

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*

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



Univerzitetni program Gradbeništvo,
Prometna smer

Kandidat:

Aljaž Hude

Vpliv odsevnosti prometnih znakov na prometno varnost.

Diplomska naloga št.: 2932

Mentor:

doc. dr. Alojzij Juvanc

Somentor:

asist. mag. Robert Rijavec

Ljubljana, 25. 1. 2007

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani **ALJAŽ HUDE** izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom:
»VPLIV ODSEVNOSTI PROMETNIH ZNAKOV NA PROMETNO VARNOST«.

Izjavljam, da prenašam vse materialne avtorske pravice v zvezi z diplomsko nalogo na UL,
Fakulteto za gradbeništvo in geodezijo.

Ljubljana, 12.1.2007

(podpis)

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK: 656.1.055/.057(043.2)
AVTOR: Aljaž Hude
Mentor: doc. dr. Alojzij Juvanc
Somentor: asist. mag. Robert Rijavec
Naslov: Vpliv odsevnosti prometnih znakov na prometno varnost
Obseg in oprema: 68 str., 12 pregl., 33 sl., 26 graf., 1 pril.
Ključne besede: Odsevnost, retrorefleksija, nočna vidljivost, prometni znak

Izvleček:

Prometni znaki predstavljajo osnovno komunikacijo med cesto in voznikom. Informirajo nas o pogojih vožnje in morajo zagotavljati varno in prijetno vožnjo tako podnevi kot tudi ponoči. Sodobna prometna signalizacija je lahko ponoči dobro vidna z uporabo odsevnih materialov ali pa z njeno osvetlitvijo. V diplomskem delu so opisani vplivi na vidljivost prometnih znakov z namenom, da bi se nakazalo kakšne vrste znakov voznik dejansko potrebuje za varno vožnjo v določenih situacijah. Predstavljeni so predpisi nekaterih evropskih držav pri določanju minimalnega nivoja retrorefleksije in njihova primerjava z našo zakonodajo. Narejena je študija v kateri se je poskušalo ugotoviti ali visokoodsevni znaki za nevarnost v primerjavi z navadnimi kakorkoli vplivajo na zmanjšanje hitrosti voznikov. Na treh potencialno nevarnih točkah v Ljubljani smo merili povprečne hitrosti vozil pri obstoječi signalizaciji, nato pa smo po zamenjavi starih prometnih znakov in tabel za usmerjanje z novimi z visokoodsevnimi lastnostmi meritve ponovili ter na koncu napravili analizo rezultatov.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC: 656.1.055/.057(043.2)
Author: Aljaž Hude
Supervisor: assist. prof. dr. Alojzij Juvanc
Co Supervisor: assist. msc. Robert Rijavec
Title: Influence of traffic sign reflection on road safety
Notes: 68 p., 12 tab., 33 fig., 26 graph., 1 app.
Key words: Reflection, retroreflection, night-time visibility, traffic sign

Abstract:

Traffic signs are primary means of communication between road and driver about roadway conditions and therefore must govern safe and comfortable travel both in daytime and at night. Modern traffic control devices are made visible at night by providing a retroreflective surface or by separate illumination. This work presents different factors affecting retroreflective sign luminance in order to determine what type of signs driver needs for optimum safe travelling. It contains descriptions what kind of regulations some European countries have to determine minimum level of retroreflection that has to be used in which cases. We made a study in which we tried to analyse if danger signs with greater retroreflection are affecting drivers habits to reduce their speed anyhow. We measured average vehicle speed at three different points with greater risk potential on the roads and streets in Ljubljana. After replacing old signs with new ones with better retroreflective performance, we repeated same speed measurements and analysed the results.

ZAHVALA

V okviru diplomske naloge se imam v prvi vrsti zahvaliti mentorju doc. dr. Alojziju Juvancu in somentorju asist. mag. Robertu Rijavcu za strokovno pomoč in vodenje pri izdelavi celotnega dela.

Najlepša hvala g. Bojanu Kovaču iz podjetja 3M, ki mi je nudil veliko znanja in literature na temo moje diplomske naloge ter za sponzoriranje večine prometnih znakov, ki smo jih uporabili v naši raziskavi.

Hvala lepa tudi g. Petru Skušku z Mestne občine Ljubljana z Oddelka za gospodarske javne službe in promet, ki je poskrbel, da je Mestna občina Ljubljana pokrila vse stroške, povezane z meritvami prometa in hitrosti, dobavo in postavitvijo vseh prometnih znakov ter nabavo določenega števila teh znakov. Dobave in meritve ter sledenje rezultatov meritev je izdelalo podjetje Javna razsvetljava. Tudi njim gre zahvala, saj so svoje delo opravili korektno in v najhitrejšem možnem času.

Iz srca se zahvaljujem staršem in mojemu dekletu Aljoši, ker ste mi nudili moralno podporo in ste me vzpodbujali v času študija.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	Napaka! Zaznamek ni definiran.
1.1	Predstavitev namena in cilja raziskave ter aktualnost tematike.....	1
2	PROMETNA SIGNALIZACIJA	3
2.1	Zgodovinski razvoj prometne signalizacije	3
2.2	Vidljivost prometne signalizacije na splošno	4
2.3	Refleksija	5
2.3.1	Zrcalna refleksija.....	5
2.3.2	Difuzna refleksija.....	6
2.3.3	Retrorefleksija	6
2.4	Retrorefleksija prometne signalizacije	7
2.4.1	Odboj skozi mikrosteklene kroglice.....	7
2.4.2	Odboj skozi mikroprizme	7
2.4.3	Definicija koeficienta odbojnega odsevanja (retrorefleksije) R'	8
3	LASTNOSTI PROMETNIH ZNAKOV	9
3.1	Oblika prometnih znakov	9
3.2	Velikost prometnih znakov	10
3.3	Barva prometnih znakov	11
3.4	Vrsta prometnih znakov	11
3.4.1	Znaki za nevarnost	11
3.4.2	Znaki za izrecne odredbe	12
3.4.3	Znaki za obvestila	12
3.4.4	Dopolnilne table	12
3.5	Položaj v prečnem profilu.....	13
3.6	Svetlost prometnih znakov.....	13
3.6.1	Barvani prometni znaki	13
3.6.2	Osvetljeni prometni znaki.....	14
3.6.2.1	Znaki z zunanjo osvetlitvijo.....	14
3.6.2.2	Znaki z notranjo osvetlitvijo.....	14
3.6.3	Retroreflektivni prometni znaki.....	15

3.6.3.1	Klasifikacija retroreflektivnih folij.....	17
4	DEJAVNIKI SISTEMA VOZNIK – VOZILO – OKOLJE, KI VPLIVAJO NA VIDLJIVOST PROMETNEGA ZNAKA	23
4.1	Vplivi voznika	23
4.2	Vplivi vozila.....	24
4.3	Vplivi okolja	25
5	PREDPISI NEKATERIH EVROPSKIH DRŽAV ZA IZBOR MINIMALNEGA NIVOJA RETROREFLEKSIJE.....	29
5.1	Slovenija	29
5.2	Hrvaška	30
5.3	Španija	30
5.4	Turčija	31
5.5	Nemčija	32
5.6	Komentar.....	33
6	RAZISKAVA	34
6.1	Uvod in namen raziskave	34
6.2	Tehnična oprema, uporabljena pri pridobivanju rezultatov meritev.	34
6.2.1	Merjenje hitrosti vozil s HI-STAR NU-metrics števcji	34
6.2.2	Merjenje faktorja retrorefleksije z reflektometrom RC01 Mechatronic....	36
6.3	Meritve.....	37
6.3.1	Testno polje 1: Obvozna cesta	38
6.3.1.1	Kaj smo zamenjali in kaj smo merili	39
6.3.2	Testno polje 2: Brdnikova cesta	42
6.3.2.1	Kaj smo zamenjali in kaj smo merili	43
6.3.3	Testno polje 3: Rjava cesta	45
6.3.3.1	Kaj smo zamenjali in kaj smo merili	46
6.4	Rezultati meritev.....	48
6.4.1	Rezultati meritev Brdnikova cesta.....	50
6.4.1.1	Dnevna analiza.....	51
6.4.1.2	Nočna analiza	52
6.4.1.3	Komentar rezultatov	52
6.4.2	Rezultati meritev Rjava cesta.....	53

6.4.2.1	Dnevna analiza.....	54
6.4.2.2	Nočna analiza	54
6.4.2.3	Komentar rezultatov	54
6.4.3	Rezultati meritev Obvozna cesta.....	55
6.4.3.1	Dnevna analiza.....	55
6.4.3.2	Nočna analiza	57
6.4.3.3	Komentar rezultatov	62
6.5	Sklepne ugotovitve raziskave.....	63
7	Zaključek.....	65

KAZALO SLIK

Slika 1 : Stara in nova oblika prometnega znaka “Ustavi”.....	3
Slika 2 : Odboj svetlobe pri zrcalni refleksiji.....	5
Slika 3 : Odboj svetlobe pri difuzni refleksiji	6
Slika 4 : Odboj svetlobe pri retrorefleksiji	6
Slika 5 : Princip odboja svetlobe skozi mikrosteklene kroglice.....	7
Slika 6 : Princip odboja svetlobe pri prizmatični retrorefleksiji.....	8
Slika 7 : Primer znaka in portalne table z zunanjo osvetlitvijo	14
Slika 8 : Znaki z notranjo osvetlitvijo	15
Slika 9 : Znaki delujoči z uporabo LED tehnologije.....	15
Slika 10 : Različni tipi obvestilne portalne signalizacije.....	16
Slika 11 : Shematični prerez folije Engineer grade, ki spada v I. razred.....	18
Slika 12 : Shematični prerez folije High intensity, ki spada v II. razred.....	19
Slika 13 : Različen odboj svetlobe pri sferični retrorefleksiji v razredu I in razredu II	19
Slika 14 : Shematičen prerez folije Diamond grade, ki spada v III. Razred	20
Slika 15 : Uporaba fluorescent folije na Brdnikovi cesti v Ljubljani.....	21
Slika 16 : Prikaz območij pri prizmatičnih folijah, kjer se svetloba v celoti vrača proti izvoru.....	22
Slika 17 : Prikaz sestave reflektivnih območij pri diamond grade cube foliji.....	22
Slika 18 : Primerjava med evropskim ECE in ameriškim USA snopom kratkih luči.....	24
Slika 19 : Vrednosti opazovalnega kota pri različnih vozilih in njihovih oddaljenostih.....	25
Slika 20 : Primer različnih vpadnih kotov svetlobe na prometni znak	26
Slika 21 : Oblika in primer postavitve NU-metrics števecv.....	35
Slika 22 : Primer postavitve NU-metrics števca na Brdnikovi cesti	36
Slika 23 : Garnitura Mechatronic RC 01 in izvajanje meritve na terenu	37
Slika 24 : Testno polje na Obvozni cesti	39
Slika 25 : Stari in novi prometni znaki na Obvozni cesti smer Črnuče.....	40
Slika 26 : Stare in nove smerne table na Obvozni cesti smer Črnuče	41
Slika 27 : Stari in novi prometni znaki na Obvozni cesti smer Vižmarje	41
Slika 28 : Testno polje na Brdnikovi cesti.....	42
Slika 29 : Stari in novi prometni znaki na Brdnikovi cesti smer Živalski vrt	44

Slika 30 : Stare in nove smerne table na Brdnikovi cesti smer Brdo	44
Slika 31 : Testno polje na Rjavi cesti	45
Slika 32 : Stare in nove smerne table na Rjavi cesti smer Fužine	47
Slika 33 : Stare in nove smerne table na Rjavi cesti smer Polje.....	47

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1 : Delitev prometnih znakov po obliki	10
Preglednica 2 : Minimalne vrednosti koeficienta retrorefleksije za II. razred v SIST EN 12899-1: 2002	17
Preglednica 3 : Kriteriji za izbiro minimalnega nivoja retrorefleksije v Španiji.....	31
Preglednica 4 : Kriteriji za izbiro minimalnega nivoja retrorefleksije v Turčiji	31
Preglednica 5 : Kriteriji za izbiro minimalnega nivoja retrorefleksije v Nemčiji	32
Preglednica 6 : Meritve retrorefleksije na Obvozni cesti	40
Preglednica 7 : Meritve retrorefleksije na Brdnikovi cesti.....	43
Preglednica 8 : Meritve retrorefleksije na Rjavi cesti	46
Preglednica 9 : Primer uporabljenih podatkov po filtriranju in sortiranju	49
Preglednica 10 : Primer izračuna kumulativne distribucije hitrosti	58
Preglednica 11 : Prikaz zmanjšanja V_{85} ponoči pri različnih tipih prometne signalizacije.....	63
Preglednica 12 : Prikaz zmanjšanja V_{50} ponoči pri različnih tipih prometne signalizacije.....	63

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1 : Stroškovna primerjava različnih tipov portalne signalizacije	16
Grafikon 2 : Primer predstavitve hitrosti v nadaljnjih grafikonih	49
Grafikon 3 : Dnevne hitrosti na mestu B-1	51
Grafikon 4 : Dnevne hitrosti na mestu B-2	51
Grafikon 5 : Dnevne hitrosti na mestu B-3	51
Grafikon 6 : Nočne hitrosti na mestu B-1	52
Grafikon 7 : Nočne hitrosti na mestu B-2	52
Grafikon 8 : Nočne hitrosti na mestu B-3	52
Grafikon 9 : Dnevne hitrosti na mestu R-1	54
Grafikon 10 : Dnevne hitrosti na mestu R-3.....	54
Grafikon 11 : Nočne hitrosti na mestu R-1	54
Grafikon 12 : Nočne hitrosti na mestu R-3	54
Grafikon 13 : Dnevne hitrosti na mestu O-1	56
Grafikon 14 : Dnevne hitrosti na mestu O-3	56
Grafikon 15 : Dnevne hitrosti na mestu O-6	56
Grafikon 16 : Dnevne hitrosti na mestu O-5	56
Grafikon 17 : Dnevne hitrosti na mestu O-4	56
Grafikon 18 : Nočne hitrosti na mestu O-1	57
Grafikon 19 : Nočne hitrosti na mestu O-3	57
Grafikon 20 : Nočne hitrosti na mestu O-6	57
Grafikon 21 : Nočne hitrosti na mestu O-5	57
Grafikon 22 : Nočne hitrosti na mestu O-4	57
Grafikon 23 : Kumulativna distribucija hitrosti : Merilno mesto O-1.....	59
Grafikon 24 : Kumulativna distribucija hitrosti : Merilno mesto O-6.....	60
Grafikon 25 : Kumulativna distribucija hitrosti : Merilno mesto O-5.....	61
Grafikon 26 : Kumulativna distribucija hitrosti : Merilno mesto O-4.....	62

1 UVOD

Slovenija stremi k temu, da bi se na cesti zmanjšalo število prometnih nezgod. Ena od delnih rešitev je tudi modernizacija obstoječe prometne signalizacije. V tujini se je pokazalo, da se da z malimi sredstvi doseči veliko prav z izbiro modernih materialov za prometne znake. Lastnosti le-teh in nekateri učinki so prikazani v tej diplomski nalogi.

Kljub temu, da je prometno označevanje in oprema glede na mednarodno naravo prometa urejeno z dokumentoma, izdanima v okviru Združenih narodov :

- Konvencijo o cestnem prometu – Convention on road traffic;
- Konvencijo o prometnih znakih – Convention on road signs and signals,

na podlagi katerih se v Evropi zagotavlja podobnost prometnih oznak, ima vsaka država svoje predpise, ki se med seboj lahko razlikujejo. V nadaljevanju bodo prikazane kakšne so evropske smernice, trendi in regulativa na področju prometne signalizacije pa tudi obstoječe stanje pri nas ter v nekaterih drugih državah EU.

Če postavljamo prometne znake, je dobro poskrbeti, da bodo vidni v vseh mogočih razmerah.

Da so vidni ponoči imamo v splošnem dve možnosti:

- zunanja oziroma notranja osvetlitev;
- odsevnost s pomočjo retrorefleksije - znak se sveti s pomočjo svetlobe, ki jo prejme od avtomobilskih luči.

Uporaba visokoodsevnih materialov nam pride prav še posebej na avtocestah, kjer mora biti znak zaradi velikih voznih hitrosti dobro viden na daljših razdaljah. Koristi pa nam tudi v kompleksnih situacijah v mestih z dvosmernim večpasovnim prometom oziroma na mestih, kjer je veliko takoimenovane »svetlobe iz ozadja«, se pravi svetlih področij za prometnim znakom, ki zmanjšujejo svetlost in s tem tudi učinkovitost prometnega znaka.

1.1 Predstavitev namena in cilja raziskave ter aktualnost tematike

V tujini, kjer imajo že dalj časa izkušnje z novejšimi materiali za prometno signalizacijo, je bilo opravljenih že kar nekaj študij na temo kdaj oziroma na kateri razdalji vozniki zasledijo, prepoznajo in pravilno razumejo vsebino prometnega znaka. V nočnih pogojih so se znaki z višjo odsevnostjo pokazali kot učinkovito izboljšanje. Njihova uporaba izboljša varnost ne samo na avtocestah in hitrih cestah, ampak tudi v osvetljenih urbanih predelih. Odločili smo

se, da se tudi pri nas naredi podobna raziskava, da bi se prepričali o učinku visokoodsevnih prometnih znakov na obnašanje voznikov na cesti.

V šestem poglavju je predstavljena študija, v kateri smo merili in analizirali hitrosti vozil na treh nevarnih mestih v Ljubljani, katere cilj je bil je bil odgovoriti na dve vprašanji:

- Ali podnevi novi opozorilni znaki s fluorescentno obrobo kaj vplivajo na zmanjšanje hitrosti voznikov v primerjavi starimi, ki te obrobe nimajo?
- Ali ponoči nova visokoodsevna signalizacija kaj vpliva na zmanjšanje hitrosti voznikov v primerjavi z obstoječo signalizacijo, ki je bistveno manj odsevna?

Kakršnokoli zmanjšanje hitrosti v enem ali v obeh primerih pomeni pridobitev na varnosti.

2 PROMETNA SIGNALIZACIJA

2.1 Zgodovinski razvoj prometne signalizacije

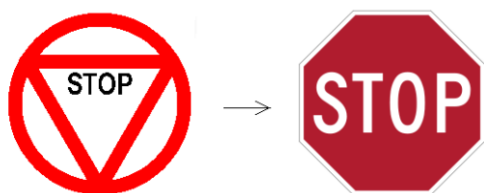
Prometna signalizacija ni izum modernega časa, obstajala je že dolgo preden so se pojavili avtomobili. Že pračlovek si je označeval poti z različnimi oznakami na drevesih, skalah, oziroma na raznih vidnih mestih z namenom, da bi se bolje znašel in orientiral. Ta miselnost je kasneje vodila k definiranim znakom in smerokazom. Ko so se pojavila mesta, je bilo potrebno uvesti razna pravila za promet in tako uvesti nekatere prometne znake. Hiter razvoj je narekoval tudi k razvoju znakov. Ko je bil promet počasen, je bilo potrebno med vožnjo narediti manj odločitev na časovno enoto, sedaj ko so hitrosti velike, pa je potreba po varnosti vedno večja. Sedaj v ta namen poznamo znake različnih oblik, velikosti in barv pa tudi materialov, iz katerih so narejeni.

Tisti, ki so včasih veliko potovali, niso poznali signalizacije v drugih državah, zato so se v velikih državah po svetu začela skupna raziskovanja v te namene. Prva mednarodna konvencija o cestnem in avtomobilskem prometu je bila leta 1909 v Parizu. Tu so se določile prve oblike prometnih znakov. Znaki za nevarnost so dobili trikotno obliko, za odredbe okroglo in za obvestila kvadratno.

Leta 1931 je 14 evropskih držav privzelo konvencijo za unifikacijo prometne signalizacije. Takrat je bilo 20 znakov, določile pa so se tudi njihove barve.

Leta 1949 je bila takoimenovana Ženevska konvencija, kjer je bil sprejet Protokol o signalizaciji na cestah.

Leta 1968 so evropske države podpisale Dunajsko konvencijo o cestnem prometu, katere namen je bila standardizacija prometnih predpisov. Del tega sporazume je bila Dunajska konvencija o znakih in signalih na cesti. Tudi star prometni znak STOP je dobil novo obliko, katere namen je razpoznavnost tudi z zadnje strani (Slika 1).



Slika 1 : Stara in nova oblika prometnega znaka "Ustavi"

V Ženevi so leta 1971 uvedli Sporazum o prometnih znakih, kjer so v glavnem vsi prometni znaki dobili današnjo obliko in vsebino.

Se je pa pokazalo, da uskladitve ni vedno prav lahko doseči. Vedno so obstajali številni tehnični, ekonomski in politični razlogi pa tudi različne navade ljudi, kar je oteževalo medsebojno usklajevanje. Pobudnice za take stvari so bile vedno države z veliko gostoto prometa.

Na področju Jugoslavije :

- »Zakon o osnovama bezbednosti saobračaja na javnim cestama« leta 1965;
(Službeni list SFRJ št. 14/65)
- »Pravilnik o saobračajnim znakovima na putovima« leta 1968.
(Službeni list SFRJ št. 33/68)

V času samostojne Slovenije :

- Do leta 2000 je veljal Pravilnik o prometnih znakih na cestah (Uradni list SFRJ, št. 48/81, 59/81 in 17/85);
- Pravilnik o prometni signalizaciji in prometni opremi na javnih cestah Uradni list RS 46/2000 z dne 31.5.2000;
- Pravilnik o spremembah in dopolnitvah pravilnika o prometni signalizaciji in prometni opremi na javnih cestah (Uradni list RS 33/06).

2.2 Vidljivost prometne signalizacije na splošno

Vidljivost določenega predmeta podnevi določata jakost in barva svetlobe, ki izhaja od predmeta v primerjavi z jakostjo svetlobe, ki jo oddaja njegova okolica. Ta svetloba lahko izhaja iz samega predmeta za kar je potrebna dodatna energija, lahko pa se svetlobni tok odbije od njega, čemur pravimo refleksija.

Refleksivnost predmeta je odvisna tako od intenzitete prihajajočega svetlobnega toka, kot tudi od materiala iz katerega je ta predmet narejen. Način s katerim predmet odbija svetlobo je zelo pomemben predvsem med vožnjo ponoči. Temu pojavu pravimo retrorefleksija pri katerem naša površina odbija svetlobni tok tako, da se kot snop vrača v smeri k svojemu izvoru. Naš cilj je da bi vozniki v vseh kotih gledanja naš znak dobro videli tako podnevi kot tudi ponoči.

Z retrorefleksijo se v prometu srečamo pri :

- prometnih znakov;
- označbah na vozišču;
- opremi na cestah;
- oblekah za označevanje oseb, raznih odsevnih trakovih pri vzdrževalcih cest;
- registrskih tablicah oziroma oznakah vozil.

Vozniki morajo med vožnjo odkriti, prepoznati in pravilno razumeti prometno signalizacijo. Ponoči oziroma ob slabih vremenskih pogojih ima velik pomen pri tem retrorefleksija, njeno izboljšanje pa nam seveda poveča varnost na cestah.

2.3 Refleksija

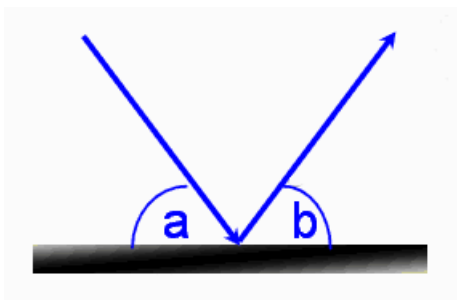
Odboju svetlobe pravimo tudi refleksija. Možnih odbojev je več, odvisni pa so od lastnosti materiala, od katerega se svetloba odbija.

Poznamo tri vrste refleksije:

- zrcalna refleksija;
- difuzna refleksija;
- retrorefleksija.

2.3.1 Zrcalna refleksija

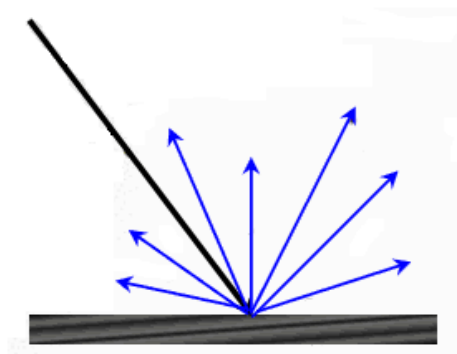
Pri tej se svetlobni tok odbije pod enakim kotom kot pade na odbijajočo se površino. Takim materialom, ki imajo to lastnost, pravimo zrcala. Primer zrcalnega odboja je prikazan na sliki 2.



Slika 2 : Odboj svetlobe pri zrcalni refleksiji

2.3.2 Difuzna refleksija

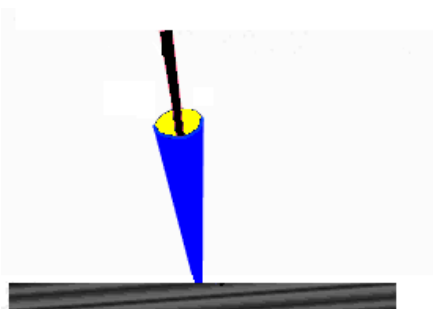
Pri difuzni refleksiji se svetlobni tok odbije pod več ali manj naključnim kotom. Tak odboj ima večina predmetov. Za nas bi bil lep primer na primer prometni znak pobarvan z navadno barvo. Tak znak bi bil podnevi dobro viden, ponoči pa ga skoraj ne bi zaznali ali pa bi ga videli prepozno, ker nam vrača premalo svetlobe. Primer difuzne refleksije je prikazan spodaj (Slika 3).



Slika 3 : Odboj svetlobe pri difuzni refleksiji

2.3.3 Retrorefleksija

Z določenimi materiali se da doseči, da se veliko svetlobe kot snop vrača proti svojemu izvoru, kar je zelo pomembno pri prometnih znakih. Taka svetloba nas ne slepi kot bi nas naprimer pri zrcalnem odboju, pač pa skrbi za to, da je znak dobro viden. Učinek je največji kadar je vpadni kot blizu 0° in se zmanjšuje kadar se kot povečuje (Slika 4).



Slika 4 : Odboj svetlobe pri retrorefleksiji

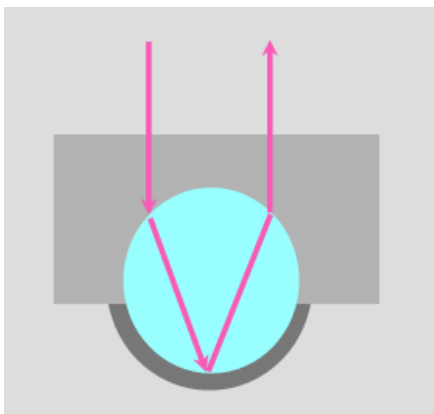
2.4 Retrorefleksija prometne signalizacije

Danes poznamo dva principa, s katerima dosegamo retrorefleksivnost prometnih znakov:

- odboj skozi mikrosteklene kroglice;
- odboj skozi mikroprizme.

2.4.1 Odboj skozi mikrosteklene kroglice

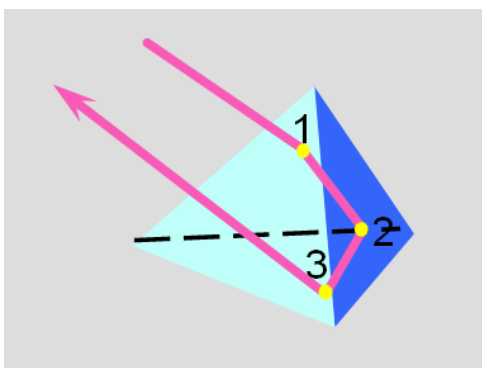
Takemu odboju pravimo tudi sferična retrorefleksija. Temelji na tem, da se žarek lomi v stekleni kroglici, se na zadnjem delu odbije od nekega zrcalnega materiala, na koncu pa se vzporedno vrača proti svojemu izvoru (Slika 5).



Slika 5 : Princip odboja svetlobe skozi mikrosteklene kroglice.

2.4.2 Odboj skozi mikroprizme

Žarek se odbije od treh ravnin, ki so medsebojno pod pravim kotom, nato pa se vrača vzporedno proti svojemu izvoru. Pravimo mu tudi prizmatična retrorefleksija, prikaz odboja svetlobe pa je viden na sliki 6.



Slika 6 : Princip odboja svetlobe pri prizmatični retrorefleksiji.

V obeh primerih so taki mikro elementi vgrajeni v retroreflektivno folijo in zaščiteni s tankim zaščitnim slojem.

2.4.3 Definicija koeficienta odbojnega odsevanja (retrorefleksije) R'

Koeficient odbojnega odsevanja R' je količnik med svetlobno jakostjo (J) odbojno odsevnega materiala v opazovani smeri in med produktom dosežene osvetljenosti (E_1) na retroreflektirajočo površino, ki je pravokotna na smer vpadne svetlobe ter velikostjo površine (A).

$$R' = \frac{J}{E_1 \cdot A} \quad (1)$$

Fizikalna enota je $\left[\frac{\text{cd}}{\text{lx m}^2} \right]$ (sveča na luks kvadratni meter).

3 LASTNOSTI PROMETNIH ZNAKOV

Prometni znaki so osnovno sredstvo, s katerimi se informira udeležence v prometu o pogojih in stanju na cesti. Morali bi jamčiti sigurno in udobno potovanje tako podnevi kot tudi ponoči. Prenašajo nam tudi informacije o dovoljenih hitrostih in dovoljenih smereh vožnje po prometni mreži. Kontakt med voznikom in prometnim znakom se izvede v nekaj sekundah. Ta čas je najbolj odvisen od hitrosti, s katero se vozilo približuje prometnemu znaku.



Znaki so lahko zelo raznovrstni, njihove osnovne lastnosti pa so :

- oblika;
- velikost;
- barva;
- vrsta;
- položaj v prečnem profilu;
- svetlost.

3.1 Oblika prometnih znakov

Osnovne oblike prometnih znakov so trikotna, okrogla in pravokotna. Zaradi varnosti pa so dodali tudi nekatere znake posebnih oblik z namenom, da je znak razpoznaven tudi z zadnje strani. Prikaz nekaterih prometnih znakov različnih oblik je predstavljen v preglednici 1.

Oblika:	Grafični prikaz :	Vrste znakov, pri katerih se ta oblika uporablja :
Trikotna		Znaki za nevarnost
Okrogla		Znaki za izrecne odredbe

Pravokotna		Znaki za obvestila
Znaki posebnih oblik		Nekatere izjeme znakov, kot so: križišče s prednostno cesto, ustavi, prednostna cesta, andrejev križ

Preglednica 1 : Delitev prometnih znakov po obliki

3.2 Velikost prometnih znakov

Velikost znaka je odvisna od kategorije ceste na kateri je ta znak postavljen. Dovoljene veličine so definirane s premerom pri okroglih ali z dolžino stranic pri ostalih znakih.

- Stranice enakostraničnega trikotnika znaka za nevarnost so dolge:
 - 1) na avtocestah, na hitrih cestah, na cestah zunaj naselja s smernim voziščem z vsaj dvema prometnima pasovoma za vožnjo vozil v isti smeri in na cestah zunaj naselja, katerih vozišče je široko 7,0 m in več - 120 cm;
 - 2) na cestah zunaj naselja, katerih vozišče je ožje od 7,0 m, in na cestah v naselju - 90 cm;
 - 3) na kolesarskih poteh, na cestah v območju umirjenega prometa in na nekategoriziranih cestah - 60 cm;
 - 4) kadar se uporabljajo kot vstavljeni znaki (znak je le del vsebine drugega znaka) na znakih za vodenje prometa po smereh vožnje - 45 cm.
- Premer kroga pri znakih za izrecne odredbe meri:
 - 1) na avtocestah, na hitrih cestah, na cestah zunaj naselja s smernim voziščem z vsaj dvema prometnima pasovoma za vožnjo vozil v isti smeri in na cestah zunaj naselja, katerih vozišče je široko 7,0 m in več - 90 cm;
 - 2) na cestah zunaj naselja, katerih vozišče je ožje od 7,0 m, in na cestah v naselju - 60 cm;
 - 3) na kolesarskih poteh, na cestah v območju umirjenega prometa in na nekategoriziranih cestah - 40 cm;

4) kadar se uporabljajo kot vstavljeni znaki na znakih za vodenje prometa po smereh vožnje - 30 cm.

- Dopolnilna tabla ob znaku ne sme biti širša od dolžine tiste stranice znaka, ob kateri je dopolnilna tabla, oziroma od premera znaka, ob katerem je dopolnilna tabla, če je znak v obliki kroga. Ne sme biti ožja od dveh tretjin dolžine tiste stranice znaka, ob katerem je dopolnilna tabla, oziroma od premera znaka, ob katerem je dopolnilna tabla, če je znak v obliki kroga.

3.3 Barva prometnih znakov

Barve uporabljene pri izdelavi znakov so lahko naslednje: bela, rumena, oranžna, rdeča, modra, zelena, črna in rjava. Vsak znak ima v Pravilniku o prometni signalizaciji in prometni opremi na javnih cestah (Uradni list RS 46/2000) definirano barvo, vsebino in obliko posameznih elementov, iz katerih je lahko narejen. Rjava barva se, na primer, pri znakih uporablja pri raznih kulturnih, zgodovinskih ali turističnih znamenitostih. Vsaka barva mora biti v svojem kromatskem območju, ki je definirano v standardu SIST EN 12899-1:2002.

3.4 Vrsta prometnih znakov

Razdelitev je definirana v Uradnem listu RS 46/2000: 2131. Pravilnik o prometni signalizaciji in prometni opremi na javnih cestah.

Tu so znaki razdeljeni kot :

- znaki za nevarnost;
- znaki za izrecne odredbe;
- znaki za obvestila;
- dopolnilne table.

3.4.1 Znaki za nevarnost

Njihov namen je opozarjanje voznikov pred morebitnimi nevarnostmi. Imajo obliko enakostraničnega trikotnika, katerega spodnja stranica je v vodoravnem položaju, vrh pa

obrnjen navzgor. Osnovna barva znakov za nevarnost je bela, robovi trikotnika pa so rdeči. Simboli na znakih za nevarnost so črni.

3.4.2 Znaki za izrecne odredbe

Znaki za izrecne odredbe so znaki za prepoved oziroma omejitev in znaki za obveznost. Osnovna barva znakov za prepoved oziroma omejitev je bela, osnovna barva znakov za obveznost pa modra. Simboli in napisi na znakih za prepoved oziroma omejitev so črni, na znakih za obveznost pa beli. Rob kroga in poševni trakovi na znakih za prepoved oziroma omejitev so rdeči. Njihova lastnost je tudi ta, da vas lahko ob njihovem neupoštevanju oglobi policist.

3.4.3 Znaki za obvestila

Namen znakov za obvestila je, da udeležence v cestnem prometu obvestijo o cesti, po kateri vozijo, o imenih krajev, skozi katere pelje cesta, o oddaljenosti do njih in o prenehanju veljavnosti znakov za izrecne odredbe ter o drugih zanje pomembnih podatkih. Znaki za obvestila imajo obliko kvadrata, pravokotnika, ali kroga.

Osnovne barve znakov za obvestila so:

- rumena s črnimi simboli in napisi;
- modra z belimi ali belimi in črnimi simboli in napisi;
- zelena z belimi ali belimi in črnimi simboli in napisi;
- bela s črnimi simboli in napisi.

3.4.4 Dopolnilne table

Ob znakih za nevarnost, znakih za izrecne odredbe in znakih za obvestila so lahko nameščene tudi dopolnilne table. Dopolnilne table dopolnjujejo pomen prometnega znaka, kateremu so dodane in so njegov sestavni del. Osnovna barva dopolnilnih tabel je bela s črnimi simboli in napisi. Sicer pa je barva teh tabel usklajena z vrsto ceste, ob kateri stoji (avtocesta = zelena, itd).

3.5 Položaj v prečnem profilu

Znaki so lahko postavljeni na:

- desni strani vozišča;
- levi strani vozišča;
- nad voziščem (portalni znaki).

Prometna signalizacija mora biti postavljena ob desni strani ceste poleg vozišča v smeri vožnje vozil. Mora biti postavljena tako, da ne ovira vozil in pešcev. Če je nevarno, da na mestu, na katerem je postavljen prometni znak, zaradi gostote prometa ali iz drugih razlogov udeleženci v cestnem prometu prometnega znaka ne bodo pravočasno opazili, ga je treba podvojiti in postaviti tudi na nasprotni, levi strani ceste ali smernega vozišča, po potrebi pa tudi nad voziščem.

3.6 Svetlost prometnih znakov

Vsi prometni znaki morajo biti čitljivi, barve se morajo med seboj razlikovati tako podnevi kot tudi ponoči.

Glede na doseganje svetlosti (predvsem ponoči) ločimo tri vrste prometnih znakov:

- barvani prometni znaki;
- osvetljeni prometni znaki;
- retroreflektivni prometni znaki.

3.6.1 Barvani prometni znaki

V tem primeru je znak obarvan z navadno (se pravi z neretroreflektirajočo) barvo. Svetloba se odbije po principu difuzne refleksije. Znak je podnevi viden, ponoči pa skorajda ne oziroma le na zelo kratke razdalje. Taki znaki se danes ne uporabljajo več, morda jih lahko zasledimo le še v kakšnih skladiščih, tovarnah ali dvoriščih.

3.6.2 Osvetljeni prometni znaki

Skupna lastnost vseh osvetljenih znakov je, da za svoje normalno obratovanje potrebujejo električno energijo. Dobro so vidni tudi ponoči, vendar imajo nekatere neželene lastnosti:

1. Občutljivi so na kakršnekoli poškodbe.
2. Mnogo dražja izvedba – sestavljeni so iz velikega števila delov in zahtevne tehnologije, poleg tega potrebujejo še povezavo z elektriko. Drago je tudi vzdrževanje in poraba električne energije. Poleg tega obstaja tudi možnost da kdaj ne delujejo in tako ne dosegajo svojega namena (žarnice, dotok energije).

Obstajata dve vrsti osvetljene prometne signalizacije glede na način osvetlitve:

- znaki z zunanjo osvetlitvijo;
- znaki z notranjo osvetlitvijo.

3.6.2.1 Znaki z zunanjo osvetlitvijo

Pred lice znaka se namesti svetlobno telo tako, da naš znak osveti in hkrati ne zastira voznikovega pogleda (Slika 7).



Slika 7 : Primer znaka in portalne table z zunanjo osvetlitvijo

3.6.2.2 Znaki z notranjo osvetlitvijo

Tu se izvor svetlobe nahaja pod površino prednje strani znaka, ki mora biti delno ali v celoti sposobna prepuščati svetlobo. Nekaj primerov je prikazano na sliki 8.



Slika 8 : Znaki z notranjo osvetlitvijo

Svetlobni prometni znaki in znaki s spremenljivo vsebino so lahko izdelani tudi iz optičnih vlaken ali svetlobnih teles matrične oblike (LED) na podlagi črne barve, in sicer tako da ob izpadu svetlobnega izvora prometni znak ali del prometnega znaka ne izgubi svojega pomena. Ti znaki veljajo za najdražje med naštetimi, imajo pa dobro lastnost da so lahko spremenljivih vsebin in tako lahko še bolj natančno opozarjajo voznike o poteku vožnje. Nekatere primere signalizacije z LED tehnologijo lahko vidimo na sliki 9.



Slika 9 : Znaki delujoči z uporabo LED tehnologije

3.6.3 Retroreflektivni prometni znaki

To je praktično večina prometnih znakov, ki jih lahko danes vidimo na naših cestah. Sprednji del je narejen iz retroreflektivnega materiala, ki je sposoben odbijati svetlobo. So dobro vidni, enostavne konstrukcije, izdelava je lahka, pa tudi vzdrževanje ni zahtevno. Ločijo se v več razredov glede na sposobnost odbijanja svetlobe. Pomembno je tudi to, da se nočna vidljivost pri uporabi visokoodsevnih materialov celo približa osvetljenim prometnim znakom. Tudi stroški povezani s postavitvijo in vzdrževanjem so mnogo nižji kot pri osvetljenih prometnih znakih.

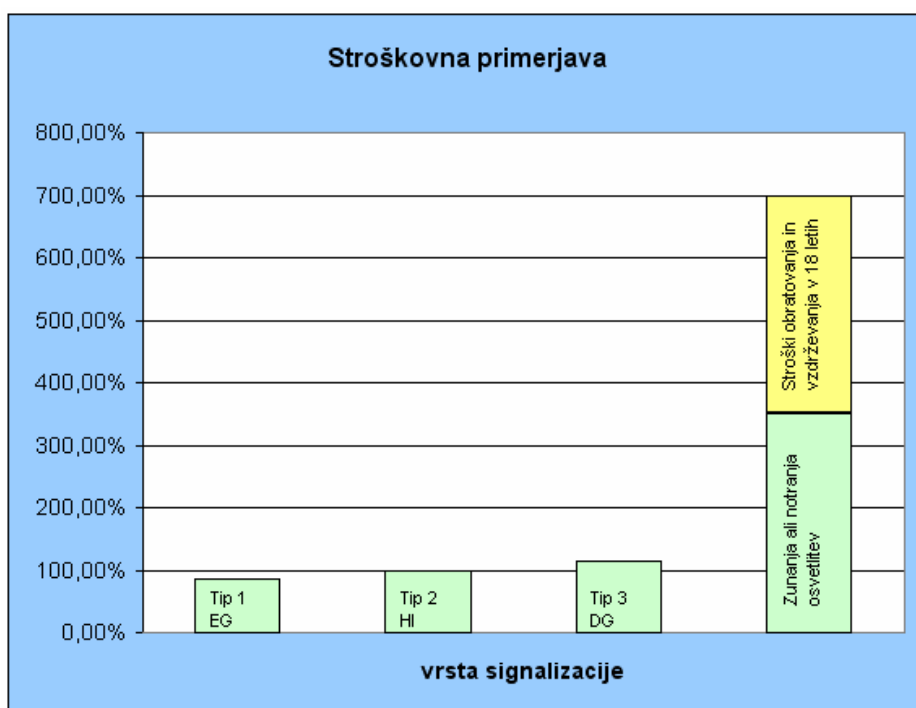
Nekatere študije CALTRANSA-Sacramento, CA. (Lights Out Overhead Guidesign Demonstration Project) ugotavljajo, da je učinkovitejša rešitev dobra odsevnost signalizacije

kot pa njena zunanja ali notranja osvetlitev. Temu v prid govori tudi stroškovna primerjava uporabe različnih razredov odsevnih folij proti osvetljeni signalizaciji. Za primerjavo so vzeli stroške materiala, temeljev in postavitve za primer različnih vrst portalnih obvestilnih tabel velikosti 10m² (Slika 10). Pri osvetljenih tablah so upoštevali še stroške obratovanja (energija) in vzdrževanja do zamenjave po 18-ih letih.



Slika 10 : Različni tipi obvestilne portalne signalizacije

Ugotovili so, da je v tem primeru izvedba z uporabo folije tipa 3 Diamond grade le za 10 odstotkov dražja od High intensity folije tipa 2. Stroškovna primerjava je predstavljena v grafikonu 1, kjer se jasno vidi, da je osvetljena signalizacija daleč najdražja rešitev.



Grafikon 1 : Stroškovna primerjava različnih tipov portalne signalizacije

3.6.3.1 Klasifikacija retroreflektivnih folij

Poznamo 3 razrede retroreflektivnih folij. Klasificirajo se glede na količino svetlobe, ki jo vračajo proti izvoru, se pravi glede vrednosti koeficienta odbojne odsevnosti.

- Razred I : $R' = 70 \text{ cd}/(\text{lx} \cdot \text{m}^2)$;
- Razred II : $R' = 250 \text{ cd}/(\text{lx} \cdot \text{m}^2)$;
- Razred III : $R' = 850 \text{ cd}/(\text{lx} \cdot \text{m}^2)$.

Vrednosti predstavljene zgoraj veljajo samo za belo barvo in minimalnem opazovalnem in vpadnem kotu . V standardu EN 12899-1 Part 1 : Fixed signs je predstavljena tabela, ki predstavlja zahteve za posamezne razrede I in II tudi glede na različne barve in različne vrednosti vpadnega ter opazovalnega kota. Ta evropski standard je iz leta 2001 in takrat uradno še ni bilo določenega razreda III. Kasneje so izdali tudi specifikacijo tudi za razred III, vrednosti lahko pri vseh kotih in barvah preberemo v priporočilu CUAP 01.06/04 (common understanding of assessment procedure) za prizmatične materiale iz leta 2002. Standard EN 12899-1 je leta 2002 prevzela tudi Slovenija in mu dala oznako SIST EN 12899-1:2002. Omeniti velja da je že v pripravi nov standard EN 12899, v katerem bodo definirani vsi trije razredi. Primer : SIST EN-12899-1:2002 : Koeficient retrorefleksije R' za razred 2 (Preglednica 2). Vse enote so v $[\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}]$

Geometrija merjenj		Barva								
α	β_1 ($\beta_2=0$)	Bela	Rumena	Rdeča	Zelena	Temno zelena	Modra	Rjava	Oranžna	Siva
12°	+5°	250	170	45	45	20	20	12	100	125
	+30°	150	100	25	25	15	11	8,5	60	75
	+40°	110	70	15	12	6	8	5	29	55
20°	+5°	180	120	25	21	14	14	8	65	90
	+30°	100	70	14	12	11	8	5	40	50
	+40°	95	60	13	11	5	7	3	20	47
2°	+5°	5	3	1	0,5	0,5	0,2	0,2	1,5	2,5
	+30°	2,5	1,5	0,4	0,3	0,3	#	#	1	1,2
	+40°	1,5	1,0	0,3	0,2	0,2	#	#	#	0,7

Opomba: Znak # pomeni ne omembe vredno vrednost večjo od nič

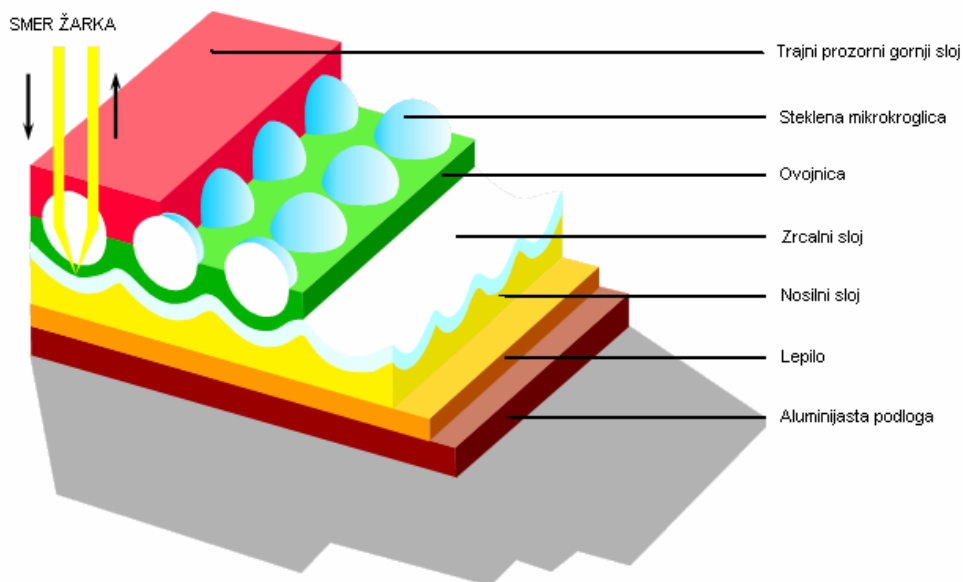
Preglednica 2 : Minimalne vrednosti koeficienta retrorefleksije za II. razred v SIST EN 12899-1: 2002

Pomen vpadnega kota β_1 in opazovalnega kot α bom prikazal kasneje pri vplivih na vidljivost prometne signalizacije. V splošnem razreda I in II uporabljata princip sferične retrorefleksije (steklene kroglice), razred III pa prizmatično retrorefleksijo (prizme).

Od vodilnega svetovnega proizvajalca 3M Corporation se uporabljajo tudi komercialna imena:

- razred I ali Scotchlite Engineer Grade (EG);
- razred II ali Scotchlite High intensity Sheeting (HI);
- razred III ali Scotchlite Diamond Grade (DG).

3.6.3.1.1 Razred I : zaprte steklene kroglice ali „folija prve generacije“

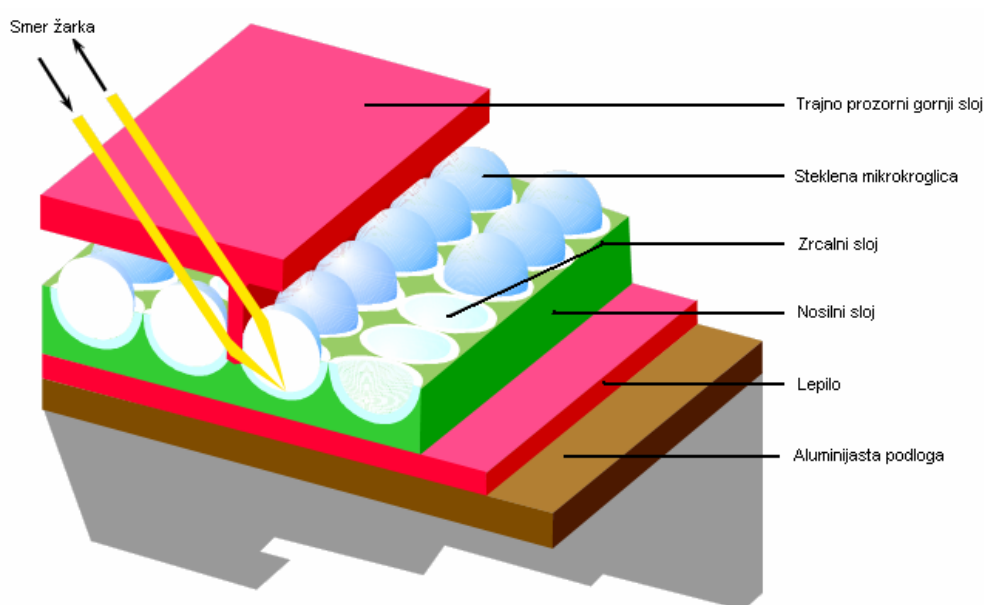


Slika 11 : Shematični prerez folije Engineer grade, ki spada v I. razred

Uspešno se uporablja od leta 1959. Znaki so iz trajnega materiala, ki ima umešane steklene mikrokroglice. Tanek prozorni sloj preprečuje kontakt zraka in atmosferilij s steklenimi kroglicami in ščiti od vpliva sončnih žarkov na zmanjšanje retrorefleksije. Kroglice služijo za zbiranje žarka, ki se na zadnji strani odbije od kovinskega premaza in se nato vrne proti svojemu izvoru.

Da bi znak danes lahko uvrstili v razred I, mora imeti bela barva koeficient retrorefleksije pri minimalnem vpadnem in minimalnem opazovalnem kotu vsaj $70 \text{ cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$.

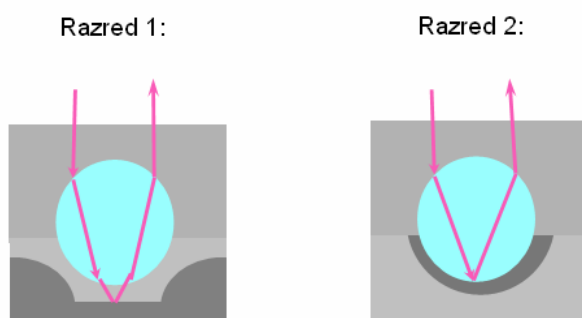
3.6.3.1.2 Razred II : vgnezdene steklene kroglice ali kroglice v kapsuli oziroma „folija druge generacije“



Slika 12 : Shematični prerez folije High intensity, ki spada v II. razred

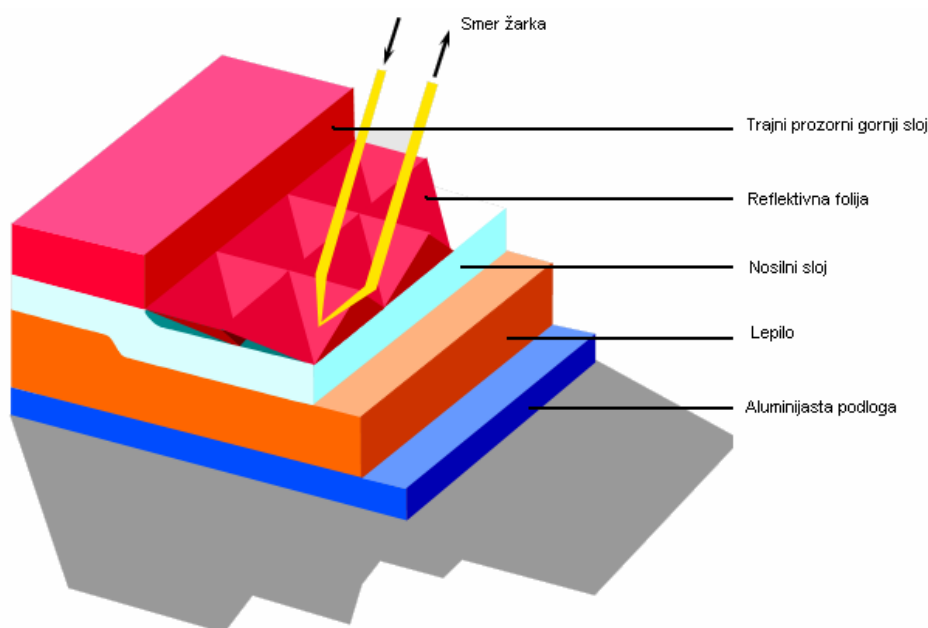
Za razliko od prve generacije je tukaj vsaka kroglica „vgnedena“ v svoji kapsuli, kjer se žarek po prehodu skozi kroglico takoj odbije nazaj. Koeficient retrorefleksije je približno trikrat večji kot pri prvi generaciji in naj bi znašal najmanj $250 \text{ cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ pri beli barvi. Znak razreda II je bolj viden tudi pri večjem vpadnem kotu od znaka razreda I. V svetu se uporabljajo od leta 1971.

Prikaz razlike pri odboju svetlobe med razredom 1 in 2 je prikazan na sliki 13 :



Slika 13 : Različen odboj svetlobe pri sferični retrorefleksiji v razredu I in razredu II

3.6.3.1.3 Razred III : prizmatična folija oziroma „folija tretje generacije“



Slika 14 : Shematičen presez folije Diamond grade, ki spada v III. Razred

Odboj svetlobe temelji na zrcalnem odboju od treh ploskev, čemur pravimo prizmatična retrorefleksija. Tak odboj je bolj učinkovit od tistega po principu sferične, saj je odsevnost pri tretjem razredu približno trikrat večja od drugega razreda in celo do desetkrat bolj kot pa pri prvem. Omogoča večjo vidljivost v vseh dnevnih, nočnih, pa tudi v slabih vremenskih pogojih. Nudi še večjo učinkovitost tudi pri večjih vpadnih kotih svetlobe. Koeficient retrorefleksije znaša najmanj $850 \text{ cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ pri beli barvi.

Obstaja več vrst folij, ki spadajo v tretji razred:

- V.I.P (Visual impact performance);
- L.D.P (Long distance performance);
- Fluorescent folija;
- DG³ oziroma Diamond Grade CUBE.

3.6.3.1.3.1 V.I.P (Visual impact performance) folija

Omogoča veliko učinkovitost na kratke razdalje, primerna je za urbano okolje. Nudi velik kontrast in je bolje videna z večjega vpadnega kota. Folija je primerna za mesta, kjer je veliko svetlobe iz ozadja, ki močno negativno vpliva na vidljivost znaka.

3.6.3.1.3.2 L.D.P (Long distance performance) folija

Kot bi že prevod povedal, je folija namenjena za vidljivost pri večjih razdaljah, se pravi pri večjih hitrostih na avtocestah oziroma hitrih cestah. Tukaj ni tako pomemben vpadni kot, ki se skoraj ne spreminja, ampak je folija prilagojena, da vrača svetlobo bolj učinkovito tudi na daljše razdalje.

3.6.3.1.3.3 Fluorescent folija.

Uporabna je predvsem zato, da je znak bolj viden tudi podnevi. To doseže z rumeno-zeleno fluorescentno barvo. Dobrodošla je tudi v primerih zmanjšane vidljivosti kot je naprimer pojav megle ali gostega sneženja. Ker tak znak na videz odstopa od običajnih, se lahko kot opozorilo voznikom uporablja na tistih mestih, kjer se večkrat dogajajo nesreče. Primer z Brdnikove ulice v Ljubljani je prikazan na sliki 15.

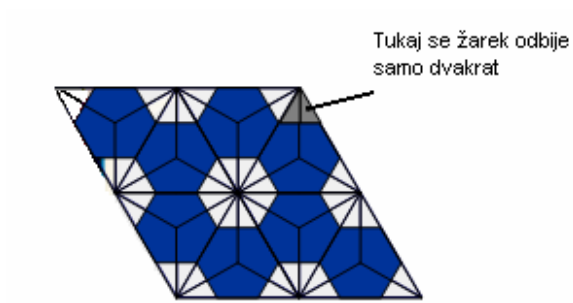


Slika 15 : Uporaba fluorescent folije na Brdnikovi cesti v Ljubljani

3.6.3.1.3.4 DG³ oziroma Diamond Grade CUBE folija

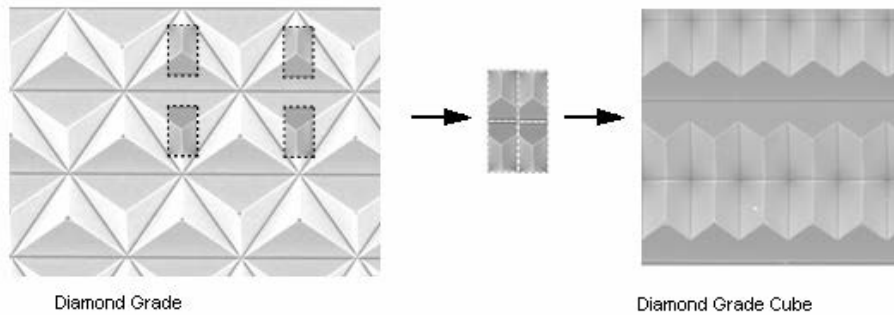
Ta folija je praktično najnovejša na tem področju in naj bi nudila še malo večjo svetlobno odsevnost kot pa VIP in LDP foliji.

Pri odboju svetlobe imajo prizmatične folije omenjene zgoraj tole lastnost prikazano na sliki 16:



Slika 16 : Prikaz območij pri prizmatičnih folijah, kjer se svetloba v celoti vrača proti izvoru

Svetloba se popolno (se pravi trikrat) odbije le na mestih obarvano modro. Da bi se znebili mest, kjer se svetloba ne vrača proti izvoru in da bi se učinkovitost izboljšala, so podlogo, ki odbija svetlobo, naredili tako kot je pokazano na sliki 17.



Slika 17 : Prikaz sestave reflektivnih območij pri diamond grade cube foliji

Združili so tiste dele, kjer se svetloba 100% vrača proti svojemu izvoru. Taka folija ima večjo odsevnost in je zato še bolj učinkovita in primerna na nevarnih predelih ali na območjih, kjer svetloba močno moti iz ozadja.

4 DEJAVNIKI SISTEMA VOZNIK – VOZILO – OKOLJE, KI VPLIVAJO NA VIDLJIVOST PROMETNEGA ZNAKA

Vozniki morajo prometno signalizacijo najprej zaznati, prepoznati, razumeti ter imeti čas ustrezno reagirati, da bo njen namen v celoti dosežen. V vsakdanji praksi imamo lahko opravka z mnogimi različnimi situacijami, ki nam katero od naštetih faz otežuje in tako neugodno vpliva na varnost in udobnost vožnje. V splošnem jih lahko razdelimo na tri večje sklope, in sicer:

- vplivi voznika;
- vplivi vozila;
- vplivi okolja.

4.1 Vplivi voznika

- Starost voznika in njegovo stanje vida;

Eni ljudje vidijo boljše, drugi slabše. V splošnem velja, da z leti vidna sposobnost počasi upada. Starejši vozniki dosegajo slabše rezultate na testih odkrivanja znakov, njihovo identifikacijo ter oddaljenosti, na kateri lahko pravilno preberejo vsebino prometnega znaka.

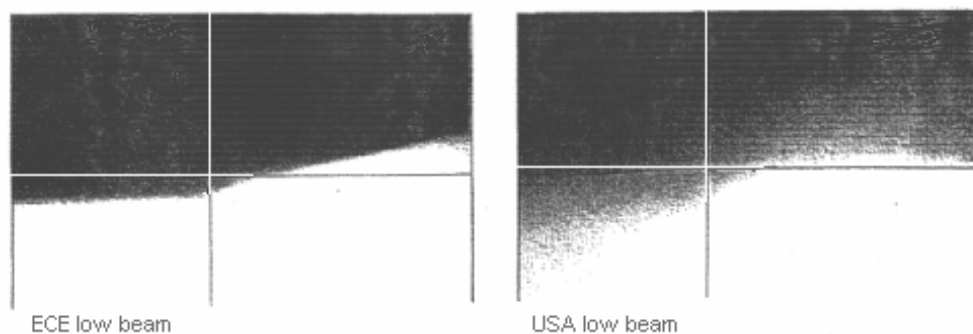
- Psihofizično stanje voznika;

Obstaja več dejavnikov, ki vplivajo na to ali bo voznik pravočasno zaznal in ustrezno reagiral. Utrujeni, alkoholizirani ali ljudje pod stresom reagirajo drugače kot sicer in tako ti dejavniki tudi negativno vplivajo na vidljivost prometnega znaka. P. Olson iz Michinganske univerze je leta 1983 raziskoval razliko med neopozorjenim in opozorjenim voznikom ter iskal povprečno razdaljo, pri kateri določen tip voznikov pravilno razbere prometni znak med nočno vožnjo. Ugotovil je, da so neopozorjeni, se pravi zato tudi manj pozorni vozniki, znak razbrali na 40% krajši razdalji v primerjavi z opozorjenimi vozniki.

4.2 Vplivi vozila

- Struktura in kvaliteta svetlobnega snopa sprednjih luči;

Različna razporeditev svetlobe v voznikovem vidnem polju vpliva na vidnost znaka. Poznamo razliko med takoimenovanim evropskim in ameriškim snopom, katerega oblika je določena v standardih. V priporočilu CIE 113-1995 : Maintained night-time visibility of retroreflective road signs je razlika prikazana tako grafično kot tudi tabelarično. V splošnem je razlika med obema tipoma prikazana na sliki 18.



Slika 18 : Primerjava med evropskim ECE in ameriškim USA snopom kratkih luči

Z vidika osvetlitve in vidljivosti prometne signalizacije je evropski snop bolj ugoden, saj se linija večje osvetlitve približa višje, znak je zato bolj osvetljen in tako tudi bolje viden.

- Uporaba dolgih/kratkih luči;

Pri uporabi dolgih luči je vidljivost znaka boljša. Znaki morajo biti seveda dobro vidni tudi s kratkimi lučmi, tudi vse raziskave na tem področju se več ali manj izvajajo za primer kratkega snopa.

- Kvaliteta in stanje prednjih žarometov;

Jakost svetlobnega snopa je odvisna od več faktorjev kot so na primer električna napetost, ki napaja žarnico, položaj žarnice v žarometu, zrcalne sposobnosti žarometa, čistost žarnice, zrcal in tudi umazanega dela zunanega dela žarometa. Pomemben je tudi naklon snopa, ki ga žaromet ustvarja. Pozimi se veliko umazanije nabira na sprednjih lučeh zaradi pršenja snežne brozge in soli zaradi vožnje za pred sabo vozečim se vozilom. Ugotovili so, da je lahko v skrajnem primeru tak snop tudi za 90% šibkejši od tistega brez umazanije. V te namene so se na nekaterih avtomobilih pojavili tudi razni sistemi za čiščenje žarometov (razni brisalci in podobno).

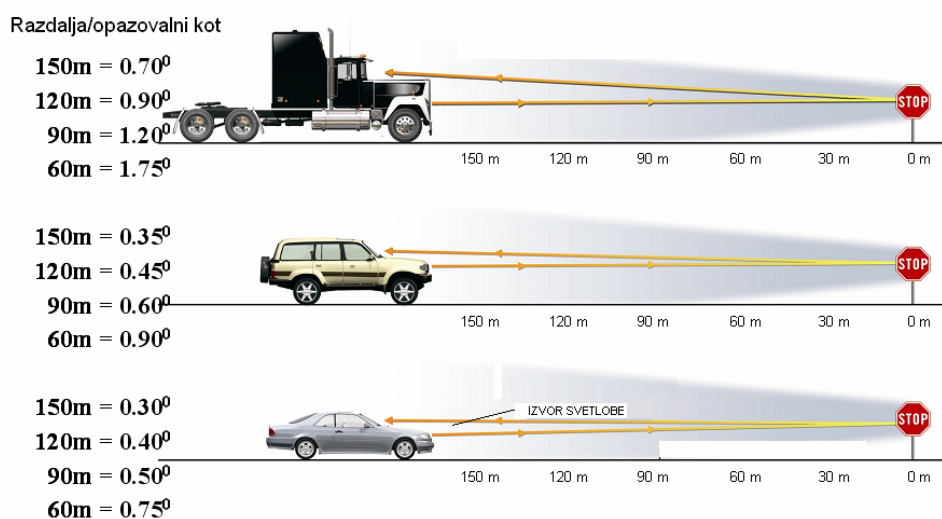
- Kvaliteta oziroma stanje vetrobranskega stekla;

Nov avtomobil s čistim vetrobranskim steklom prepušča največ svetlobe, medtem ko se s staranjem ta lastnost vetrobranskega stekla manjša. Obstajajo razne študije, kjer so izvajali meritve prepustnosti svetlobe pod različnimi koti in starostjo vetrobranskega stekla. V Združenih državah Amerike so v študiji »Minimum Retroreflectivity Requirements for Traffic Signs« z leta 1993 pod okriljem Federal Highway Administration ocenili normalen svetlobno prepustnostni faktor za vetrobransko steklo 0,70.

4.3 Vplivi okolja

- Opazovalni kot α ;

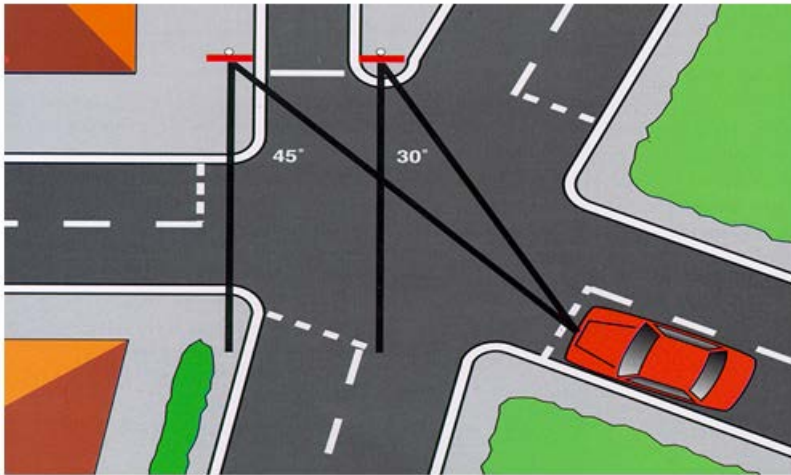
Pri različnih vozilih oziroma oddaljenostih se pojavi drugačen kot opazovanja, ki različno vpliva na vidljivost znaka (Slika 19). Tovornjakarji, pri katerih je ta kot večji, ponoči slabše vidijo in razberejo prometni znak.



Slika 19 : Vrednosti opazovalnega kota pri različnih vozilih in njihovih oddaljenostih

- Vpadni kot β ;

Je tisti kot, ki ga tvorita žarek, ki pade na prometni znak in pravokotnica na ravnino znaka (Slika 20).



Slika 20 : Primer različnih vpadnih kotov svetlobe na prometni znak

Znak je bolj viden, če je ta kot čim manjši, ker se več svetlobe lahko odbije nazaj proti vozniku. Ponavadi so ti koti majhni (znak je postavljen ob cesti in usmerjen proti voznikom), se pa predvsem v mestih rado zgodi, da so lahko tudi večji. Takrat je nočna vidljivost takega znaka zmanjšana.

- Megla, dež in sneg zmanjšujejo vidljivost, saj se jakost žarka postopoma manjša tako na poti do znaka, kot tudi nazaj.

- Svetloba iz ozadja;

Idealne razmere ponoči bi bile v primeru temnega ozadja brez kakršnekoli luči oziroma prihajajočega snopa nasproti. V nasprotnem primeru se taka vidljivost ponoči močno zmanjša. V urbanih predelih je nasproti vozečih pasov lahko tudi več, obstaja pa tudi zelo veliko svetlobe, ki prihaja od javne razsvetljave, reklamnih panojev, raznih parkirišč, itd.. V mestih, kjer je hitrost vozil sicer manjša, je pa zaradi kompleksnosti okolice potrebno toliko več pozornosti, lahko veliko znakov preprosto spregledamo, kar seveda neugodno vpliva na varnost.

- Tip odsevne retroreflektivne folije;

Folija razreda III je približno trikrat bolj odsevna od razreda II in desetkrat bolj od razreda I.

- Barva prometnega znaka;

Bela oziroma srebrna barva sta ponoči bolj vidni kot ostale barve. Tudi zahteve v standardih za koeficient retrorefleksije so podane za vsako barvo posebej. Rumena in oranžna barva imata približno pol manjše vrednosti kot bela barva, sledijo rdeča in zelena, najmanj pa sta vidni modra in rjava.

- Velikost prometnega znaka;

Večji prometni znaki so seveda ponoči in podnevi bolj vidni. Velikost znaka je pri nas odvisna od kategorije ceste ob kateri je ta znak postavljen. Dovoljene veličine so definirane s premerom pri okroglih ali z dolžino stranic pri ostalih znakih.

- Umazanija in rosa na površini znaka;

Obe močno vplivata na odboj svetlobe. Znaki imajo na srečo nekakšno samoočiščevalno lastnost, saj se ob dežju prašni delci spirajo s površine. Rosne kapljice so lahko še bolj neugodne, saj se svetloba odbija naključno in se je manj vrača proti vozniku. Tudi ko smo opravljali meritve prometa v sklopu raziskave vpliva odsevnosti na vožnjo voznikov, smo zaznali očitno zmanjšanje in manjše odsevnosti zaradi pojava nabiranja rosnih kapljic na površini znakov.

- Starost in položaj znaka;

Vsaka barva izpostavljena dnevni svetlobi sčasoma obledi. Tudi retroreflektivne sposobnosti se zaradi tega zmanjšajo. Temu pojavu so pri nas bolj izpostavljeni znaki, ki so obrnjeni proti jugu in so bolj obsevani z direktno sončno svetlobo.

- Zavitost ceste (horizontalna in vertikalna ukrivljenost nivelete);

Ti vplivi postavljajo znak znotraj polja dosega prednjih luči in s tem vplivajo na njegovo vidljivost. Od nekaj možnosti zavitosti ceste je samo v primeru konveksne krivine povečana vidljivost znaka, ker ga luči bolj obsijejo. V primeru konkavne krivine, desnega in levega ovinka pa se vidljivost zmanjša, saj je lahko znak v vidnem snopu šele ko je vozilo blizu, na daljši razdalji pa ga snop sploh ne obseva.

- Širina ceste;

Čim širša je cesta, tem večji je tudi vpadni kot svetlobe, ki pada na prometni znak, kar nam ponoči slabša vidljivost. Priporočilo v CIE 113-1995 je, da naj se v primerih, ko vpadni kot presega 15° ali 20° , znaki postavijo tako, da so rahlo orientirani (obrnjeni) proti vozniku. Pri večpasovni cesti obstaja tudi možnost prekrivanja vidljivosti zaradi drugih vozil. Znak na levi strani zaradi daljše razdalje, večjega vpadnega kota in drugačne razporeditve prednjega snopa luči dosega približno 31% vidljivosti v primerjavi z desnim. Portalni znaki oziroma table pa so še bolj problematične in dosegajo le 17% vidljivosti v primerjavi z desno postavljenim znakom. Te vrednosti veljajo za "evropski snop luči" medtem ko so pri ameriškemu snopu vrednosti še nekoliko nižje.

5 PREDPISI NEKATERIH EVROPSKIH DRŽAV ZA IZBOR MINIMALNEGA NIVOJA RETROREFLEKSIJE

Kot je bilo nakazano že v uvodu, ima večina držav svoje kriterije za izbor minimalnega nivoja retrorefleksije. To so predpisi, ki določajo kateri tip folij se v določenih primerih lahko oziroma mora uporabljati. Tip oziroma zahteve razredov folij so definirane v evropskem standardu EN 12899-1:2001. Ta standard je leta 2002 prevzela tudi Slovenija in mu dala oznako SIST EN 12899-1:2002. Slabost tega standarda je ta, da sta v njem definirana le dva razreda folij, in sicer razreda I in II. Zahteve za razred III (Diamond grade folije) so definirane v priporočilu CUAP 01.06/04 (common understanding of assessment procedure) za prizmatične materiale iz leta 2002.

5.1 Slovenija

Kriteriji za izbor minimalnega nivoja tipa retroreflektivnih folij so pri nas definirani v Uradnem listu RS 46/2000 v Pravilniku o prometni signalizaciji in prometni opremi na javnih cestah. V četrtem členu lahko preberemo takole : Površina prometnih znakov mora biti izdelana iz svetlobno odsevnih materialov najmanj tipa I, razen na avtocestah in hitrih cestah, ko mora biti izdelana iz svetlobno odsevnih materialov najmanj tipa II.

Prometni znaki so lahko izdelani tudi kot znaki z lastnim virom svetlobe (osvetljeni od znotraj) ali zunanjim virom svetlobe (osvetljeni od zunaj s posebnimi svetilkami). Kadar so prometni znaki osvetljeni od zunaj, sme biti površina prometnih znakov na avtocestah in hitrih cestah izdelana iz svetlobno odsevnih materialov tipa I. Ta razvrstitev je zelo splošna in ne upošteva nekaterih pomembnih kriterijev kot jih upoštevajo nekatere evropske države opisane kasneje. Pred kratkim je prišel v veljavo tudi Pravilnik o spremembah in dopolnitvah pravilnika o prometni signalizaciji in prometni opremi na javnih cestah. Dodan je odstavek, ki se glasi: Prometni znaki I-14, I-15, I-36, I-37, I-38, I-39, I-40, II-1, II-2, II-4, II-33, III-1, III-3, III-4, III-5, III-6 morajo biti v vsakem primeru izdelani iz svetlobno odsevnih materialov najmanj tipa II. Za lažje razumevanje za katere znake gre naj povem, da so to znaki:

- prehod za pešce;
- prehod za kolesarje;
- otroci na cesti;

- oba opozorilna znaka (z ali brez zapornic) za prehod ceste čez železniško progo in Andrejevi križi ter tudi table za približevanje prehodu;
- križišče s prednostno cesto;
- stop znak “Ustavi”;
- prepovedan promet v eno smer;
- prednost vozil iz nasprotne smeri;
- prednost pred vozili iz nasprotne smeri;
- prednostna cesta;
- konec prednostne ceste.

Kljub navideznim obsežnostim predlaganih sprememb imamo v primerjavi z nekaterimi evropskimi državami še vedno “blažje” kriterije, saj nimamo nikjer opredeljene obligatorne zahteve za uporabo tipa folij razreda III. Prav tako ta pravilnik nikjer ne upošteva potreb voznikov in lastnosti okolja v primerih, ko bi bil bolj primeren višji tip retrorefleksije. Kot bomo videli v nadaljevanju, so se nekatere države odločile za višji razred retrorefleksije v primerih kot so pojav nevarnosti svetlobe iz ozadja, pri znakih postavljenih na levi strani ali na portalih, nekatere pa tudi na nevarnih mestih, križiščih ali priključkih.

5.2 Hrvaška

Hrvati imajo enake zahteve za izbor minimalnega nivoja retrorefleksije kot ga je imel naš dosedanji standard; se pravi, da so vsi znaki najmanj tipa I, na avtocestah in hitrih cestah pa najmanj tipa II. Kot zanimivost naj povemo, da smo v Zagrebu opazili, da so v praksi tudi že začeli uvajati materiale tipa II za nekatere znake kot so znak ustavi, nimaš prednosti in podobno tudi na mestnem območju.

5.3 Španija

Kriterije za izbor minimalnega tipa folij imajo predstavljen na tak način kot je predstavljen v preglednici 3.

Tip znaka ali obvestila	Lokacija znaka ali obvestila		
	Urbana naselja	Avtoceste in večpasovne hitre ceste	Medkrajevne povezovalne ceste
Znaki	Tip 2 (**)	Tip 2	Tip 1 (*)
Dopolnilni znaki in obvestila.	Tip 3	Tip 3	Tip 2 (**)

Preglednica 3 : Kriteriji za izbiro minimalnega nivoja retrorefleksije v Španiji

Pri tem veljajo oznake :

- (*) “Tip 2” mora biti uporabljen pri znakih za nevarnost, potek prednosti in nimaš prednosti.
- (**) Primernost “Tipa 3 ” se mora obravnavati v primeru večje osvetljenosti okolice kjer se to smatra potrebno: v območjih kjer je večje križanje prometa, razcepi, križišča, itd...

Španski kriterij je že bolj strožji od našega, saj mora biti v urbanih naseljih v vsakem primeru uporabljena folija tipa 2, omogoča pa tudi, da se predvidi ali je v primeru „svetlobe iz ozadja“ potrebna folija tipa 3.

5.4 Turčija

Kriterije za izbor tipa folij imajo predstavljene v preglednici 4.

		Temna / pomanjkljiva iluminacija		Osvetljeno/komplicirano ozadje	
		Avtoceste	Ostale ceste	Avtoceste	Ostale ceste
Vsi znaki	Ob cesti	1	1	2	2
Razen slednjih	nad glavo	2/3 (*)	2/3 (*)	3	2/3 (*)
T-1 a,b /T-2a,b, itd...		2	2	2/3 (*)	2/3 (*)
T-11 / T-12, itd...		2	2	2	2
T-25 / T-26, itd...		2	2	2	2/3 (*)
Znaki v delovnih območjih		2	2	2/3 (*)	2/3 (*)
Znaki, kjer je predviden počasen/mirujoči promet		1	1	1	1

Preglednica 4 : Kriteriji za izbiro minimalnega nivoja retrorefleksije v Turčiji

Oznaka 2/3(*) pomeni, da se pri osvetljenih ali obremenjenih cestah za tip znaka odloči po potrebi.

Turški sistem ima v primerjavi z našim strožji kriterij pri znakih oziroma tablah, ki so postavljene na portalih, kjer je nočna vidljivost zmanjšana. Imajo tudi omejitve pri nekaterih znakih, med drugim tudi bolj stroga v delovnih območjih ter na mestih, kjer je prisotna svetloba iz ozadja.

5.5 Nemčija

Po našem mnenju še bolj moderen in učinkovit sistem imajo v Nemčiji, kjer je matrika za izbor minimalnega nivoja predstavljena tako, kot je razvidno v preglednici 5.

Vrsta znaka	položaj znaka	Lastnost okolice					
		Normalno osvetljena območja			Svetla področja in/ali območja z veliko svetlobe iz ozadja		
		avtoceste	medkrajevne ceste	urbana območja	avtoceste	medkrajevne ceste	urbana območja
Vsi znaki	desno	2	1/2	1/2	2/3	2	2/3/B
	nad glavo/ levo	2	2	2	3	2/3	3/B
Opozorilni in stop znaki:							
na železniških prehodih			2	2		3	3
v križiščih in priključkih		2	2	2	3	3	3/B
Znaki, ki nakazujejo smer vožnje		2	2	2	3	3	3/B
Znaki v delovnih območjih		2	1/2	1/2	2	2	2
Avtobusna postajališča, parkirišča, turistična signalizacija		1	1	1	1	1	1

Preglednica 5 : Kriteriji za izbiro minimalnega nivoja retrorefleksije v Nemčiji

Oznaka 3/B pomeni folije tipa III VIP (visual impact performance), ki je najbolj primerna v urbanem okolju zaradi boljših lastnosti pri večjih vpadnih kotih svetlobe.

Upoštevajo zahteve po povečani retrorefleksiji tako pri osvetljenih mestih kot tudi na tablah postavljenih nad glavo oziroma na levi strani. Ločijo med urbanimi in neurbanimi naselji in zahtevajo povečano retrorefleksijo na posebno nevarnih mestih. V primerjavi z našim pravilnikom imajo približno za cel razred višje omejitve pri skoraj vseh situacijah.

5.6 Komentar

Glede na povedano ugotovimo, da je slovenski pravilnik za prometno signalizacijo močno nesodoben v pogledu zagotavljanja zadostne vidljivosti prometne signalizacije. Tako bi ga bilo po našem mnenju še bolj posodobiti, kar bi seveda tudi nekaj pripomoglo k večji varnosti na naših cestah.

6 RAZISKAVA

6.1 Uvod in namen raziskave

Kakršnokoli zmanjšanje hitrosti vozil samo po sebi predstavlja pridobitev na varnosti. Ta raziskava poskuša ugotoviti ali uporaba modernih materialov za prometne znake na nevarnih mestih kaj pripomore k zmanjšanju hitrosti voznikov. Naš poglavitni cilj je bil odgovoriti na dve vprašanji :

- Ali podnevi novi opozorilni znaki s fluorescentno obrobo kaj vplivajo na zmanjšanje hitrosti voznikov v primerjavi starimi, ki te obrobe nimajo?
- Ali ponoči nova visokoodsevna signalizacija kaj vpliva na zmanjšanje hitrosti voznikov v primerjavi z obstoječo signalizacijo, ki je bistveno manj odsevna?

6.2 Tehnična oprema, uporabljena pri pridobivanju rezultatov meritev.

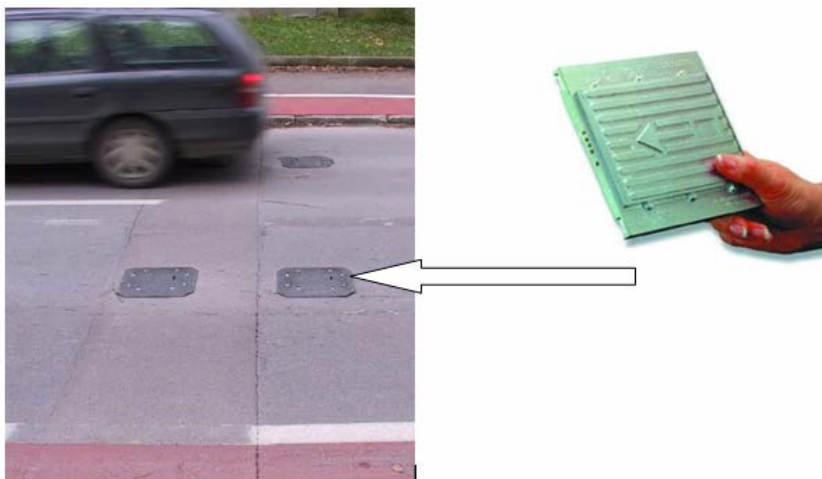
Izvajali sta se dve vrsti meritev, in sicer :

- merjenje hitrosti vozil s HI-STAR NU-metrics števcji;
- merjenje faktorja retrorefleksije z reflektometrom RC-01 znamke Mechatronic.

6.2.1 Merjenje hitrosti vozil s HI-STAR NU-metrics števcji

Te naprave uporabljajo kot senzor posebno integrirano vezje (čip), ki vozila zaznava na osnovi efekta vele-magnetne upornosti (GMR – Giant Magneto Resistance). Ti senzorji so sposobni zaznati tudi najmanjše spremembe zemeljskega magnetnega polja. Katerokoli proizvedeno motorno vozilo ima v svoji konstrukciji vgrajene kovine, od teh največ na osnovi železa. Kovinski deli kažejo podobne lastnosti kot magneti, seveda je velikost vpliva odvisna od vrste kovine. Pri približevanju in prevozu naprave z vgrajenim GMR senzorjem kovinski deli vozila interferirajo z običajnim statičnim zemeljskim magnetnim poljem. Ta dogodek povzroči spremembe električnega signala mostiščno povezanih GMR senzorjev. Velikost signala je direktno proporcionalna z »magnetno« maso vozila. V napravi vgrajeni mikroprocesor lahko šteje vozila, zaznava prisotnost, meri hitrost, določa dolžine vozil in

poroča zasedenost. Najnovejše tovrstne naprave, ki se uporabljajo za meritve hitrosti in dolžin vozil naj bi imele natančnost večjo od 95 % za hitrosti do 100 km/h. Velika prednost teh števecov pred na primer pnevmatskimi cevmi ali zankami je njihova majhnost in enostavnost inštalacije na praktično katerikoli lokaciji, nizka cena in majhna poraba električne energije. Omenjena naprave meri tudi temperaturo in stanje 'mokro/suho' cestišča. Analiza teh podatkov tako lahko omogoča tudi določanje vremenskih pogojev in korelacijo dogodek z vremenskim stanjem cestišča. Podobno kot pnevmatski detektorji so magnetno-uporovni detektorji zelo uporabni za hitre meritve v vseh vremenskih pogojih razen v času močnih snežnih padavin, ko je na delu zimska služba. Izgled števca in način postavitve je prikazan na sliki 21.



Slika 21 : Oblika in primer postavitve NU-metrics števecov.

Lastnosti merjenj:

- Štetje in kategorizacija vozil:
 - 8 razredov + FD (napačna kategorizacija – false detection) + zasedenost; ločeno za vsak vozni pas;
 - osnova kategorizacije: dolžina vozila.

- Hitrost:
 - povprečna intervalna hitrost, ločeno za vsak razred + za FD;
 - 15 hitrostnih razredov;
 - minimalna + povprečna + maksimalna hitrost vseh vozil vsakega intervala, (vse ločeno za vsak vozni pas);

- o časovni intervali: nastavljivi od (1, ..., 60) min. V raziskavi je bil uporabljen 60 minutni interval zaradi omejene velikosti spomina in ker nismo rabili podatkov o štetju prometa naprimer v koničnih urah, ampak smo potrebovali neke povprečne vrednosti za daljše časovno obdobje.



Slika 22 : Primer postavitve NU-metrics števec na Brdnikovi cesti

6.2.2 Merjenje faktorja retrorefleksije z reflektometrom RC01 Mechatronic

Potrebno je bilo ugotoviti v kateri razred odsevnosti je spadala ne le obstoječa, temveč tudi nova prometna signalizacija. To smo lahko ugotovili z reflektometrom RC01 Mechatronic. Ta naprava sodi med takoimenovane “prenosne” naprave za merjenje koeficienta retrorefleksije. Omeniti velja, da smo tako napravo le stežka dobili v izposajo, saj se v Sloveniji nihče ne ukvarja s takimi meritvami in je zato tudi nihče nima. Dobili smo jo v izposajo iz Zagreba. Delo z njo je preprosto, rezultat posamezne meritve pa je vrednost koeficienta retrorefleksije merjene površine. Sprednji del naprave se nasloni na površino katere retrorefleksivnost nas zanima, naprava pa nam takoj pokaže rezultat. Z njo lahko merimo tudi podnevi, saj v primeru naleganja naprave na lice znaka zunanja svetloba ne moti poteka meritev. V sebi ima lasten izvor svetlobe in fotoreceptor, ki meri jakost odbite svetlobe. Pred začetkom merjenj se je s pomočjo priloženega vzorca preverilo ali je naprava v redu umerjena kar pa je tudi bila. Lastnost te naprave je, da je meritev mogoče opravljati le pri vrednostih vpadnega kota $\beta = 20'$ ($=0.33^\circ$) in opazovalnega kota $\alpha = 5^\circ$. Merjenja so se za vsak znak izvajala večkrat na

različnih delih znaka za vsako barvo posebej, nato pa se je izračunala povprečna vrednost dobljenih meritev. Tako je bila možna uvrstitev posameznega znaka v kateri razred spada glede na tabelo 9 v standardu SIST EN 12899-1:2002. Pri beli barvi je za razred I minimalna vrednost koeficienta odsevnosti pri omenjenih kotih $\beta = 20'$ in $\alpha = 5^\circ$ pri $50 \text{ cd} \cdot \text{l} \cdot \text{x}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$, meja med razredoma I in II je pri 180, med razredoma II in III pa pri $425 \text{ cd} \cdot \text{l} \cdot \text{x}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$. Prikaz garniture Mechatronic in potek meritve je viden na sliki 23.



Slika 23 : Garnitura Mechatronic RC 01 in izvajanje meritve na terenu

6.3 Meritve

Pri iskanju primerne mesta, kjer bi meritve izvedli, smo hoteli najti kraj, kjer bi bilo prisotnih čim manj dejavnikov, ki vplivajo na hitrost vozil. Tako nismo hoteli meritev izvajati v urbanem okolju, kjer bi bilo veliko pešcev, kolesarjev, morebitnih zastojev, bližine avtobusnih postajališč oziroma kakršnega koli zmanjšanja hitrosti zaradi vstopa v urbano okolje.

Meritve hitrosti so se izvajale na treh poskusnih lokacijah v Ljubljani, kjer imajo vozniki večkrat težave in se zaradi prehitre vožnje vključno z nepoznavanjem razmer pred seboj večkrat dogajajo nesreče in na nevarnem ovinku vozniki zgrešijo potek ceste. To so bili trije nevarni odseki oziroma nevarni ovinki na Obvozni, Brdnikovi in Rjavi cesti. Na začetku nismo bili čisto prepričani ali oziroma za koliko naj bi se hitrost vozil zmanjšala zaradi uporabljenih folij tipa III, čeprav smo verjeli, da bi že vsako zmanjšanje hitrosti samo po sebi predstavljalo uspeh. Soočili smo se tudi z vprašanjem, če bodo tisti vozniki, ki se vsak dan vozijo po omenjenih cestah, sploh kaj zmanjšali hitrost na ovinku, ki ga že dobro poznajo. Z

vidika varnosti taki vozniki niti niso vprašljivi; bolj so problematični tisti, ki poteka ceste ne poznajo in utegnejo prehitro zapeljati v ovinek. Ena od možnosti zakaj se to utegne zgoditi je tudi ta, ker se v danem trenutku ni posvečalo dovolj pozornosti opozorilnim znakom. Seveda se takih primerov ne da obravnavati ali meriti v kratkem času. Za tako analizo bi bilo potrebno dobiti natančne podatke o nesrečah in izletih s ceste za neko določeno časovno obdobje. Po postavitvi nove signalizacije bi zato potrebovali še nekaj let spremljanja in šele nato bi lahko primerjali rezultate in z gotovostjo rekli, da je bilo po postavitvi manj nesreč kot prej. Kljub tej pomanjkljivosti smo se odločili za izvedbo meritev hitrosti in njihovo morebitno spreminjanje na omenjenih treh lokacijah.

6.3.1 Testno polje 1: Obvozna cesta

Obvozna cesta ima povezovalno funkcijo med kraji Vižmarje in Črnuče/Ježica. Predstavlja eno pomembnih ljubljanskih obvoznic, saj zelo razbremeni pomembni vpadnici Celovške in Dunajske ceste. Veliko ljudi se predvsem v jutranji in popoldanski konici odloči za njeno uporabo namesto zasičenih vpadnic, pa tudi dostop z avtoceste iz gorenjske smeri to omogoča. Omejitev hitrosti na omenjenem odseku je 80 km/uro. Uporabljen radij krivine je R175. Nameščeno je bilo 6 merilcev hitrosti, njihova razporeditev je prikazana spodaj (Slika 24). V vsaki smeri so se postavili števcu po sistemu: prvi pri tabli za nevaren ovinek, drugi na začetku prehodnice (začetek krivine) in tretji v sredini krožnega radija. V nadaljevanju diplomske naloge so merilci na Obvozni cesti označeni z oznakami O-1, O-2, ..., O-6, njihova razporeditev pa je prikazana na sliki 24.



Slika 24 : Testno polje na Obvozni cesti

6.3.1.1 Kaj smo zamenjali in kaj smo merili

Meritve na Obvozni cesti so se opravljale trikrat. Najprej so bile merjene hitrosti pri obstoječi prometni signalizaciji (razred I). Nato smo table in znake zamenjali z navidez istimi a bolj odsevnimi (razred III Diamond Grade), potem pa še z drugačnimi (razred III Diamond Grade s fluorescentno obrobo). Pri vsaki zamenjavi smo zamenjali dva znaka za nevarnost I-1 in I-1.1 (ovinek na levo in ovinek na desno), dve tabli za usmerjanje III-107.2 (velikosti 150/50) ter tri table za usmerjanje III-107 (velikosti 50/50).

6.3.1.1.1 Meritve retrorefleksije

Klasifikacija obstoječih znakov in tabel je opravljena na osnovi meritev z reflektometrom RC01 znamke Mechatronic. Rezultati merjenih vrednosti in klasifikacija tabel in znakov so prikazani v preglednici 6. Meritev 1 v tej preglednici predstavlja prejšnje obstoječe stanje, meritev 2 predstavlja stanje z garnituro Diamond grade znakov in tabel brez fluorescentne obrobo, meritev 3 pa z novo garnituro Diamond grade s fluorescentno rumeno-zelena obrobo.

	Meritev 1			Meritev 2			Meritev 3			
	Koeficient retrorefleksije			Koeficient retrorefleksije			Koeficient retrorefleksije			
	Bela	Rdeča		Bela	Rdeča		Bela	Rdeča	Rumena	
Znak I-1	45,9	9,8	pogojno razred I	605	116	razred III	611	123	355	razred III
Znak I-1.1	82,2	14,5	razred I	623	111	razred III	605	120	352	razred III
Tabla III-107	85,5		razred I	598		razred III	622		345	razred III
Tabla III-107	85,8		razred I	607		razred III	611		360	razred III
Tabla III-107	86,6		razred I	608		razred III	615		355	razred III
Tabla III-107.2	166		razred I /skoraj II	608		razred III	610		358	razred III
Tabla III-107.2	65,9		razred I	620		razred III	595		348	razred III

Preglednica 6 : Meritve retrorefleksije na Obvozni cesti

6.3.1.1.2 Vizualna primerjava

Primerjave med prejšnjim in novim stanjem so prikazane na slikah 25, 26 in 27.



Slika 25 : Stari in novi prometni znaki na Obvozni cesti smer Črnuče



Slika 26 : Stare in nove smerne table na Obvozni cesti smer Črnuče



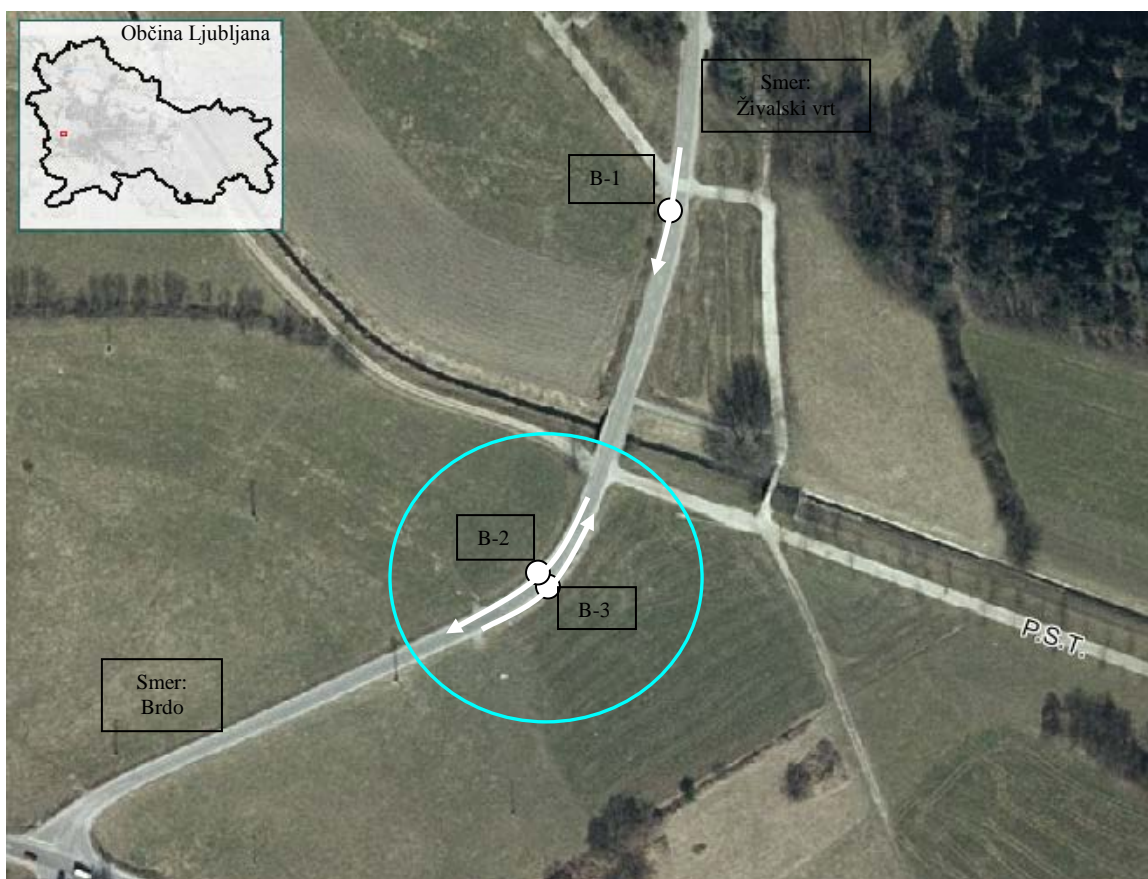
Slika 27 : Stari in novi prometni znaki na Obvozni cesti smer Vižmarje

6.3.1.1.3 Meritev in rezultati merjenja hitrosti

Potek meritev je opravljalo podjetje Javna razsvetljava. Rezultati merjenj in nadaljnja analiza so predstavljeni v poglavju 6.4.

6.3.2 Testno polje 2: Brdnikova cesta

Odsek Brdnikove ceste, na katerem je obravnavan ovinek, povezuje Brdo, na katerega je možen dostop z avtocestnega obroča, z Večno potjo, ki predstavlja povezavo Rožna dolina (proti Viču) in Koseze (proti Šiški). Uporaba Brdnikove ceste tako skupaj z Večno potjo predstavlja razbremenitev glavnih mestnih vpadnic, zato se je več ljudi poslužuje v jutranjih in popoldanskih konicah. Omejitev hitrosti obravnavanem odseku je 40 km/uro. Uporabljen radij krivine je R50. Namestili smo tri merilce hitrosti, njihova razporeditev je prikazana na spodnji sliki 28. V smeri proti Brdu se prvo merilno mesto nahaja pri znaku za nevarni ovinek, ostali dve pa sta v obeh smereh locirani v sredini krožnega radija. V nadaljevanju diplomske naloge so merilci na Brdnikovi cesti označeni z oznakami B-1, B-2 in B-3, njihova razporeditev pa je prikazana na sliki 28.



Slika 28 : Testno polje na Brdnikovi cesti

6.3.2.1 Kaj smo zamenjali in kaj smo merili

Meritve na Brdnikovi cesti so se opravljale dvakrat. Najprej so bile merjene hitrosti pri obstoječi prometni signalizaciji (razred I). Nato smo table in znake zamenjali z novimi visokoodsevnimi (razred III Diamond Grade s fluorescentno obrobo). Zamenjali smo dva znaka za nevarnost I-1 in I-1.1 (ovinek na levo in ovinok na desno), znak za zožanje ceste I-5 ter dve table za usmerjanje III-107.2 (velikosti 150/50).

6.3.2.1.1 Meritve retrorefleksije

Klasifikacija obstoječih znakov in tabel je opravljena na osnovi meritev z reflektometrom RC01 znamke Mechatronic. Rezultati merjenih vrednosti in klasifikacija tabel in znakov so prikazani v preglednici 7. Meritev 1 v tej preglednici predstavlja prejšnje obstoječe stanje, meritev 2 pa predstavlja stanje z novo garnituro Diamond grade z fluorescentno rumeno-zeleno obrobo.

	Meritev 1			Meritev 2			
	Koeficient retrorefleksije			Koeficient retrorefleksije			
	Bela	Rdeča		Bela	Rdeča	Rumena	
Znak I-1	86,5	25,6	razred I	580	113	346	razred III
Znak I-1.1	61,5	9	razred I	585	114	352	razred III
Znak I-5	85,4	25,5	razred I	585	120	361	razred III
Tabla III-107.2	175		razred I (skoraj II)	603		328	razred III
Tabla III-107.2	178		razred I (skoraj II)	572		332	razred III

Preglednica 7 : Meritve retrorefleksije na Brdnikovi cesti

6.3.2.1.2 Vizualna primerjava

Primerjava med prejšnjim in novim stanjem je prikazana na sliki 29 in sliki 30.



Slika 29 : Stari in novi prometni znaki na Brdnikovi cesti smer Živalski vrt



Slika 30 : Stare in nove smerne table na Brdnikovi cesti smer Brdo

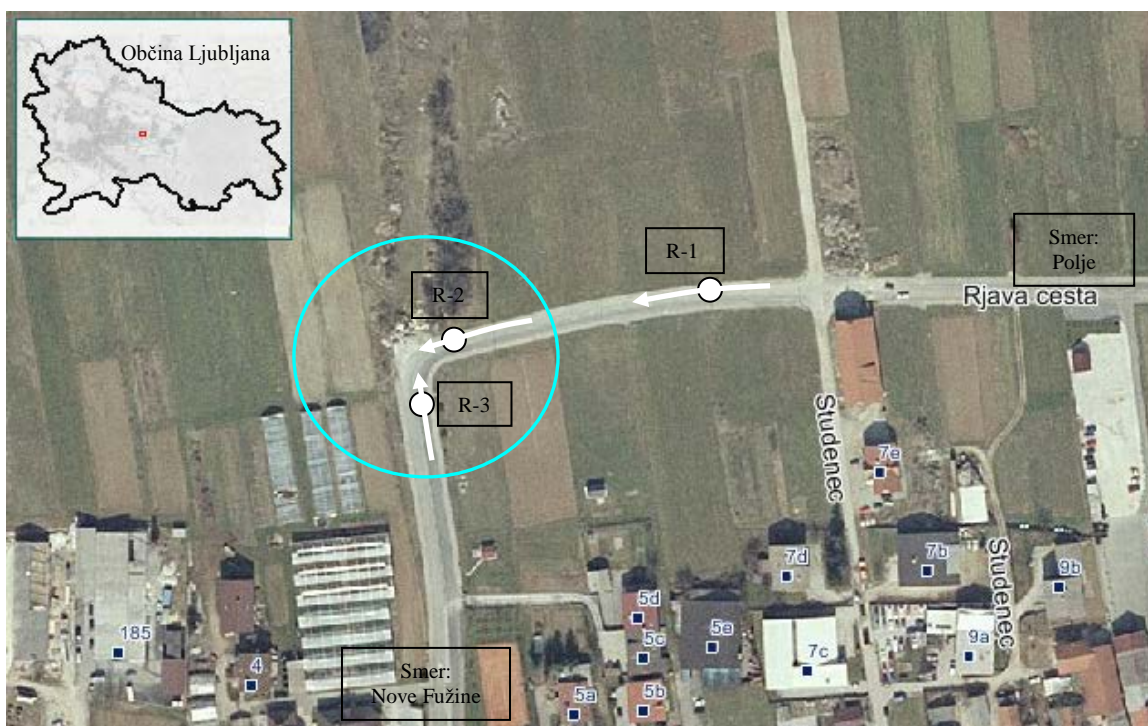
6.3.2.1.3 Meritev in rezultati merjenja hitrosti

Potek meritev je opravljalo podjetje Javna razsvetljava. Rezultati merjenj in nadaljnja analiza so predstavljeni v poglavju 6.4.

6.3.3 Testno polje 3: Rjava cesta

Rjava cesta povezuje območje Ljubljana-Polje z Zaloško cesto tako, da se voznik lahko izogne avtocestnemu priključku Ljubljana-Zaloška, kjer v jutranjih in popoldanskih konicah nastajajo zastoji. Obravnavan ovinek predstavlja potencialno nevarno mesto, saj je projektiran skoraj pravokotno in to skoraj brez kakršnegakoli radija. Hitrost je zato treba močno zmanjšati, če se ga želi varno prevoziti. Zato predstavlja ovinek nevarnost predvsem za tiste voznike, ki te ceste ne poznajo. Omejitev na odseku je sicer 40 km/uro, a se s to hitrostjo pri vožnji znotraj svojega pasu kljub temu ne da varno prevoziti ovinka. Verjetno ta ovinek ni bil zasnovan kot cesta ampak kot bodoče križišče, ki ga pa iz nam nepoznanih razlogov niso zgradili v končni obliki. Polmer loka je torej minimalen in sicer približno R10.

V tej krivini smo namestili 3 merilce hitrosti, ki jih bomo tudi v nadaljevanju naloge označevali z oznakami R-1, R-2 in R-3, njihova razporeditev pa je prikazana na sliki 31. V smeri proti Novim Fužinam se prvo merilno mesto nahaja pri znaku za nevarni ovinek, ostali dve pa sta v obeh smereh postavljene 15 metrov pred pravokotnim zavojem.



Slika 31 : Testno polje na Rjavi cesti

6.3.3.1 Kaj smo zamenjali in kaj smo merili

Meritve na Rjavi cesti so se opravljale dvakrat. Najprej so bile merjene hitrosti pri obstoječi prometni signalizaciji, nato pa so se znaki in table zamenjali z razredom III s fluorescentno obrobo. Šlo je za zamenjavo dveh znakov za nevarnost I-1 in I-1.1 (ovinek na levo in ovinok na desno) in treh tabel za usmerjanje III-107.2 (velikosti 150/50).

6.3.3.1.1 Meritve retrorefleksije

Klasifikacija obstoječih znakov in tabel je opravljena na osnovi meritev z reflektometrom RC01 znamke Mechatronic. Rezultati merjenih vrednosti in klasifikacija tabel in znakov so prikazani v preglednici 8. Meritev 1 v tej preglednici predstavlja prejšnje obstoječe stanje, meritev 2 pa predstavlja stanje z novo garnituro Diamond grade s fluorescentno rumeno-zeleno obrobo.

	Meritev 1			Meritev 2			
	Koeficient retrorefleksije			Koeficient retrorefleksije			
	Bela	Rdeča		Bela	Rdeča	Rumena	
Znak I-1	84,5	17,2	razred I	623	119	366	razred III
Znak I-1.1	75,0	17,5	razred I	615	117	358	razred III
Tabla III-107.2	180		razred II	622		343	razred III
Tabla III-107.2	184		razred II	603		342	razred III
Tabla III-107.2	439		razred III	612		358	razred III

Preglednica 8 : Meritve retrorefleksije na Rjavi cesti

Opomba: Obstoječa tabla za usmerjanje v smeri proti Fužinam je izkazala tolikšen koeficient retrorefleksije, da jo je po merilih že možno uvrstiti v razred III. Meja vrednosti je pri $425 \text{ cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$, naš znak pa je izkazal vrednost 439. Ker je ta tabla edina izmed vseh imela tolikšen koeficient, je bilo smiselno povprašati dobavitelja teh folij kakšna tabla je to. Povedali so, da gre za posebno prizmatično folijo, ki jo pri njih tržijo kot kvalitetnejšo folijo razreda II. Te folije pri njih ne uvrščajo v razred III, ker sčasoma koeficient upade zaradi zunanjih vplivov okolja. Ta tabla je bila dokaj nova, čez kako leto je na primer ne bo več mogoče uvrstiti v III razred. Še zmeraj pa ima slabše lastnosti kot tiste, ki smo jih kasneje uporabili in kjer je bil koeficient retrorefleksije blizu oziroma nad vrednostjo 600.

6.3.3.1.2 Vizualna primerjava

Primerjava med prejšnjim in novim stanjem je prikazana na sliki 32 in sliki 33.



Slika 32 : Stare in nove smerne table na Rjavi cesti smer Fužine



Slika 33 : Stare in nove smerne table na Rjavi cesti smer Polje

6.3.3.1.3 Meritev in rezultati merjenja hitrosti

Potek meritev je opravljalo podjetje Javna razsvetljava. Rezultati merjenj in nadaljnja analiza so predstavljeni v poglavju 6.4.

6.4 Rezultati meritev

Rezultati meritev z NU-Metrics merilci so bili dobljeni v takšni obliki, kot je predstavljeno v prilogi A na koncu tega diplomskega dela. Da bi lahko naredili podrobno analizo, so bili v program Excel prenešeni podatki o povprečnih hitrostih in številu vozil za vsako uro merjenja posebej. Naknadno je bilo ugotovljeno, da se prometni tok drugače obnaša v jutranjih in popoldanskih konicah, kjer ponekod nastajajo zastoji in tako ne dobimo merodajnih podatkov za našo analizo.

Narejeni sta dve vrsti analiz, in sicer posebej za primer nočnega in dnevnega režima. Namen dnevne analize je ugotoviti ali znaki s fluorescentno obrobo podnevi kaj vplivajo na znižanje hitrosti vozil. Namen nočne analize pa je ugotoviti ali bolj odsevni znaki (z ali brez fluorescentne obrobe) tudi kaj vplivajo na znižanje hitrosti vozil ponoči.

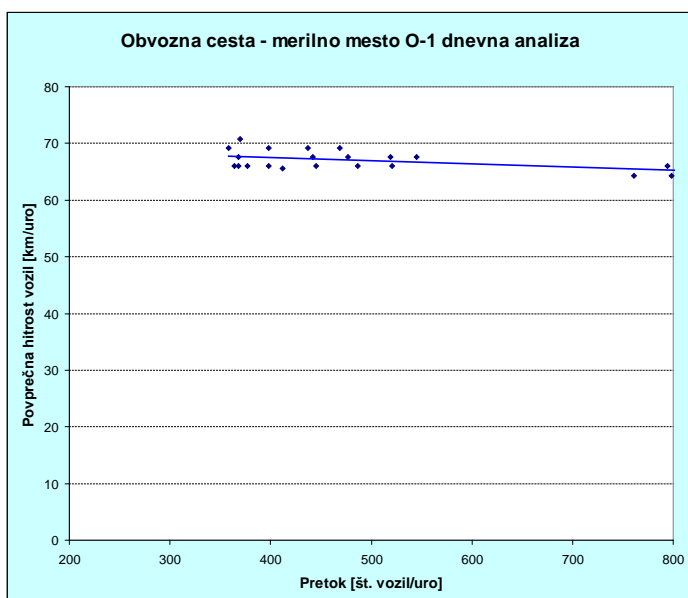
Zaradi zgoraj omenjene jutranje in popoldanske konice so bili za dnevno analizo upoštevani samo podatki pridobljeni med 9 in 15 uro, za nočno analizo pa med 19 do 24 uro. Prav tako smo se odločili, da se ne upošteva podatkov pridobljenih med vikendi, saj se vozniki na splošno drugače obnašajo, ker se jim ne mudi toliko, pa tudi njihovo število je očitno manjše kot med tednom. Ker je hitrost vozil odvisna od pretoka vozil, so prikazane na grafu hitrost/pretok povprečne vrednosti hitrosti, ki so se zgodile pri določenem pretoku. Potek pri obdelavi podatkov je bil tak, da se je pri dnevni analizi najprej izločilo nočne rezultate in tiste pridobljene med vikendi. Podobno se je pri nočni analizi upoštevalo samo nočne rezultate brez vikendov. Nato so se vrednosti, ki so ostale, sortirale po vrednosti pretoka. Kot primer je spodaj predstavljena dnevna analiza za merilno mesto O-1 v času prvih meritev. Po filtriranju in sortiranju nam za nadaljnjo obdelavo ostanejo naslednji podatki, predstavljeni v preglednici 9.

ura	2.10-6.10	dan	Št.vozil/uro	Povprečne hitrosti
10	11	čet	358	69,15
9	10	tor	364	65,95
9	10	sre	368	65,95
9	10	čet	368	67,55
11	12	sre	370	70,80
10	11	sre	377	65,95
10	11	tor	398	65,95
11	12	čet	398	69,15
11	12	pon	412	65,65
12	13	čet	437	69,15
12	13	sre	442	67,55

11	12	tor	445	65,95
12	13	pon	469	69,15
13	14	pon	477	67,55
12	13	tor	487	65,95
13	14	čet	519	67,55
13	14	sre	521	65,95
13	14	tor	545	67,55
14	15	pon	761	64,35
14	15	čet	794	65,95
14	15	tor	798	64,35
14	15	sre	823	65,95

Preglednica 9 : Primer uporabljenih podatkov po filtriranju in sortiranju

Vrednosti povprečnih hitrosti pri določenih pretokih so nato predstavljene v takšnem grafikonu:



Grafikon 2 : Primer predstavitve hitrosti v nadaljnjih grafikonih

S uporabo funkcije »trendline« v linearni obliki v programu Excel je za lažji prikaz predstavljen približek oziroma trend padanja (ali naraščanja) dobljenih vrednosti. Z drugačnimi barvami so nato na isti grafikon dodani še prikazi kasnejših meritev pri novejši prometni signalizaciji za isto merilno mesto, tako da je mogoča primerjava.

Pomembno je omeniti, da smo se pri analizi podatkov in pri merjenjih samih srečevali z nekaterimi problemi, ki jih na začetku nismo pričakovali. Glavni problem meritev je bil kondenz na površini prometnih znakov v času zadnjih meritev. Ker so se zaradi raznih zamud pri dobavi znakov in tabel zadnje meritve izvajale šele meseca novembra in to v času, ko so bile nočne temperature že blizu 0°C ob prisotnosti večje vlage, se je za razliko od prvih

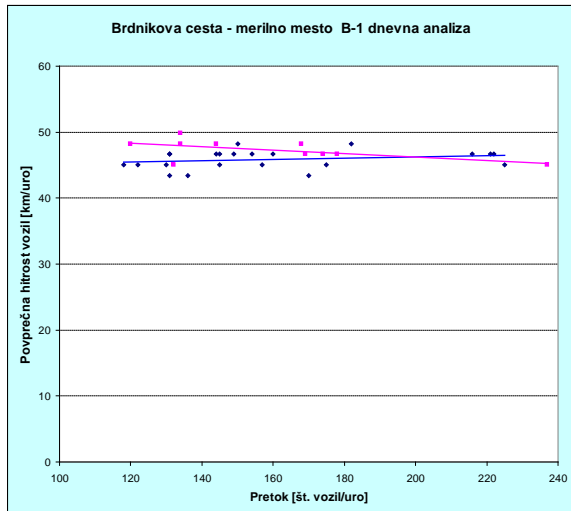
meritev na površini nabiral kondenz. Ta zelo neugodno vpliva na retrorefleksijo, ker se snop zaradi kapljic na površini ne vrača več proti izvoru. Iz svojih lastnih izkušenj lahko povem da je tabla tretjega razreda v času ko se je delal mrak očitno zelo svetila in izvrstno opravljala svojo nalogo. Ko sem se mimo pripeljal kakšno uro kasneje in so se že nabrale rosne kapljice na površini, pa sem na žalost ugotovil, da vizualno nič več ne izstopa tako kot prej, ampak je njen odsev na prvi pogled skoraj tak kot pri ostalih tablah prvega razreda. Tudi odsev rumeno-zelene fluorescentne obrobe v tem primeru ni ohranil svoje barve in odsevnosti, ampak je deloval skoraj kot pri nekakšni medli rjavi barvi, seveda z močno zmanjšano odsevnostjo. Na srečo pri izvajanju drugih meritev v času od 20.10.2006 do 27.10.2006 na Obvozni cesti, kjer smo merili učinke Diamond grade znakov brez fluorescentne obrobe, ta pojav ni bil tako očiten kot pa pri vseh zadnjih meritvah meseca novembra, zato menimo, da so za prikaz nočnega vpliva povečane retrorefleksije najbolj merodajni ti rezultati. Glede problema nabiranja kondenza smo se pozanimali tudi pri podjetju 3M Slovenija, ki je uvoznik teh folij, kjer so povedali, da pri njih ta problem tudi dobro poznajo. Da se vsaj je možno vsaj delno izogniti temu pojavu, na površini znaka uporabljajo še dodatno folijo, ki ima visoko površinsko napetost in omogoča, da se ne tvorijo rosne kapljice. Sčasoma namesto posameznih kapljic tako nastane nekakšen površinski vodni film, ki pa bistveno manj razprši svetlobo. Problem je, da je ta izdelava investitorjem ponavadi draga in se ne odločajo zanjo, pa tudi pojav rošenja se ponavadi ne predvidi. Zaključek pri tablah tretjega razreda je torej ta, da ves čas opravljajo svoje delo odlično, le v posameznih primerih je njihova učinkovitost delno zmanjšana.

6.4.1 Rezultati meritev Brdnikova cesta

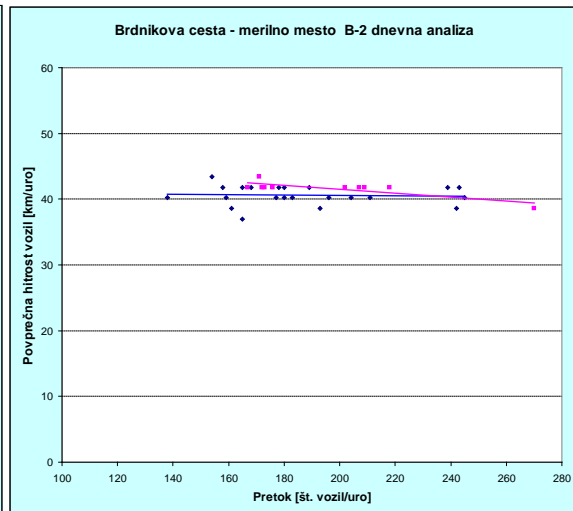
Meritev obstoječega stanja se je izvajala od 2.10.2006 do 6.10.2006. Nove table in znaki Diamond Grade s fluorescentno obrobo so bile postavljene 18.10.2006, druga meritev pa se je izvajala zadnja med vsemi, in sicer od 8.11.2006 do 13.11.2006. Predstavljena so tri števna mesta z oznakami B-1, B-2 in B3. Njihova razporeditev je prikazana na sliki 28 v poglavju 6.3.2.

6.4.1.1 Dnevna analiza

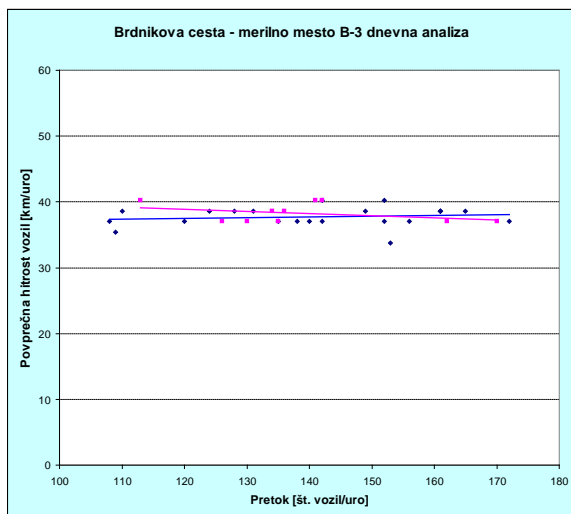
Prikaz dnevnih rezultatov za vsa tri številna mesta B-1, B-2 in B-3 je predstavljen na grafikonih 3, 4 in 5. Modra barva predstavlja meritev obstoječega stanja, vijolična pa novo stanje, kjer smo uporabili znake tipa III s fluorescentno obrobo.



Grafikon 3 : Dnevne hitrosti na mestu B-1



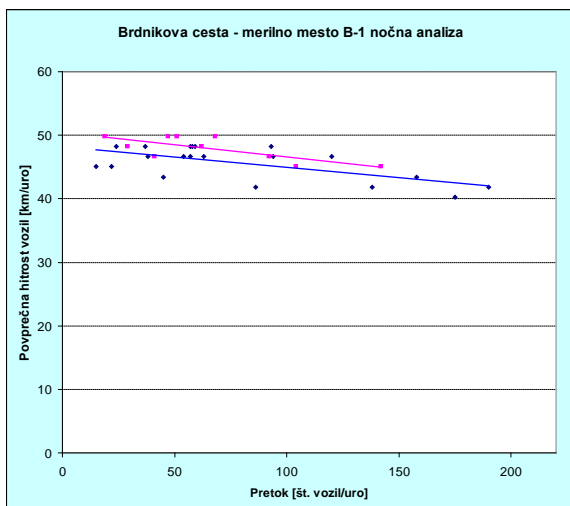
Grafikon 4 : Dnevne hitrosti na mestu B-2



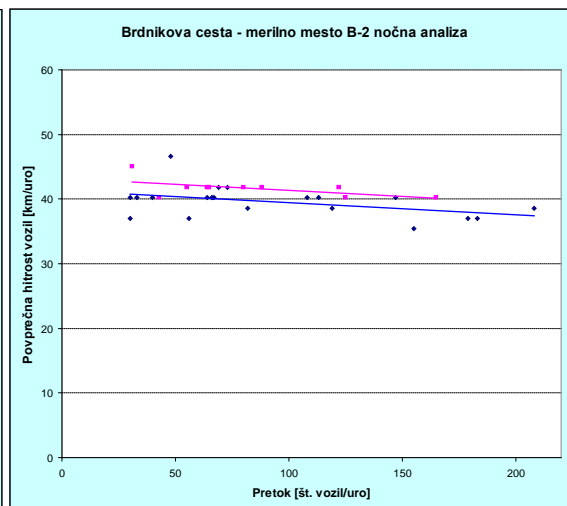
Grafikon 5 : Dnevne hitrosti na mestu B-3

6.4.1.2 Nočna analiza

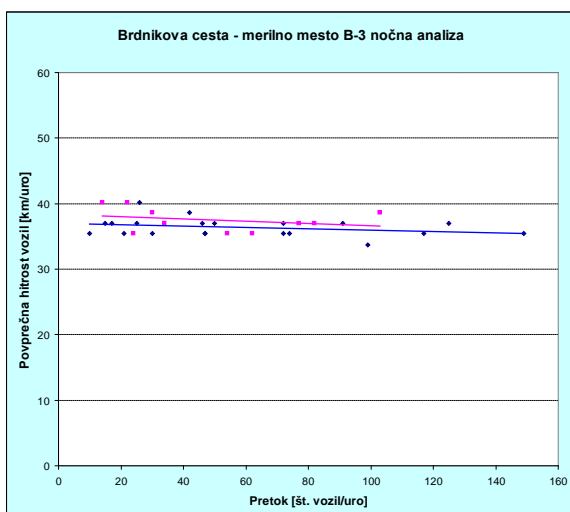
Prikaz nočnih rezultatov za vsa tri števna mesta je predstavljen na grafikonih 6, 7 in 8.



Grafikon 6 : Nočne hitrosti na mestu B-1



Grafikon 7 : Nočne hitrosti na mestu B-2



Grafikon 8 : Nočne hitrosti na mestu B-3

6.4.1.3 Komentar rezultatov

Rezultati z Brdnikove ceste dajejo na prvi pogled zanimive ugotovitve, saj se je povprečna hitrost tako v dnevnem kot tudi v nočnem času pri uporabi nove signalizacije kar malce povečala. Vendar tu ni iskati vzroka v novih tablah, pač pa dejstvu da se je v bližnji okolici delno spremenil režim pešcev in kolesarjev. Približno 5 metrov pred prvim merilcem hitrosti v smeri proti Brdu se nahaja prehod za pešce, s pomočjo katerega prečka znana rekreacijska

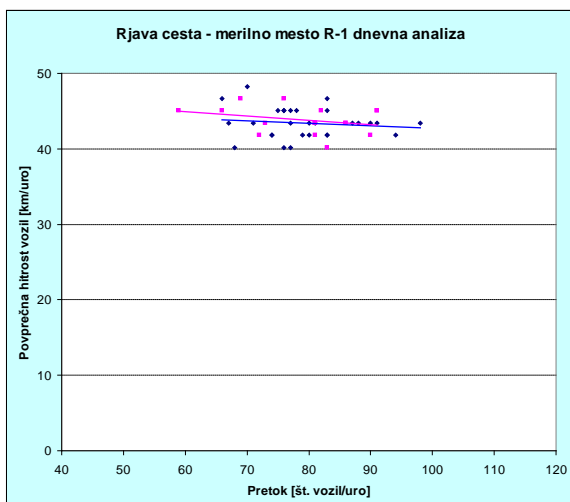
pot Pot spominov in tovarištva Brdnikovo cesto. Problem je kasneje nastal v tem, ker so se zadnje meritve izvajale od 8.11.06 do 13.11.06, prve pa 2.10 do 6.10.06. V času prvih merjenj odsevnosti prometnih znakov z reflektometrom je bilo opaziti občutno veliko rekreacijskih tekačev, sprehajalcev, kolesarjev, prehod sta prečkali tudi dve večji skupini predšolskih otrok. Vozniki morajo zato velikokrat ustaviti svoje vozilo, kar seveda pripomore k temu, da se povprečna hitrost vseh vozil, ki prevozijo števeno mesto, zmanjša. Takrat je bilo kljub mesecu oktobru še zmeraj presenetljivo vroče, tudi rezultati merjenj temperature NU-Metrics števec so pokazali, da je bila v času prvih merjenj dnevna temperatura od 23°C pa do 28°C. Druga merjenja pa so se izvajala v zelo drugačnih pogojih meseca novembra, dnevne temperature so znašale v povprečju tam okoli 10°C. Enkrat je bilo tudi samo -1°C ob 8-ih zjutraj. Seveda je v takih pogojih pričakovati bistveno manjše število kolesarjev, pešcev, večjih skupin predšolskih otrok, večernih sprehajalcev, in zato je ta pojav bistveno vplival na rezultate. Kot je bilo že prej povedano pa je v večernih urah pri zadnjih meritvah meseca novembra ponoči svoje napravil tudi kondenz na prometnih znakih, ki je bil zaradi velike vlage in velike spremembe dnevne/nočne temperature močno prisoten. Ta nam retroreflektivne sposobnosti prometnih znakov močno zmanjša, zato predvidevamo, da ti rezultati ne izražajo realnega dejanskega učinka novih tabel.

6.4.2 Rezultati meritev Rjava cesta

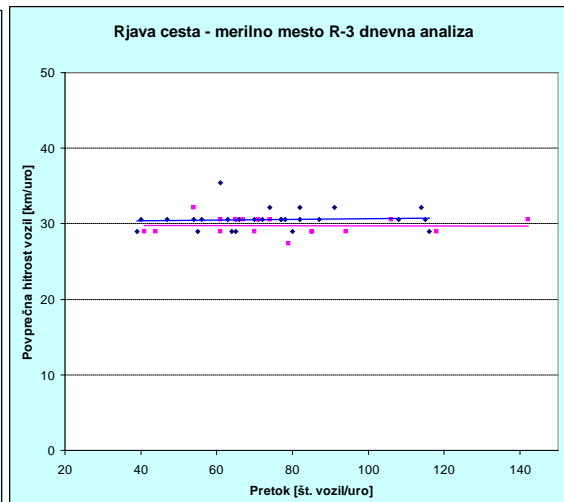
Meritev obstoječega stanja se je izvajala od 13.10.2006 do 20.10.2006. Nove table in znaki Diamond Grade s fluorescentno obrobo so bile postavljene 18.10.2006, druga meritev pa se je izvajala zadnja med vsemi, in sicer od 8.11.2006 do 13.11.2006. Predstavljeni sta le dve števnici smer z oznakama R-1 in R-3, to pa zato, ker je bil pri meritvah števnege mesta R-2 po pomoti uporabljen drug števec kot prvič, merjene vrednosti so bile v tem primeru očitno previsoke in smatram, da ni bil pravilno umerjen. Dobljene vrednosti so bile tako podnevi kot tudi ponoči pri novi signalizaciji večje v povprečju za 6 do 7 km /uro, kar pa je pri tako nizki hitrosti (pred zavojem okoli 30 km/uro) občutno preveč in zato teh meritev ne morem imeti za verodostojne. Razporeditev vseh merilcev je prikazana na sliki 31 v poglavju 6.3.3.

6.4.2.1 Dnevna analiza

Prikaz dnevni rezultatov za dve številni mesti R-1 in R-3 je predstavljen na grafikonih 9 in 10. Modra barva predstavlja meritev obstoječega stanja, vijolična pa novo stanje, kjer smo uporabili znake tipa III s fluorescentno obrobo.



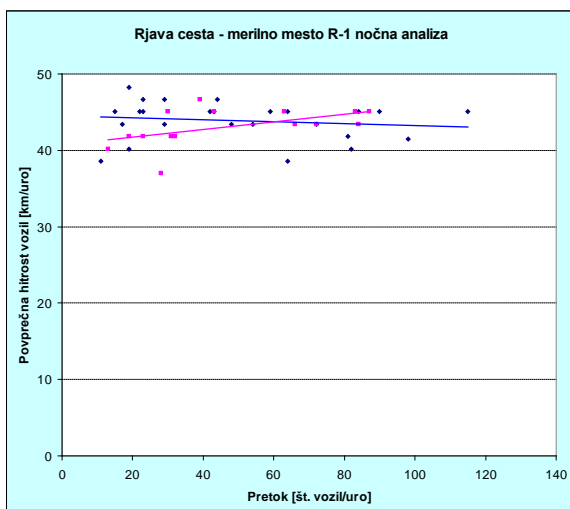
Grafikon 9 : Dnevne hitrosti na mestu R-1



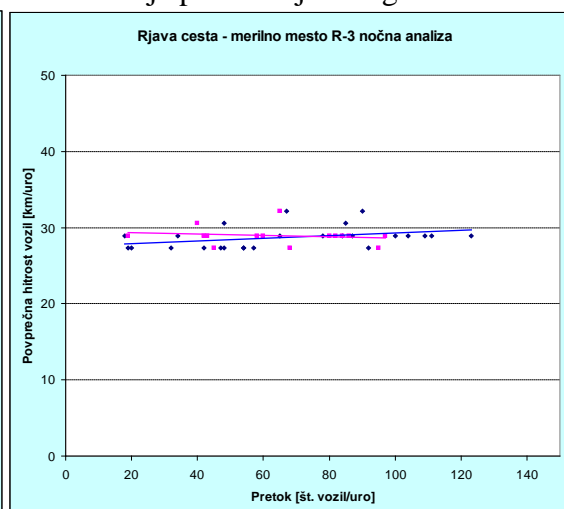
Grafikon 10 : Dnevne hitrosti na mestu R-3

6.4.2.2 Nočna analiza

Prikaz nočnih rezultatov za dve številni mesti R-1 in R-3 je predstavljen na grafikonih 11 in 12.



Grafikon 11 : Nočne hitrosti na mestu R-1



Grafikon 12 : Nočne hitrosti na mestu R-3

6.4.2.3 Komentar rezultatov

Izkaže se, da se povprečna hitrost podnevi ni skoraj nič spremenila, morda le za kak kilometer na uro, pa še to je pri takem vzorcu premalo, da bi lahko karkoli sklepali. Tudi ponoči ni opaziti nobenega zmanjšanja, verjetno gre spet pripisati da je temu tako ker smo pri prvih

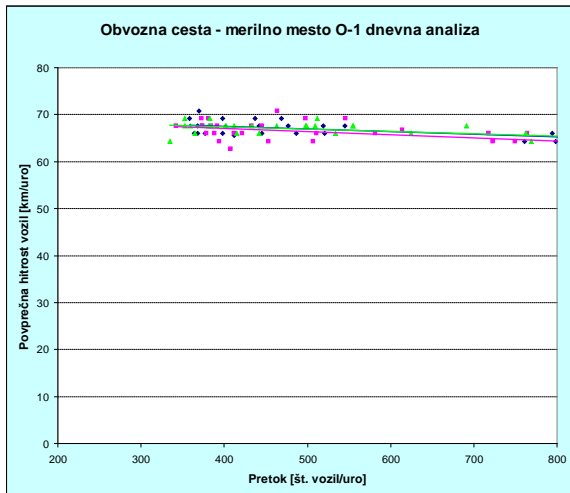
merjenjih imeli dve usmerjevalne table razreda II in eno razreda III, pri drugih merjenjih pa smo imeli tri table razreda III s fluorescentno obrobo, a so bile izpostavljene pojavu kondenza in so se jim močno zmanjšale odsevne lastnosti.

6.4.3 Rezultati meritev Obvozna cesta

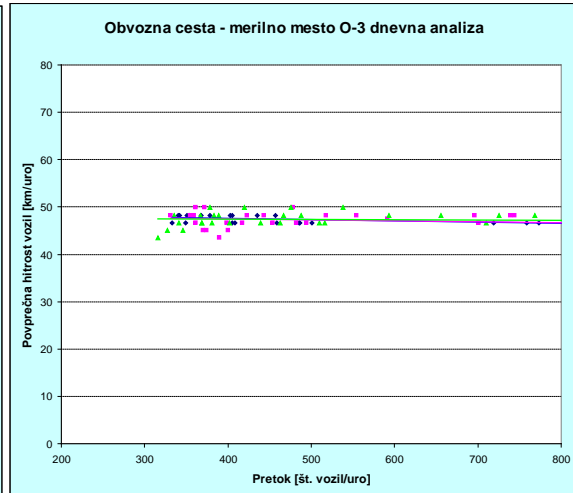
Meritev obstoječega stanja se je izvajala od 2.10.2006 do 6.10.2006. Nove table in znaki Diamond Grade brez fluorescentne obrobe so bile postavljene 18.10.2006, druga meritev pa se je izvajala od 20.10.2006 do 27.10.2006. Da bi se vsaj delno izognili takoimenovanemu »boom« efektu nekaj prvih dni po postavitvi, ko se vozniki privajajo novim tablam, smo v analizah upoštevali rezultate samo od 23.10. do 27.10.2006. Tretji tip tabel Diamond grade s fluorescentno obrobo je bil postavljen 27.10.2006, zadnje meritve prometa pa so se izvajale od 6.11.2006 do 11.11.2006. Od zastavljenih šestih postavljenih merilcev hitrosti smo lahko naredili primerjavo samo na petih, saj je senzor na mestu O-2 pri drugem in tretjem merjenju odpovedal in nismo dobili nobenih rezultatov. Tudi rezultati merilnega mesta O-3 so bili z vidika rezultatov zelo vprašljivi, saj pokažejo v vseh primerih občutno premajhne velikosti hitrosti in verjetno senzor ni bil pravilno umerjen. Za prikaz smo ga vseeno uvrstili, da je možna primerjava med vsemi tremi meritvami. Razporeditev vseh merilnih mest in njihove oznake so prikazane na sliki 24 v poglavju 6.3.1.

6.4.3.1 Dnevna analiza

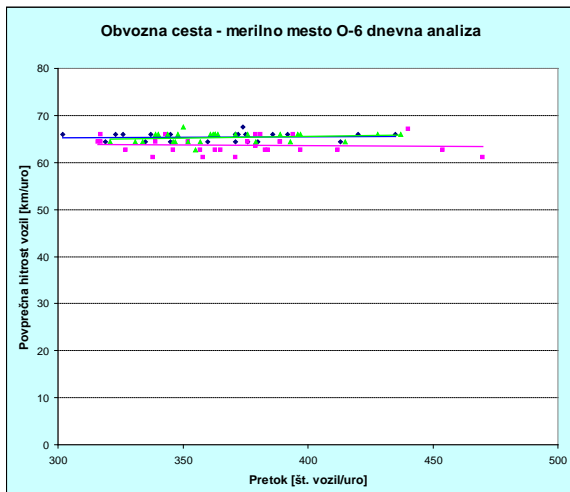
Prikaz dnevnih rezultatov za pet števnih mest O-1, O-3, O-4, O-5 in O-6 je predstavljen na grafikonih 13, 14, 15, 16 in 17. Modra barva predstavlja meritev obstoječega stanja, vijolična stanje, kjer smo uporabili znake tipa III brez fluorescentne obrobe, zelena pa novo stanje z uporabo znakov tipa III s fluorescentno obrobo.



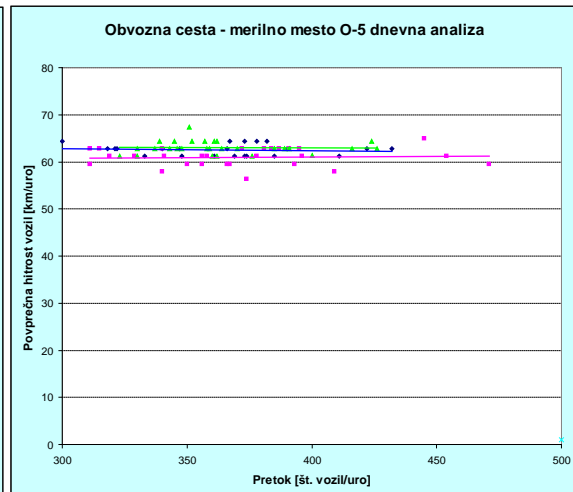
Grafikon 13 : Dnevne hitrosti na mestu O-1



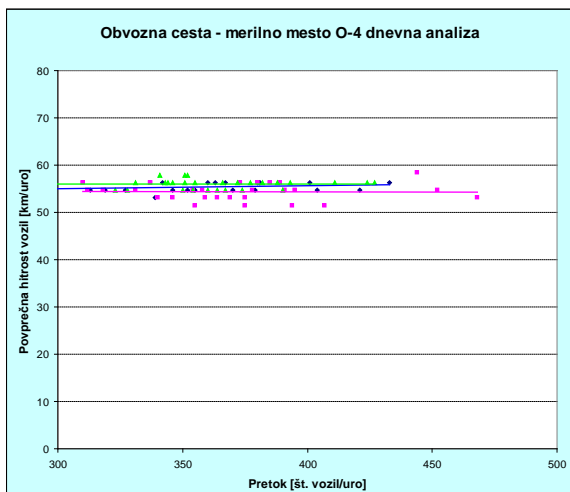
Grafikon 14 : Dnevne hitrosti na mestu O-3



Grafikon 15 : Dnevne hitrosti na mestu O-6



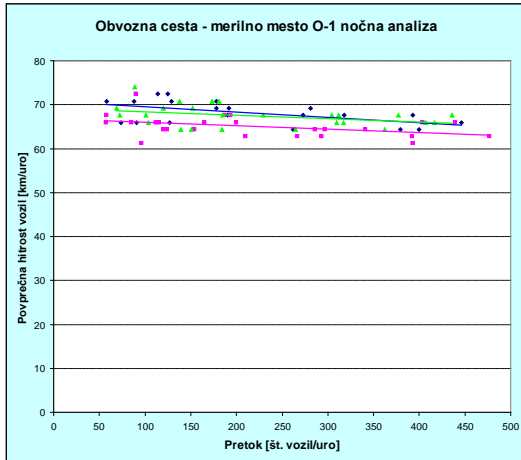
Grafikon 16 : Dnevne hitrosti na mestu O-5



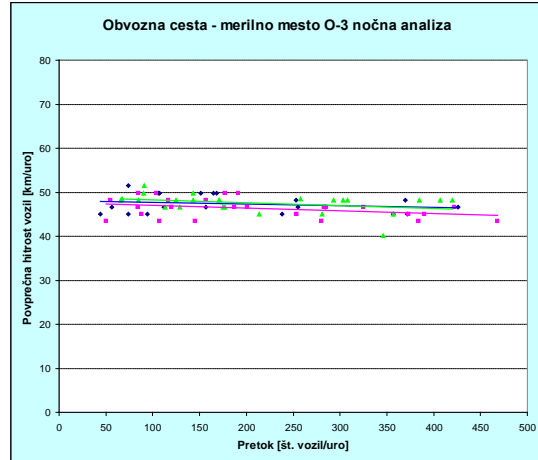
Grafikon 17 : Dnevne hitrosti na mestu O-4

6.4.3.2 Nočna analiza

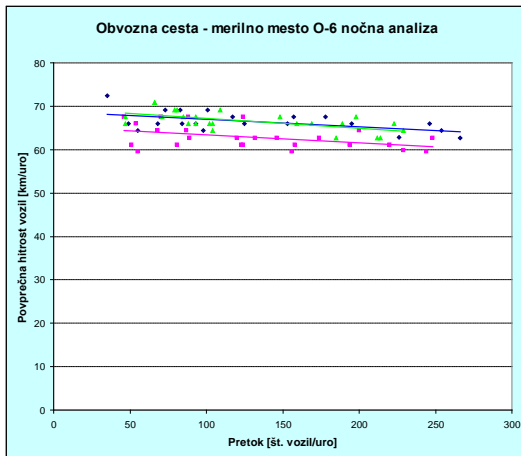
Prikaz nočnih rezultatov za pet števnih mest je predstavljen na grafikonih 18, 19, 20, 21 in 22.



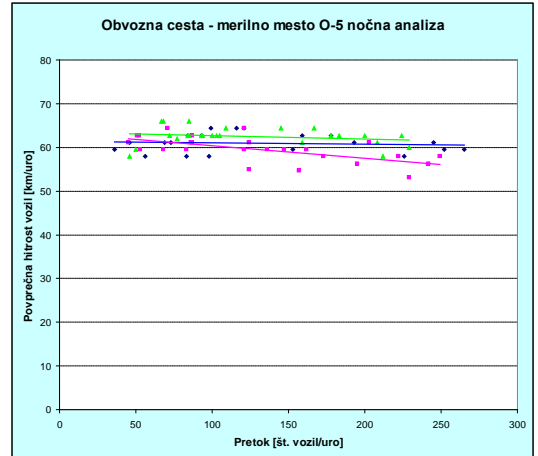
Grafikon 18 : Nočne hitrosti na mestu O-1



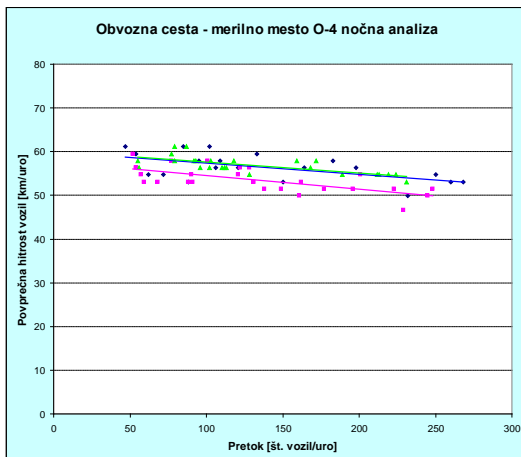
Grafikon 19 : Nočne hitrosti na mestu O-3



Grafikon 20 : Nočne hitrosti na mestu O-6



Grafikon 21 : Nočne hitrosti na mestu O-5



Grafikon 22 : Nočne hitrosti na mestu O-4

6.4.3.2.1 Kumulativna distribucija hitrosti v nočnem času in določanje V_{85} ter V_{50} na Obvozni cesti v času prvih in drugih meritev

Na podlagi rezultatov se je pokazalo, da so se ponoči za razliko od podnevi hitrosti na Obvozni cesti pri uporabi visokoodsevnih znakov tipa III pri drugih meritvah opravljenih meseca oktobra kar očitno znižale. Da bi lahko določili kolikšna je bila ta sprememba, je v nadaljevanju prikazana tudi analiza kumulativnih distribucij hitrosti. Na podlagi te analize je bilo možno odčitati hitrosti V_{85} in V_{50} ter jih med seboj primerjati. V_{85} predstavlja tisto hitrost, ki je 85% voznikov ne preseže in je jasen pokazatelj dejanskega stanja ter se pogosto uporablja v prometni praksi tako v zasnovni fazi projektiranja kot tudi za določevanje obstoječih hitrostnih razmer. Za štiri števna mesta na Obvozni cesti so v nadaljevanju prikazani grafikoni kumulativne distribucije hitrosti in navedene spremembe vrednosti V_{85} in V_{50} , ki so se natančneje določile s povečanega grafikona. Vhodni podatki za vsak grafikon posebej so se pripravili v programu Excel na tak način kot je prikazano v preglednici 10.

	U_i	f_i	Kumulativa	
	[km/h]	n	f	[%]
1	13	0	0	0
2	14	124	124	2,887078
3	23	72	196	4,563446
4	31	34	230	5,355064
5	39	52	282	6,565774
6	47	124	406	9,452852
7	55	337	743	17,29919
8	63	1014	1757	40,90803
9	71	1535	3292	76,64726
10	80	622	3914	91,12922
11	89	250	4164	96,94994
12	97	83	4247	98,88242
13	105	22	4269	99,39464
14	113	9	4278	99,60419
15	121	17	4295	100
	N=	4295	SKUPAJ	

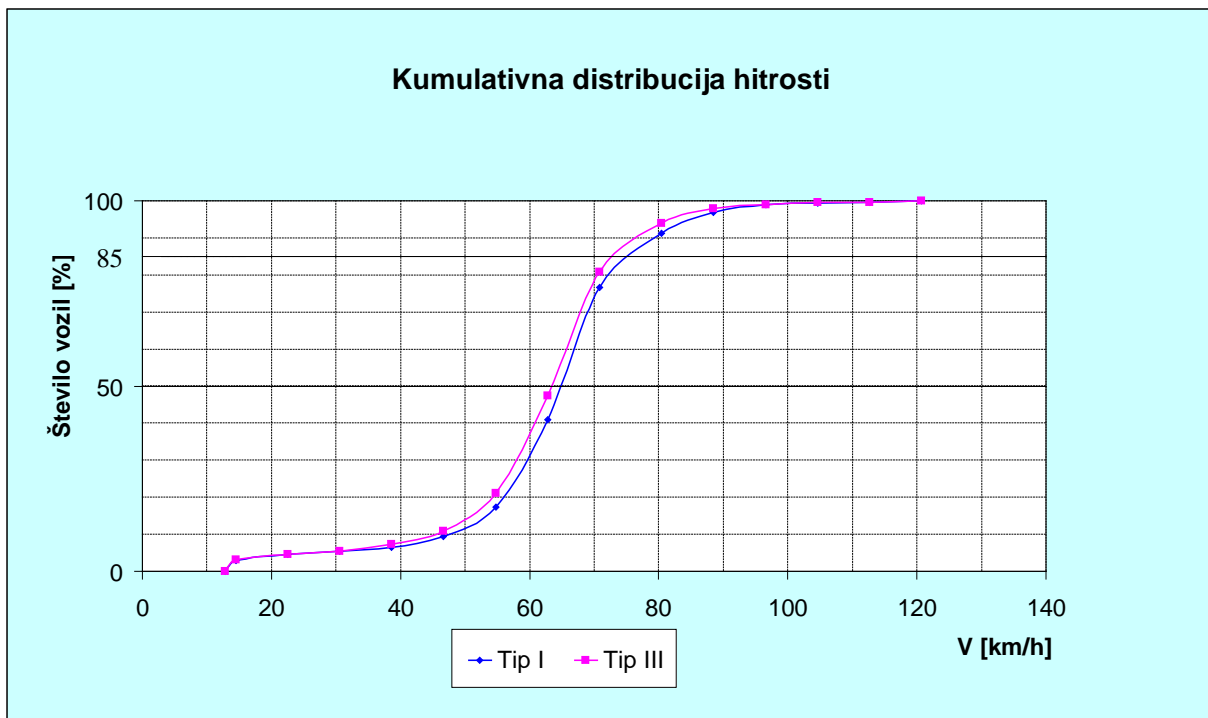
Preglednica 10 : Primer izračuna kumulativne distribucije hitrosti

V drugem stolpcu so definirani hitrostni razredi, v tretjem so vhodni podatki dobljeni s štetjem prometa. V četrtem in petem stolpcu je izražena kumulativa vozil po razredih najprej posamezno nato v odstotkih vseh vozil.

Uporabljeni vhodni podatki o številu vozil so v vseh primerih samo od 19. do 24. ure, da se lahko prikaže vpliv visokoodsevnih znakov v nočnem času. V vseh grafikonih predstavlja

modra linija distribucijo hitrosti za staro stanje, kjer so bili vsi znaki tipa I, vijolična linija pa distribucijo za novo stanje, kjer so vsi znaki tipa III.

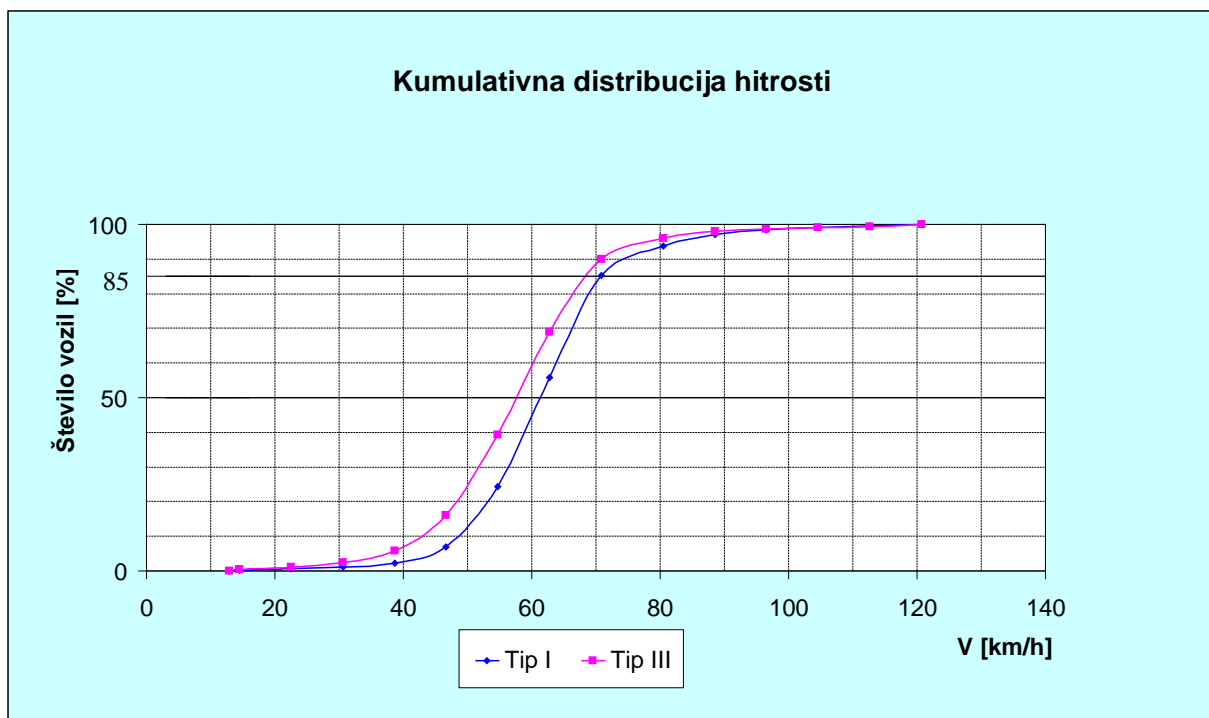
6.4.3.2.1.1 Kumulativna distribucija hitrosti : Merilno mesto O-1



Grafikon 23 : Kumulativna distribucija hitrosti : Merilno mesto O-1

Na števnem mestu O-1 pri znaku za nevaren ovinek v smeri proti Vižmarjem se je hitrost V_{85} po zamenjavi z novimi prometnimi znaki tipa III zmanjšala z vrednosti 75,1 km/uro na 72,8 km/uro, V_{50} pa z vrednosti 64,9 km/uro na 63,3 km/uro.

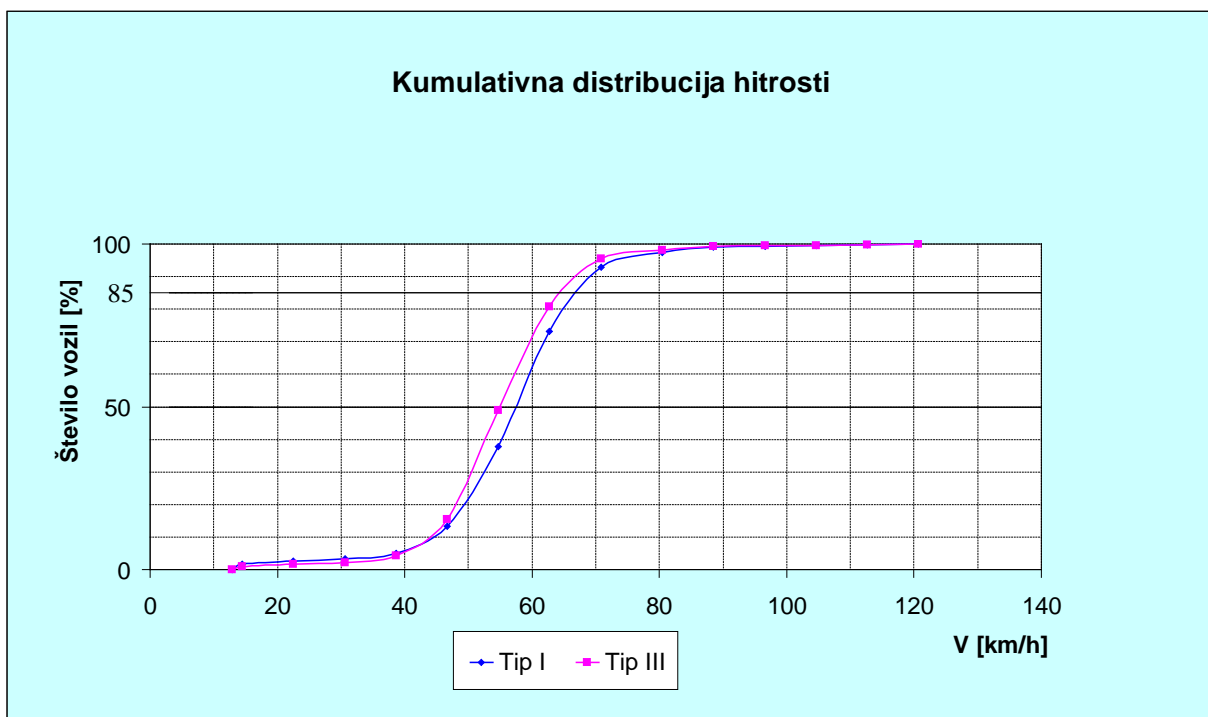
6.4.3.2.1.2 Kumulativna distribucija hitrosti : Merilno mesto O-6



Grafikon 24 : Kumulativna distribucija hitrosti : Merilno mesto O-6

Na števnem mestu O-6 pri znaku za nevaren ovinek v smeri proti Črnučam se je hitrost V_{85} po zamenjavi z novimi prometnimi znaki tipa III zmanjšala s 70,7 km/uro na vrednost 68,3 km/uro, V_{50} pa z 61,3 km/uro na 57,7 km/uro.

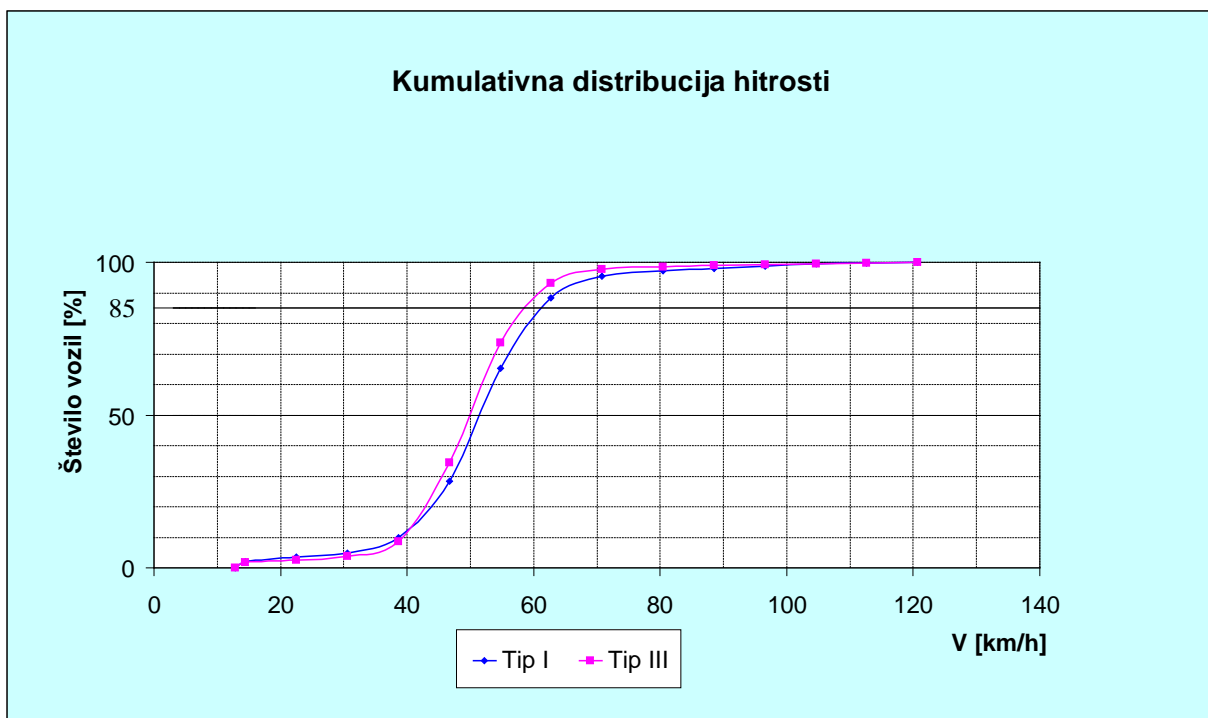
6.4.3.2.1.3 Kumulativna distribucija hitrosti : Merilno mesto O-5



Grafikon 25 : Kumulativna distribucija hitrosti : Merilno mesto O-5

Na števni mestu O-5 v začetku krivine v smeri proti Črnučam se je V85 po zamenjavi z novimi prometnimi znaki tipa III zmanjšala z vrednosti 66,7 km/uro na vrednost 64,3 km/uro, V50 pa z vrednosti 57,5 km/uro na vrednost 55,0 km/uro.

6.4.3.2.1.4 Kumulativna distribucija hitrosti : Merilno mesto O-4



Grafikon 26 : Kumulativna distribucija hitrosti : Merilno mesto O-4

Na števnem mestu O-4 v sredini krivine v smeri proti Črnučam se je V_{85} po zamenjavi z novimi prometnimi znaki tipa III zmanjšala z vrednosti 61,2 km/uro na vrednost 58,5 km/uro, V_{50} pa z vrednosti 51,4 km/uro na vrednost 49,9 km/uro.

6.4.3.3 Komentar rezultatov

Pretok vozil je na Obvozni cesti največji med vsemi tremi obravnavanimi ulicami tako podnevi kot tudi v večernih urah, zato ima ta meritev največji vzorec in naj bi predstavljala najbolj zanesljive rezultate. Pokaže se, da table in znaki s fluorescentno obrobo podnevi ne vplivajo na zmanjšanje povprečne hitrosti voznikov. Je pa zelo očitno, da pa se je pri drugih meritvah, kjer so se uporabile table Diamond Grade razreda III brez fluorescentne obrobe in ko ni bilo pojava rošenja, pojavila kar občutna razlika tako pri V_{85} kot tudi pri V_{50} . Prikaz zmanjšanja V_{85} na štirih merilnih mestih je prikazan v preglednici 11, prikaz zmanjšanja V_{50} pa v preglednici 12.

Merilno mesto	Znaki tipa I	Znaki tipa III	Sprememba [km/uro]	Sprememba [%]
O-1	75,1	72,8	2,3	3,1
O-6	70,7	68,3	2,4	3,4
O-5	66,7	64,3	2,4	3,6
O-4	61,2	58,5	2,7	4,4
			Povpr. sprememba [%]	3,6

Preglednica 11 : Prikaz zmanjšanja V85 ponoči pri različnih tipih prometne signalizacije

Merilno mesto	Znaki tipa I	Znaki tipa III	Sprememba [km/uro]	Sprememba [%]
O-1	64,9	63,3	1,6	2,5
O-6	61,3	57,7	3,6	5,9
O-5	57,5	55	2,5	4,3
O-4	51,4	49,9	1,5	2,9
			Povpr. sprememba [%]	3,9

Preglednica 12 : Prikaz zmanjšanja V50 ponoči pri različnih tipih prometne signalizacije

6.5 Sklepne ugotovitve raziskave

Namen naše raziskave je bil ugotoviti dve stvari. Najprej nas je zanimalo ali podnevi znaki s fluorescentno obrobo kaj vplivajo na zmanjšanje hitrosti voznikov. Ugotovili smo, da temu ni tako, saj se podnevi ni v nobenem primeru hitrost občutno kakorkoli zmanjšala. Samo po sebi to še ne pomeni, da ti znaki ne doprinesejo k varnosti. Fluorescentna obroba je v tem primeru bolj pomembna v smislu opozarjanja voznikov o približevanju nevarnemu mestu, kjer je potrebna večja previdnost. To je predvsem dobrodošlo pri opozarjanju tistih voznikov, ki razmer pred seboj ne poznajo dovolj. Bolje je vidna tudi v slabih vremenskih razmerah, kot je na primer pojav megle ali sneženja in jo je težje spregledati.

Drugi cilj naše raziskave je bilo ugotoviti ali se pri vožnji ponoči hitrost vozil pri uporabi bolj odsevnih prometnih znakov kakorkoli zmanjša. Analiza je pokazala, da temu je tako, saj se je na najbolj merodajni Obvozni cesti hitrost V_{85} na večini merilnih mest v povprečju zmanjšala za 3,6%, hitrost V_{50} pa za 3,9%. To pa je z vidika prometne varnosti kar velik uspeh in nam da vedeti, da visokoodsevni materiali v vsakem primeru pripomorejo k večji varnosti na cestah in bi jih veljalo v Sloveniji uporabljati v večjem obsegu kot do sedaj.

Naše začetne predpostavke, da se bo v obeh primerih pokazalo minimalno znižanje hitrosti, so se torej delno uresničile. Seveda pa se bo dejanski učinek novih znakov in tabel na prometno

varnost pokazal šele čez nekaj let, ko bomo ob skrbnem spremljanju lahko primerjali ali je bilo kaj manj nesreč kot prej.

Naj velja povedati, da na hitrost vozil vpliva veliko stvari. Morda bi bilo v prihodnosti smiselno raziskati za koliko se pri uporabi visokoodsevnih prometnih znakov hitrosti vozil zmanjšajo še v različnih pogojih vožnje. Vozniki se recimo lahko drugače odzivamo pri ostrih ovinkih kot pri blagih, pri velikih oziroma minimalnih naklonih nivelete, pri visokih oziroma nizkih hitrostih, morda tudi če je dosežena dobra preglednost ali ne, pa še kak drug primer bi se lahko našel.

7 ZAKLJUČEK

Vsi si želimo, da bi bile naše ceste bolj varne. V diplomski nalogi je predstavljeno, kakšen vpliv ima pri vsem tem odsevnost prometnih znakov. Čeprav smo pred kratkim sprejeli Pravilnik o spremembah in dopolnitvah pravilnika o prometni signalizaciji in prometni opremi, ki uvaja nekaj sprememb pri zahtevah za uporabljen minimalni nivo retrorefleksije, je ta še vedno na nižjem nivoju kot ga imajo poleg visoko razvitih nekatere tudi nam primerljive evropske države. Ta misel nas je vodila k temu, da smo poskusili ugotoviti, kaj vozniki dejansko potrebujemo za udobno in varno vožnjo v različnih razmerah. Uporabljena višja stopnja retrorefleksije pomeni, da znak opazimo prej in imamo več časa ustrezno reagirati ter se pripraviti pa tudi manj je možnosti, da ga v celoti spregledamo. V mestih se mora prometni znak ponoči ločiti od vseh vrst reklam in osvetljenih oglasnih panojev, da lahko opravlja tisto čemur je namenjen. To pa so pomembna dejstva, ki utegnejo vplivati na to ali se v določenih primerih prometna nesreča zgodi ali ne in kakršnakoli pridobitev na tem področju je dobrodošla z vidika prometne varnosti. Čez čas se lahko pokaže, da bodo že tako rizični tuji vozniki, ki so oziroma bodo navajeni na ponoči od trikrat do desetkrat bolj odsevno signalizacijo, pri nas še bolj dovzetni za prometne nesreče, ker bodo naše prometne znake morda še večkrat spregledali. Potrebno je iti v korak s časom in uporabiti sredstva in tehnologije, ki jih sodobni svet pozna. Pri tem je vprašanje odsevnosti prometnih znakov tudi del prometne kulture, ki jo je potrebno vztrajno nadgrajevati.

VIRI IN LITERATURA

Pravilnik o prometni signalizaciji in prometni opremi na javnih cestah UL RS št. 46/00:6371

Pravilnik o spremembah in dopolnitvah pravilnika o prometni signalizaciji in prometni opremi na javnih cestah; UL RS št. 33/06

CIE Technical report: Maintained night-time visibility of retroreflective road signs; CIE 113-1995, Brussel

CIE Technical report: Retroreflection: definition and measurement ; CIE 54.2-2001, Brussel

CUAP : Microprismatic retro-reflective sheetings ETA request No. 01.06/04, Brussel

JUS Z.S2.330; 1984. Saobraćajni znakovi na putevima - Boje za saobraćajne znakove;

EN 12899-1: 2001, Fixed, vertical road traffic signs – Part 1: Fixed signs ; CEN – European Committee for Standardization, Brussel;

SIST EN 12899-1:2002 : Fixed, vertical road traffic signs – Part 1: Fixed signs ;

Pravilnik o prometnim znakovima, opremi i signalizaciji na cestama. Narodne novine br.105/04;

Narobe D.: Vodenje prometa na avtocestah in hitrih cestah v republiki Sloveniji; diplomsko delo na FGG, Ljubljana 2000;

Ščukanec A.; doktorska disertacija: Primjena retroreflektirajućih materijala u funkciji cestovnoprometne sigurnosti, Zagreb 2003, 190 str.;

Technical note RS 101 : Reflection and retroreflection

[http://www.delta.dk/C1256ED600446B80/sysOakFil/roadsensors%20techn%20info%20RS101/\\$File/RS101.pdf](http://www.delta.dk/C1256ED600446B80/sysOakFil/roadsensors%20techn%20info%20RS101/$File/RS101.pdf) , (22.10.2006);

Satelitski posnetki lokacij v Ljubljani pridobljeni s sistemom NUKLEUS GIS, ki je Javni informacijski sistem prostorskih podatkov Mestne občine Ljubljana,
http://urbinfo.gis.ljubljana.si/web/profile.aspx?id=MOL_Urbanizem@Ljubljana (15.11.2006);

Vključevanje novih tehnologij detekcije cestnega prometa v obstoječi sistem zbiranja prometnih podatkovna državni cestni mreži v Republiki Sloveniji– razvojno raziskovalni projekt; Portorož 2004;

Obširno sodelovanje z g. Bojanom Kovačem iz podjetja 3M, ki uvaža moderne retroreflektivne folije. Tu sem dobil veliko virov o 3M folijah, predstavitev, retrorefleksiji, podatke o pravilnikih v nekaterih evropskih državah, itd.

PRILOGE

**PRILOGA A : Izpis rezultatov meritev z NU-Metrics merilci prometa na Obvozni cesti
merilno mesto O-5 – meritev pri obstoječem stanju**