek Podskrajnik–Cerknica, križišče cest Unec–Žlebič Rakitna–Cerknica	6
Odsek Nova vas–Podklanec, križišče cest Unec–Žlebič in lokalne ceste do naselja Studenec	3

Lokacije vseh prometnih nezgod, ki so se zgodile na odsekih ceste Unec–Žlebič zunaj naselij v obdobju 2009-2012 (zemljevid prometnih nezgod za leto 2013 še ne obstaja), so prikazane na zemljevidu v prilogi D.

5.3.2 Stopnja tveganja ceste Unec–Žlebič

V sklopu projekta SENSOR (South East Neighbourhood Safe Routes project), tj. s strani EU podprtega programa ocenjevanja in rangiranja cest glede na stanje cest in obcestja ter glede na stopnjo tveganja prometnih nesreč, v okviru katerega je bilo analiziranih tudi več kot 6.500 km slovenskih državnih cest, je bilo za cesto Unec–Žlebič ugotovljeno, da na svoji celotni dolžini predstavlja voznikom v povprečju nizko do srednje tveganje za nastanek nesreče s smrtjo ali hudo poškodbo. Ocena stopnje tveganja ceste je bila določena na podlagi podatkov o prometnih nesrečah s hudo poškodovanimi ali mrtvimi udeleženci in podatkov o prometnih obremenitvah na cesti v obdobju od leta 2010 do 2012 ter na podlagi podatkov o dolžini ceste (enačbi (7) in (8)). Izračunana stopnja uvršča obravnavano cesto med tretjino slovenskih regionalnih cest I. reda z najnižjimi stopnjami tveganj. [117] [128]



Slika 65: Cesta Unec–Žlebič (212) na karti stopenj tveganja slovenskih cest (povzeto po [128])

5.3.3 Rangiranje ceste Unec–Žlebič glede na stanje ceste in obcestja

V okviru že omenjenega evropskega projekta SENSor je bila cesta oziroma posamezni odseki ceste Unec–Žlebič glede na stanje ceste in obcestja ovrednotena z zvezdicami, kot to prikazujeta preglednica 15 in slika 66. Varnost posameznih odsekov je bila opredeljena na podlagi obdelave video posnetkov pregleda ceste, ki se je izvajal v obdobju 2013-2014. [125]



Slika 66: Odseki ceste Unec–Žlebič na karti rangiranja slovenskih cest glede na (povprečno) stanje ceste in obcestja (povzeto po [36])

Preglednica 15: Dolžina in deleži ceste Unec–Žlebič (v in zunaj naselja) posameznega stanja ceste in obcestja [125]

Razred varnosti	Dolžina ceste (delež celotne dolžine ceste)
5 ☆☆☆☆☆	- (-)
4 ☆☆☆☆	2,44 km (6%)
3 ☆☆☆	17,92 km (44 %)
2 ☆☆	13,44 km (33 %)
1 ☆	6,92 km (17 %)
	$\Sigma = 40,72$ km

Iz preglednice 15 je razvidno, da je z najslabšima možnima ocenama stanja ceste in obcestja ovrednotena polovica dolžine ceste. Povprečne ocene stanj (glede na prevladujočo dolžino odseka posameznega razreda varnosti) posameznih odsekov zunaj naselij so [129]:

- ena zvezdica: Odsek Unec–Rakek, Rakek–Podskrajnik, Grahovo–Bločice, Bločice–Bloška Polica,
- dve zvezdici: Odsek Priključek Unec–Unec, Martinjak–Grahovo, Bloška Polica–Nova vas, Nova vas–Podklanec, Zamostec–Vinice,
- tri zvezdice: Podskrajnik–Cerknica, Cerknica–Martinjak, Podklanec–Žimarice, Žimarice–Sodražica, Sodražica–Zamostec, Vinice–Žlebič.

5.4 Pomanjkljivosti najbolj nevarnih odsekov in križišč ceste Unec–Žlebič in predlogi ukrepov za zagotovitev njihove predvidljive in odpuščajoče ureditve

Najbolj nevarni odseki (4) ceste Unec–Žlebič, ki ležijo na območjih zunaj naselij, so bili določeni na podlagi upoštevanja rangiranja odsekov glede na stanje ceste in obcestja (poglavje 5.3.3) ter na podlagi upoštevanja stopnje prometnih nesreč na milijon prevoženih kilometrov vozil na odsekih in teže posledic nesreč (poglavje 5.3.1) za obdobje 2009-2013. Izmed najslabše ocenjenih odsekov glede na stanje ceste in obcestja so bili izbrani trije odseki, na katerih je izpostavljenost voznikov nevarnosti največja (PLDP, dolžina odseka). Dodaten odsek je bil izbran na podlagi visoke vrednosti stopnje prometnih nezgod na milijon prevoženih kilometrov vozil in teže posledic nezgod. Zaradi posplošene (enotne) ocene stopnje tveganja za nastanek nezgode s hudo poškodbo ali smrtjo za celotno dolžino ceste rezultati te analize pri določitvi nevarnosti odsekov niso bili upoštevani (poglavje 5.3.2). Na podlagi predstavljenih kriterijev so bili izbrani naslednji odseki:

- Unec–Rakek, kriterij: stanje ceste in obcestja ena zvezdica,
- Rakek–Podskrajnik, kriterij: stanje ceste in obcestja ena zvezdica,
- Grahovo–Bločice, kriterij: stanje ceste in obcestja ena zvezdica,
- Podklanec–Žimarice, kriterij: druga najvišja stopnja prometnih nezgod (0,93) in resnosti nezgod (581),

Poleg nevarnih odsekov ceste sta bili za obravnavo izbrani tudi dve najbolj nevarni križišči, ki sta locirani na odsekih zunaj naselij (poglavje 5.3.1). Kriterij za izbiro križišč je bilo število vseh prometnih nezgod, ki so se zgodile v območju križišča (60 m pred in za središčem križišča) v obdobju 2009-2013. Izbrani križišči sta:

- Križišče cest Unec–Žlebič in Rakitna–Cerknica (odsek Podskrajnik–Cerknica), kriterij: sedem prometnih nezgod,
- Križišče cest Unec–Žlebič in lokalne ceste do naselja Studenec (odsek Nova vas–Podklanec), kriterij: tri prometne nezgode.

Najnevarnejši izbrani odseki in križišči so v naslednjih poglavjih obravnavani ločeno v dveh delih. Najprej so predstavljene glavne varnostne pomanjkljivosti in slabosti posameznega odseka oziroma križišča (pomanjkljivosti in slabosti so bile določene na podlagi upoštevanja rezultatov vrednotenja stanja ceste in obcestja projekta SENSOR ter osebnih izkušenj in lastnih meritev). Pomanjkljivosti so označene na ortofoto karti odseka (križišča), nekatere izmed njih pa so prikazane tudi na fotografijah s terena. Predstavljenim pomanjkljivostim sledijo predlogi tehničnih (proti)ukrepov za izboljšanje oziroma odpravo pomanjkljivosti.

Predlagani ukrepi se navezujejo na izboljšanje varnosti odsekov (križišč) v skladu s konceptoma predvidljivih cest – posamezni »predvidljivi« tehnični ukrepi in cest, ki odpuščajo napake voznikov.

5.4.1 Odsek Unec–Rakek

Značilnosti odseka Unec (UNC)–Rakek (RKK), ki poteka na območju zunaj naselij:

- je del odseka z oznako 1116 Unec-Rakek,
- dolžina odseka: 1,10 km (začetek stacionaže: 1116 km 0,0+250, konec: 1116 km 1,0+350),
- povprečna stopnja tveganja za nastanek prometne nesreče s smrtjo ali hudo poškodbo: nizka-srednja,
- povprečno stanje ceste in obcestja: 1 zvezdica,
- prometne nesreče na odseku med letoma 2009 in 2013:
 - število nesreč: 6: 4 B, 2 L,
 - vzroki nesreč: nepravilno prehitevanje (2), nepravilna stran/smer vožnje (2), neprilagojena hitrost, ostalo.

Pomanjkljivosti odseka – nepredvidljiva in neodpuščajoča ureditev (slika 67):

- a. na desni strani ceste (v smeri naraščanja stacionaže) gosto locirani cestni priključki do stanovanjskih objektov, 7 priključkov znotraj dolžine ceste 160 m,
- b. na desni strani ceste (med cestnimi priključki) širina proste cone (\check{s}_{pc}) 1,5-2,0 m: jarek, nakloni nasipne in vkopne brežine (n_{nvb}) 1:1-1:2, globina jarka (g_j) 1,0 m, širina dna (\check{s}_d) 0,5-1,0 m, na mestih priključkov (pomanjkljivosti a in d1) nevarni zaključki vzdolžnih prepustov, skupna dolžina (l_{sk}) 250 m, največjo nevarnost voznikom predstavljajo zaključki prepustov,
- c. na desni strani ceste med cestnimi priključki za vkopno brežino jarka posamezna drevesa premera (d) ≥ 15 cm, $l_{sk} = 200$ m,
- d. na desni strani ceste cestni priključek do dostopne ceste (d1) in javne poti (d2):
 - d1: na priključku ovirana preglednost v smeri proti RKK, dolžina pregledne razdalje (l_{pr}) 90-100 m, preglednost ovira drevored (e),
 - d2: slabo opazen priključek iz obeh smeri, na priključku ovirana preglednost v smeri proti RKK, $l_{pr} = 70$ m, preglednost ovira drevored (e),
- e. na desni strani ceste $\check{s}_{pc} = 1,0$ -2,0 m: drevored ($d \geq 0,5$ m), $l = 750$ m,
- f. na desni strani ceste $\check{s}_{pc} = 2,5$ m: drogovi cestne razsvetljave ($d \geq 15$ cm, medsebojna oddaljenost (l_d) 30 m) in betonski spomenik ($\check{s} = 1,0$ m), $l_{sk} = 110$ m,
- g. na levi strani ceste $\check{s}_{pc} = 1,5$ -2,0 m: jarek, $n_{nvb} = 1:1$ -1:3, g_j (višina nasipne brežine – v_{nb}) = 1,0-2,0 m, $\check{s}_d = 0,5$ m, na mestih priključkov nevarni zaključki vzdolžnih prepustov (na sliki 67 označeni kot pomanjkljivost h in s simboli X), $l_{sk} = 1,1$ km, najnevarnejši deli jarka (nevarna lociranost, velika globina jarka) so na sliki 67 označeni z izrazitejšo barvo,
- h. na levi strani ceste gosto locirani cestni priključki do javnih poti (8 priključkov znotraj dolžine ceste 530 m), namenjenih predvsem kmetijskim vozilom,
- i. delno ovirana prehitevalna preglednost na odseku 1 (začetek odseka Z1: stacionaža km 0,0+780, konec odseka K1: km 1,0): na nekaterih mestih odseka $l_{pr} < 170$ m, preglednost ovira drevored (e) na notranji strani krivine, na odseku 1 so se v obdobju 2009-2013 zgodile 4 prometne nezgode (2 s poškodbo), katerih vzrok je bilo nepravilno prehitevanje oziroma nepravilna stran/smer vožnje.



Slika 67: Odsek Unec–Rakek: I.: pomanjkljivosti a, b, c, II.: d1, e, g in III.: i

Predlogi ukrepov za odpravo pomanjkljivosti a., b. in c.:

- Premaknitev meje naselja Unec v smeri naraščanja stacionaže do zadnjega stanovanjskega objekta (200 m): S premaknitvijo meje naselja in s tem omejitve hitrosti 50 km/h bi se na območju cestnih priključkov do stanovanjskih objektov močno zmanjšalo tveganje za pojavitev nesreče ob morebitnem nepravilnem vključevanju voznikov v promet kot tudi tveganje za nastanek resnejših posledic ob nesreči. Zaradi bistveno nižjih hitrosti, ki bi jih vozila dosegala na novo označenem območju, tudi del nevarnega obcestja b (jarek in vzdolžni prepusti) in c (vegetacija), ki bi ležal znotraj območja naselja, ne bi več nujno potreboval preureditve.
- Zmanjšanje naklonov brežin ($n_{nb} \leq 1:3$, $n_{vb} \leq 1:2$) jarka ter podaljšanje zaključkov vzdolžnih prepustov in izvedba prečnih brežin (naklon $\leq 1:6$) na njihovih mestih (zunaj območja nove meje naselja): Pretežno ravninska topografija terena na območju obcestja (zunaj nove meje naselja) v obravnavanem primeru dopušča izvedbo sprememb naklonov brežin. Za odpravo glavne nevarnosti jarka je potrebno prevoznost zagotoviti tudi zaključkom prepusta (d1) (zaradi manjše oddaljenosti prepusta od voznega pasu, ki je namenjen vožnji v smeri proti RKK, je potrebno zagotoviti, da je prevozen vsaj zaključek prepusta, ki je usmerjen proti UNC).
- Odstranitev nevarne vegetacije (zunaj območja nove meje naselja): V kolikor se zagotovi prevoznost jarka, je potrebno prevoznost zagotoviti tudi območju, ki se nahaja za jarkom, tj. območju, kjer stojijo posamezna nevarna drevesa. Zaradi že omenjenega ravninskega terena na območju obravnavanega obcestja (prevoznost) se priporoča, da se ovire odstrani.

Predloga ukrepov za odpravo pomanjkljivosti d.:

- d1: Odstranitev drevoreda v dolžini vsaj 50 m – osem dreves (od priključka v smeri proti RKK) in/ali namestitvev prometnega ogledala na nasprotni strani priključka: Z odstranitvijo drevoreda v dolžini nekaj 10 m bi se pregledna razdalja povečala za več 20 m. Za zagotovitev boljše preglednosti na priključku, tudi v primeru, če odstranitev dreves ne bi bila izvedljiva, se priporoča namestitvev prometnega ogledala.
- d2: ukinitvev cestnega priključka: Ukinitvev priključka bi bila smiselna predvsem zaradi dveh dejstev, in sicer, ker bi zagotovitev boljše preglednosti na priključku zahtevala odstranitev velikega števila dreves ter ker se javna pot, do katere vodi obravnavan priključek, že priključuje na dostopno cesto, katere priključek (d1) pa je od obravnavanega oddaljen zgolj 200 m na cesti (v smeri proti UNC).

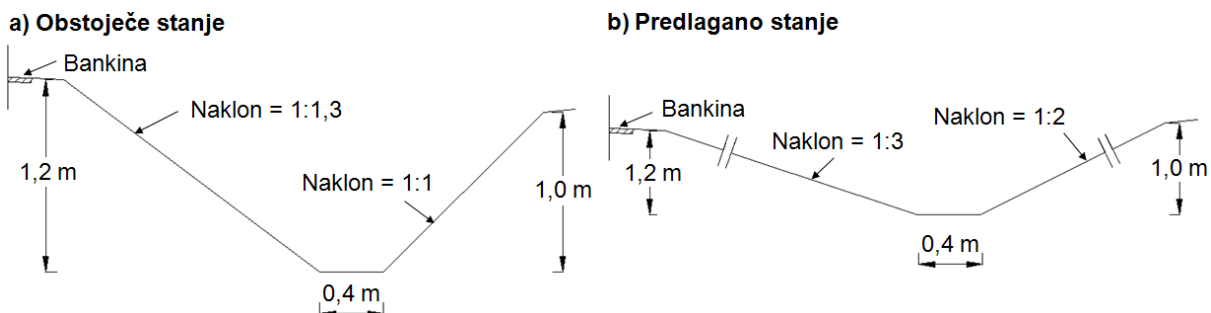
Predlog ukrepa za odpravo pomanjkljivosti e. in f.:

- Postavitev jeklenih varnostnih ograj: Glede na to, da je bila postavitev drevoreda načrtovana, njegova odstranitev kljub temu, da le-ta predstavlja najoptimalnejšo rešitev (stroški, varnost – prevozno območje za drevesi), po vsej verjetnosti ne bi bila mogoča. S postavitvijo ograj bi se voznike poleg pred morebitnimi trčenji v drevesa zaščitilo tudi pred naleti v drogove cestne razsvetljave oziroma betonski spomenik. Pri postavitvi varnostnih ograj je zaradi majhne oddaljenosti ovir od vozišča potrebna previdnost, da se zagotovi zadosten odklon ograje od vozišča kot tudi od ovir.

Predlogi ukrepov za odpravo pomanjkljivosti g. in h.:

- Zmanjšanje naklonov brežin ($n_{nb} \leq 1:3$, $n_{vb} \leq 1:2$) jarka (zunaj območja nove meje naselja – predlogi ukrepov za odpravo pomanjkljivosti a.): Ravninska topografija

terena na območju obcestja (kmetijske površine) ne predstavlja večjih težav za izvedbo brežin v blažjih naklonih, poleg tega pa predstavlja tudi široko prevozno območje. Pri preureditvi jarka bi bilo smiselno preveriti, ali je ustrezno odvodnjavanje vode s cestišča moč zagotoviti tudi z manjšo globino ($\leq 1,0$ m) jarka.



Slika 68: Obstoječe (a) in predlagano (b) stanje nevarnega jarka

- Zmanjšanje števila cestnih priključkov (in vzdolžnih prepustov): Osem cestnih priključkov na razdalji 530 m (pred vhomom v naselje Rakek) predstavlja za regionalno cesto I. reda relativno visoko gostoto priključkov. Glede na to, da se obstoječi priključki že povezujejo z javno potjo, ki poteka vzporedno z obravnavano cesto, se lahko ohrani zgolj en priključek.
- Podaljšanje zaključkov vzdolžnih prepustov in izvedba prečnih brežin (naklon $\leq 1:6$): V kolikor prevoznosti ni moč zagotoviti vsem zaključkom prepustov, je zaželeno, da se le-ta zagotovi vsaj tistim zaključkom, ki so usmerjeni proti RKK. Na zaključkih s premerom cevi, ki ne omogoča prevoznosti, je potrebno namestiti tudi prečne rešetke.

Predloga ukrepov za odpravo pomanjkljivosti i.:

- Odstranitev dreves na notranji strani krivine: Z odstranitvijo nekaj dreves bi se dolžina pregledne razdalje povečala za več kot 200 m, ali
- Vzpostavitev prepovedi prehitevanja vozil z neprekinjeno/dvojno kombinirano ločilno črto za vozila iz smeri UNC od Z1 do TK1 in za vozila iz smeri RKK od K1 do TK1.

Dodatni predlog ukrepa:

- Na vhomu v naselje Rakek (na voznem pasu iz smeri UNC) izvedba barvne vozne površine in namestitvev označb v vzorcu zob morskega psa: Zaradi pretežno ravnega (neukrivljenega) odseka, ki voznikom ob približevanju naselju Rakek omogoča relativno visoke hitrosti kot tudi priložnosti za prehitevanja, obstaja nevarnost, da vozniki do območja, v katerem se nahaja veliko število nemotoriziranih prometnih udeležencev, ne zmanjšajo dovolj svojih hitrosti (50 m od vhomu v naselje se nahaja prehod za pešce). Z barvno vozno površino in vzorcem označb v obliki zob morskega psa naj bi bilo moč doseči, da vozniki ob približevanju prehodu prej opazijo spremembo na cesti ter da postanejo bolj pozorni na dogajanje v prometu. Kot rezultat tega bi bilo mogoče pričakovati nižje hitrosti vozil na tem območju.

5.4.2 Odsek Rakek–Podskrajnik

Značilnosti odseka Rakek (RKK)–Podskrajnik (PDS), ki poteka na območju med naseljema:

- je del odseka z oznako 1117 Rakek–Cerknica,

- dolžina odseka: 1,47 km (začetek stacionaže: 1117 km 1,0+230, konec: 1117 km 2,0+700),
- povprečna stopnja tveganja za nastanek prometne nesreče s smrtjo ali hudo poškodbo: nizka-srednja,
- povprečno stanje ceste in obcestja: 1 zvezdica,
- prometne nesreče na odseku med letoma 2009 in 2013:
 - število nesreč: 13: 9 B, 4 L,
 - vzroki nesreč: neprilagojena hitrost (4), nepravilna stran/smer vožnje (2), nepravilno prehitovanje, neupoštevanje pravil o prednosti, neustrezna varnostna razdalja, premiki z vozilom, nepravilnosti v tovoru, ostalo (2).

Pomanjkljivosti odseka – nepredvidljiva in neodpuščajoča ureditev (slika 69):

- a. na desni strani ceste (v smeri naraščanja stacionaže) neustrezna postavitev jeklenih varnostnih ograj: nezadostna dolžina varnostnih ograj (nekaj 10 m, strani ograj s premajhno dolžino so na sliki 69 označene s simbolom X) in/ali premajhen odmik ograj od dreves (odmik lica ograje od ovire od 0 do 1,0 m, na sliki 69 ograje označene s simbolom O), dolžine ograj (v nadaljevanju l_{vo}) 160, 120, 70, 60 in 4 m,
- b. na desni strani ceste $\check{s}_{pc} = 1,0-5,0$ m: drevesa ($d \geq 15$ cm), $l_{sk} = 550$ m, najbolj nevarno locirana drevesa so na sliki 69 označena z izrazitejšo barvo,
- c. na levi strani ceste $\check{s}_{pc} = 1,0-2,0$ m: krajši pasovi ($l = 50-70$ m) nevarnih jarkov, $n_{nvb} = 1:1-1:2$, $g_j = 1,0$ m, $\check{s}_d = 0,5$ m, $l_{sk} = 250$ m, vzdolž celotne dolžine odseka betonski vtočni jaški, $v = 40-100$ cm, $l_d = 100-250$ m, najnevarnejši jarek je na sliki 69 poudarjen,
- d. na levi strani ceste $\check{s}_{pc} = 1,0-2,0$ m: vkopna brežina, $n_{vb} = 2:1-1:2$, $v_{vb} = 1,0-2,5$ m, na nekaterih mestih prisotne nevarnine (grbine, skale) in nevarna drevesa ($d \geq 15$ cm), $l_{sk} = 1,2$ km, najbolj nevarni odseki (skalovja, majhna oddaljenost od vozišča) so na sliki 69 označeni z izrazitejšo barvo,
- e. v območju križišča, na obeh straneh ceste $\check{s}_{pc} = 1,5-2,5$ m: drogovi cestne razsvetljave ($d \geq 15$ cm, $l_d = 30$ m), nekateri s previsoko betonsko temeljno čašo ($v > 10$ cm), $l_{sk} = 150$ m,
- f. manj pogoste manjše poškodbe vozišča, na posameznih mestih premajhna širina bankine: manjše linijske razpoke med smernima voziščema, odkrušeni robovi vozišča na notranji strani posameznih krivin, krajši odseki z zelo ozko bankino ($\check{s} < 20$ cm).

Predloga ukrepov za odpravo pomanjkljivosti a.:

- Premestitev obstoječih varnostnih ograj bližje robu vozišča in zmanjšanje njihove delovne širine: Idealno rešitev bi predstavljala odstranitev dreves, vendar pa bi bil tak ukrep zaradi načrtne postavitve dreves težko izvedljiv. Za preprečitev morebitnega ujetja oziroma trčenja vozila v drevo (preko ograje) bi bilo potrebno ograje premestiti na minimalno dovoljeno oddaljenost od vozišča, na mestih, kjer je odmik ograj od ovir premajhen, pa ograje ustrezno ojačati (manjši razmik med stebri, uporaba večjih stebrov, uporaba ograj večje togosti).
- Povečanje dolžine obstoječih varnostnih ograj: Pri načrtovanju postavitve ograj je vedno potrebno upoštevati dolžino zleta vozila z vozišča. Z namestitvijo novih oziroma podaljšanjem obstoječih ograj bi bilo moč zagotoviti, da varnostne ograje zaščitijo voznike pred nevarnim obcestjem tudi v primeru, če voznik z vozilom zapusti vozišče ceste že več metrov pred ograjo.



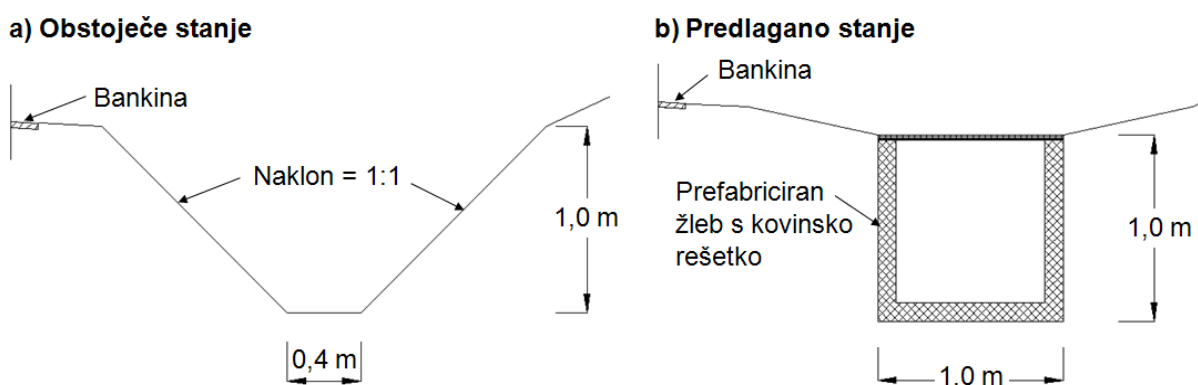
Slika 69: Odsek Rakek–Podskrajnik: I.: pomanjkljivost a, b, II.: d, e, III.: c, IV.: b, f

Predloga ukrepov za odpravo pomanjkljivosti b.:

- Odstranitev nevarnih ovir: Odstranitve so najbolj nujno potrebne tiste nevarne ovire, ki se nahajajo tik ob vozišču (oddaljenost od vozišča $< 1,5$ m).
- Postavitev jeklenih varnostnih ograj: Zaradi neprevozne površine oziroma prisotnosti dodatnih ovir (strme brežine, gradbeni materiali) za vegetacijo je kot najustreznejšo rešitev pravzaprav moč šteti namestitve ograj pred nevarne ovire. Pri načrtovanju izbire in postavitve posameznih ograj je pomembno, da se upošteva potreben odmik ograje od vozišča in ovire ter da se izpolni zahteve glede potrebne dolžine ograj.

Predloga ukrepov za odpravo pomanjkljivosti c.:

- Zmanjšanje naklonov brežin jarkov ($n_{nb} \leq 1:3$, $n_{vb} \leq 1:2$) in oblikovanje prevoznih vtočnih jaškov: Zmanjšanje naklonov brežin bi bilo ustrezno v primeru jarkov, ob katerih vkopne brežine ne nastopajo v velikih višinah ($\leq 1,0$ m). Nevarnim vtočnim jaškom se prevoznost zagotovi z različnimi betonskimi elementi »povoznih« oblik.
- Prekritje jarkov s kanaletami ali prefabriciranimi žlebovi s prekrivnimi elementi: Jarkom, katerih preoblikovanje ne bi bilo izvedljivo (morebiten prevelik poseg v prostor), se prevoznost lahko zagotovi z namestitvijo omenjenih naprav.



Slika 70: Obstoječe (a) in predlagano (b) stanje nevarnih jarkov

Predlog ukrepa za odpravo pomanjkljivosti d.:

- Odprava večjih neravnin in/ali ovir na površini vkopnih brežin ali zaščita voznikov s postavitvijo varnostnih ograj: Namestitve varnostnih ograj po celotni dolžini odseka je stroškovno težko upravičljiva. Optimalnejšo rešitev predstavlja odprava najbolj nevarnih neravnin in/ali ovir na površini brežin in/ali namestitve varnostnih ograj na odsekih, kjer je oddaljenost brežine od vozišča zelo majhna ($< 1,5$ m) oziroma kjer je površina brežin najbolj nevarna ($n_{vb} < 1:1$, skalovje).

Predlog ukrepa za odpravo pomanjkljivosti e.:

- Nadomestitev obstoječih drogov cestne razsvetljave z drogovi z zmožnostjo prelomljenja: Drogove, za katerimi je površina prevozna, je zaželeno, da se nadomesti z drogovi z nizko ali brez absorpcije energije, drogove, za katerimi se nahaja nevarno območje, pa z drogovi z visoko absorpcijo energije. V vseh drogovih potekajo električni vodi, zato je potrebno v nogah drogov vgraditi tudi električne odklopnike.

Predlog ukrepa za odpravo pomanjkljivosti f.:

- Popravilo poškodb na vozišču in ureditev bankin (vzdrževanje).

Dodatni predlog ukrepa:

- Namestitev robnih črt na obeh straneh vozišča na 600 m dolgem odseku pred naseljem Podskrajnik (od stacionaže km 2,0+100) (na ostalem odseku so robne črte že nameščene) ter namestitev sredinskih ločilnih ropotnih črt v krivinah vzdolž celotnega odseka: Namen izvedbe robnih črt je, da te voznikom nakazujejo potek ceste ter s tem omogočajo pravilnejšo vožnjo voznikov. Z izvedbo ločilnih ropotnih črt naj bi bilo možno vplivati, da se vozniki zaradi hrupa in vibracij, ki jih ustvarja vožnja preko ropotnih črt, na mestih, kjer uporaba nasprotnega smernega vozišča ni dovoljena, ne bi približevali ločilni črti oziroma je prečkali.

5.4.3 Odsek Grahovo–Bločice

Značilnosti odseka Grahovo (GRH)–Bločice (BLO), ki se nahaja na območju med naseljema:

- je del odseka z oznako 1118 Cerknica–Bloška Polica,
- dolžina odseka: 2,39 km (začetek stacionaže: 1118 km 6,0+820, konec: 1118 km 9,0+210),
- povprečna stopnja tveganja za nastanek prometne nesreče s smrtjo ali hudo poškodbo: nizka-srednja,
- povprečno stanje ceste in obcestja: 1 zvezdica,
- prometne nesreče na odseku med letoma 2009 in 2013:
 - število nesreč: 13: 8 B, 4 L, 1 H (vzrok nepravilna stran/smer vožnje),
 - vzroki nesreč: nepravilna stran/smer vožnje (8), neprilagojena hitrost (3), ostalo (2).

Pomanjkljivosti odseka – nepredvidljiva in neodpuščajoča ureditev (slika 71):

- a. na desni strani ceste (v smeri naraščanja stacionaže) $\dot{s}_{pc} = 0$ m: pločnik ($\dot{s} = 1,5$ m, nepovozni robniki $v = 10$ cm), ob pločniku drogovi cestne razsvetljave ($d \geq 15$ cm, $l_d = 40$ m), $l_{sk} = 350$ m, ob koncu pločnika relativno nevarno lociran prehod za pešce – na temenu konveksne zaokrožitve (sicer zaznamovan s svetlobnim prometnim znakom »prehod za pešce«), dodatno slabost odseka predstavljajo zaradi nekoliko ovirane vertikalne preglednosti nevarna prehitevanja,
- b. na desni strani ceste $\dot{s}_{pc} = 1,5-4,0$ m: drevesa ($d \geq 15$ cm) in neravnine (grbine, skalovja), vzdolž vozišča se menjavata nasipna in vkopna brežina (na sliki 71 označeni z N in V), $n_{nb} = 1:4-1,5:1$, $v_{nb} = 1,0-3,0$ m, $n_{vb} = 1:4-1:1$, $v_{vb} = 1,0-1,5$ m, $l_{sk} = 1,0$ km, najnevarnejši odseki (strme in visoke nasipne brežine, majhna oddaljenost ovir od vozišča in/ali lociranost ovir na zunanji strani krivin) so na sliki 71 poudarjeni,
- c. na desni strani ceste neustrezna postavitev jeklenih varnostnih ograj: nezadostna dolžina ograj (nekaj 10 m, strani ograj s premajhno dolžino so na sliki 71 označene s simbolom X) in premajhen odmik ograje od obcestja (odmik stebrov ograje od roba nevarne brežine $< 0,2$ m, na sliki 71 ograja označena s simbolom O), med/za ograjami oziroma zaključki ograj se nahajajo pasovi nevarnega obcestja ($b, l = 20-40$ m), priključek $d1$ in nevaren prečni prepust ($v = 1,0$ m, oddaljenost od vozišča 1,0 m, na sliki 71 označen s simbolom •), $l_{vo} = 70, 80, 60, 20, 40, 30, 40$ in 90 m,
- d. na desni strani ceste cestna priključka do stanovanjskih in turističnih objektov $d1, d2$:
 - $d1$: neustrezna lociranost – na zunanji strani ostre krivine 1,
 - $d2$: priključek vodi do enopasovne poti, ki iz smeri obravnavane ceste poteka v strmem padcu ($s \approx -8\%$), na poti je iz smeri objektov ovirana vertikalna

- preglednost, preglednost ovira konveksna zaokrožitev nivelete poti, $l_{pr} \leq 25$ m,
- e. na levi strani ceste $\check{s}_{pc} = 2,0-3,0$ m: objekt in drevo ($d = 30$ cm),
 - f. na levi strani ceste $\check{s}_{pc} = 0,5-2,0$ m: vkopna brežina, $n_{vb} = 1:2-2:1$, $v_{vb} = 1,0-5,0$ m, vrhovi brežin poraščeni z vegetacijo, $l_{sk} = 1,6$ km, na posameznih mestih na notranji strani krivin (iz smeri BLO) ovirana horizontalna preglednost, najbolj nevarni odseki (najmanjša oddaljenost ovir od vozišča, lociranost ovir na zunanji strani krivin, skalovja in/ali večje neravnine) so na sliki 71 označeni z izrazitejšo barvo,
 - g. manjša širina vozišča $\check{s} = 5,0$ m, $l = 1,8$ km: otežena srečevanja (večjih) vozil, zlasti v krivinah odseka,
 - h. srednje pogoste manjše poškodbe vozišča in bankin: največ poškodb je na odseku, kjer ima vozišče manjšo širino – zaradi majhne širine vozišča je zlasti na notranjih straneh krivin asfaltna površina precej uničena (odkrušeni robovi), na teh mestih se pogosto pojavlja tudi velika višinska razlika med vozno površino in bankino,
 - i. krivine 1, 2 in 3:
 - o krivina 1 (iz smeri GRH) in 2 (iz smeri BLO): slaba opaznost ostrine krivine,
 - o krivina 3 (iz smeri BLO): pomanjkljivo opozarjanje voznikov na približevanje ostremu zavoju oziroma več zavojem,

krivina 1 in 3 predstavljata voznikom nevarnost predvsem zaradi svoje lociranosti na odseku, ki sledi pretežno ravnemu (neukrivljenemu) delu ceste, krivina 2 velja za nevarno zlasti zaradi majhega radija krožnega loka ($R = 60$ m), dodatno slabost pa predstavlja še padec nivelete ($s \approx -3$ %) v smeri proti krivini, obstoječa prometna signalizacija v krivinah (iz problematičnih smeri):

- o krivina 1: pred krivino prometna znaka »spolzko vozišče« in »dvojni ovinek ali več zaporednih ovinkov, prvi na levo«, ter znak »omejitev hitrosti 40 km/h«, v krivini znak »tabla za usmerjanje«,
- o krivina 2: pred krivino prometna znaka »spolzko vozišče« in »dvojni ovinek ali več zaporednih ovinkov, prvi na desno«, ter znak »omejitev hitrosti 40 km/h«, v krivini znaki »tabla za usmerjanje«,
- o krivina 3: v krivini znaki »tabla za usmerjanje«.

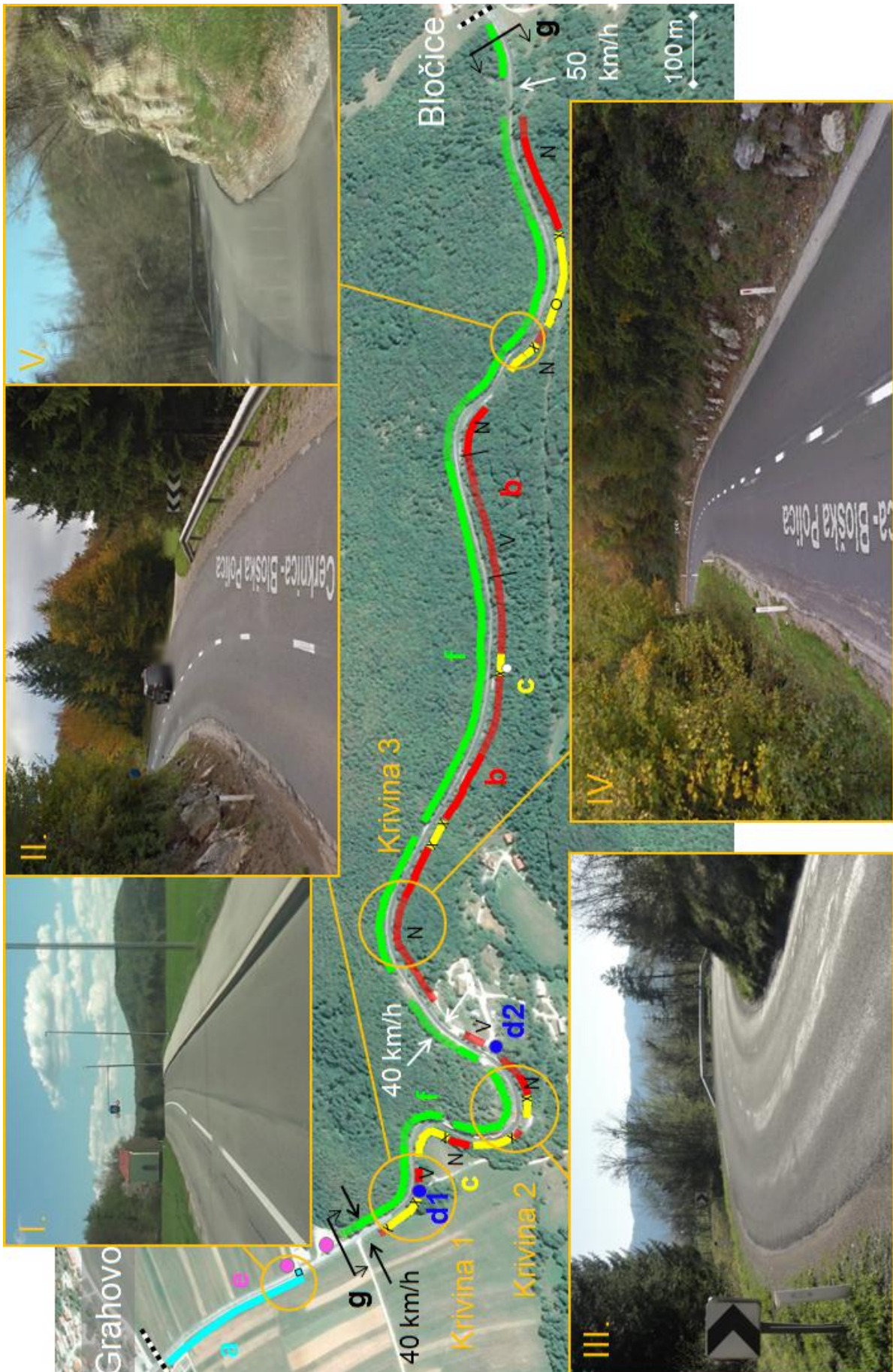
v 3 krivinah in na odsekih med njimi (stacionaža od km 7,0+450 do km 8,0+100) se je v obdobju 2009-2013 zgodilo 9 prometnih nesreč (3 s poškodbo), v 7 primerih je bila vzrok nesreče bodisi neprilagojena hitrost, bodisi nepravilna stran/smer vožnje (na omenjenem odseku je vprašljiva tudi odpornost vozne površine proti drsenju).

Predlog ukrepa za odpravo pomanjkljivosti a.:

- Vzpostavitev omejitve hitrosti 70 km/h na celotni dolžini odseka a.: Z omejitvijo hitrosti na 70 km/h bi se na obravnavanem odseku močno zmanjšalo tveganje za pojavitev prometnih nesreč (zlet vozila z vozišča, čelno trčenje – prehitavanje, povozitev pešca) kot tudi tveganje za nastanek hudih posledic ob morebitnih nezgodah.

Predlogi ukrepov za odpravo pomanjkljivosti b.:

- Odstranitev najbolj nevarnih ovir:
- Zmanjšanje naklonov brežin ($n_{nb} \leq 1:3$, $n_{vb} \leq 1:2$) in odprava neravnin: Preoblikovanje brežin in njihovih površin bi bilo smiselno v primeru tistih brežin, ki za zagotavljanje prevozne površine potrebujejo le manjše posege (brežine manjših višin ($< 1,5$ m)).
- Postavitev jeklenih varnostnih ograj: V primeru, ko odstranitev ovir ali preoblikovanje brežin ni izvedljivo oziroma zahteva prevelik poseg v prostor, se priporoča namestitve ograj. Ograje bi bilo nujno potrebno namestiti pred najbolj nevarno obcestje.



Slika 71: Odsek Grahovo–Bločice: I.: pomanjkljivosti a,e, II.: b,c, d1, f, h, i, III.: b, c, f, i, IV.: b, f, i, V.: f

Predlog ukrepa za odpravo pomanjkljivosti c.:

- Povečanje dolžine obstoječih varnostnih ograj: Na odsekih, kjer se med/za zaključki ograj nahaja nevarno obcestje v dolžini nekaj 10 m, najustreznejšo rešitev predstavlja namestitev dodatne ograje oziroma združenje ograj. Pri načrtovanju postavitve ograj je ključnega pomena upoštevanje dolžine zleta vozila.
- Premestitev varnostne ograje bližje robu vozišča ali zmanjšanje delovne širine ograje z ojačitvijo – manjši razmik med stebri ograje, uporaba večjih stebrov ali sidrnih plošč.

Predloga ukrepov za odpravo pomanjkljivosti d.:

- Ukinitev cestnega priključka d1: Priključek je potrebno ukiniti zaradi povečane nevarnosti, da vozilo ob zapustitvi vozišča v krivini trči (zleti) v nevarno obcestje. Ukinitev priključka ne bi bila problematična, saj se na oddaljenosti 30 m od priključka na isto cesto navezuje drug priključek (ta bi sicer potreboval manjšo preureditev – razširitev).
- Vzpostavitev prepovedi vključevanja vozil na cesto Unec–Žlebič iz priključka d2: Priključek naj bi služil le izključevanju vozil iz obravnavane ceste. Za vključevanje na cesto Unec–Žlebič lahko vozila uporabljajo priključek, ki se na isto pot navezuje 60 m od problematičnega priključka.

Predlog ukrepa za odpravo pomanjkljivosti e.:

- Postavitev jeklenih varnostnih ograj pred objekt in odstranitev drevesa: Za preprečitev naleta vozila v objekt se priporoča, da se pred objekt, vsaj iz smeri BLO (manjša oddaljenost objekta od voznega pasu, ki je namenjen vožnji v smeri proti GRH), namesti varnostne ograje. Drevo na obcestju nastopa kot individualna ovira, zato njegova odstranitev ne predstavlja problematike.

Predloga ukrepov za odpravo pomanjkljivosti f.:

- Povečanje širine proste cone s posegom v vkopno brežino: Razširitev proste cone bi bila zaželena praktično na celotni dolžini problematičnega odseka. Razširitev je nujno potrebna na mestih, kjer se vkopna brežina oziroma skalovja nahajajo tik ob vozni površini (oddaljenost od vozišča 0,5-1,5 m, notranja in zunanja stran krivin).
- Namestitev jeklenih ali betonskih varnostnih ograj: Na odsekih, kjer bi bil poseg v vkopno brežino prezahteven ali stroškovno neizvedljiv, bi bilo potrebno namestiti varnostne ograje. Betonske varnostne ograje se lahko namesti na mestih, kjer zaradi premajhne oddaljenosti vozišča od brežine ni mogoča postavitev jeklenih ograj.

Predlog ukrepa za odpravo pomanjkljivosti g. in h.:

- Razširitev vozišča (0,5-1,0 m) ali izvedba tlakovanih bankin, popravilo robov vozišča in/ali vzdrževanje bankin: Razširitev vozišča bi bila zaželena praktično na celotnem odseku, katerega vozišče ima zmanjšano širino. Povečanja širine so najbolj potrebne krivine, kjer zlasti večja vozila za premagovanje zavojev uporabljajo bankine oziroma nasprotni vozni pas. Na omenjenih mestih bi bila namesto razširitve vozišča sicer smiselna tudi izvedba tlakovanih bankin, s katerimi bi se preprečilo uničevanje robov in nastajanje višinskih razlik med voziščem in bankino.

Predlogi ukrepov za odpravo pomanjkljivosti i.:

- Krivina 1 (iz smeri GRH): Povečanje opaznosti obstoječih prometnih znakov z obrobo

ali ozadjem iz svetlobno odsevnega materiala ter namestitvev dodatnih znakov »tabla za usmerjanje« in po možnosti robnih črt v krivini: Z izboljšano opaznostjo znakov in ustrežnejšim nakazovanjem poti voznikom je moč doseči bistveno večjo razumljivost nevarnega zavoja.

- Krivina 2 (iz smeri BLO): Povečanje opaznosti obstoječih prometnih znakov z obrobo ali ozadjem iz svetlobno odsevnega materiala ter namestitvev označb v obliki šrafure (širine 0,5 m) med smernima voziščema in/ali robnih črt v krivini: Kot posledico večje opaznosti znakov in ustrežnejše označitve robov vozišča je mogoče pričakovati pravilnejšo vožnjo voznikov v krivini. Vzorec šrafure med smernima voziščema naj bi pripomogel k zagotovitvi večje opaznosti najostrejših krivine kot tudi k preprečitvi morebitnih čelnih trčenj ali oplazenj vozil (širina vozišča v krivini 2 je povečana).
- Krivina 3 (iz smeri BLO): Pred krivino (50 -100 m od temena krivine) namestitvev označb – napis »počasi« ali postavitev prometnega znaka, ki se avtomatsko aktivira in voznike opozarja na previsoko hitrost: Z označbami ali prometnim znakom, ki se avtomatsko aktivira ob previsokih hitrostih vozil, bi bilo moč doseči, da bi vozniki pred vstopom v zavoj izbirali primernejše hitrosti. Uporaba večjega števila ukrepov v krivini 3 ni zaželena, saj bi se lahko na ta način »razvrednotila« nevarnost ostalih nevarnejših zavojev.

Dodatni predlog ukrepa:

- Zagotavljanje (vzdrževanje) ustreznih torne sposobnosti vozne površine v krivinah 1,2, 3 in na odsekih med njimi.
- Na vhodu v naselje Grahovo (na voznem pasu iz smeri BLO) izvedba barvne vozne površine in namestitvev označb v vzorcu zob morskega psa.

5.4.4 Odsek Podklanec–Žimarice

Značilnosti odseka Podklanec (PDK)–Žimarice (ŽIM), ki poteka na območju med naseljema:

- je del odseka z oznako 1119 Bloška Polica–Sodražica,
- dolžina odseka: 2,19 km (začetek stacionaže: 1119 km 11,0+380, konec: 1119 km 13,0+570),
- povprečna stopnja tveganja za nastanek prometne nesreče s smrtjo ali hudo poškodbo: nizka-srednja,
- povprečno stanje ceste in obcestja: 3 zvezdice,
- prometne nesreče na odseku med letoma 2009 in 2013:
 - število nesreč: 10: 7 B, 2 L, 1 S (vzrok neprilagojena hitrost),
 - vzroki nesreč: neprilagojena hitrost (6), ostalo (4).

Pomanjkljivosti odseka – nepredvidljiva in neodpuščajoča ureditev (slika 72):

- na desni strani ceste (v smeri narščanja stacionaže) $\mathring{s}_{pc} = 3,5$ m – stanovanjski objekt (a1), $\mathring{s}_{pc} = 1,0$ m – transformatorska postaja (a2),
- na obeh straneh ceste $\mathring{s}_{pc} = 1,5-5,0$ m: leseni električni drogovi ($d = 20$ cm), najbolj nevarno locirani drogovi so na sliki 72 poudarjeni,
- na obeh straneh ceste slabo opazna in nepregledna cestna priključka:
 - c1: cestni priključek do lokalne ceste slabo opazen iz smeri ŽIM, na priključku je ovirana preglednost v smeri proti ŽIM, $l_{pr} = 70$ m, preglednost ovira visoka vegetacija ob priključku,

- c2: cestni priključek do stanovanjskega objekta slabo opazen iz smeri Nove vasi (NVS), na priključku je ovirana preglednost v smeri proti NVS, $l_{pr} = 50$ m, preglednost ovirajo objekti in vkopna brežina ($n_{vb} = 1:2$, $v_{vb} = 1,5$ m), (priključek je lociran na notranji strani krivine),
- d. na obeh straneh ceste $\check{s}_{pc} = 1,0-2,0$ m: jarki, $n_{nvb} = 1:1-1:3$, $g_j (v_{nb}) = 1,0-2,5$ m, $\check{s}_d = 0,5-1,5$ m, $l_{sk} = 1,2$ km, preko jarkov vodijo cestni priključki do objektov in javnih poti (d1-d6), na mestih priključkov in na mestih zaključkov jarkov (na sliki 72 označeni s simboli • in X) nevarni zaključki vzdolžnih prepustov, nevaren prečni prepust s podpornimi zidovi (na sliki 72 označen s simbolom O), $v = 2,5$ m, najbolj nevarni jarki (nevarna lociranost, velika globina) so na sliki 72 označeni z izrazitejšo barvo,
- e. na obeh straneh ceste $\check{s}_{pc} = 2,5-5,0$ m: krajši pasovi ($l = 20-50$ m) posameznih nevarnih dreves ($d \geq 15$ cm), $l_{sk} = 220$ m, najbolj nevarno locirana drevesa so na sliki 72 označena z izrazitejšo barvo,
- f. na obeh straneh ceste $\check{s}_{pc} = 2,0-3,0$ m: neravne površine (grbine, manjše skale) v velikosti nekaj 10 m², površine predstavljajo le manjšo nevarnost,
- g. območje (± 15 m) nevarnega premostitvenega objekta: neuporaba varnostnih ograj na obeh straneh ceste, premostitveni objekt $l = 20$ m, $v = 2,0$ m, na objektu $\check{s}_{pc} = 0$ m (pločnik $\check{s} = 1,5$ m, nepovozni robniki $v = 10$ cm), nevarnost predstavljajo jarek (vodno telo) $n_{nvb} = 1:1-1:2$, $\check{s}_d = 1,5$ m, in drevesa ($d \geq 15$ cm) na/ob brežinah,
- h. odsek 1 (začetek odseka Z1: stacionaža km 11,0+900, konec odseka K1: km 12,0+200): ovirana prehitevalna preglednost, zglajena asfaltna površina in vprašljivo urejeno odvodnjavanje vode z vozišča,
odsek 2 (Z2: km 13,0+080, K2: km 13,0+320) in 3 (Z3: km 13,0+230, K3: km 13,0+570): ovirana prehitevalna preglednost,
 - odsek 1: na nekaterih mestih odseka $l_{pr} < 100$ m, smerni vozišči na celotnem odseku ločuje prekinjena ločilna črta, ki dovoljuje prehitevanja, preglednost ovirajo objekti, vkopna brežina ($n_{vb} = 1:2$, $v_{vb} = 1,5$ m) in visoka vegetacija (e) na notranji strani krivine (teme krivine 1 – TK1), dodatno slabost odseka predstavljajo visoke hitrosti vozil iz smeri ŽIM, ki so posledica poteka ceste v premi ($l > 300$ m), na odseku 1 so se v obdobju 2009-2013 zgodile 4 prometne nezgode (1 z lažjo poškodbo), vse kot posledica neprilagojene hitrosti in vse na mokrem oziroma spolzkem vozišču,
 - odsek 2: na nekaterih mestih odseka $l_{pr} < 130$ m, smerni vozišči na celotnem odseku ločuje prekinjena ločilna črta, ki dovoljuje prehitevanja, preglednost ovirata stanovanjski objekt (a1) in visoka vegetacija (e) na notranji strani krivine (TK2),
 - odsek 3: na nekaterih mestih odseka $l_{pr} < 120$ m, smerni vozišči na celotnem odseku ločuje prekinjena ločilna črta, ki dovoljuje prehitevanja, preglednost ovira konveksna zaokrožitev nivelete ceste (vrh prevoja – VP),
- i. srednje pogoste manjše poškodbe vozišča na obeh vozniških pasovih: na mestih kolesnic, zlasti med smernima voziščema, mrežaste razpoke, ki na nekaterih mestih prehajajo v manjše udarne jame, ob padavinah na mestih poškodb zastaja voda.
- j. nevarno mesto, kjer divjad pogosto prehaja čez cesto, stacionaža km 11,0+500: na območju j so se v obdobju 2009-2013 zgodile 4 prometne nezgode, v katerih je prišlo do povozitve živali.



Slika 72: Odsek Podklanec–Žimarice: I.: pomanjkljivosti c1, d, g, I, II.: c2, e, h, III.: d, IV.: a1, d, V.: h

Predloga ukrepov za odpravo pomanjkljivosti a.:

- a1 in a2: Postavitev jeklenih varnostnih ograj: Priporočeno je, da se ob upoštevanju potrebne dolžine varnostnih ograj, slednje namesti z obeh strani objektov. Zaradi manjše oddaljenosti objektov od voznega pasu, ki je namenjen vožnji v smeri proti ŽIM, je potrebno, da se z ograjami zaščiti vsaj voznike na tem voznem pasu.
- a2: Namestitev blažilca trkov: Predvsem zaradi majhne oddaljenosti objekta od vozišča se lahko namesto varnostne ograje pred objekt (vsaj iz smeri NVS) namesti tudi blažilec trkov, ki deluje po principu ohranitve energije.

Predlog ukrepa za odpravo pomanjkljivosti b.:

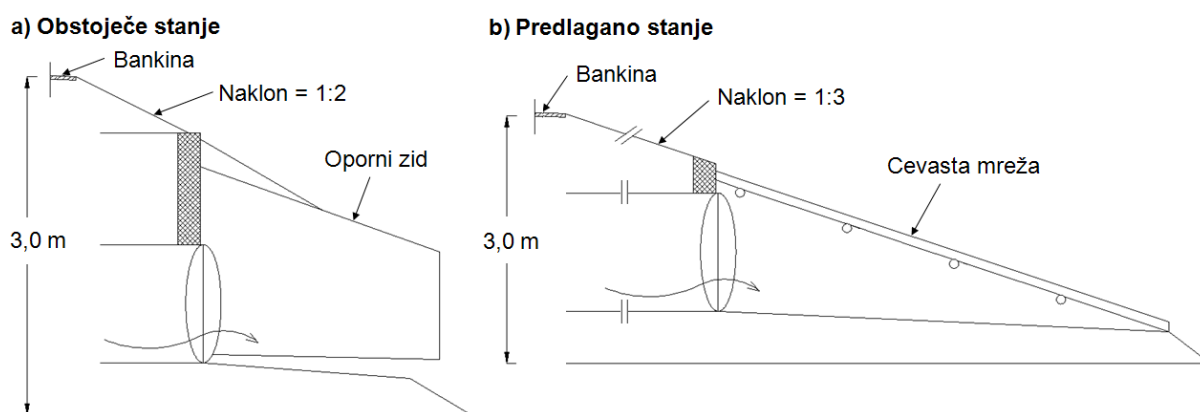
- Premestitev električnih drogov na večjo oddaljenost od vozišča (> 5,0 m): Premestitve so najbolj potrebni tisti drogov, katerih oddaljenost od vozišča znaša 1,5-2,0 m.

Predlogi ukrepov za odpravo pomanjkljivosti c.:

- c1: Odstranitev visoke vegetacije: Preglednost na priključku ovira le nekaj dreves in grmičevj, zato njihova odstranitev ne bi bila problematična. Odstranitev vegetacije v dolžini 30 m bi povečala pregledno razdaljo na priključku za približno 100 m.
- c2: Ukinitev priključka ali vzpostavitev prepovedi zavijanja v levo na priključku: Zaradi lociranosti priključka na neustreznem odseku ceste je zagotovitev boljše preglednosti težko izvedljiva. Ukinitev priključka oziroma vzpostavitev prepovedi zavijanja v levo ne bi bila problematična, saj se pot, do katere vodi problematičen priključek, navezuje na cesto 70-120 m od obravnavanega priključka v smeri proti NVS, ali
- c2: Postavitev prometnega ogledala na nasprotni strani priključka.

Predlogi ukrepov za odpravo pomanjkljivosti d.:

- Zmanjšanje naklonov brežin (najnevarnejših) jarkov ($n_{nb} \leq 1:3$, $n_{vb} \leq 1:2$): Pri preureditvi jarkov bi bilo smiselno preveriti, ali je v primeru jarkov z globino > 1,5 m ustrezno odvodnjavanje moč zagotoviti tudi z manjšo globino jarkov ($\leq 1,0$ m).
- Izvedba zaključka prečnege prepusta v naklonu $\leq 1:3$:



Slika 73: Obstoječe (a) in predlagano (b) stanje zaključka prečnege prepusta

- Ukinitev dveh izmed priključkov d2-d4 in izvedba prevoznih zaključkov vzdolžnih prepustov s podaljšanjem zaključkov in izvedbo prečnih brežin (naklon $\leq 1:6$): Ukinitev dveh priključkov in s tem nevarnih zaključkov vzdolžnih prepustov je smiselna zaradi dejstva, ker se priključki d2-d4 na medsebojni oddaljenosti 250 m navezujejo na isto javno pot. V kolikor prevoznosti ni mogoče zagotoviti vsem

(preostalim) zaključkom prepustov, je zaželeno, da se na levi strani ceste zagotovi prevoznost vsaj tistim zaključkom, ki so usmerjeni proti naselju Žimarice, na desni strani ceste pa vsaj zaključkom, ki so usmerjeni v smeri proti NVS.

- Prekritje jarkov s kanaletami in prekrivnimi elementi ali namestitvev jeklenih varnostnih ograj: V primeru, ko sprememba naklonov (vzdolžnih in/ali prečnih) brežin ni izvedljiva, je potrebno prevoznost jarkov zagotoviti z omenjenimi napravami za odvodnjavanje ali pa je potrebno voznike pred jarki zavarovati z varnostnimi ograjami.

Predlog ukrepa za odpravo pomanjkljivosti e.:

- Odstranitev dreves: Odstranitev dreves lahko štejemo kot najprimernejšo rešitev predvsem zaradi dejstev, ker vegetacija ob vozišču nastopa v pasovih manjših širin (< 10 m) ter ker se vegetacija, z izjemo tiste, ki leži na območju cestnega priključka d1, nahaja na brežinah z blagimi nakloni ($n > 1:4$) in prevoznimi površinami.

Predlog ukrepa za odpravo pomanjkljivosti f.:

- Izravnava neravnin.

Predlog ukrepa za odpravo pomanjkljivosti g.:

- Namestitev jeklenih varnostnih ograj: Namestitev varnostnih ograj na območju premostitvenega objekta je potrebna pred in za objektom iz obeh smeri. Z izbiro in načrtovanjem postavitve ograj je potrebno zagotoviti, da imajo ograje potrebno dolžino (upoštevanje dolžine zleta vozila), ustrezen nivo zadrževanja (majhna delovna širina ograje) ter da se izvedejo v ustrezni kombinaciji z obstoječimi robniki.

Predlogi ukrepov za odpravo pomanjkljivosti h.:

- Odsek 1:
 - Vzpostavitev prepovedi prehitevanja vozil z neprekinjeno/dvojno kombinirano ločilno črto za voznike iz smeri NVS od Z1 do TK1 in za voznike iz smeri ŽIM od K1 do TK1: Z zmanjšanjem višine in naklona vkopne brežine ter odstranitvijo vegetacije na notranji strani krivine na odseku 1 ne bi bilo moč zagotoviti bistveno daljše pregledne razdalje od obstoječe. Najučinkovitejšo rešitev v tem primeru predstavlja vzpostavitev prepovedi prehitevanja. Z vzpostavitvijo prepovedi na opisan način bi preglednost na obravnavanem odseku znašala vsaj 160 m.
 - Izboljšanje torne sposobnosti vozne površine in preveritev prečnega in vzdolžnega naklona ceste.
 - Namestitev vzorca iz označb za navidezno zoženje vozišča (vzorec ribje kosti ali vzorec Wundt) na voznem pasu iz smeri NVS na mestu Z1 in na voznem pasu iz smeri ŽIM na mestu K1: Označbe, ki navidezno zožajo vozišče, naj bi na vseh v odsek 1 pritegnile pozornost voznikov, slednji pa naj bi zaradi zmanjšanja širine voznega pasu prilagodili svoje hitrosti.
- Odsek 2 in 3:
 - Odstranitev visoke vegetacije (pomanjkljivost d) na notranji strani krivine na odseku TK2-K2: Z odstranitvijo vegetacije bi se na odseku TK2-K2 pregledna razdalja v obeh smereh povečala tudi do 100 m.
 - Vzpostavitev prepovedi prehitevanja vozil z neprekinjeno/dvojno kombinirano ločilno črto za voznike iz smeri NVS od Z2 do VP.

- Vzpostavitev prepovedi prehitevanja vozil z neprekinjeno/dvojno kombinirano ločilno črto za voznike iz smeri ŽIM od K3 do VP in od K2 do TK2.

Z izvedbo vseh naštetih ukrepov bi bilo mogoče na odsekih 2 in 3, kjer bi bilo prehitevanje dovoljeno, zagotoviti preglednost v dolžini vsaj 200 m.

Predlog ukrepa za odpravo pomanjkljivosti i.:

- Izvajanje rednih popravil poškodb na vozišču (krpanje razpok, udarnih jam).

Predlog ukrepa za odpravo pomanjkljivosti j.:

- Postavitev znaka »divjad na cesti« 150-250 m pred nevarnim mestom z obeh smeri.

5.4.5 Križišče cest Unec–Žlebič in Rakitna–Cerknica

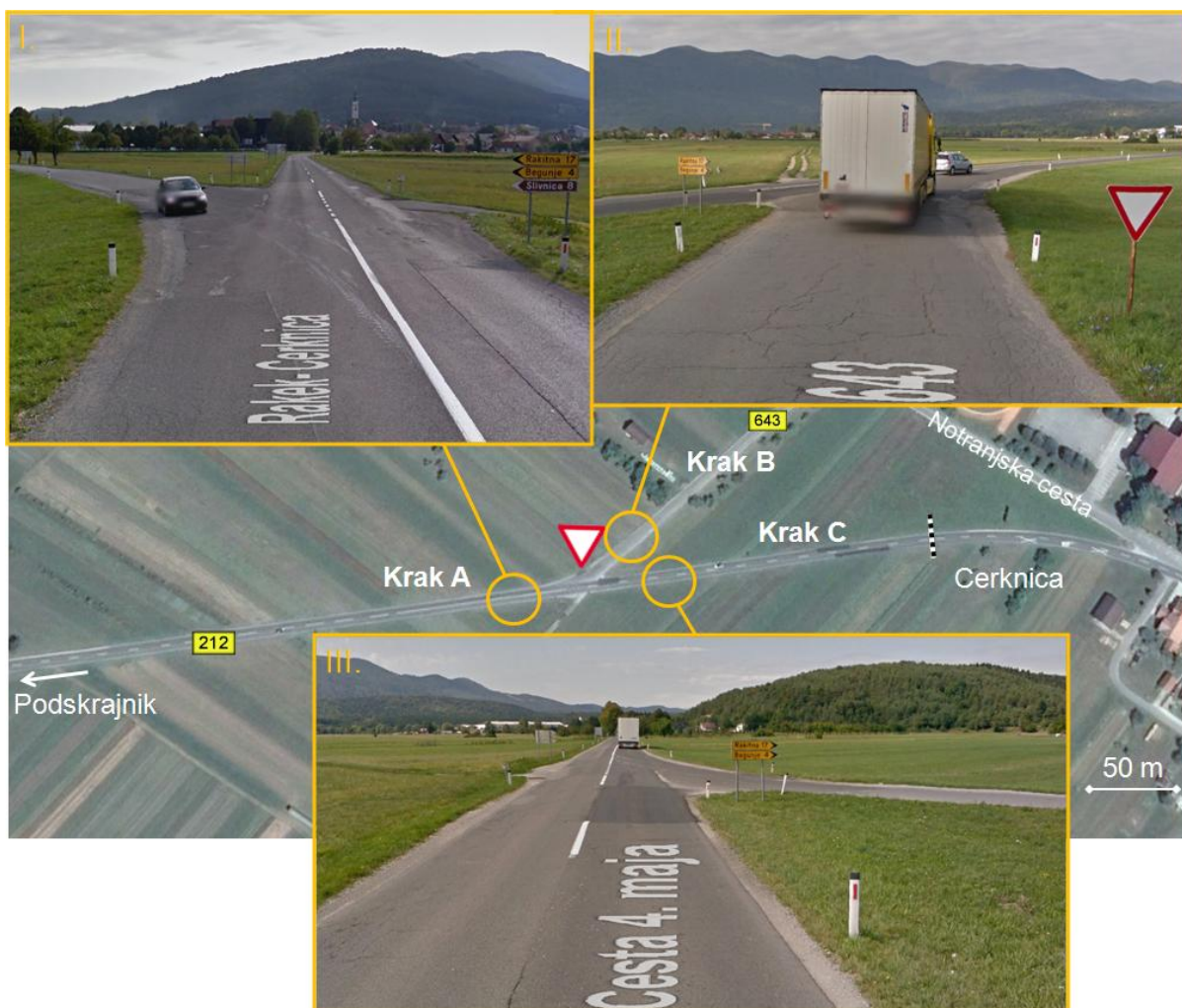
Značilnosti križišča:

- križanje regionalne ceste I. reda Unec–Žlebič (R1-212) z regionalno cesto III. reda Rakitna–Cerknica (R3-643),
- križišče je na cesti Unec–Žlebič locirano na odseku 1118 Cerknica–Bloška Polica med naseljema Podskrajnik (PDS) in Cerknica (CER),
- stacionaža križišča: Odsek 1118, km 0+0,
- tip križišča: trikrako križišče s prednostno cesto, GPS v križišču predstavlja cesta Unec–Žlebič (SPS je cesta Rakitna–Cerknica), kraki križišča:
 - krak A: GPS (iz smeri Podskrajnika),
 - krak B: SPS,
 - krak C: GPS (iz smeri Cerknice),
- obstoječa prometna signalizacija v križišču:
 - krak A: pred križiščem prometni znak »stranska cesta, ki pripelje na prednostno z leve strani pod pravim kotom« in znak »predkrižiščna tabla«, v križišču znaki »kažipot«,
 - krak B: pred križiščem znak »predkrižiščna tabla«, v križišču znak »križišče s prednostno cesto« (zaradi manjše skupne širine vozišča (4,6 m) smerni vozišči na kraku nista ločeni z ločilno črto),
 - krak C: pred križiščem znak »stranska cesta, ki pripelje na prednostno z desne strani pod ostrim kotom« in znak »predkrižiščna tabla«, v križišču znaka »kažipot«,
- stanje ceste in obcestja: 4 zvezdice,
- prometne nezgode v območju križišča (znotraj oddaljenosti 60 m od središča križišča) v obdobju 2009-2013:

Preglednica 16: Vse prometne nezgode v območju križišča (R1-212, R3-643) v obdobju 2009-2013

Nezgode	Klasifikacija	Tip	Vzrok
1	Huda poškodba	Čelno trčenje	Nepriklagovana hitrost
2	Lažja poškodba	Čelno trčenje	Nepravilna stran/smer vožnje
3	Brez poškodbe	Naletno trčenje	Neustrezna varnostna razdalja
4	Brez poškodbe	Naletno trčenje	Neustrezna varnostna razdalja
5	Huda poškodba	Trčenje v objekt	Nepriklagovana hitrost
6	Huda poškodba	Bočno trčenje	Premiki z vozilom

* Vse nezgode so se zgodile na suhem vozišču, nezgodi 1 in 2 (najstarejšega datuma) sta se zgodili na zglaženem asfaltu (ostale na hrapavem)



Slika 74: Križišče cest Unec–Žlebič in Rakitna–Cerknica: I.: krak A, pomanjkljivosti c, d, II.: krak B, d, III.: krak C, d

Pomanjkljivosti križišča – nepredvidljiva in neodpuščajoča ureditev (slika 74):

- a. Previsoke hitrosti vozil na krakih A in C: Visoke hitrosti vozil na prednostni cesti (iz obeh smeri) so v največji meri posledica tega, da odsek, na katerem se cesti Unec–Žlebič priključi cesta Rakitna–Cerknica, poteka v dolgi premi (600 m). Dobra preglednost na odseku nudi voznikom tudi priložnosti za prehitevanja, kar še dodatno poslabšuje varnost križišča. Na problematično hitrost kažeta tudi (vsaj) vzroka dveh prometnih nesreč, ki sta se zgodili v križišču v obravnavanem obdobju.
- b. Previsoke hitrosti vozil na kraku B: Vzrok za visoke hitrosti vozil na neprednostni smeri je moč pripisati predvsem dejstvu, da vozniki, ki prihajajo iz neprednostne smeri, krak križišča B uporabljajo v pretežni meri le za zavijanje desno (smer PDS) (za potovanje v smeri CER vozniki uporabljajo Notranjsko cesto).
- c. Neustrezna geometrija križišča: Neprednostna cesta se na prednostno (v smeri proti PDS) priključuje pod kotom 35° , kar voznikom na stranski prometni smeri nekoliko otežuje pregled nad prometom na prednostni smeri iz smeri CER. Oster kot sekanka cest voznikom na isti smeri precej otežuje zavijanje v levo, voznikom na prednostni cesti, ki pripeljejo iz smeri CER, pa zavijanje v desno (omenjena pomanjkljivost zaradi uporabe voznikov Notranjske ceste ter posledično neizrazitih prometnih tokov v opisanih smereh ni posebej problematična).

- d. Slabo označen (neoznačen) potek prometnih pasov v križišču: Kot pomoč pri nakazovanju poti v križišču voznikom služijo le kažipot.

Predlog ukrepa za odpravo pomanjkljivosti a.:

- Vzpostavitev omejitve hitrosti 70 km/h ter po možnosti namestitev napisa na vozišču – »počasi« (100 m) pred območjem križišča na krakih A in C: Z nižjo omejitvijo hitrosti bi se v križišču precej zmanjšalo tveganje za nastanek prometnih nesreč kot tudi tveganje za pojavitev hudih posledic ob morebitnih nesrečah. V kolikor sama omejitev pri umirjanju prometa ne bi bila dovolj učinkovita, se za spodbuditev voznikov k izbiri primerne hitrosti priporoča še izvedba »blagega« ukrepa – napisa na vozišču.

Predlog ukrepa za odpravo pomanjkljivosti b. in c.:

- Korekcija osi (ustja) kraka B: Povečanje kota križanja osi cest (na vsaj 60-70°) bi pripomoglo k prilagoditvi hitrosti vozil na neprednostni smeri pri zavijanju v križišču desno kot tudi k izboljšanju pregleda voznikov na tej smeri nad prometom na prednostni cesti iz smeri CER. Kot posledico spremembe geometrije križišča bi bilo moč pričakovati tudi nižje hitrosti vozil na prednostni cesti iz smeri PDS, ki v križišču zavijajo levo.

Predloga ukrepov za odpravo pomanjkljivosti d.:

- Izvedba prometnega pasu za leve zavijalce (razširitev vozišča) na kraku A: Glavna prednost dodatnega prometnega pasu bi bila zmanjšanje tveganja za nastanek naletnega trčenja med vozili, ki pripeljejo po prednostni cesti (iz smeri PDS) in zavijajo levo, ter vozili na isti smeri, ki v križišču peljejo naravnost.
- Namestitev označb – ločilne in prečne črte oziroma označitev razvrstilnih prometnih pasov na ustju kraka B: Označitev poteka prometnih pasov na kraku B bi kot pomoč pri razvrščanju oziroma izbiri ustrezne poti služila tako voznikom na neprednostni smeri kot tudi voznikom na prednostni smeri, ki v križišču zavijajo levo.

Dodatna predloga ukrepov:

- Razširitev kraka (in ustja kraka) B: Razširitev vozišča v velikosti vsaj 1,0 m bi pripomogla predvsem k varnejšemu srečevanju večjih vozil. Širina vozišča v ustju kraka sicer ni problematična (š > 10 m), težavo predstavlja le precej poškodovan (v smeri približevanja križišču) desni rob vozišča.
- Izvajanje preverjanj torne sposobnosti vozne površine na vseh krakih križišča: Ker križišče predstavlja območje, na katerem prihaja do velikih sprememb v hitrostih vozil oziroma do velikega števila manevrov, je potrebno, da je na vseh krakih križišča stalno zagotovljena dobra odpornost vozne površine proti drsenju.

5.4.6 Križišče cest Unec–Žlebič in lokalne ceste do naselja Studenec (LC 229050)

Značilnosti križišča:

- križanje regionalne ceste I. reda Unec–Žlebič (R1-212) z lokalno cesto do naselja Studenec (LC 229050),
- križišče je na cesti Unec–Žlebič locirano na odseku 1119 Bloška Polica–Sodražica med naseljema Nova vas (NVS) in Podklanec (PDK),
- stacionaža križišča: Odsek 1119, km 6,0+090,

- tip križišča: trikrako križišče s prednostno cesto, GPS v križišču predstavlja cesta Unec–Žlebič (SPS je lokalna cesta), kraki križišča:
 - krak A: GPS (iz smeri Nove vasi),
 - krak B: GPS (iz smeri Podklanca),
 - krak C: SPS,
- obstoječa prometna signalizacija v križišču:
 - krak A: pred križiščem prometni znak »stranska cesta, ki pripelje na prednostno z desne strani pod pravim kotom«, v križišču znaka »kažipot«,
 - krak B: pred križiščem znak »stranska cesta, ki pripelje na prednostno z leve strani pod ostrim kotom«, v križišču znak »kažipot«,
 - krak C: v križišču znak »Ustavi!«, znaka »kažipot« in na vozišču označena razvrstilna prometna pasova s puščicama,
- stanje ceste in obcestja: 2 zvezdici,
- prometne nezgode v območju križišča (znotraj oddaljenosti 60 m od središča križišča) v obdobju 2009 in 2013:

Preglednica 17: Vse prometne nezgode v območju križišča (R1-212, LC229050) v obdobju 2009-2013

Nezgode	Klasifikacija	Tip	Vzrok
1	Brez poškodbe	Bočno trčenje	Neupoštevanje pravil o prednosti
2	Huda poškodba	Oplazenje	Ostalo
3	Lažja poškodba	Bočno trčenje	Neupoštevanje pravil o prednosti

* Nezgodi 1 in 2 sta se zgodili na suhem vozišču, nezgoda 3 pa na poledenelem - posipanem, nezgoda 2 se je zgodila na zglajenem asfaltu (ostali na hrapavem)

Pomanjkljivosti križišča – nepredvidljiva in neodpuščajoča ureditev (slika 75):

- a. Na kraku B ovirana preglednost voznikov nad prometom na kraku A pri zavijanju v križišču v levo: Vozniki, ki pripeljejo po prednostni cesti iz smeri PDK in v križišču zavijajo levo, imajo zaradi vkopne brežine (c) na notranji strani krivine nekoliko oviran pregled nad prometom, ki prihaja po prednostni cesti iz smeri NVS (dolžina pregledne razdalje iz kraka B je 100 m).
- b. Vprašljivo zadostno opozarjanje voznikov na kraku A na bližino križišča: Vprašanje glede zadovoljivega opozarjanja voznikov na približevanje križišču na kraku A se poraja predvsem zaradi dejstva, ker imajo vozniki na ostalih krakih otežen pregled zlasti nad prometom iz te smeri (vprašljivo je, ali vozniki, ki pripeljejo po kraku A, zadostno pričakujejo morebitne ostale udeležence v križišču). Varnost križišča kljub predhodnemu odseku z omejitvijo hitrosti 50 km/h na kraku A dodatno poslabšujejo še relativno visoke hitrosti vozil na tem kraku.
- c. Neravnine na površini vkopne brežine ($s_{bc} = 0,5-1,5$ m, $n_{vb} = 1:1,5-1:2$, $v_{vb} = 2,0$ m), locirane na notranji strani krivine v območju križišča: Manjše neravnine na površini vkopne brežine so za voznike, ki morebiti zapeljejo na obcestje, nevarne predvsem zaradi njihovega negativnega vpliva na pojavitev prevrnitve vozila. Neravnine predstavljajo negativen vpliv sicer tudi na preglednost v križišču.

Predloga ukrepov za odpravo pomanjkljivosti a. in c.:

- Zmanjšanje naklona vkopne brežine (< 1:2) in zagotovitev njene ravne površine: Z zmanjšanjem naklona brežine v širini 5-10 m in odpravo neravnin na njeni površini bi se dolžina pregledne razdalje iz kraka B oziroma kraka A povečala za približno 100 m. Izboljšana preglednost v križišču bi pomenila bistveno boljše varnost križišča.

- Izvedba prometnega pasu za leve zavijalce na kraku B: Z razširitvijo vozišča in izvedbo dodatnega pasu v območju križišča bi se pregledna razdalja iz kraka B in A prav tako povečala, vendar za približno nekaj 10 m. Večjo varnost križišča kot posledico izvedbe pasu za leve zavijalce bi bilo moč pričakovati tudi zaradi močno zmanjšanega tveganja za nastanek naletnega trčenja na kraku B.



Slika 75: Križišče cest Unec–Žlebič in lokalne ceste 229050: I.: krak A, II.: pomanjkljivosti a, c, III.: krak C, c, IV.: krak C

Predlog ukrepa za odpravo pomanjkljivosti b.:

- Povečanje opaznosti prometnega znaka za nevarnost, ki označuje bližino križišča, na kraku A z obrobo ali ozadjem iz svetlobno odsevnega materiala: S povečanjem opaznosti znaka in s tem izboljšanjem pričakovanih voznikov (glede drugih udeležencev v križišču) na kraku A bi bilo večjo varnost križišča mogoče pričakovati zlasti v primerih, če vozniki z drugih krakov vozni pas prednostne ceste iz smeri NVS prečkajo oziroma se nanj vključujejo na nevaren način.

Dodatni predlog ukrepa:

- Namestitev optičnih zavor na vozišču na kraku B (50-100 m pred križiščem): Optične zavore na vozišču naj bi voznike opozorile, da pri nadaljnji vožnji postanejo bolj pozorni nad potekom ceste oziroma da nekoliko prilagodijo svoje hitrosti. Vozniki, ki prihajajo iz kraka B, v nadaljevanju poti namreč naletijo na križišče in zoženje vozišča, temu pa sledi (80 m) še znižanje omejitve hitrosti na 50 km/h.

6 ZAKLJUČKI

Statistični podatki o prometnih nesrečah nakazujejo, da bo za uresničitev zastavljenih ciljev EU in z njo tudi Slovenije, tj. da se število umrlih na cestah do leta 2020 v primerjavi z letom 2010 zmanjša za polovico, potrebno še marsikaj postoriti. Precej priložnosti za izboljšanje prometne varnosti se zagotovo ponuja v primeru cest zunaj naselij, ki ne spadajo med najvišje kategorije cest, kot so avtoceste in hitre ceste. Zanje je denimo v splošnem značilno, da so njihove geometrijske, tehnične in druge značilnosti v primerjavi z značilnostmi avtocest in hitrih cest z vidika varnosti precej bolj neugodne, vseeno pa dovoljujejo hitrosti, ki so primerljive s tistimi, ki jih vozila dosegajo na cestah najvišjih kategorij. Rečemo lahko, da je vsaj delna posledica omenjenega, da letno število umrlih na cestah zunaj naselij na evropskem območju v povprečju presega polovico vseh umrlih v evropskem cestnem prometu. Možnost rešitve navedene problematike predstavljata dva koncepta, in sicer koncept predvidljivih cest in koncept cest, ki odpuščajo napake voznikov. Temeljni namen omenjenih konceptov je na različen način povečati varnost cest na račun zmanjšanja števila prometnih nezgod oziroma zmanjšanja števila nezgod z najhujšimi posledicami.

Koncept predvidljivih cest, ki izboljšanje varnosti cest izven naselij predvideva preko predvidljive in razumljive ureditve oziroma izgleda ceste ter s tem preko izpolnjevanja pričakovanj voznikov in odprave njihovih napak, je glede na komaj nastale zamisli prometnih strokovnjakov mogoče udejaniti na dva načina. Prvi način, tj. preko ustrezne kategorizacije cest s pripadajočimi določenimi značilnostmi, predstavlja potencialno zelo učinkovito obliko udejanitve. Ta način predvideva razdelitev cest zunaj naselij v manjše število kategorij na način, da so posamezne kategorije glede na značilnosti cest navznoter karseda homogene, navzven pa čim bolj heterogene. Težava omenjenega načina je sicer, da je zaradi stroškov povezanih denimo z izvedbo dodatnih voznih pasov, razširitvijo cest ipd. v praksi težko izvedljiv. Drug način za doseg praktične uresnitve predvidljivih cest predstavlja uporaba posameznih tehničnih ukrepov. Različni ukrepi, kot so označbe, prometni znaki, prometna oprema idr., naj bi bili primerni za uporabo na določenih odsekih oziroma mestih na cestah, kjer naj bi voznikom »pojasnjevali«, kakšno vedenje se od njih pričakuje. Slednji način se v praksi do določene mere pravzaprav že izvaja in je relativno enostavno izvedljiv, vendar pa je nekoliko vprašljiva njegova učinkovitost. Ob poznavanju prednosti in slabosti obeh načinov je mogoče kot najoptimalnejšo rešitev predlagati, da se ustrezna kategorizacija cest izvede preko enostavno izvedljivih ukrepov, tj. na primer v obliki uporabe označb in (vsebine) prometnih znakov točno določenih barv na posamezni kategoriji ceste, ter da se najnevarnejše odseke in mesta na cestah zaznamuje še z dodatnimi ukrepi, ki voznikom natančneje sugerirajo prilagoditev vožnje.

Koncept cest, ki odpuščajo napake voznikov, je v primerjavi s konceptom predvidljivih cest nekoliko starejšega izvora, a je kljub temu tudi njegova praktična uporaba slabo razširjena. Koncept kot glavni cilj postavlja reševanje oziroma blaženje napak voznikov oziroma drugih nedelovanj prometnega sistema, ki imajo za posledico, da vozilo zapelje na obcestje. Opisan cilj koncepta naj bi bilo moč doseči preko naslednje strategije: ugotovitev nevarnih ovir na obcestju, odstranitev ovir, če ne modifikacija ovir, če ne zaščita voznikov pred ovirami. Idealna udejanitev koncepta v obliki zagotovitve prostih con velikih širin ali zaščite voznikov pred vsemi nevarnimi ovirami je predvsem zaradi visokih stroškov ukrepov v praksi, zlasti na cestah nižjih kategorij, težko verjetna. Realnejšo rešitev predstavlja zmanjšanje nevarnosti najbolj neodpuščajočim obcestjem, tj. obcestjem, ki predstavljajo veliko tveganje za nastanek

hudih poškodb v primeru zleta vozila z vozišča, obcestjem, na katerih nevarne ovire ležijo v neposredni bližini vozišč in/ali na mestih, kjer obstaja veliko tveganje za zlet vozila z vozišča ipd.

Če povzamemo in združimo sporočili obeh konceptov lahko rečemo naslednje. Cilj predvidljive ceste je, da voznika izzove k izbiri primerne in varne vožnje ter s tem zmanjša tveganje za pojavitev njegovih napak. Četudi lahko vzpostavimo idealno predvidljive ceste, pa se je vendarle potrebno zavedati, da se bodo predvsem zaradi narave človeka napake voznikov na cestah še vedno dogajale. Iz tega razloga je za zagotovitev karseda varnih cest ceste potrebno načrtovati kot odpuščajoče.

Regionalna cesta I. reda Unec–Žlebič, ki je bila obravnavana v praktičnem delu naloge, spada glede na protokol metodologije EuroRAP – ocena stopnje tveganja cest med manj nevarne ceste slovenskega cestnega omrežja, medtem ko jo glede na protokol rangiranje cest glede na stanje cest in obcestja uvrščamo med varnostno precej problematične ceste. Zgodovina prometnih nesreč na omenjeni cesti kaže, da je tveganje voznikov, da bi med uporabo ceste lahko bili udeleženi v nesreči, v kateri pride do hudih poškodb ali smrti udeležencev, v povprečju relativno majhno. Na drugi strani pa podatki, pridobljeni preko pregleda ceste in obcestja, razkrivajo, da cesta, zlasti na odsekih izven naselij, predstavlja voznikom kar precejšnjo nevarnost, da lahko zapustijo vozišče ceste ter pri tem utrpijo hude poškodbe.

Za izbrane najbolj nevarne odseke ceste Unec–Žlebič, ki so v nalogi podrobneje obravnavani, je bilo ugotovljeno, da njihove varnostne pomanjkljivosti in slabosti v smislu nepredvidljivih in neodpuščajočih lastnosti ceste v največji meri predstavljajo nevarno locirana drevesa, neprevozno oblikovani cestni jarki in njim pripadajoči zaključki prepustov, nevarno postavljeni drogovi cestne razsvetljave in električni drogovi, pomanjkljivosti v zvezi s postavitvijo varnostnih ograj, ovirane preglednosti ter pomanjkljiva prometna signalizacija. Izmed predlaganih tehničnih protiukrepov za odpravo pomanjkljivosti odsekov je kot potencialno najbolj primerne in realne mogoče izpostaviti odstranitev nevarne in/ali ovirajoče vegetacije, namestitev označb in prometnih znakov ter premestitev električnih drogov. Omenjeni ukrepi spadajo namreč med stroškovno najmanj zahtevne ukrepe, njihova izvedba pa lahko v številnih primerih prinese precejšnje varnostne izboljšave. Med ostale potrebnejše ukrepe je moč uvrstiti še podaljšanje, spremembo postavitve obstoječih ali namestitev novih varnostnih ograj ter spremembo naklonov brežin jarkov. Izvedba slednjih ukrepov zahteva praviloma relativno visoke stroške, zato bi bila njihova udejanitev najbolj primerna na najbolj izpostavljenih odsekih oziroma mestih na cesti.

Poleg nevarnih odsekov sta bili na cesti Unec–Žlebič prepoznani tudi dve varnostno problematični križišči. Nepredvidljive in neodpuščajoče značilnosti obeh križišč, kot so (oziroma ki dovoljujejo) previsoke hitrosti vozil na krakih, neustrezno ali pomanjkljivo označeni poteki prometnih pasov, delno ovirana preglednost v križišču, manj nevarno obcestje ipd., ne predstavljajo za odpravo zahtevnejših pomanjkljivosti. Večina predlaganih protiukrepov za izboljšanje varnosti križišč je posledično glede na stroške njihove izvedbe realno izvedljivih, njihova potencialna uporaba pa obeta zadovoljivo izboljšanje varnosti križišč.

Koncept predvidljivih cest in koncept cest, ki odpuščajo napake voznikov, ponazarjata dve različni, a vseeno povezani ideji, kako izboljšati varnost cest zunaj naselij, ki v splošnem veljajo za prometno zelo nevarne. Koncepta se zaradi prevladujoče pogostosti obstoječih cest razumljivo povezuje z uporabo na tovrstnih cestah, sicer pa oba predstavljata potencial za izboljšanje varnosti tudi novo načrtovanih cest. Uporaba konceptov v praksi je z izjemo nekaterih prometno najrazvitejših držav zaenkrat še bolj ali manj neznatna. Vendar pa si s širitvijo sporočil konceptov zlasti med pristojne organe v prihodnje lahko obetamo njuno vključitev v prometni sistem ter s tem opravljen dodaten korak k popolnejši varnosti cest.

VIRI

- [1] Resolucija o nacionalnem programu varnosti cestnega prometa za obdobje 2007-2011 (skupaj za večjo varnost) (ReNPVCP). Uradni list RS št. 2/2007: 1.
<http://www.uradni-list.si/1/content?id=77790> (Pridobljeno 15. 4. 2014.)
- [2] Zakon o pravilih cestnega prometa (ZPrCP). Uradni list RS št.109/2010: I.
<https://www.uradni-list.si/1/content?id=101702> (Pridobljeno 15. 4. 2014.)
- [3] European Commission. 2010. Towards a European road safety area: Policy orientations on road safety 2011-2020. Brussels, Belgium: 15 str.
http://ec.europa.eu/transport/road_safety/pdf/road_safety_citizen/road_safety_citizen_100924_en.pdf (Pridobljeno 12. 3. 2014.)
- [4] Matena, S., Louwerse, W., Schermers, G. et al. 2008. Road Design and Environment – Best practice on Self-explaining and Forgiving Roads. Project RIPCORDER-ISEREST Deliverable D3: 38 str.
<http://ripcord.bast.de/pdf/RIPCORDER-ISEREST-Deliverable-D3-Final.pdf> (Pridobljeno 28. 3. 2014.)
- [5] Schermers, G., Cardoso, J., Elvik, R. et al. 2011. Guidelines for development and application of Evaluation Tools for road infrastructure safety management in the EU. ENR SRO1 project RISMET Deliverable Nr 7: 150 str.
http://eranetroad.org/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=297&Itemid=53 (Pridobljeno 3. 4. 2014.)
- [6] McCarthy, T. 2011. Risk Assessment Review. ENR SRO1 project EuRSI Deliverable Nr 3.2: str. 5, 73, 91.
http://eranetroad.org/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=307&Itemid=53 (Pridobljeno 3. 4. 2014.)
- [7] Dietze, M., Ebersbach, D., Lippold, C. 2008. Development of safety Performance Function – Preliminary Results. Project RIPCORDER-ISEREST Internal Report 10.2: str. 8–10.
<http://ripcord.bast.de/pdf/RI-TUD-WP10-R2-Results.pdf> (Pridobljeno 28. 3. 2014.)
- [8] RISER Consortium. 2005. European Best Practice for Roadside Design: Guidelines for Roadside Infrastructure on New and Existing Roads. Project RISER Deliverable D06: 133 str.
http://ec.europa.eu/transport/roadsafety_library/publications/riser_guidelines_for_road_side_infrastructure_on_new_and_existing_roads.pdf (Pridobljeno 3. 5. 2014.)
- [9] Zakon o varnosti cestnega prometa (uradno prečiščeno besedilo) (ZVCP-1-UPB5). Uradni list RS št. 56/2008: IX.
<http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=200856&stevilka=2345> (Pridobljeno 1. 5. 2014.)

- [10] American Association of State Highway and Transportation Officials. 2009. Highway Safety Manual, 1st Edition. Washington, DC, USA: str. 3-7–3-9, 13-72–13-73. <http://www.este.civ.uth.gr/apodeltiosi/HSM.pdf> (Pridobljeno 4. 5. 2014.)
- [11] Weller, G., Schlag, B. 2008. Road User Behaviour Model. Project RIPCORD-ISEREST Deliverable D8: 75 str. <http://ripcord.bast.de/pdf/RIPCORD-ISEREST-Deliverable-D8-Final.pdf> (Pridobljeno 28. 3. 2014.)
- [12] Dietze, M., Ebersbach, D., Lippold, C. et al. 2008. Safety Performance Function. Project RIPCORD-ISEREST Deliverable D10: 125 str. <http://ripcord.bast.de/pdf/RIPCORD-ISEREST-Deliverable-D10-Final.pdf> (Pridobljeno 28. 3. 2014.)
- [13] Schermers, G. (ur.), Louwerse, W. (ur.), Matena, S. (ur.) et al. 2007. Reduction of Head-on collisions and Run-off-the-road accidents. Project RIPCORD-ISEREST Internal Report 3.2: 81 str. http://ripcord.bast.de/pdf/RI-BASSt-WP3-R2-Measures_HO_and_ROR_Accidents.pdf (Pridobljeno 28. 3. 2014.)
- [14] Brandstaetter, C. et al. 2012. Annual Statistical Report. EC FP7 project DaCoTa Deliverable D3.9: 86 str. http://ec.europa.eu/transport/road_safety/pdf/statistics/dacota/dacota-3.5-asr-2012.pdf (Pridobljeno 15. 3. 2014.)
- [15] Broughton, J. et al. 2012. Basic Fact Sheet »Main Figures«. EC FP7 project DaCoTa Deliverable D3.9: 20 str. http://ec.europa.eu/transport/road_safety/pdf/statistics/dacota/bfs2012_dacota-trl-main_figures.pdf (Pridobljeno 15. 3. 2014.)
- [16] European Commission. 2013. Press Release Database. http://europa.eu/rapid/press-release_IP-13-236_en.htm (Pridobljeno 15. 3. 2014.)
- [17] Single-vehicle accident. 2014. http://en.wikipedia.org/wiki/Single-vehicle_accident (Pridobljeno 5. 5. 2014.)
- [18] Stefan, C., Dietze, M., Marchesini, P. et al. 2011. Data systems and requirements. ENR SRO1 project RISMET Deliverable Nr 2: str. 8. http://eranetroad.org/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=268&Itemid=53 (Pridobljeno 28. 3. 2014.)
- [19] Yannis, G. et al. 2012. Basic Fact Sheet »Single Vehicle Accidents«. EC FP7 project DaCoTa Deliverable D3.9: 25 str. http://ec.europa.eu/transport/road_safety/pdf/statistics/dacota/bfs2012-dacota-ntua-single_vehicle_accident.pdf (Pridobljeno 15. 3. 2014.)

- [20] Weller, G., Schlag, B., Gatti, G. et al. 2006. Human Factors in Road Design, State of the art and empirical evidence. Project RIPCORD-ISEREST Internal Report 8.1: 83 str.
http://ripcord.bast.de/pdf/RI-TUD-WP8-R1-Human_Factors.pdf (Pridobljeno 28. 3. 2014.)
- [21] Jiang, X. 2012. Intercultural Comparison of Road User Behavior Centred Vehicle-Pedestrian Conflict in Urban Traffic. Doktor-Dissertation. München, Technische Universität München, Lehrstuhl für Ergonomie: str. 12.
<http://mediatum.ub.tum.de/doc/1115849/file.pdf> (Pridobljeno 15. 5. 2014.)
- [22] ENR SRO1. 2009. ERASER Project Description. ENR SRO1 project ERASER: 2 str.
http://www.eranetroad.org/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=45&Itemid=53 (Pridobljeno 3. 4. 2014.)
- [23] Dietze, M., Weller, G. 2011. Applying speed prediction models to define road sections and to develop accident prediction models: A German case study and a Portuguese exploratory study. ENR SRO1 project RISMET Deliverable Nr 6.2: str. 7–9.
http://eranetroad.org/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=310&Itemid=53 (Pridobljeno 3. 4. 2014.)
- [24] Dietze, M., Ebersbach, D., Lippold, C. et al. 2008. Road Geometry, Driving Behaviour and Road Safety. Project RIPCORD-ISEREST Internal Report 10.1: 74 str.
<http://ripcord.bast.de/pdf/RI-TUD-WP10-R1-Basics.pdf> (Pridobljeno 28. 3. 2014.)
- [25] Rudin-Brown, C. M. (ur.), Jamson, S. L. (ur.). 2013. Behavioural Adaptation and Road Safety: Theory, Evidence and Action. CRC Press: str. 115.
<http://books.google.si/books?id=F8HfuHnFbCMC&printsec=frontcover&hl=sl#v=onepage&q&f=false> (Pridobljeno 20. 5. 2014.)
- [26] Theeuwes, J., van der Horst, R., Kuiken, M. 2012. Designing Safe Road Systems: A human factor Perspective (Human Factors in Road and Rail Transport). Ashgate Publishing Company: Burlington, USA: str. 43.
<http://books.google.si/books?id=WxTGGm7XI3cC&printsec=frontcover&hl=sl#v=snippet&q=figure%204.3&f=false> (Pridobljeno 14. 5. 2014.)
- [27] Schaap, N., van Arem, B. 2006. An evaluation of behaviour simulation modelling tools for urban intersection driving. TRAIL Research School, Delft: str. 3.
- [28] ENR SRO1. 2009. SPACE Project Description. ENR SRO1 project SPACE: 2 str.
http://www.eranetroad.org/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=49&Itemid=53 (Pridobljeno 3. 4. 2014.)
- [29] Weller, G., Dietze, M. 2010. SER and SER Approaches: State-of-the-art. ENR SRO1 project ERASER Deliverable Nr 1: 41 str.
http://www.eranetroad.org/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=186&Itemid=53 (Pridobljeno 3. 4. 2014.)

- [30] Nitsche, P., Saleh, P., Helfert, M. 2010. State of the art report on existing treatments for the design of forgiving roadsides. ENR SRO1 project IRDES Deliverable Nr 1: 67 str.
http://eranetroad.org/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=203&Itemid=53 (Pridobljeno 3. 4. 2014.)
- [31] Elvik, R. 2011. Assessment and applicability of evaluation tools: Current practice in a sample of European countries and steps towards a state-of-the-art approach. ENR SRO1 Project RISMET Deliverable Nr. 4 and 5: str. 10, 58.
http://eranetroad.org/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=300&Itemid=53 (Pridobljeno 3. 4. 2014.)
- [32] Candappa, N., Schermers, G., Stefan, C., Elvik, R. 2011. Data requirements for road network inventory studies and road safety evaluations - Guidelines and specifications. ENR SRO1 project RISMET Deliverable Nr 3: 87 str.
http://eranetroad.org/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=299&Itemid=53 (Pridobljeno 3. 4. 2014.)
- [33] Smernica za preverjanje varnosti v prometu (RSA). 2012. Ljubljana, Ministrstvo za infrastrukturo in prostor Republike Slovenije: str. 6–9.
http://www.mzi.gov.si/fileadmin/mzi.gov.si/pageuploads/DC_splosno/predpisi/RSA-smernica.pdf (Pridobljeno 8. 2. 2015.)
- [34] Smernica za pregledovanje varnosti cest (RSI). 2012. Ljubljana, Ministrstvo za infrastrukturo in prostor Republike Slovenije: str. 3–4.
<http://www.avp-rs.si/wp-content/uploads/2012/04/Smernice%20za%20pregledovanje%20varnosti%20cest.pdf> (Pridobljeno 8. 2. 2015.)
- [35] Jelenc, M. 2010. Modelske metode za ocenjevanje prometne varnosti. V: 10. Slovenski kongres o cestah in prometu, Portorož, 20.-22. oktobra 2010: str. 691–698.
<http://www.drc.si/Portals/6/prispevki/IV/691-698.pdf> (Pridobljeno 12. 2. 2015.)
- [36] SENSOR Project Consortium. 2014. Risk Rating of motorways and other national roads in Slovenia: 1 str.
http://sensorproject.eu/material/see/RRM_Slovenia_2014.pdf (Pridobljeno 15. 3. 2015.)
- [37] Zotlar, S. 2010. Metodologija za določitev nevarnih mest in za njihovo odpravo na državnem cestnem omrežju = Methodology for identification of hazardous locations and implementation of countermeasures on the national roads network. Ljubljana, Ministrstvo za promet, Direkcija Republike Slovenije za ceste: 11 str.
- [38] Smernica za izdelavo ocene učinka na varnost v prometu (RSIA). 2012. Ljubljana, Ministrstvo za infrastrukturo in prostor Republike Slovenije: str. 5.
http://www.mzi.gov.si/fileadmin/mzi.gov.si/pageuploads/DC_splosno/predpisi/RSIA-SMERNICA.pdf (Pridobljeno 8. 2. 2015.)

- [39] Charman, S., Grayson, G., Helman, S. et al. 2010. Self-Explaining Roads Literature Review and Treatment Information. ENR SRO1 project SPACE Deliverable Nr 1: 88 str.
http://www.eranetroad.org/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=192&Itemid=53 (Pridobljeno 3. 4. 2014.)
- [40] Sjögren, L., Anund, A., Charman, S. et al. 2012. SPACE, Speed Adaption Control by Self-Explaining Roads; Final Report. ENR SRO1 project SPACE Deliverable Nr 6: 26 str.
http://eranetroad.org/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=313&Itemid=53 (Pridobljeno 3. 4. 2014.)
- [41] Houtenbos, M., Weller, G., Aarts, L. et al. 2011. Road User Pilots in Different European Countries. ENR SRO1 project ERASER Deliverable Nr 2: str. 8–10.
http://eranetroad.org/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=315&Itemid=53 (Pridobljeno 3. 4. 2014.)
- [42] Bahar, G., Parkhill, M., Tan, E. et al. 2009. Highway Safety Manual Knowledge Base: str. 3-108–3-114, 3-137, 4-12–4-25, 4-59–4-60.
http://www.cmfclearinghouse.org/collateral/HSM_knowledge_document.pdf
(Pridobljeno 4. 5. 2014.)
- [43] Campbell, J. L., Lichty, M. G., Brown, J. L. et al. 2012. NCHRP Report 600: Human Factors Guidelines for Road Systems, Second Edition. National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board, Washington, DC, USA: 305 str.
http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/nchrp/nchrp_rpt_600Second.pdf (Pridobljeno 15. 6. 2014.)
- [44] Pravilnik o prometni signalizaciji in prometni opremi na javnih cestah. Uradni list RS št. 46/2000.
<http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=200046&stevilka=2131> (Pridobljeno 1. 6. 2014.)
- [45] Mit Grnjak. 2015. Znaki za obvestila.
http://www.mit-grnjak.com/znaki_za_obvestila (Pridobljeno 12. 3. 2015.)
- [46] Pravilnik o prometni signalizaciji in prometni opremi, osnutek. 2013. Ljubljana, Ministrstvo za infrastrukturo in prostor: str. 82.
http://arhiv2014.skupnostobcin.si/fileadmin/sos/datoteke/pdf/Barbara/PREDLOGI_PR_EDPISOV/Ceste/Osnutek_pravilnika_o_prometni_signalizaciji-25.7.2013.pdf
(Pridobljeno 1. 5. 2014.)
- [47] Godley, S., Fildes, B., Triggs, T., Brown, L. 1999. Perceptual Countermeasures: Experimental Research. Road Safety Research Report CR 182. Australian Transport Safety Bureau, Canberra, Australia: 69 str.
<http://www.monash.edu.au/miri/research/reports/atsb182.pdf> (Pridobljeno 15. 6. 2014.)

- [48] Tehnična specifikacija za javne ceste TSC 02.401 : 2012. Označbe na vozišču, oblika in mere. Ministrstvo za promet, Direkcija Republike Slovenije za ceste.
http://www.dc.gov.si/fileadmin/dc.gov.si/pageuploads/pdf_datoteke/TSC/TSC_02.401-2012.pdf (Pridobljeno 20. 6. 2014.)
- [49] American Association of State Highway and Transportation Officials. 2011. Roadside Design Guide, 4th Edition. Washington, DC, USA: 316 str.
- [50] Elliott, M. A., McColl, V. A., Kennedy, J. V. 2003. Road design measures to reduce drivers' speed via 'psychological' processes: A literature review. TRL Report TRL564. Crowthorne, Transport Research Laboratory: 30 str.
- [51] Surrey County Council. 2009. Traffic Calming Good Practice Guidance: str. 23.
https://www.surreycc.gov.uk/_data/assets/pdf_file/0003/166422/Traffic-Calming-Good-Practice-Guide.pdf (Pridobljeno 20. 8. 2014.)
- [52] Tehnična specifikacija za javne ceste TSC 08.311/1 : 2005. Redno vzdrževanje cest – vzdrževanje prometnih površin – asfaltna vozišča. Ministrstvo za promet, Direkcija Republike Slovenije za ceste.
http://www.fg.uni-mb.si/cpg/wp-content/uploads/2013/04/TSC-08-311_2005.pdf (Pridobljeno 18. 8. 2014.)
- [53] The Highways Agency. 1999. Design Manual for Roads and Bridges, Vol. 6, Section 3, Part 4, TA 81/99: Coloured Surfacing in Road Layout (Excluding Traffic Calming). Department for Transport, London, UK: str. 2/1.
<http://www.standardsforhighways.co.uk/dmrb/vol6/section3/ta8199.pdf> (Pridobljeno 12. 8. 2014.)
- [54] Tehnična specifikacija za javne ceste TSC 03.800 : 2009. Naprave in ukrepi za umirjanje prometa. Ministrstvo za promet, Direkcija Republike Slovenije za ceste.
http://www.di.gov.si/uploads/media/TSC_03_800_2009_Naprave_in_ukrepi_za_umirjanje_prometa.pdf (Pridobljeno 20. 6. 2014.)
- [55] Martindale, A., Ulrich, C. 2010. Effectiveness of transverse road markings on reducing vehicle speeds. NZTA research report 423. New Zealand Transport Agency: 72 str.
<http://www.nzta.govt.nz/resources/research/reports/423/docs/423.pdf> (Pridobljeno 12. 8. 2014.)
- [56] Charlton, S. G., de Pont, J. J. 2007. Curve Speed Management. Research Report 323. Land Transport New Zealand: str. 52, 61.
<http://www.nzta.govt.nz/resources/research/reports/323/docs/323.pdf> (Pridobljeno 10. 8. 2014.)

- [57] Drakopoulos, A., Vergou, G. 2003. Evaluation of the Converging Chevron Pavement Marking Pattern at One Wisconsin Location. American Automobile Association Foundation for Traffic Safety, Washington, DC: str. 18.
<https://www.aaafoundation.org/sites/default/files/chevrons%20%281%29.pdf>
(Pridobljeno 1. 8. 2014.)
- [58] Juvanc, A., Rijavec, R. 2005. Temeljni pogoji za določanje cestnih elementov. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Prometnotehniški inštitut: 52 str.
http://studenti.fg.uni-mb.si/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=220&Itemid=66
(Pridobljeno 1. 8. 2014.)
- [59] Juvanc, A., Rijavec, R. 2005. Geometrijski elementi cestne osi in vozišča. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Prometnotehniški inštitut: 64 str.
http://studenti.fg.uni-mb.si/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=219&Itemid=66
(Pridobljeno 2. 8. 2014.)
- [60] Juvanc, A., Rijavec, R. 2005. Projektiranje cest. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Prometnotehniški inštitut: 101 str.
- [61] Fambro, D. B., Fitzpatrick, K., Koppa, R. J. 1997. NCHRP Report 400: Determination of Stopping Sight Distances. National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board, Washington, DC, USA: str. 7.
http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/nchrp/nchrp_rpt_400.pdf (Pridobljeno 15. 8. 2014.)
- [62] Department for Transport, Local Government and the Regions. 2001. A Road Safety Good Practice Guide for Highway Authorities, First Edition. London: str. A.30, A.37–A.38.
<http://www.lopdf.net/get/nP0QHhbE0DdiARo0fJEM4H9Ar3JQC5WYAmKaQkToqVQ./A-Road-Safety-Good-Practice-Guide-for-Highway-Authorities.pdf> (Pridobljeno 3. 4. 2015.)
- [63] Anti-skid surfacing. 2014.
<http://www.roadmarkingservices.co.uk/images/gallery/anti-skid-surfacing/02.jpg>
(Pridobljeno 3. 10. 2014.)
- [64] Charlton, S. G., Baas, P. H. 2006. Speed change management for New Zealand roads. Research Report 300. Land Transport New Zealand: str. 17–18, 22–23.
<http://www.nzta.govt.nz/resources/research/reports/300/docs/300.pdf> (Pridobljeno 29. 7. 2014.)
- [65] Tollazzi, T. 2006. Turbo-krožno krožišče. V: 8. Slovenski kongres o cestah in prometu, Portorož, 25.-27. oktobra 2006: 11 str.
<http://www.drc.si/Portals/1/Referati/T5-Tollazzi.pdf> (Pridobljeno 10. 8. 2014.)

- [66] Aarts, L., Pumberger, A., Lawton, B., Charman, S., Wijnen, W. 2011. Road Authority Pilot and Feasibility study. ENR SRO1 project ERASER Deliverable Nr 3 and 4: str. 8–19.
http://eranetroad.org/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=314&Itemid=53 (Pridobljeno 3. 4. 2014.)
- [67] Matena, S., Weber, R., Louwse, R. et al. 2006. Road categorisation and design of self explaining roads. Project RIPCORDER-ISEREST Internal Report 3.1: str. 81–97.
http://ripcorder.bast.de/pdf/RI-BAST-WP3-R1-Road_Categorisation_and_SER.pdf (Pridobljeno 28. 3. 2014.)
- [68] Road Safety Toolkit. 2014. Intersection - Delineation.
<http://toolkit.irap.org/default.asp?page=treatment&id=6> (Pridobljeno 10. 11. 2014.)
- [69] Ray, B., Kittelson, W., Knudsen, J. et al. 2008. NCHRP Report 613: Guidelines for Selection of Speed Reduction Treatments at High-Speed Intersections. National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board, Washington, DC, USA: 99 str.
http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/nchrp/nchrp_rpt_613.pdf (Pridobljeno 20. 8. 2014.)
- [70] Kastelic, T., Breška, Z., Čertanc, N. et al. 1991. Tehnični normativi za projektiranje in opremo mestnih prometnih površin. Ljubljana, Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo, Prometnotehniški inštitut: str. VI-13.
- [71] Pravilnik o cestnih priključkih na javne ceste. Uradni list RS št. 86/2009: III.
<https://www.uradni-list.si/1/content?id=94364> (Pridobljeno 15. 8. 2014.)
- [72] The Highways Agency. 2002. Design Manual for Roads and Bridges, Vol. 6, Section 1, Part 1, TD 9/93 - Amendment No 1: Highway Link Design. Department for Transport, London, UK: str. 5/2.
<http://www.standardsforhighways.co.uk/dmrb/vol6/section1/td993.pdf> (Pridobljeno 1. 9. 2014.)
- [73] 2+1 road. 2014.
http://en.wikipedia.org/wiki/2%2B1_road (Pridobljeno 20. 8. 2014.)
- [74] Weller, G. 2010. The Psychology of Driving on Rural Roads: Development and Testing of a Model, 1st Edition. VS Research. Wiesbaden, Germany: str. 72.
http://books.google.si/books?id=udFDAAAQBAJ&pg=PA4&hl=sl&source=gbs_selected_pages&cad=2#v=onepage&q&f=false (Pridobljeno 20. 8. 2014.)
- [75] Gatti, G., Polidori, C., Galvez, I. K. et al. 2007. Safety Handbook for Secondary Roads. Project RIPCORDER-ISEREST Deliverable D13: str. 49, 145.
<http://ripcorder.bast.de/pdf/RIPCORDER-ISEREST-Deliverable-D13-Final.pdf> (Pridobljeno 28. 3. 2014.)

- [76] Tollazzi, T., Lipar, P., Kenjic, Z. 2012. Ceste, ki odpuščajo napake voznikov. V: 11. Slovenski kongres o cestah in prometu, Portorož, 24.-25. oktobra 2012: 10 str.
- [77] Torbic, D. J., Hutton, J. M., Bokenkroger, C. D. et al. 2009. NCHRP Report 641: Guidance for the Design and Application of Shoulder and Centerline Rumble Strips. National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board, Washington, DC, USA: str. 1–3, 153–157.
http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/nchrp/nchrp_rpt_641.pdf (Pridobljeno 20. 9. 2014.)
- [78] Wegman, F. (ur.), Aarts, L. (ur.). 2006. Advancing Sustainable Safety: National Road Safety Outlook for 2005-2020. SWOV Institute for Road Safety Research, Leidschendam, Netherlands: str. 64–65.
http://www.swov.nl/rapport/dmdv/Advancing_sustainable_safety.pdf (Pridobljeno 3. 9. 2014.)
- [79] La Torre, F. 2011. Forgiving Roadside Design Guide. ENR SRO1 project IRDES Deliverable Nr 3: 77 str.
http://eranetroad.org/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=291&Itemid=53 (Pridobljeno 3. 4. 2014.)
- [80] Glennon, J. C., Hill, P. F. 2004. Roadway Safety and Tort Liability, Second Edition. Lawyers & Judges Publishing Company, Inc: str. 38.
<https://books.google.si/books?id=LmqrDaOwn3kC&printsec=frontcover&hl=sl#v=onepage&q&f=false> (Pridobljeno 20. 8. 2014.)
- [81] Alberta Ministry of Infrastructure and Transportation. 2007. Roadside Design Guide, Chapter H-1: Overview. Alberta, Canada: 13 str.
<http://www.transportation.alberta.ca/Content/docType233/Production/H1-Overview.pdf> (Pridobljeno 15. 6. 2014.)
- [82] Tehnična specifikacija za javne ceste TSC 03.200 (predlog, oktober 2003). Temeljni pogoji za določanje cestnih elementov v odvisnosti od voznodinamičnih pogojev, ekonomike cest, prometne obremenitve in prometne varnosti ter preglednosti. Ministrstvo za promet, Direkcija Republike Slovenije za ceste.
https://gradbenik.files.wordpress.com/2008/07/tsc_03_200.pdf (Pridobljeno 10. 9. 2014.)
- [83] La Torre, F. 2013. Improving Roadside Design to Forgive Human Errors: Forgiving Roadside Design Guideline. V: Roadside Safety Design and Devices: International Workshop, July 17, 2012, Milan, Italy. Transportation Research Board, Washington, DC: str. 64–74.
<http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/circulars/ec172.pdf> (Pridobljeno 4. 9. 2014.)

- [84] Neuman, T. R., Pfefer, R., Slack, K. L. et al. 2003. NCHRP Report 500: Guidance for Implementation of the AASHTO Strategic Highway Safety Plan – Volume 6: A Guide for Addressing Run-Off-Road Collisions. National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board, Washington, DC, USA: 96 str.
http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/nchrp/nchrp_rpt_500v6.pdf (Pridobljeno 15. 8. 2014.)
- [85] Dupré, G., Bisson, O., RISER Consortium. 2006. Summary of European Design Guidelines for Roadside Infrastructure. Project RISER Deliverable D05: 46 str.
<https://dspace.lboro.ac.uk/dspace-jspui/bitstream/2134/1048/3/VS1539%20AR2508%20RISER.pdf> (Pridobljeno 15. 9. 2014.)
- [86] Tehnična specifikacija za javne ceste TSC 02.210 : 2008. Varnostne ograje – pogoji in način postavitve. Ministrstvo za promet, Direkcija Republike Slovenije za ceste.
http://www.google.si/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CB4QFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.fpp.uni-lj.si%2Fmma_bin.php%3Fid%3D201111911225022&ei=HSpaVYqyCsmdsgGc64CgAQ&usq=AFQjCNG2XNfKUKS-suWVOVsyKG25NIT-QIQ&sig2=tWtSPEhSTfTMPT4Sn89rqA&bvm=bv.93564037,d.bGg (Pridobljeno 20. 8. 2014.)
- [87] Alberta Ministry of Infrastructure and Transportation. 2007. Roadside Design Guide, Chapter H-4: Grading and Drainage. Alberta, Canada: 16 str.
<http://www.transportation.alberta.ca/Content/docType233/Production/H4-Grading-and-Drainage.pdf> (Pridobljeno 15. 6. 2014.)
- [88] Pravilnik o projektiranju cest. Uradni list RS št. 91/2005: I, VII.
<https://www.uradni-list.si/1/content?id=58173> (Pridobljeno 20. 8. 2014.)
- [89] Plaxico, C. A., Ray, M. H., Weir, J. A. et al. 2005. NCHRP Report 537: Recommended Guidelines for Curb and Curb–Barrier Installations. National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board, Washington, DC, USA: str. 85, 93.
http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/nchrp/nchrp_rpt_537.pdf (Pridobljeno 3. 8. 2014.)
- [90] Glennon, J. C. 2005. A Primer on Roadway Pavement Edge Drop Offs. Crash Forensics, Motor-Vehicle Accident Investigation and Reconstruction Services.
<http://www.crashforensics.com/papers.cfm?PaperID=26> (Pridobljeno 4. 8. 2014.)
- [91] Pravilnik o vrstah vzdrževalnih del na javnih cestah in nivoju rednega vzdrževanja javnih cest. Uradni list RS št. 62/1998.
<https://www.uradni-list.si/1/content?id=3185> (Pridobljeno 20. 7. 2014.)
- [92] Alberta Ministry of Infrastructure and Transportation. 2007. Roadside Design Guide, Chapter H-3: Roadside Design Process. Alberta, Canada: 83 str.
<http://www.transportation.alberta.ca/Content/docType233/Production/H3RoadsideDesignProcess.pdf> (Pridobljeno 15. 6. 2014.)

- [93] U.S. Department of Transportation, FHWA. 2015. Clear Zones.
http://safety.fhwa.dot.gov/roadway_dept/clear_zones/ (Pridobljeno 2. 5. 2015.)
- [94] Jamieson, N. J., Waibl, G., Davies, R. 2013. Use of roadside barriers versus clear zones. NZTA research report 517. New Zealand Transport Agency: str. 28.
<http://www.nzta.govt.nz/resources/research/reports/517/docs/517.pdf> (Pridobljeno 2. 8. 2014.)
- [95] Montana Department of Transportation. 2004. Road Design Manual, Chapter Fourteen: Roadside Safety. Montana, USA: str. 14.2(9).
https://www.mdt.mt.gov/other/roaddesign/external/montana_road_design_manual/14_Roadside_Safety.pdf (Pridobljeno 10. 5. 2015.)
- [96] Mallschützke, K., Gálvez, I., Gatti, G., van de Leur, M., Dell'Olio, L. 2006. Secondary Road Safety: Actual Knowledge and Experiences. Project RIPCORD-ISEREST Internal Report 9.1: str. 110.
http://ripcord.bast.de/pdf/RI-INEC-WP9-R1-State_of_the_Art.pdf (Pridobljeno 28. 3. 2014.)
- [97] Bogataj, D. 2008. Ukrepi za izboljšanje prometne varnosti na strmih padcih cest - zasilni izvozi. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba D. Bogataj): str. 13–19.
- [98] Alberta Ministry of Infrastructure and Transportation. 2007. Roadside Design Guide, Chapter H-6: Barrier End Treatments and Crash Cushions. Alberta, Canada: str. 16.
<http://www.transportation.alberta.ca/Content/docType233/Production/H6BarrierEndTreatmentsCrashCushions.pdf> (Pridobljeno 15. 6. 2014.)
- [99] U.S. Department of Transportation, FHWA. 2014. Designing for Transportation Management and Operations: A primer.
<http://www.ops.fhwa.dot.gov/publications/fhwahop13013/ch3.htm> (Pridobljeno 12. 9. 2014.)
- [100] Formulanone. 2014.
<http://www.formulanone.org/p> (Pridobljeno 20. 8. 2014.)
- [101] Vzdrževanje cest. 2014.
http://sl.wikipedia.org/wiki/Vzdr%C5%BEevanje_cest (Pridobljeno 5. 9. 2014.)
- [102] Department of Transport and Main Roads. 2011. Traffic and Road Use Management Manual, Volume 1, Part 10: Support Selection for Roadside Signs and Other Equipment. Queensland Government, Brisbane: str. 2.
<http://www.tmr.qld.gov.au/~media/busind/techstdpubs/trum/Volume%201/Volume1Part10.pdf> (Pridobljeno 4. 10. 2014.)

- [103] Pfajfer, T., Prisljan, D., Sajovic, R. 2010. ZIP drogovi cestne razsvetljave z ozirom na EN 12767 – pasivna varnost nosilnih konstrukcij cestne opreme. V: 10. Slovenski kongres o cestah in prometu, Portorož, 20.-22. oktobra 2010: str. 1457–1463.
<http://www.drc.si/portals/6/prispevki/viii/1457-1463.pdf> (Pridobljeno 14. 10. 2014.)
- [104] Foedinger, R., Boozer, J. F., Bronstad, M. E., Davidson, J. W. 2002. Development of an Energy Absorbing Composite Utility Pole. V: TRB Annual Meeting 2003, Washington, DC, USA: str. 5.
http://www.ltrc.lsu.edu/TRB_82/TRB2003-000865.pdf (Pridobljeno 11. 8. 2014.)
- [105] Alberta Ministry of Infrastructure and Transportation. 2007. Roadside Design Guide, Chapter H-8: Signs, Supports and Poles. Alberta, Canada: str. 5.
<http://www.transportation.alberta.ca/Content/docType233/Production/H8-Signs-Supports-and-Poles.pdf> (Pridobljeno 15. 6. 2014.)
- [106] Center for Transportation Research and Education. 2001. Iowa Traffic Control Devices and Pavement Markings: A manual for Cities and Counties. Iowa State University, Ames, USA: str. C14.4–C14.7.
http://www.ctre.iastate.edu/pubs/itcd/itcd_whole.pdf (Pridobljeno 15. 9. 2014.)
- [107] Mcgee, H. W. 2010. Maintenance of Signs and Sign Supports: A Guide for Local Highway and Street Maintenance Personnel. Office of Safety, Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation, Washington, DC, USA: str. 12–16.
http://safety.fhwa.dot.gov/local_rural/training/fhwasa09025/ (Pridobljeno 12. 8. 2014.)
- [108] Rei-Lux AUS. 2014. Services.
<http://www.rei-lux.com.au/GPSDataTorqueTesting.php> (Pridobljeno 15. 10. 2014.)
- [109] Cesolini, E., Bianchin, F. R., Grecco, R. 2011. Questionnaire roadside safety interventions and their effectiveness. ENR SRO1 project IRDES Final Report: str. 17–18.
http://eranetroad.org/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=294&Itemid=53 (Pridobljeno 3. 4. 2014.)
- [110] Alberta Ministry of Infrastructure and Transportation. 2007. Roadside Design Guide, Chapter H-7: Bridges. Alberta, Canada: str. 11–13.
<http://www.transportation.alberta.ca/Content/docType233/Production/H7Bridges.pdf> (Pridobljeno 15. 6. 2014.)
- [111] Sicking, D. L., Marquis, E. L., Wagle, V., Ross, H. E. 1982. An End Treatment For Concrete Barriers Used In Work Zones. Texas Transportation Institute, Texas, USA: str. 1.
<http://d2dtl5nnlpr0r.cloudfront.net/tti.tamu.edu/documents/262-2.pdf> (Pridobljeno 12. 8. 2014.)
- [112] Cable barrier. 2014.
http://en.wikipedia.org/wiki/Cable_barrier (Pridobljeno 15. 9. 2014.)

- [113] VicRoads. 2014. Road Design Note 06-02C: Use of Wire Rope Safety Barriers. State Government of Victoria, Australia.
<https://www.vicroads.vic.gov.au/~media/files/technicaldocuments/standards-and-supplements/roaddesignnote0602ctheuseofwireropesafetybarrierswrsb.ashx>
(Pridobljeno 1. 9. 2014.)
- [114] Department of Transport and Main Roads. 2005. Road planning and design manual, Chapter 8: Safety Barriers and Roadside Furniture. Queensland Government, Brisbane: str. 65.
http://www.tmr.qld.gov.au/~media/busind/techstdpubs/Road%20planning%20and%20design%20manual/Current%20document/RPDM_Chapter8.pdf (Pridobljeno 2. 9. 2014.)
- [115] Alberta Ministry of Infrastructure and Transportation. 2007. Roadside Design Guide, Chapter H-5: Roadside and Median Barrier Systems. Alberta, Canada: 42 str.
<http://www.transportation.alberta.ca/Content/docType233/Production/H5RoadsideMedianBarrierSystems.pdf> (Pridobljeno 15. 6. 2014.)
- [116] BS EN 1317-2:1998/A1:2006. Road restraint systems – Part 2: Performance classes, impact test acceptance criteria and test methods for safety barriers.
<http://www.scribd.com/doc/204478792/EN1317-2#scribd> (Pridobljeno 12. 10. 2014.)
- [117] Štaba, R., Kostanjšek, J. 2013. EuroRAP Slovenija 2012: Evropsko primerljivo vrednotenje stanja prometne varnosti cest v Sloveniji. Avto-moto zveza Slovenije: 44 str.
<http://eurorap.org/media/180936/EuroRAP-2528.pdf> (Pridobljeno 10. 1. 2015.)
- [118] EuroRAP. 2015. Protocols.
<http://eurorap.org/knowledge-base/protocols-homepage/> (Pridobljeno 14. 1. 2015.)
- [119] Štaba, R., Kostanjšek, J. 2010. EuroRAP Slovenija. V: 10. Slovenski kongres o cestah in prometu, Portorož, 20.-22. oktobra 2010: str. 589–596.
<http://www.drc.si/portals/6/prispevki/iv/589-596.pdf> (Pridobljeno 12. 2. 2015.)
- [120] EuroRAP. 2015. Risk Mapping.
<http://www.eurorap.org/knowledge-base/protocols-homepage/risk-mapping/>
(Pridobljeno 14. 1. 2015.)
- [121] Marden, J. 2013. RAP Road Risk Mapping Manual: Technical Specification. European Road Assessment Programme: 45 str.
http://downloads.irap.org/docs/RAP-RM-2-1_Risk_Mapping_technical_specification.pdf (Pridobljeno 12. 2. 2015.)
- [122] International Road Assessment Programme. 2014. iRAP Methodology Fact Sheet 6: Star Rating Score equations: 5 str.
<http://www.irap.net/en/about-irap-3/methodology?download=134:irap-methodology-fact-sheet-6-star-rating-score-equations> (Pridobljeno 12. 2. 2015.)

- [123] International Road Assessment Programme. 2014. iRAP Methodology Fact Sheet 7: Star Rating bands: 5 str.
<http://www.irap.net/en/about-irap-3/methodology?download=135:irap-methodology-fact-sheet-7-star-rating-bands> (Pridobljeno 12. 2. 2015.)
- [124] Direkcija RS za ceste. 2014. Prometne obremenitve 2013. Ljubljana, Ministrstvo za promet.
http://www.di.gov.si/fileadmin/di.gov.si/pageuploads/Prometni_podatki/Prometne_obremenitve_2013_NOO.pdf (Pridobljeno 15. 3. 2015.)
- [125] Štaba, R., Kostanjšek, J., Možina, K., Leskovšek, B. 2014. Projekt SENSOR: Ocena stanja cest in obcestja. Avto-moto zveza Slovenije: 20 str.
http://www.amzs.si/cms/controls/warehousehandler.ashx?path=/Vsebina/Varni_na_poti/SENSOR/3755 (Pridobljeno 10. 1. 2015.)
- [126] Policija. 2015. Statistika prometnih nesreč za obdobje 2009-2013. Ljubljana, Ministrstvo za notranje zadeve.
<http://www.policija.si/index.php/statistika/prometna-varnost> (Pridobljeno 12. 3. 2015.)
- [127] U.S. Department of Transportation, FHWA. 2015. Roadway Departure Safety: A Manual for Local Rural Road Owners.
http://safety.fhwa.dot.gov/local_rural/training/fhwasa1109/app_c.cfm (Pridobljeno 2. 4. 2015.)
- [128] SENSOR Project Consortium. 2014. Slovenia: Vehicle occupant Star Ratings: 1 str.
http://sensorproject.eu/material/see/RRM_Slovenia_2014.pdf (Pridobljeno 15. 3. 2015.)
- [129] Kostanjšek, J. 2015. Rezultati EuroRAP (SENSOR) za cesto R1-212. Osebna komunikacija (Pridobljeno 7. 5. 2015)
- [130] Javna agencija Republike Slovenije za varnost prometa. 2015. Prometne nesreče.
<http://nesrece.avp-rs.si/> (Pridobljeno 10. 3. 2015.)

Ostali viri:

Maršič, U. 2007. Vpliv parametrov cestne osi na prometno varnost. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba U. Maršič): 103 str.

Furlan, M. 2007. Retrorefleksivnost horizontalne signalizacije in talnih označb. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba M. Furlan): 86 str.

Zakon o cestah (Zces-1). Uradni list RS št. 109/2010.
<https://www.uradni-list.si/1/content?id=101701> (Pridobljeno 1. 8. 2014)

Filipič, K. 2012. Primerjava uspešnosti ukrepov za umirjanje prometa. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba K. Filipič): 51 str.

Pantar, A. 2007. Cestne naprave in oprema. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba A. Pantar): 149 str.

Kognitivna obremenitev. 2014.

http://sl.wikipedia.org/wiki/Kognitivna_obremenitev (Pridobljeno 22. 8. 2014.)

Programska oprema Google Earth. 2014.

»Ta stran je namenoma prazna«

SEZNAM PRILOG

PRILOGA A: POTREBNE ŠIRINE PROSTIH CON

- Preglednica A1: Priporočene vrednosti potrebnih širin prostih con [m], določene za računске hitrosti cest, prometne obremenitve na cestah ter vrste in naklone brežin [49]
- Preglednica A2: Vrednosti korekcijskega faktorja krivin, določene za računске hitrosti cest in radije krožnih lokov krivin [49]

PRILOGA B: PRIPOROČENI PREČNI PROFILI CESTNIH JARKOV

- Slika B1: Priporočene vrednosti razmerij naklonov brežin jarkov trikotne (V) oblike, trapezne oblike, katerih širina dna znaša manj kot 1,2 m, in segmentne oblike, katerih širina (dna) znaša manj kot 2,4 m [49]
- Slika B2: Priporočene vrednosti razmerij naklonov brežin jarkov trapezne oblike, katerih širina dna znaša 1,2 m ali več, in segmentne oblike, katerih širina (dna) znaša 2,4 m ali več [49]

PRILOGA C: PRIPOROČILA ZA POSTAVITEV VARNOSTNIH OGRAJ

- Preglednica C1: Priporočene vrednosti odmika izognitve, določene za računске hitrosti cest [49]
- Preglednica C2: Priporočene kombinacije namestitve robnikov in varnostnih ograj v odvisnosti od projektnih hitrosti cest [87]
- Preglednica C3: Priporočene stopnje ukrivljenosti različnih vrst varnostnih ograj, določene za računске hitrosti cest in lociranost varnostnih ograj glede na odmik izognitve [49]
- C4: GRAFIČNA DOLOČITEV POTREBNE DOLŽINE VARNOSTNE OGRAJE [92]
- Preglednica C5: Priporočene vrednosti dolžine zleta vozila (L_z) za določitev potrebne dolžine varnostne ograje, določene za računске hitrosti cest in prometne obremenitve na cestah [49]

PRILOGA D: PROMETNE NEZGODE NA ODSEKIH ZUNAJ NASELIJ CESTE UNEC–ŽLEBIČ V OBDOBJU 2009-2012

- Slika D1: Lokacije prometnih nezgod na odsekih zunaj naselij ceste Unec–Žlebič v obdobju 2009-2012 [130]

»Ta stran je namenoma prazna«

PRILOGA A: POTREBNE ŠIRINE PROSTIH CON

Preglednica A3: Priporočene vrednosti potrebnih širin prostih con [m], določene za računске hitrosti cest, prometne obremenitve na cestah ter vrste in naklone brežin [49]

Računska hitrost [km/h]	Predviden PLDP	Nasipna brežina			Vkopna brežina		
		1:6 ali položneje	1:5 do 1:4	1:3	1:3	1:5 do 1:4	1:6 ali položneje
≤ 60	Pod 750	2,0-3,0	2,0-3,0	B	2,0-3,0	2,0-3,0	2,0-3,0
	750-1500	3,0-3,5	3,5-4,5	B	3,0-3,5	3,0-3,5	3,0-3,5
	1500-6000	3,5-4,5	4,5-5,0	B	3,5-4,5	3,5-4,5	3,5-4,5
	Nad 6000	4,5-5,0	5,0-5,5	B	4,5-5,0	4,5-5,0	4,5-5,0
70-80	Pod 750	3,0-3,5	3,5-4,5	B	2,5-3,0	2,5-3,0	3,0-3,5
	750-1500	4,5-5,0	5,0-6,0	B	3,0-3,5	3,5-4,5	4,5-5,0
	1500-6000	5,0-5,5	6,0-8,0	B	3,5-4,5	4,5-5,0	5,0-5,5
	Nad 6000	6,0-6,5	7,5-8,5	B	4,5-5,0	5,5-6,0	6,0-6,5
90	Pod 750	3,5-4,5	4,5-5,5	B	2,5-3,0	3,0-3,5	3,0-3,5
	750-1500	5,0-5,5	6,0-7,5	B	3,0-3,5	4,5-5,0	5,0-5,5
	1500-6000	6,0-6,5	7,5-9,0	B	4,5-5,0	5,0-5,5	6,0-6,5
	Nad 6000	6,5-7,5	8,0-10,0 ^A	B	5,0-5,5	6,0-6,5	6,5-7,5
100	Pod 750	5,0-5,5	6,0-7,5	B	3,0-3,5	3,5-4,5	4,5-5,0
	750-1500	6,0-7,5	8,0-10,0 ^A	B	3,5-4,5	5,0-5,5	6,0-6,5
	1500-6000	8,0-9,0	10,0-12,0 ^A	B	4,5-5,5	5,5-6,5	7,5-8,0
	Nad 6000	9,0-10,0 ^A	11,0-13,5 ^A	B	6,0-6,5	7,5-8,0	8,0-8,5
110 ^C	Pod 750	5,5-6,0	6,0-8,0	B	3,0-3,5	4,5-5,0	4,5-5,0
	750-1500	7,5-8,0	8,5-11,0 ^A	B	3,5-5,0	5,5-6,0	6,0-6,5
	1500-6000	8,5-10,0 ^A	10,5-13,0 ^A	B	5,0-6,0	6,5-7,5	8,0-8,5
	Nad 6000	9,0-10,5 ^A	11,5-14,0 ^A	B	6,5-7,5	8,0-9,0	8,5-9,0

A) V primeru, ko je za posamezen odsek ceste na podlagi terenskih raziskav ali podatkov o zgodovini prometnih nezgod ugotovljeno, da na tem mestu obstaja velika verjetnost, da bo prišlo do večjega števila nezgod, je upravičena tudi uporaba večje širine proste cone.

B) Povratek vozila na vozišče je v primeru, ko vozilo zapelje na (prevozno) nasipno brežino z naklonom približno 1:3, le malo verjeten. Iz tega razloga je predvideno, da se ob vznožju take brežine zagotovi dodatno zadostno (prevozno) površino v dovolj majhnem naklonu, na kateri lahko voznik ponovno vzpostavi kontrolo nad svojim vozilom oziroma se na tem mestu varno ustavi.

C) Za računске hitrosti, večje od 110 km/h, je primerna tudi uporaba večjih širin, kot so navedene v preglednici.

Preglednica A4: Vrednosti korekcijskega faktorja krivin, določene za računске hitrosti cest in radije krožnih lokov krivin [49]

Radij [m]	Računska hitrost [km/h]					
	60	70	80	90	100	110
900	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2
700	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,3
600	1,1	1,2	1,2	1,2	1,3	1,4
500	1,1	1,2	1,2	1,3	1,3	1,4
450	1,2	1,2	1,3	1,3	1,4	1,5
400	1,2	1,2	1,3	1,3	1,4	-
350	1,2	1,2	1,3	1,4	1,5	-
300	1,2	1,3	1,4	1,5	1,5	-
250	1,3	1,3	1,4	1,5	-	-
200	1,3	1,4	1,5	-	-	-
150	1,4	1,5	-	-	-	-
100	1,5	-	-	-	-	-

Izračun modificirane potrebne širine proste cone v krivini [49]:

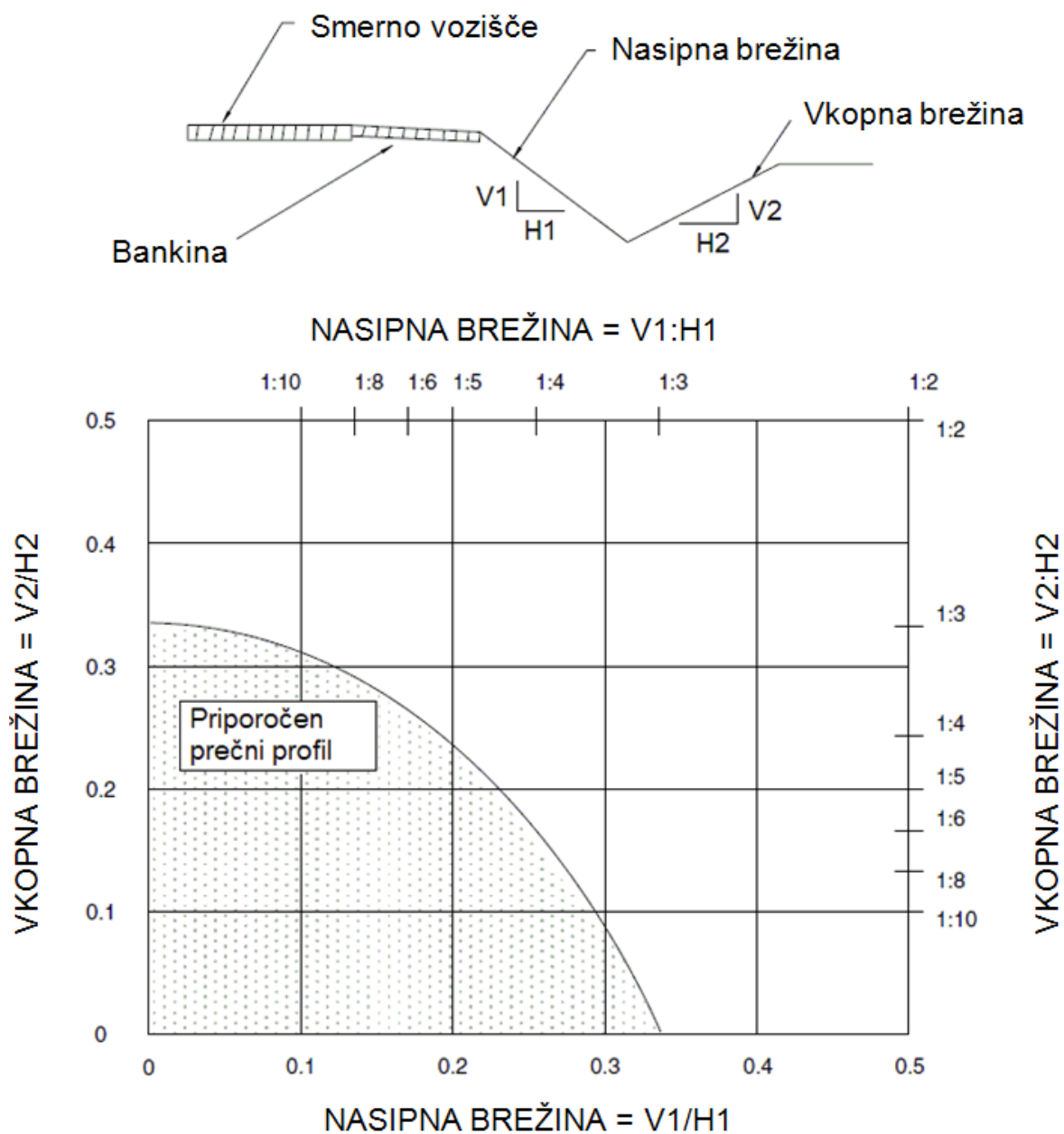
$$P\check{S}PC = RVP\check{S}PC * KF$$

kjer je:

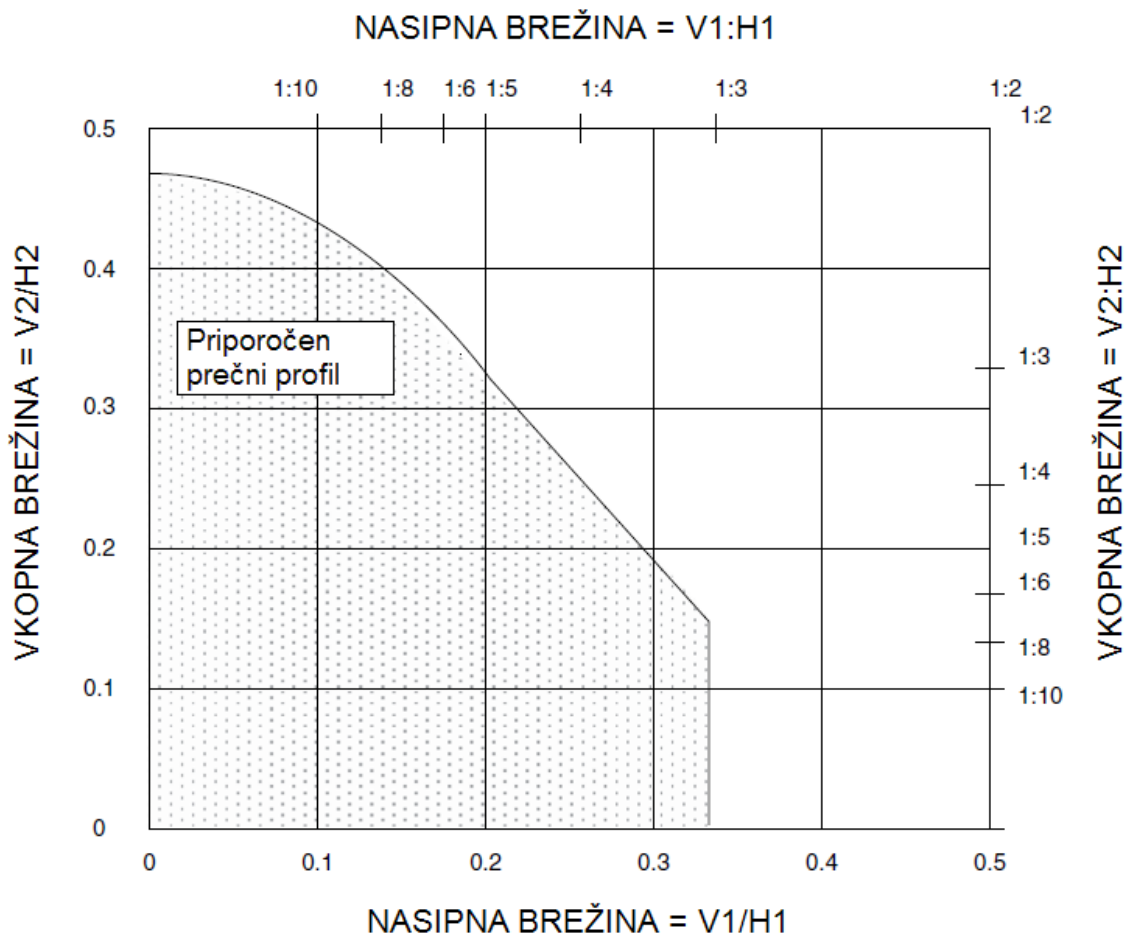
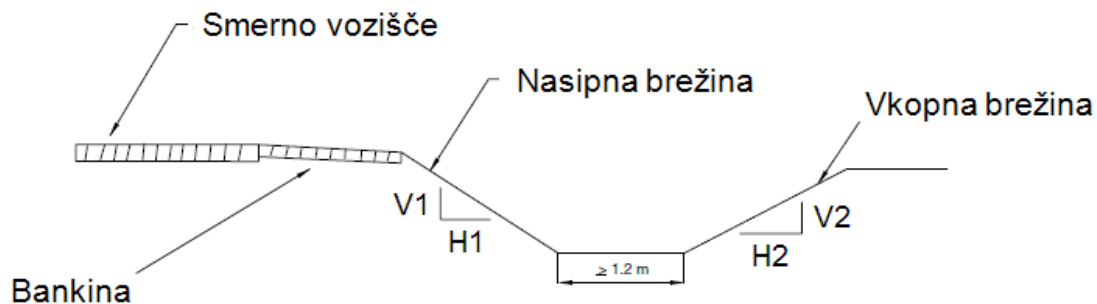
- PŠPC [m] potrebna širina proste cone na zunanji strani krivine
- RVPŠPC [m] računska vrednost potrebne širine proste cone (preglednica A1)
- KF korekcijski faktor krivin (preglednica A2)

Povečana potrebna širina prostih con na zunanji strani krivin se praviloma uporablja le v primerih, če za obravnavan odsek že obstajajo neugodni podatki o prometnih nesrečah, če je s pregledom ceste ugotovljeno, da na obravnavanem odseku obstaja velika verjetnost za pojav nesreče in bi le-to bilo mogoče zmanjšati s povečanjem potrebne širine proste cone, ali kadar povečanje širine predstavlja stroškovno učinkovit ukrep. [49]

PRILOGA B: PRIPOROČENI PREČNI PROFILI CESTNIH JARKOV



Slika B3: Priporočene vrednosti razmerij naklonov brežin jarkov trikotne (V) oblike, trapezne oblike, katerih širina dna znaša manj kot 1,2 m, in segmentne oblike, katerih širina (dna) znaša manj kot 2,4 m [49]



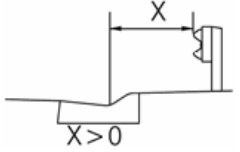
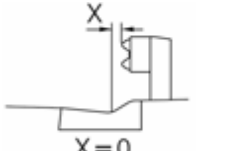
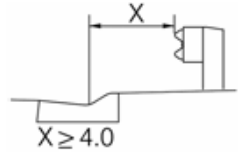
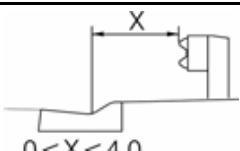
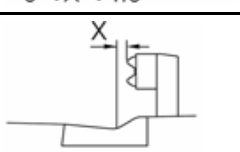
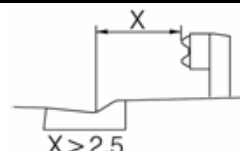
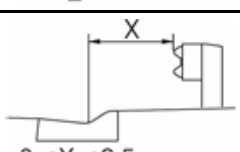
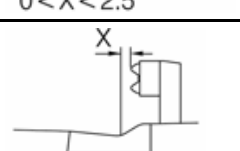
Slika B4: Priporočene vrednosti razmerij naklonov brežin jarkov trapezne oblike, katerih širina dna znaša 1,2 m ali več, in segmentne oblike, katerih širina (dna) znaša 2,4 m ali več [49]

PRILOGA C: PRIPOROČILA ZA POSTAVITEV VARNOSTNIH OGRAJ

Preglednica C1: Priporočene vrednosti odmika izognitve, določene za računske hitrosti cest [49]

Računska hitrost [km/h]	Odmik izognitve [m]
130	3.7
120	3.2
110	2.8
100	2.4
90	2.2
80	2.0
70	1.7
60	1.4
50	1.1

Preglednica C2: Priporočene kombinacije namestitve robnikov in varnostnih ograj v odvisnosti od projektnih hitrosti cest [87]

Projektna hitrost [km/h]	Dovoljen odmik varnostne ograje [m]	Vrste robnikov	Vrste varnostnih ograj		
			Jeklene kabelne varnostne ograje	Jeklene varnostne ograje	Betonske varnostne ograje
> 100	Kakršenkoli odmik	Vse vrste	Namestitev varnostne ograje v kombinaciji z robnikom ni zaželena		
> 85-100	 $X > 0$	Povozni	Namestitev varnostne ograje v kombinaciji z robnikom ni zaželena		
		Delno povozni			
		Nepovozni			
	 $X = 0$	Povozni	✓	✓	✓
		Delno povozni	✗	✗	✗
		Nepovozni	✗	✗	✗
> 70-85	 $X \geq 4.0$	Povozni	✓	✓	✓
		Delno povozni	✗	✗	✗
		Nepovozni	✗	✗	✗
	 $0 < X < 4.0$	Povozni	Namestitev varnostne ograje v kombinaciji z robnikom ni zaželena		
		Delno povozni			
		Nepovozni			
	 $X = 0$	Povozni	✓	✓	✓
		Delno povozni	✓	✓	✓
		Nepovozni	✗	✗	✗
> 60-70	 $X \geq 2.5$	Povozni	✓	✓	✓
		Delno povozni	✓	✓	✓
		Nepovozni	✗	✗	✗
	 $0 < X < 2.5$	Povozni	Namestitev varnostne ograje v kombinaciji z robnikom ni zaželena		
		Delno povozni			
		Nepovozni			
	 $X = 0$	Povozni	✓	✓	✓
		Delno povozni	✓	✓	✓
		Nepovozni	✗	✗	✗
≤ 60	Ni omejitev	Vse vrste	✓	✓	✓

Preglednica C3: Priporočene stopnje ukrivljenosti različnih vrst varnostnih ograj, določene za računske hitrosti cest in lociranost varnostnih ograj glede na odmik izognitve [49]

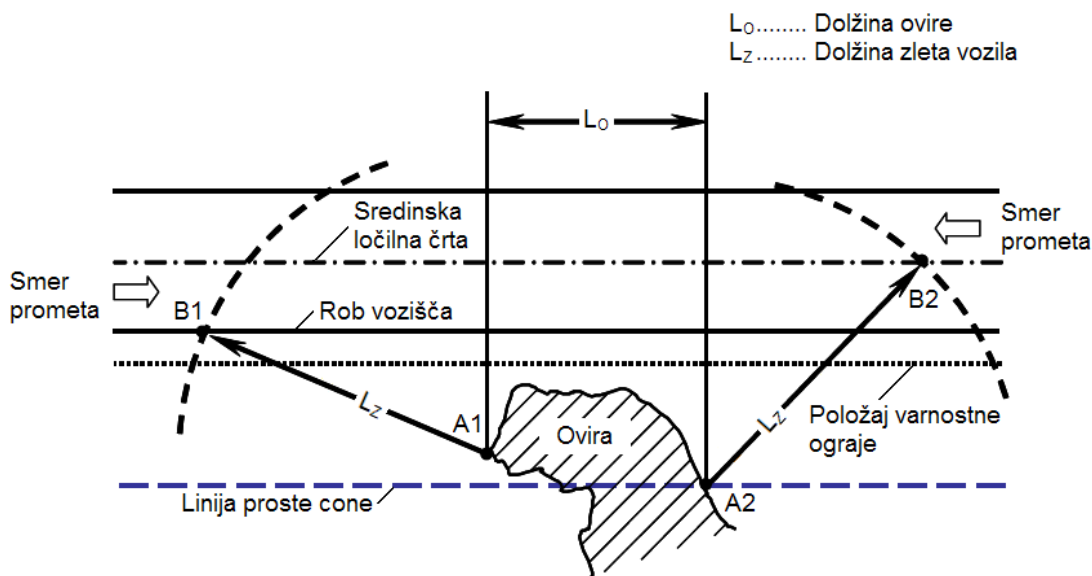
Računska hitrost [km/h]	Stopnja ukrivljenosti za varnostne ograje znotraj odmika izognitve	Stopnja ukrivljenosti za varnostne ograje na ali za odmikom izognitve	
		A	B
110	1:30	1:20	1:15
100	1:26	1:18	1:14
90	1:24	1:16	1:12
80	1:21	1:14	1:11
70	1:18	1:12	1:10
60	1:16	1:10	1:8
50	1:13	1:8	1:7

A) Predlagana maksimalna stopnja ukrivljenosti za toge varnostne ograje

B) Predlagana maksimalna stopnja ukrivljenosti za poltoge varnostne ograje

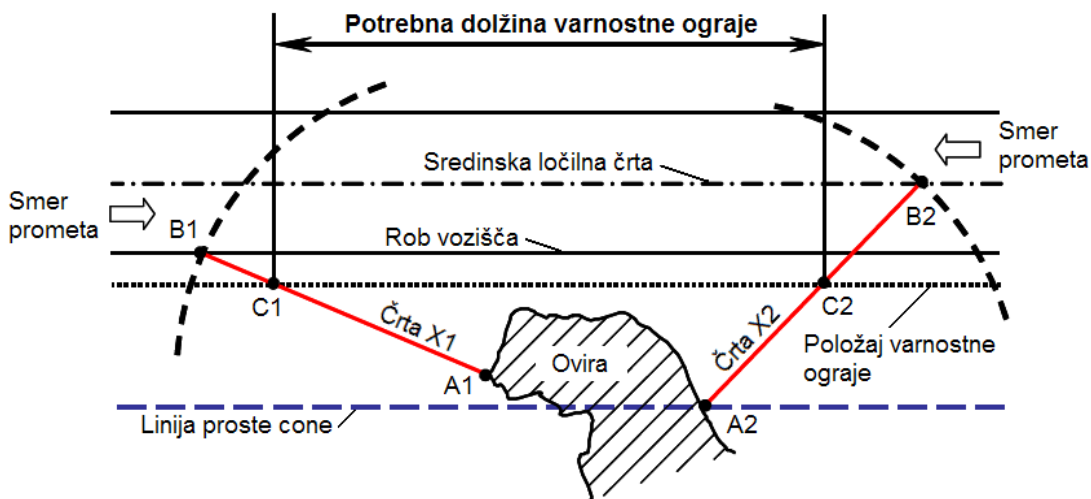
C4: GRAFIČNA DOLOČITEV POTREBNE DOLŽINE VARNOSTNE OGRAJE [92]:

- i. Izbrati je potrebno vrednost dolžine zleta vozila (L_z) (preglednica C5).
- ii. Določimo predviden položaj (odmik od roba vozišča in ovire) varnostne ograje
- iii. Določiti je potrebno dolžino ovire. Začetek ali konec ovire predstavlja točka ovire znotraj proste cone, na katero vozilo v svoji smeri potovanja naleti najprej. Začetek in konec ovire označimo s točko A1 in A2.
- iv. Iz točke A1 in A2 se izbrana dolžina zleta vozila (L_z) odmeri na bližnjem robu vozišča oziroma na sredinski ločilni črti vozišča (v odvisnosti od obravnavane smeri prometa). Presečišče dolžine zleta in roba vozišča oziroma sredinske ločilne črte označimo s točkama B1 in B2.



Slika C4.1: Določitev točk A1 in A2 ter B1 in B2 (povzeto po [92])

- v. Točki B1 in A1 oziroma B2 in A2 povežemo s črtama X1 in X2. Presečišči črt X1 in X2 z linijo (položajem) predvidene postavitve varnostne ograje nam določata točki C1 in C2 (točki C1 in C2 se lahko določita tudi na liniji predvidenega zaključnega elementa varnostne ograje). Razdalja med točkama C1 in C2 po liniji predvidene postavitve varnostne ograje je potrebna dolžina varnostne ograje.



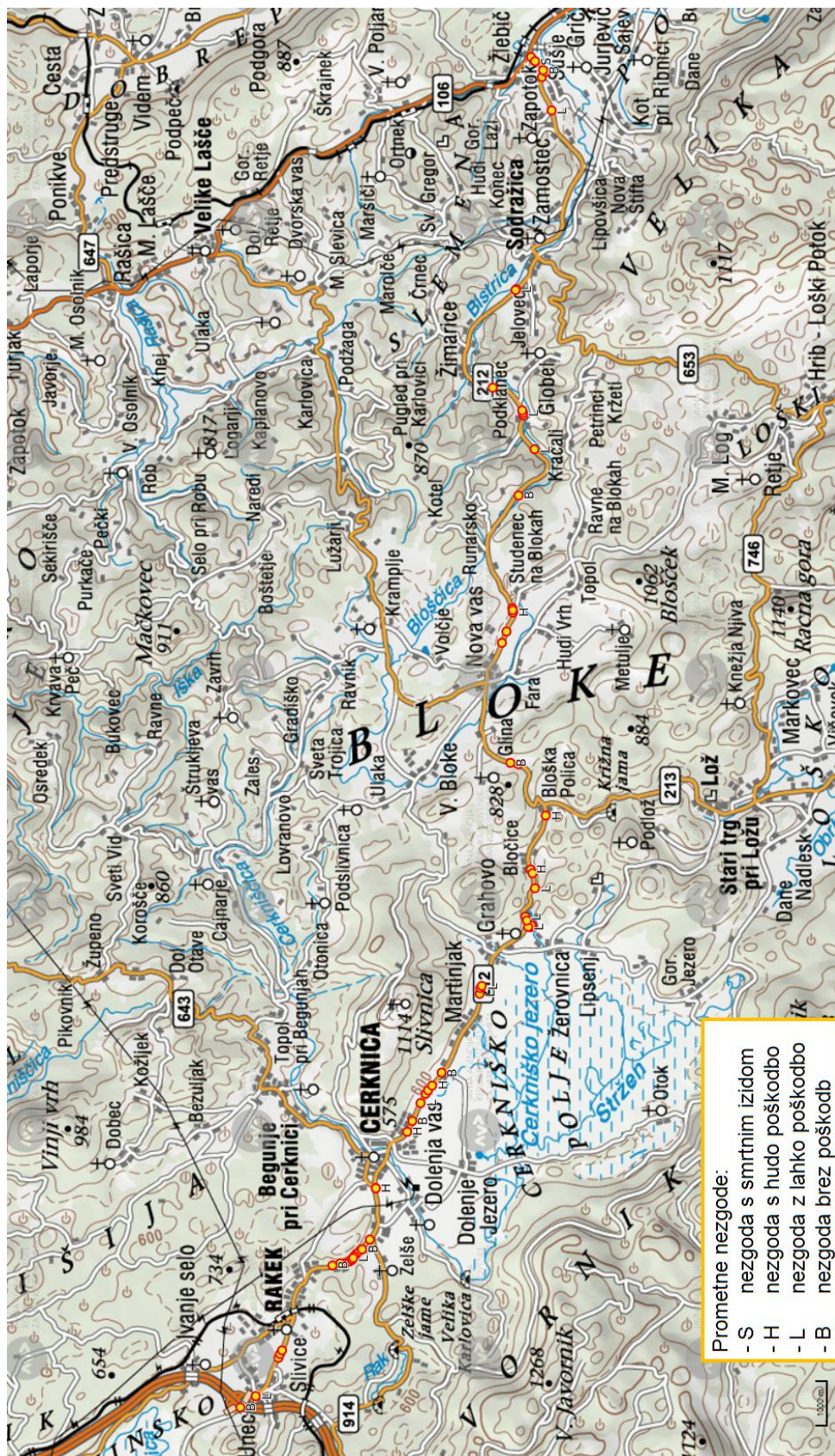
Slika C4.2: Določitev črt X1 in X2, točk C1 in C2 ter potrebne dolžine varnostne ograje (povzeto po [92])

Preglednica C5: Priporočene vrednosti dolžine zleta vozila (L_z) za določitev potrebne dolžine varnostne ograje, določene za računске hitrosti cest in prometne obremenitve na cestah [49]

Računska hitrost [km/h]	Dolžina zleta vozila (L_z) [m]			
	Volumen prometa (PDP)			
	Preko 10.000 vozil/dan	Od 5.000 do 10.000 vozil/dan	Od 1.000 do 5.000 vozil/dan	Manj kot 1.000 vozil/dan
130	143	131	116	101
110	110	101	88	76
100	91	76	64	61
80	70	58	49	46
60	49	40	34	30
50	34	27	24	21

»Ta stran je namenoma prazna«

PRILOGA D: PROMETNE NEZGODE NA ODSEKIH ZUNAJ NASELIJ CESTE UNEC–ZLEBIČ V OBDOBJU 2009-2012



Slika D2: Lokacije prometnih nezgod na odsekih zunaj naselij ceste Unec–Zlebič v obdobju 2009-2012
[130]

»Ta stran je namenoma prazna«