

Univerza  
v Ljubljani

Fakulteta za  
*gradbeništvo in  
geodezijo*



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

UNIVERZITETNI ŠTUDIJ  
GRADBENIŠTVA  
PROMETNA SMER

Kandidat:

**KLEMEN FILIPIČ**

**PRIMERJAVA USPEŠNOSTI UKREPOV ZA  
UMIRJANJE PROMETA**

Diplomska naloga št.: 3235/PS

**EFFECTIVENESS OF TRAFFIC CALMING MEASURES**

Graduation thesis No.: 3235/PS

**Mentor:**

doc. dr. Tomaž Maher

**Predsednik komisije:**

izr. prof. dr. Janko Logar

**Spmentorja:**

viš. pred. dr. Peter Lipar

viš. pred. mag. Jure Kostanjšek

Ljubljana, 3. 7. 2012

## **STRAN ZA POPRAVKE**

**Stran z napako**

**Vrstica z napako**

**Namesto**

**Naj bo**

## **IZJAVE**

Podpisani Klemen Filipič izjavljam, da sem avtor diplomskega dela z naslovom »Primerjava uspešnosti naprav in ukrepov za umirjanje prometa«.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v repozitoriju UL FGG.

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

Ljubljana, 12.6.2012

Klemen Filipič

## **BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK**

<b>UDK:</b>	<b>656.021:656.053(043.2)</b>
<b>Avtor:</b>	<b>Klemen Filipič</b>
<b>Mentor:</b>	<b>doc. dr. Tomaž Maher</b>
<b>Somentor:</b>	<b>viš. pred. dr. Peter Lipar</b>
<b>Somentor:</b>	<b>viš. pred. mag. Jure Kostanjšek</b>
<b>Naslov:</b>	<b>Primerjava uspešnosti naprav in ukrepov za umirjanje prometa</b>
<b>Tip dokumenta:</b>	<b>Diplomska naloga – univerzitetni študij</b>
<b>Obseg in oprema:</b>	<b>52 str., 18 pregl., 37 sl., 1 en.</b>
<b>Ključne besede:</b>	<b>umirjanje, promet, naprave, ukrepi, primerjava, učinkovitost, uspešnost, umirjanje prometa</b>

### **Izvleček**

Nespoštovanje prometnih predpisov in nizka vozniška kultura zahtevata uporabo naprav in ukrepov za umirjanje prometa, ki fizično onemogočajo presežanje dovoljene hitrosti. S tem se dosežeta zvišanje ravni prometne varnosti in kakovosti bivalnega okolja. Namen diplomske naloge je ugotoviti, kakšna je učinkovitost posameznih naprav in ukrepov za umirjanje prometa, izvedenih na državnem cestnem omrežju, in njihov vpliv na vedenje voznikov, predvsem na hitrost vožnje. Predstavljen je pojem umirjanja prometa ter našteje naprave in ukrepi, ki so (lahko) izvedeni na javnih cestah Republike Slovenije. Podrobneje je opisan izbor desetih naprav in ukrepov, vključenih v primerjalno analizo. Prikazani so uporabljena merilna oprema in potek meritev ter rezultati podobne študije iz tujine. Rezultati meritev so primerjani glede na tri najpomembnejše parametre: povprečno izmerjeno prevozno hitrost, delež prehitrih vozil in velikost presežka hitrosti. V zaključku je uveden kazalnik učinkovitosti, ki vse tri parametre združi v eni številski oceni uspešnosti posamezne naprave oz. ukrepa za umirjanje prometa.

## **BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT**

**UDC:** 656.021:656.053(043.2)  
**Author:** Klemen Filipič  
**Supervisor:** Assist. Prof. Tomaž Maher, Ph.D.  
**Co-advisor:** Sen. Lect. Peter Lipar, Ph.D.  
**Co-advisor:** Sen. Lect. Jure Kostanjšek, M.Sc.  
**Title:** Effectiveness of traffic calming measures  
**Document type:** Graduation Thesis - University studies  
**Notes:** 52 p., 18 tab., 37 fig., 1 eq.  
**Key words:** traffic, calming, measures, comparison, traffic calming, effectiveness

### **Abstract**

Failure to comply with traffic regulations, together with low driving culture, require the use of traffic calming measures that physically prevent drivers from exceeding the speed limit, by which the level of traffic safety and living conditions for residents are improved. The purpose of this thesis is to determine the effectiveness of individual traffic calming measure, implemented on the national road network, as well as their impact on driver behavior, especially driving speed. The concept of traffic calming is introduced together with the list of all existing and possible traffic calming measures on the public roads of the Republic of Slovenia. A selection of ten traffic calming measures, which are shown in a comparative analysis, is described in more detail. Measuring equipment which was used, as well as the process of measuring and the results of similar studies from other countries are also displayed. The results of measuring are compared between themselves according to the three main parameters: average driving speed, percentage of speed violators and the quantity of speed excess. In the conclusion, the performance index is introduced, which combines all of the three parameters in a single numerical assessment of each traffic calming measure's performance.

## **ZAHVALA**

Za pomoč pri pripravi diplomske naloge se zahvaljujem mentorju doc. dr. Tomažu Maherju ter somentorjema viš. pred. dr. Petru Liparju in viš. pred. mag. Juretu Kostanjšku.

Zahvaljujem se tudi vsem bližnjim za takšno in drugačno podporo tako pri diplomski kot pri celotnem študiju.

## KAZALO VSEBINE

Izjave .....	II
Bibliografsko-dokumentacijska stran in izvleček .....	III
Bibliographic-documentalistic information and abstract.....	IV
Zahvala .....	V
1 UVOD.....	1
2 UMIRJANJE PROMETA.....	2
2.1 Kaj je umirjanje prometa .....	2
2.2 Namen umirjanja prometa .....	2
2.3 Vplivi na umirjanje prometa .....	3
2.4 Kratka zgodovina umirjanja prometa .....	4
3 VRSTE NAPRAV IN UKREPOV ZA UMIRJANJE PROMETA.....	6
3.1 Naprave in ukrepi za umirjanje prometa po TSC 03.800: 2009.....	6
3.2 Naprave in ukrepi za umirjanje prometa po TSC 02.300: 2009.....	8
3.3 Ostale naprave in ukrepi za umirjanje prometa.....	10
4 PODROBNEJŠI OPIS PRIMERJANIH NAPRAV IN UKREPOV .....	12
4.1 Prometni znak .....	12
4.2 Znak spremenljive vsebine: .....	12
4.3 Zvočne zavore: .....	13
4.4 Sinusoidne grbine.....	14
4.5 Trapezne grbine .....	14
4.6 Montažne grbine .....	15
4.7 Ploščadi:.....	15
4.8 Zožitev vozišča - sredinski otok:.....	16
4.9 Zamik osi vozišča: .....	16
4.10 Krožno križišče: .....	17
5 MERITVE NA TERENU .....	18
5.1 Izvedba meritev .....	18
5.2 Merilna oprema.....	18
6 REZULTATI PRETEKLIH RAZISKAV ZMANJŠANJA HITROSTI V TUJINI ....	21
7 REZULTATI MERITEV .....	22
7.1 Prometni znak .....	24
7.2 Znak spremenljive vsebine.....	26
7.3 Zvočne zavore.....	28
7.4 Sinusoidne grbine.....	30

<b>7.5</b>	<b>Trapezne grbine .....</b>	<b>32</b>
<b>7.6</b>	<b>Montažne grbine .....</b>	<b>34</b>
<b>7.7</b>	<b>Ploščadi .....</b>	<b>36</b>
<b>7.8</b>	<b>Zožitev vozišča - sredinski otok .....</b>	<b>38</b>
<b>7.9</b>	<b>Zamik osi vozišča .....</b>	<b>40</b>
<b>7.10</b>	<b>Krožno križišče .....</b>	<b>42</b>
<b>8</b>	<b>PRIMERJAVA REZULTATOV IN ZAKLJUČEK.....</b>	<b>44</b>
	<b>VIRI.....</b>	<b>50</b>



## KAZALO PREGLEDNIC

<b>Preglednica 1:</b>	<b>Možnosti za preživetje pešca ob trku z motornim vozilom.....</b>	<b>2</b>
<b>Preglednica 2:</b>	<b>Rezultati študije v ZDA.....</b>	<b>21</b>
<b>Preglednica 3:</b>	<b>Rezultati meritev – prometni znak.....</b>	<b>25</b>
<b>Preglednica 4:</b>	<b>Rezultati meritev – znak spremenljive vsebine.....</b>	<b>27</b>
<b>Preglednica 5:</b>	<b>Rezultati meritev – zvočne zavore.....</b>	<b>29</b>
<b>Preglednica 6:</b>	<b>Rezultati meritev – sinusoidne grbine.....</b>	<b>31</b>
<b>Preglednica 7:</b>	<b>Rezultati meritev – trapezne grbine.....</b>	<b>33</b>
<b>Preglednica 8:</b>	<b>Rezultati meritev - montažne grbine.....</b>	<b>35</b>
<b>Preglednica 9:</b>	<b>Rezultati meritev - ploščadi.....</b>	<b>37</b>
<b>Preglednica 10:</b>	<b>Rezultati meritev - zožitev vozišča - sredinski otok.....</b>	<b>39</b>
<b>Preglednica 11:</b>	<b>Rezultati meritev - zamik osi vozišča.....</b>	<b>41</b>
<b>Preglednica 12:</b>	<b>Rezultati meritev - krožno križišče.....</b>	<b>43</b>
<b>Preglednica 13:</b>	<b>Seznam primerjanih naprav in ukrepov.....</b>	<b>44</b>
<b>Preglednica 14:</b>	<b>Rezultati vseh meritev.....</b>	<b>45</b>
<b>Preglednica 15:</b>	<b>Naprave in ukrepi po učinkovitosti glede na delež prehitrih vozil.....</b>	<b>47</b>
<b>Preglednica 16:</b>	<b>Naprave in ukrepi po učinkovitosti glede na povprečno prekoračitev.....</b>	<b>47</b>
<b>Preglednica 17:</b>	<b>Naprave in ukrepi po učinkovitosti glede na zmanjšanje hitrosti.....</b>	<b>48</b>
<b>Preglednica 18:</b>	<b>Naprave in ukrepi po učinkovitosti glede na kazalnik učinkovitosti.....</b>	<b>49</b>

## KAZALO SLIK

Slika 1:	Woonerf v mestu Delft, Nizozemska.....	4
Slika 2:	Grbine v obliki želv, Avstralija .....	5
Slika 3:	Sistemske ukrepi na cestni mreži.....	6
Slika 4:	Optične zavore, TSC 03.800 .....	6
Slika 5:	Enostranska zožitev vozišča, TSC 03.800.....	7
Slika 6:	Denivelirano križišče (dvignjena ploščad križišča) , TSC 02.300 .....	8
Slika 7:	Zamik osi križajočih se cest, TSC 02.300 .....	8
Slika 8:	Zmanjšanje površine križišča, TSC 02.300.....	8
Slika 9:	Denivelirani sredinski otoki, TSC 02.300 .....	9
Slika 10:	Mini krožno križišče, TSC 02.300.....	9
Slika 11:	Razdeljeno križišče, TSC 02.300.....	9
Slika 12:	Sprememba vozne površine.....	10
Slika 13:	Vdrta grbina .....	10
Slika 14:	Semafor z merilnikom hitrosti .....	11
Slika 15:	Prometni znaki II-30, III-29, II-30.....	12
Slika 16:	Znak spremenljive vsebine .....	13
Slika 17:	Zvočna zavora, TSC 03.800.....	13
Slika 18:	Sinusoidna grbina, TSC 03.800.....	14
Slika 19:	Trapezna grbina, TSC 03.800 .....	14
Slika 20:	Montažna grbina, Prav. o prom. sign. in prom. opr. ....	15
Slika 21:	Ploščad, TSC 03.800 .....	15
Slika 22:	Zožitev vozišča – sredinski otok.....	16
Slika 23:	Zamik osi vozišča.....	17
Slika 24:	Krožno križišče.....	17
Slika 25:	Radar Speedspy .....	18
Slika 26:	Radar ViaCount II, skrit v majski travi.....	19
Slika 27:	Lokacije meritev – vse naprave in ukrepi.....	22
Slika 28:	Lokacije meritev – prometni znak.....	24
Slika 29:	Lokacije meritev – znak spremenljive vsebine .....	26
Slika 30:	Lokacije meritev – zvočne zavore .....	28
Slika 31:	Lokacije meritev – sinusoidne grbine .....	30
Slika 32:	Lokacije meritev – trapezne grbine .....	32
Slika 33:	Lokacije meritev – montažne grbine .....	34
Slika 34:	Lokacije meritev – ploščadi.....	36
Slika 35:	Lokacije meritev – zožitev vozišča – sredinski otok.....	38
Slika 36:	Lokacije meritev – zamik osi vozišča.....	40
Slika 37:	Lokacije meritev – krožno križišče.....	42

## 1 UVOD

Duh časa nam vedno bolj vsiljuje umetno potrebo po biti prvi, najhitrejši. Individualizem in družbeno neodgovorno vedenje sta priročni orodji za doseganje tega cilja. Odražata se tudi v prometu. Prehitra vožnja, neupoštevanje pravil ter odrekanje skrbi za varen, umirjen in nemoten potek cestnega prometa botrujejo uvrstitvi cestnega prometa na nezavidljivo prvo mesto po nevarnosti za udeležence. V mnogih točkah pomanjkljiva ali slabo urejena zakonodaja dopušča pojav povratništva tudi med najhujšimi kršitelji.

Ob razmahu dostopnosti motornih vozil za osebni promet se je dodobra spremenil odnos do upravljanja z vozili. Prepogosto vozniki vožnjo dojemajo kot postransko opravilo, medtem ko lahko počnejo kaj pomembnejšega, na primer opravijo telefonske pogovore, za katere prej niso našli časa. Agresivno oglaševanje varnosti in dovršena izdelava sodobnih osebnih vozil daje voznikom lažen občutek varnosti tudi pri večjih hitrostih, ko morda niso več kos zaznavi vseh informacij iz okolja. Prevelika hitrost in pomanjkanje zbranosti pa sta lahko usodna, sploh ob nepredvidenem srečanju z drugimi, šibkejšimi udeleženci v prometu – pešci in kolesarji.

Za omejevanje hitrosti vozil v cestnem prometu se primarno uporablja vertikalna prometna signalizacija – prometni znaki z omejitvijo največje dovoljene hitrosti vožnje ter znaki, ki označujejo začetek naselja ali območja umirjenega prometa. Zaradi izjemno nizke vozniške kulture, neučinkovite represije in šibke mentalitete udeležencev v prometu pa samo opozarjanje s prometno signalizacijo ni dovolj učinkovito. Na mestih, kjer se želi doseči dosledno upoštevanje omejitve hitrosti, je treba uvesti ostrejša ukrepa. To se lahko doseže z uporabo različnih fizičnih in administrativnih naprav in ukrepov, ki onemogočajo vožnjo s preveliko hitrostjo in tako umirjajo promet. Obstaja več med seboj različnih naprav in ukrepov za umirjanje prometa, kot tudi kriterijev, ki vplivajo na izbiro najbolj ustrezne naprave in/ali ukrepa.

Pričujoča diplomska naloga medsebojno primerja uspešnost desetih izbranih naprav in ukrepov za umirjanje prometa na javnih cestah Republike Slovenije.

## 2 UMIRJANJE PROMETA

### 2.1 Kaj je umirjanje prometa

Umirjanje prometa je kombinacija fizičnih in administrativnih naprav in ukrepov za zmanjševanje negativnih posledic motornega prometa, spreminjanje obnašanja voznikov in izboljšavo pogojev za nemotorizirani promet. (Lipar, 2007)

Zakon o cestah (ZCes-1) ločuje naprave in ukrepe. 21. člen pravi:

(1) Naprave za umirjanje prometa so fizične, svetlobne ali druge naprave in ovire, s katerimi se udeležencem v cestnem prometu fizično onemogoči vožnja s hitrostjo, večjo od predpisane s prometnim pravilom ali odrejene s prometnim znakom, ali se jih opozori na omejitev hitrosti na nevarnem odseku ceste.

(2) Ukrepi za umirjanje prometa so tehnične rešitve na cestnem omrežju in na vozišču ter oblikovanje prometnih površin.

Oboji imajo iste osnovne cilje:

- zmanjšanje hitrosti,
- zmanjšanje gostote prometa,
- izboljšanje kakovosti bivalnega okolja,
- povečanje števila prostih površin,
- izboljšanje prometne varnosti.

Neposredna učinka ukrepov in naprav za umirjanje prometa sta predvsem zmanjšanje vozne hitrosti in gostote prometa. S tem se posredno zmanjšata hrup in onesnaženje, hkrati pa povečata prometna varnost ter kakovost bivanja v okoljih z umirjenim prometom. Temu pritrjuje tudi ugotovitev, da ima človek, ki živi v ulici, manj obremenjeni s prometom, v povprečju kar dvakrat več poznanstev kot človek, ki živi v prometno bolj obremenjeni ulici. (Appleyard, 1981)

### 2.2 Namen umirjanja prometa

Da hitrost ubija, je že dobro znano. Po podatkih policije za leto 2011 je bila neprilagojena hitrost vzrok smrti 40 odstotkov umrlih na slovenskih cestah, istemu vzroku pripisujejo tudi vsako tretjo hudo telesno poškodbo. Posebej nevaren je trk najšibkejšega in najmočnejšega udeleženca v cestnem prometu – pešca in motornega vozila. Možnosti za preživetje prvega drastično padajo s povečevanjem hitrosti vožnje slednjega v trenutku trka. (Lipar, 2007)

**Preglednica 1: Možnosti za preživetje pešca ob trku z motornim vozilom**

Hitrost vozila ob trku	Verjetnost za preživetje pešca
30 km/h	95 %
50 km/h	55 %
70 km/h	15 %

Uporaba ukrepov in naprav za umirjanje prometa z doseženim glavnim ciljem, zmanjšano hitrostjo, poleg zmanjšanja števila prometnih nesreč zagotovi, da posledice teh nesreč niso tako hude kot pri

večjih hitrostih. Na ta način umirjanje prometa prispeva k večji prometni varnosti. Posebej pomemben je doprinos k večji varnosti šibkejših udeležencev v cestnem prometu – pešcev in kolesarjev. Primer iz tujine: pregled 600 ukrepov za umirjanje prometa na Danskem je pokazal 43-odstotni upad smrtnih žrtev v primerjavi z območji, kjer umirjanje prometa ni bilo izvedeno. (Harvey, 2012)

### 2.3 Vplivi na umirjanje prometa

Uporabo naprav in ukrepov za umirjanje prometa predpisuje zakon o cestah. Tehnične pogoje za prometno tehnično oblikovanje naprav in ukrepov za umirjanje prometa pa določajo tehnične specifikacije. Primarno je to Tehnična specifikacija za javne ceste 03.800 : 2009 - Naprave in ukrepi za umirjanje prometa, ki določa tehnične pogoje za vse javne ceste in nekategorizirane ceste, kjer je dovoljen javni promet. Izjema so montažne fizične ovire za umirjanje prometa, ki jih predpisuje Pravilnik o prometni signalizaciji in prometni opremi na javnih cestah. Druga tehnična specifikacija za javne ceste, ki ureja področje umirjanja prometa, je TSC 02.203 : 2009 - Naprave in ukrepi za umirjanje prometa v nivojskih nesemaforiziranih križiščih. Uporaba te za razliko od TSC 03.800 ni obvezna. Omenjeni tehnični specifikaciji navajata tudi najpomembnejše kriterije, ki vplivajo na izbiro naprav in ukrepov za umirjanje prometa.

Povzeto po obeh TSC so to:

- Funkcija ceste – najpomembnejši kriterij; V naseljih je poleg prometne funkcije (ločimo povezovalno in dostopno funkcijo) pomembna tudi bivalna funkcija (funkcija urbanistične zasnove, socialna, ekološka, ekonomska funkcija). Na cestah v naseljih z večanjem pomena bivalne funkcije pada prometna funkcija in obratno. Da ohranimo bivalno funkcijo na čim višji ravni, se poslužujemo ustreznega urbanističnega načrtovanja in/ali uporabe naprav in ukrepov za umirjanje prometa.
- Hitrost vožnje; Pri določitvi hitrosti vožnje ( $V_{85}$ ) je treba upoštevati ZVCP in merila za kategorizacijo javnih cest, kjer sta opredeljeni največja in najmanjša dovoljena hitrost vožnje:
  - cesta zunaj naselja 90 (100,130) km/h,
  - cesta v naselju od 50 do 70 km/h,
  - območje omejene hitrosti od 30 do 50 km/h,
  - območje umirjenega prometa do 10 km/h.
- Prometni pogoji; Prometne pogoje za uporabo naprav in ukrepov za umirjanje prometa opredeljujeta konična urna obremenitev (EOV/h) in struktura vozil. Za območje umirjenega prometa je največja dopustna konična urna obremenitev do 100 EOV/h, za območje omejene hitrosti 100–400 EOV/h in za ostale ceste v naselju 400–600 EOV/h.
- Dodatni kriteriji; vezani so na dimenzije cestišča in ureditev ob njem, lego ceste v prostoru ter specifične zahteve, ki jih mora cestno omrežje, cesta ali del ceste izpolnjevati oz. posledice, ki jih naprave in ukrepi za umirjanje prometa povzročajo. Mednje štejemo:
  - širino vozišča z robnimi pasovi in ureditev ob cestišču,
  - lego ceste v prostoru,
  - strukturo vozil (avtobusni in tovorni promet)
  - škodljive emisije,
  - hrupno obremenitev,
  - zamude pri vožnji interventnih vozil,
  - vzdrževanje cest (zimsko služba),
  - urbanistične pogoje.

## 2.4 Kratka zgodovina umirjanja prometa

Prvi prometni znak z omejitvijo hitrosti naj bi že leta 1861 v Veliki Britaniji omejeval hitrost vozil na 10 milj na uro. Kljub temu da danes med ukrepe za umirjanje prometa štejemo tudi prometne znake (za omejitve hitrosti), pa za pionirje umirjanja prometa v sodobnem pomenu tega izraza veljajo Nizozemci. Prebivalci mesteca Delft so namreč konec 60. let prejšnjega stoletja sklenili narediti konec onesnaženosti, hrupu in nevarnosti, ki jih je povzročal prehitel tranzitni promet. Neke noči so os ceste »preoblikovali« v obliko serpentine s pomočjo izravnanih tlakovcev. V nočni gverilski ofenzivi začel projekt so skozi čas še dopolnili. Na ulice so postavili razne ovire za motorni promet.



Slika 1: Woonerf v mestu Delft, Nizozemska

Zaboje peska, mize in klopi so dopolnjevala parkirna mesta, ki so segala na ulico. Vozniki motornih vozil so bili prisiljeni zmanjšati hitrost, povečati pozornost ali pa celo izbrati drugo, hitrejšo povezavo do istega cilja. Te ulice so poimenovali »woonerven« oz. »stanovanjska dvorišča«. Danes najboljši približek bi bil cona umirjenega prometa, čeprav je hitrost marsikje omejena le s prometnim znakom za omejitve hitrosti, redkeje ima tako območje tudi pestrejši nabor ukrepov in naprav za umirjanje prometa. Kolesarji in pešci so bili na takšnih ulicah v prednosti, saj jim ni bilo treba vijugati med ovirami, in kar je najpomembnejše – udeležba v prometu je bila zanje varnejša. Izboljšala se je kakovost življenja v stavbah ob ulici in seveda na ulicah samih, nenazadnje so prebivalci vzeli nazaj del tistega, kar si je promet v letih nenehne rasti prisvojil.

Nizozemski je v naslednjem desetletju sledila preostala Evropa. Tako je bilo do konca 70. let v uporabi že kar nekaj »evropskih počasnih cest«, z dovoljenimi hitrostmi vožnje do 30 km/h. Medtem ko so na celini iskali rešitve v smeri skupne uporabe prometnih površin za voznike motornih vozil ter kolesarjev in pešcev, je Velika Britanija v začetku izbrala drugačno pot. V tistem časovnem obdobju je bila v mnogih britanskih mestih značilna izvedba obročev urbanih cest okoli območij, namenjenih pešcem. Na ta način so za razliko od celinske Evrope želeli motoriziran promet in pešce čim bolj ločiti. V poročilu britanske vlade iz leta 1963 »Traffic in towns« je avtor Colin Buchanan predlagal izključno uporabo ukrepov za zmanjševanje obsega, in ne hitrosti prometa.

Tudi začetki umirjanja prometa v Avstraliji so sledili Buchanанovemu modelu, a so ga hitro prerasli. Do osemdesetih let so bili programi urejanja prometa v večjih mestih (Adelaide, Melbourne, Sydney) že v polnem razmahu.



**Slika 2: Grbine v obliki želv, Avstralija**

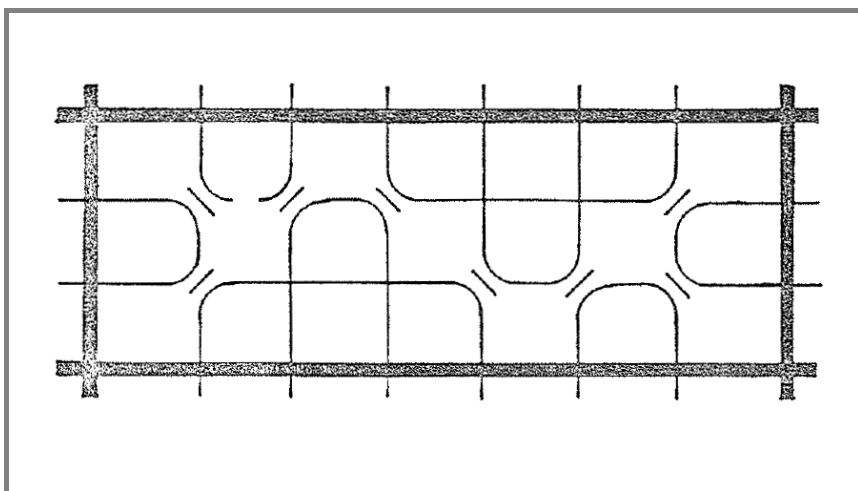
Podobne ukrepe na cestnem omrežju lahko štejemo za začetke umirjanja prometa tudi v ZDA. Zapore cest in preusmeritve prometa so poznali že v 40. oz. zgodnjih 50. letih. Prvo načrtno sistemsko uvajanje ukrepov in naprav za umirjanje prometa pa so izvedli v 70. letih v Seattlu v zvezni državi Washington.

V Sloveniji so po zgledu iz tujine prve ukrepe vpeljali šele po osamosvojitvi. Najprej z namenom zmanjšati hitrosti vožnje ob nespremenjeni količini prometa, kasneje pa so se pojavile tudi sistemske rešitve na cestni mreži.

### 3 VRSTE NAPRAV IN UKREPOV ZA UMIRJANJE PROMETA

#### 3.1 Naprave in ukrepi za umirjanje prometa po TSC 03.800: 2009

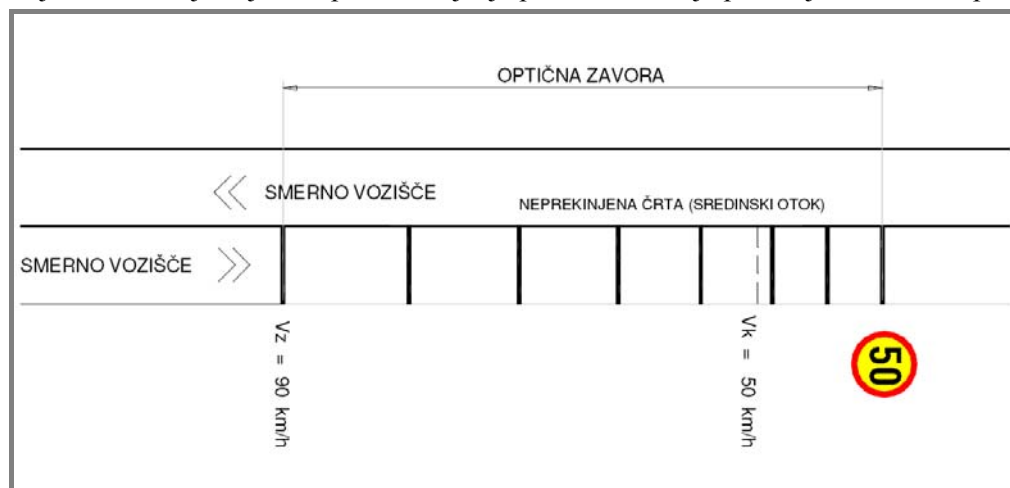
**Sistemske ukrepi** so ukrepi, določeni s prometno ureditvijo ceste, ki jo določi upravljavec ceste. Ureditvev obsega določanje prednostnih smeri, sistem in način vodenja prometa, omejitve uporabe ceste in hitrosti vožnje, ureditev mirujočega prometa ter določanje območij umirjenega prometa, omejene hitrosti in območij za pešce. Sem sodijo ukrepi, ki so izvedeni na cestni mreži, torej zapore cest, enosmerne ceste, obvezne smeri in prometni znaki. Sistemske ukrepi so praviloma namenjeni omejevanju oz. preprečevanju nepotrebnih tranzitnih voženj, lahko pa vplivajo tudi na hitrost vožnje.



Slika 3: Sistemske ukrepi na cestni mreži

**Regulativni ukrepi** predstavljajo niz prometnih pravil, ki jih definira Zakon o varnosti cestnega prometa. Ta pravila v naravi predstavlja ustrezna prometna signalizacija, torej prometni znaki in znaki spremenljive vsebine. So najblažji ukrepi za umirjanje prometa.

**Opozorilne naprave** se običajno uporablja pred območji umirjanja prometa. Njihov namen je voznika opozoriti, naj pravočasno in enakomerno zmanjša hitrost do dovoljene. Tudi opozorilne naprave štejemo med najblažje ukrepe za umirjanje prometa, mednje pa sodijo zvočne in optične zavore.



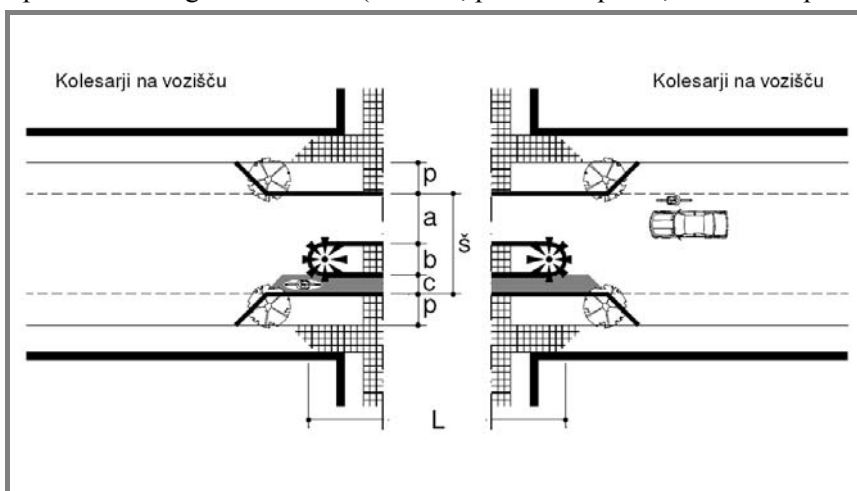
Slika 4: Optične zavore, TSC 03.800



**Grbine in ploščadi** sodijo med ostrejšje ukrepe za umirjanje prometa in so namenjene prisilnemu zmanjševanju hitrosti. Postavljene so točno na mestu, kjer se želi voznike prisiliti k zmanjšanju hitrosti vožnje. Učinek je odvisen predvsem od oblike in naklona klančin, pri zaporedju več grbin oz. ploščadi pa tudi od medsebojnega razmika med napravami. Glede na obliko klančine ločimo sinusoidne in trapezne grbine. Ploščadi imajo praviloma trapezne klančine. Poleg naštetih gradbenih grbin pa poznamo še montažne grbine, ki pa jih TSC 03.800 ne obravnava, njihove lastnosti in uporabo ureja Pravilnik o prometni signalizaciji in prometni opremljenosti na javnih cestah.

**Zožitev vozišča in razmejitev smernih vozišč** umirjajo promet s spremembo širine vozišča, zaradi česar je voznik pozornejši, hitrost vožnje pa ustrezno prilagojena. Pri določanju minimalnih širin vozišča je treba upoštevati vozne hitrosti ter različne primere srečevanja, prehitevanja in vožnje mimo merodajnih vozil. Tehnična specifikacija loči en primer razmejitve smernih vozišč in več tipov zožitev vozišča glede na:

- zožitev vozišča s strani ali sredine,
- enostransko ali dvostransko zožitev,
- dvosmerni ali izmeničen promet na mestu zožitve,
- vodenje kolesarjev in pešcev na mestu zožitve,
- prisotnost drugih elementov (križišče, prehod za pešce, avtobusna postaja).

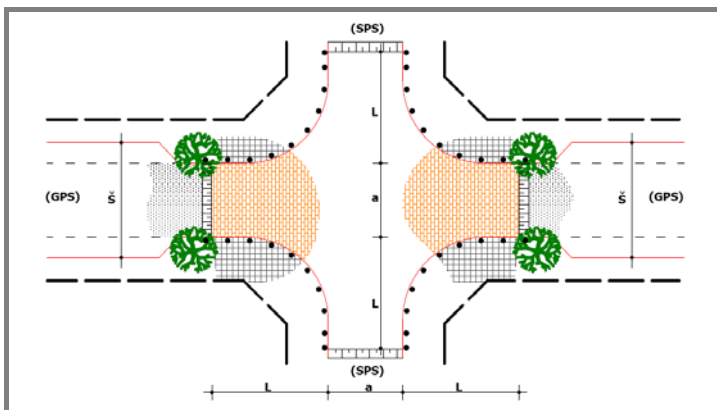


Slika 5: Enostranska zožitev vozišča, TSC 03.800

**Zamik osi vozišča** prisili voznika, da v blagih horizontalnih krivinah vozi previdneje in počasneje. Z zamikom osi se fizično onemogoči doseganje prevelikih hitrosti. TSC 03.800 loči dve različici zamika z vzporednim parkiranjem in parkiranjem pod kotom ter dve različici z razmikom smernega vozišča s sredinskim otokom in simetrično oz. asimetrično ureditvijo.

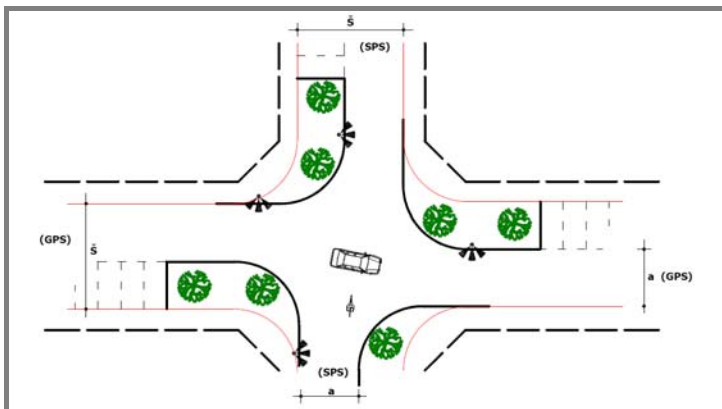
### 3.2 Naprave in ukrepi za umirjanje prometa po TSC 02.300: 2009

**1. Denivelirano križišče (dvignjena ploščad križišča);** dostop na ploščad preko klančine s konstantnim vzdolžnim nagibom ali polsinusoidne klančine.



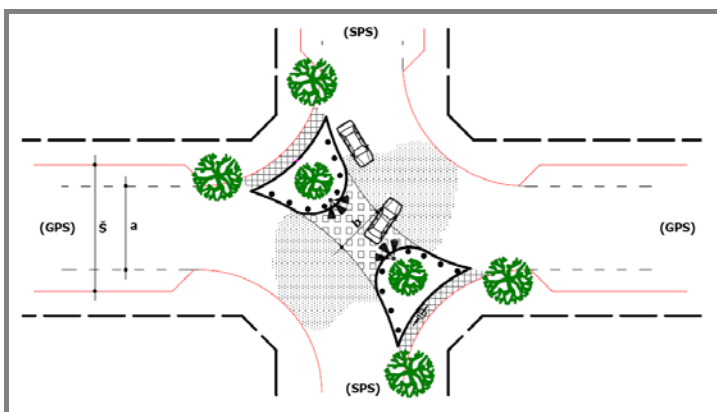
Slika 6: Denivelirano križišče (dvignjena ploščad križišča) , TSC 02.300

**2. Zamik osi križajočih se cest** je lahko izveden na več načinov, skupna lastnost vseh pa je nekontinuirana smer vožnje pri vožnji naravnost skozi križišče.



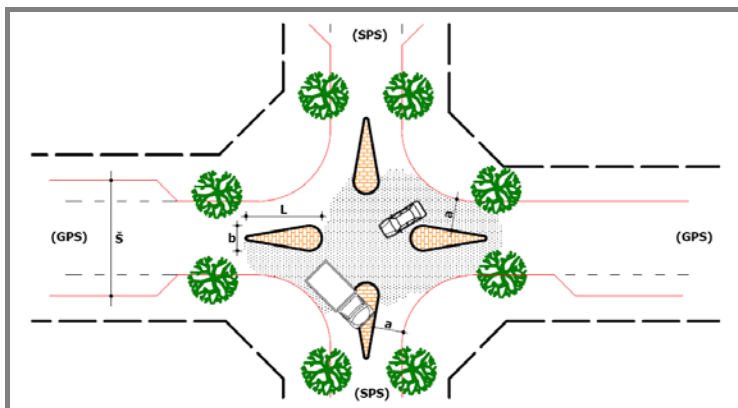
Slika 7: Zamik osi križajočih se cest, TSC 02.300

**3. Zmanjšanje površine križišča** se doseže z zožitvijo ali izboklinami, oboje pa vpliva na zmanjšanje hitrosti.



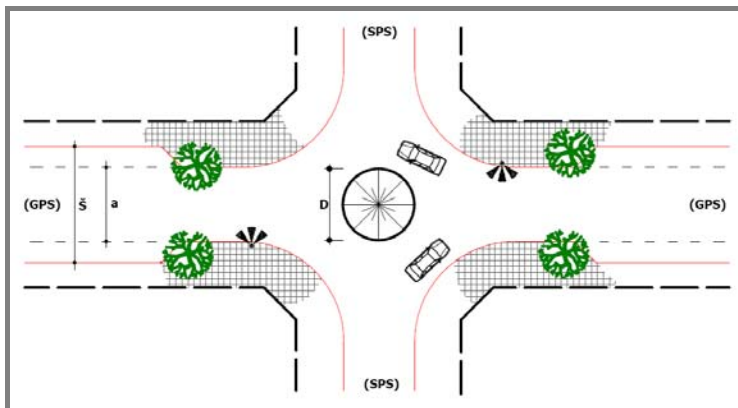
Slika 8: Zmanjšanje površine križišča, TSC 02.300

**4. Sredinski ločilni otoki** povečajo zaznavanje križišča. Zaradi zagotavljanja prevoznosti večjim vozilom so povozni.



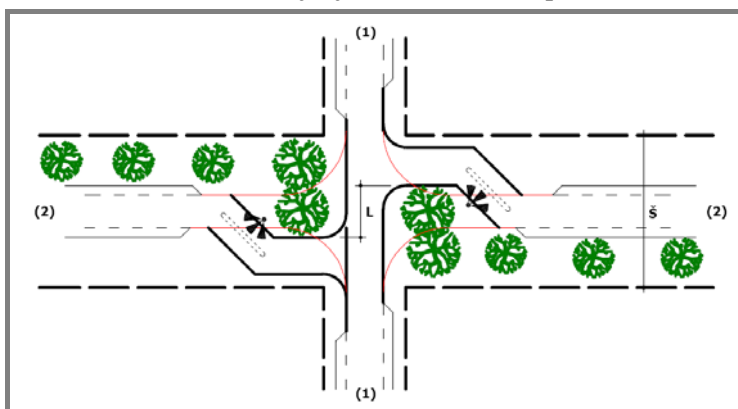
Slika 9: Denivelirani sredinski otoki, TSC 02.300

**5. Mini krožno križišče** se uporablja v strnjjenih urbanih okoljih, sredinski otok je dvobarven, tlakovan ali montažen. Dimenzijsko je mnogo manjše od običajnega krožnega križišča.



Slika 10: Mini krožno križišče, TSC 02.300

**6. Razdeljeno križišče** sestavljata dve T-križišči namesto enega štirirakega, zamaknjeni za vsaj 15 m. Dober učinek umirjanja na smeri z ukrepom in slab na smeri brez njega.



Slika 11: Razdeljeno križišče, TSC 02.300

**7. Krožno križišče**, kadar je izvedeno z namenom umirjanja prometa. Upošteva je velikost so za umirjanje prometa primerna majhna krožna križišča (zunanj premer do 35 m, pričakovana hitrost vozil do 30 km/h), glede na lokacijo pa jih je primerno uporabljati le v naselju ali ob vstopu v naselje.

### 3.3 Ostale naprave in ukrepi za umirjanje prometa

**1. Sprememba vozne površine** pomeni spremembo materiala in/ali teksture oz. spremembo barve obrabnega sloja vozišča. Sprememba vozne površine opozarja voznika optično in/ali zvočno, da se približuje oz. nahaja na območju, kjer so izvedeni ukrepi za umirjanje prometa.



Slika 12: Sprememba vozne površine

**2. Vdrte grbine** so geometrijsko še najbolj podobne montažnim grbinam, le da niso izbočene nad ravnino vozišča, temveč so pogobljene v vozišče. Lahko so tlakovane.



Slika 13: Vdrta grbina

**3. Semafor z merilnikom hitrosti** umirja promet na odseku ceste v bližini semaforiziranega prehoda za pešce. Če senzor hitrosti zazna hitrost vožnje, večjo od dovoljene, prižge rdečo luč za vozila, čeprav ni najave za prečkanje ceste s strani pešca. Voznik na ta način najhitreje prevozi celoten odsek tako, da se drži predpisane največje dovoljene hitrosti.



**Slika 14: Semafor z merilnikom hitrosti**

## 4 PODROBNEJŠI OPIS PRIMERJANIH NAPRAV IN UKREPOV

### 4.1 Prometni znak

Pravilnik o prometni signalizaciji in prometni opremi na javnih cestah predpisuje vrsto, pomen, obliko, barvo, velikost in postavljanje prometne signalizacije in prometne opreme na javnih cestah. Prometni znaki, ki so najpogosteje uporabljeni kot samostojni ali dopolnilni ukrep za umirjanje prometa, so:

- Prometni znak za izrecne odredbe »Omejitev hitrosti« (II-30), ki označuje cesto oz. tisti njen del, na katerem vozila ne smejo voziti z večjo hitrostjo (v km/h) od hitrosti, ki je označena na znaku.
- Prometni znak za obvestila »Območje omejene hitrosti« (III-29), ki označuje mesto v naselju, od koder se začne območje, v katerem je hitrost omejena na hitrost, označeno na znaku.
- Prometni znak za obvestila »Območje umirjenega prometa« (III-33), ki označuje mesto v naselju, kjer se začne območje, v katerem imajo pešci prednost pred vozili in v katerem je dovoljena igra otrok, vozniki pa morajo voziti posebno previdno in s hitrostjo največ 10 km/h.



Slika 15: Prometni znaki II-30, III-29, II-30

### 4.2 Znak spremenljive vsebine:

Še vedno blag, a vplivnejši ukrep za umirjanje prometa je znak spremenljive vsebine. V danem trenutku lahko prikazuje statičen prikaz, dve izmenjujoči se informaciji (npr. prepovedano prehitevanje in omejitev hitrosti), najučinkovitejši pa so znaki s povratno informacijo o hitrosti vožnje. V ohišju se nahaja majhen radarski merilnik hitrosti, ki je usmerjen na vozni pas (lahko tudi več, če je vozišče večpasovno). Rezultat meritve hitrosti bližajočega se vozila se v realnem času izpisuje na prikazovalniku. Za močnejši učinek lahko prikaz hitrosti utripa, kadar je izmerjena hitrost vožnje večja od dovoljene. Najpogostejši primer znaka spremenljive vsebine je znak »Vi vozite«. Temu napisu in prikazu hitrosti je lahko dodana še vrstica ali dve z dodatnim besedilom, ki običajno opisuje rezultat meritve. Priljubljeni napisi so »prehitro«, »drvite«, »upočasnite« ter za tiste s prilagojeno hitrostjo seveda »Hvala!« Zaradi morebitnega vandalizma v urbanih okoljih ter večje zanesljivosti meritev je pomembno, da je znak spremenljive vsebine montiran na ustrezni višini.

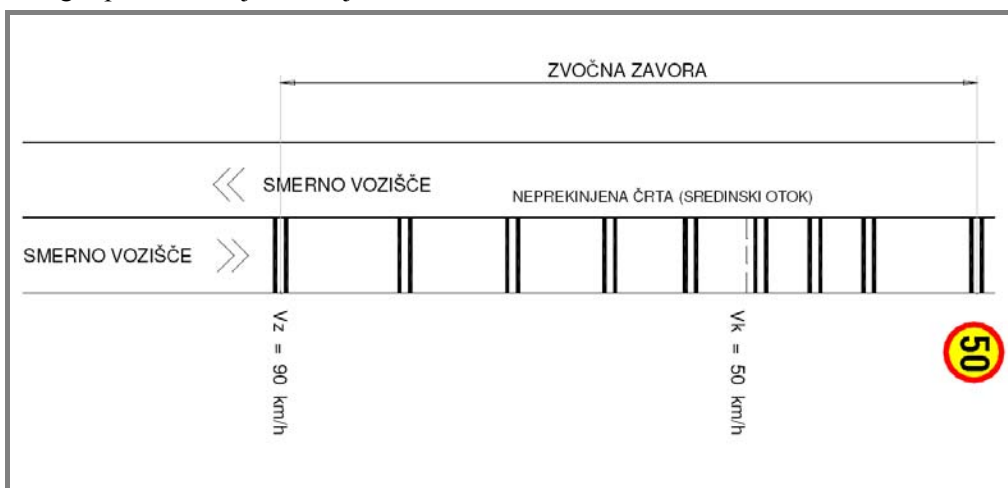




Slika 16: Znak spremenljive vsebine

### 4.3 Zvočne zavore:

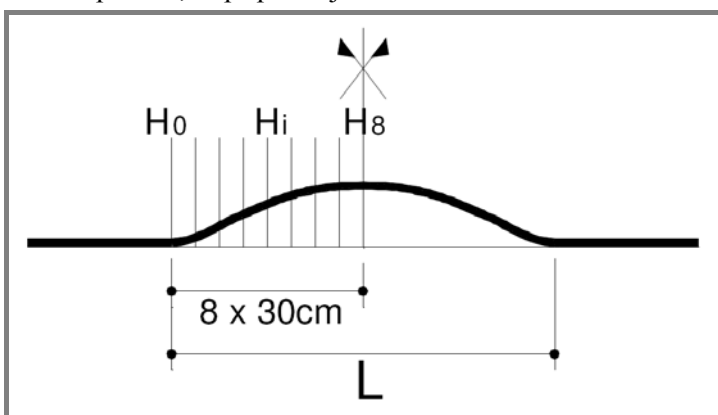
Zvočne zavore so prečno na smer vožnje izvedeni pari pasov iz materiala, ki ne zmanjšuje koeficienta oprijemljivosti. Zvočne zavore z reliefnim odstopanjem od vozišča ali s spremembo teksture zagotavljajo zvočne in vibracijske učinke, ki prisilijo voznika, da zazna potrebo po spremembi hitrosti vožnje. Zvočne zavore so sestavljene iz para pasov širine 40 cm na razdalji 2 m. Namen zvočnih zavor je z zvočnimi in vibracijskimi učinki opozoriti in pripraviti voznika, da pravočasno in enakomerno zmanjša hitrost do dovoljene. Neenakomernost razmikov med črtami ter spremljajoči zvočni in vibracijski učinki dajejo vozniku občutek, da vozi pri nezmanjšani hitrosti vedno hitreje. Razdalja med pari pasov ni enaka, temveč se spreminja v odvisnosti od začetne in končne hitrosti, ki naj bi jo vozilo doseglo pred območjem omejene hitrosti.



Slika 17: Zvočna zavora, TSC 03.800

#### 4.4 Sinusoidne grbine

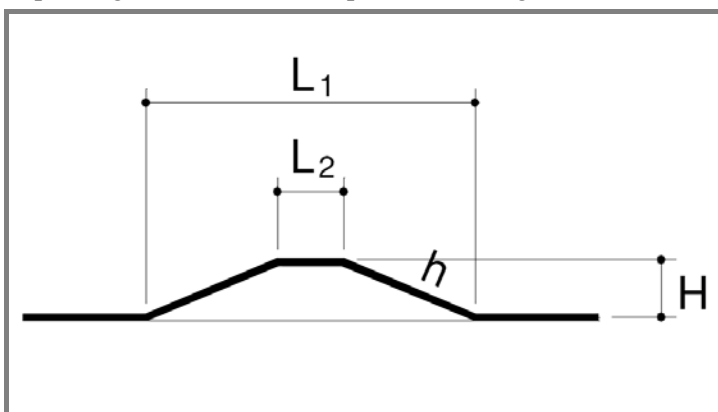
Grbine so naprave za umirjanje prometa, ki stojijo pravokotno glede na os ceste in so dvignjene nad nivo vozišča. Gradbene grbine morajo biti izvedene preko celotne širine vozišča. Vzdolžni profil sinusoidne grbine sledi obliki sinusoide med zaporednima minimumoma. Žal je v praksi izvedba pogosto nenatančna in sploh starejše oblike grbin bolj spominjajo na sinusoido med prevojnima točkama ali celo krožni lok. Tehnična specifikacija določa natančne dimenzije in obliko grbine ter področje uporabe. Grbina, izvedena v skladu s TSC 03.800, omogoča prevozno hitrost  $V_{\text{prev}} = 30 \text{ km/h}$ , pri nižjih hitrostih pa je njen vpliv zanemarljiv. Slabosti uporabe sinusoidne grbine so povečanje emisij izpušnih plinov hrupa in vibracij, neudobnost vožnje za kolesarje, tovorna vozila in avtobuse, zato njena uporaba na cestah, kjer poteka proga javnega potniškega prometa ali kjer je večji tovorni promet, ni priporočljiva.



Slika 18: Sinusoidna grbina, TSC 03.800

#### 4.5 Trapezne grbine

Trapezna grbina je sestavljena iz krajše dvignjene ploščadi, na katero se navezujeta klančini. Pri konstantni višini grbine sta dolžina in vzdolžni nagib klančin odvisna od prevozne hitrosti (30–50km/h). Omejitev je največji dopustni vertikalni pospešek, ki znaša 0,7 g. Trapezna grbina se ne uporablja v kombinaciji s preходом za pešce. TSC 03.800 določa tudi medsebojne razmike v primeru uporabe več zaporednih trapeznih grbin, odvisen je od prevozne hitrosti. Slabosti in omejitve uporabe trapezne grbine so enake kot pri sinusoidni grbini.

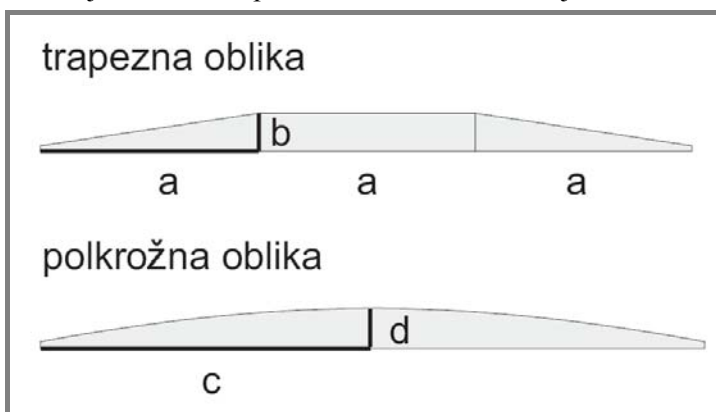


Slika 19: Trapezna grbina, TSC 03.800



#### 4.6 Montažne grbine

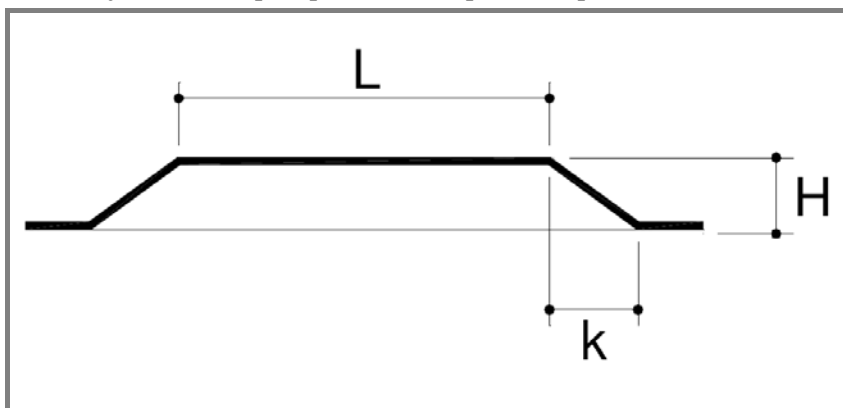
Montažne grbine so del prometne opreme, zato to področje umirjanja prometa ureja Pravilnik o prometni signalizaciji in prometni opremi na javnih cestah. Postavljati jih je dovoljeno le na tistih mestih na cesti, na katerih je zaradi ustrezne prometne varnosti treba zagotoviti upoštevanje s prometnim znakom določene največje dovoljene hitrosti. Ne sme pa se jih postavljati na tistih delih cest, na katerih bi jih bilo treba do izvedbe trajnih ukrepov za umirjanje prometa zaradi vzdrževanja ceste ali drugih razlogov odstranjevati in ponovno postavljati. Izdelane morajo biti tako in iz takšnih materialov, da ne povzročajo čezmernega hrupa. Na tisti strani, s katere se vozilo približuje grbini, morajo biti označene s svetlobnoodsevnimi snovmi ali telesi. Lahko so trapezne ali polkrožne oblike. Višina je odvisna od prevozne hitrosti, ki se na javnih cestah giblje med 30 in 50 km/h.



Slika 20: Montažna grbina, Prav. o prom. sign. in prom. opr.

#### 4.7 Ploščadi

Ploščad je naprava za umirjanje prometa, podobna gradbeni grbini, namenjena zmanjševanju hitrosti do 25 km/h na odsekih, kjer je  $V_{85}$  med 50 in 70 km/h. Klančini sta lahko sinusoidni ali s konstantnim vzdolžnim nagibom. Ploščad je daljša, kar omogoča izvedbo kombinacije s preходом za pešce in kolesarje. V urbanem okolju, kjer vozišče omejuje robnik, je na mestu ploščadi omogočeno prečkanje ceste brez ovire za invalidne osebe, olajšana pa je tudi pot za pešce in kolesarje. Slabosti uporabe ploščadi so enake kot pri gradbenih grbinah. TSC 03.800 predpisuje pogoje dimenzioniranja in medsebojne razmike pri uporabi več zaporednih ploščadi.



Slika 21: Ploščad, TSC 03.800

#### 4.8 Zožitev vozišča – sredinski otok

Zmanjšanje širine vozišča je eden važnejših dejavnikov pri umirjanju prometa, saj so za doseganje večjih hitrosti potrebne širše ceste. Na zoženih voziščih ima voznik slabši občutek, postane bolj previden in zato včasih tudi podzavestno zmanjša hitrost. Sredinski otoki sami po sebi nimajo velikega vpliva na zmanjšanje voznih hitrosti. Zaradi boljšega učinka jih je treba kombinirati s kakšnim drugim ukrepom za umirjanje prometa. Sredinski otoki zelo uspešno umirijo promet na vhodu v naselje in tako najavljajo spremenjen prometni režim. V naselju se po navadi umirja promet v obeh smereh vožnje in so zato otoki oblikovani simetrično. Lahko pa se umirja le vstopajoči promet, v tem primeru so otoki oblikovani nesimetrično. Dolžina otoka se določi po dejanskih potrebah in je ni smiselno vnaprej omejevati. Sredinske otoke je zelo primerno kombinirati s prehodom za pešce. Robniki in morebitne tlakovane površine otokov morajo biti zaradi zaznavnosti in optičnega vodenja voznikov v drugi barvi, kot je vozna površina.



Slika 22: Zožitev vozišča – sredinski otok

#### 4.9 Zamik osi vozišča

Voznik je zaradi blagega horizontalnega radija prisiljen zmanjšati hitrost vožnje. Naprava od voznika zahteva dodatno pozornost z zmanjšanjem širine voznega pasu ter kanaliziranjem prometa v primeru izvedbe z ločilnim otokom. Zamik osi vozišča omogoča prevoz večjih vozil brez težav, kljub temu pa ni primeren za prometno bolj obremenjene ceste ter ceste, na katerih poteka proga javnega potniškega prometa. Uporaben je izključno na cestah znotraj naselij.



Slika 23: Zamik osi vozišča

#### 4.10 Krožno križišče

Z vidika umirjanja prometa je krožno križišče kombinacija več posameznih ukrepov oz. elementov. Najpomembnejša sta zamik osi vozišča ter radij v krožnem križišču. Oba prisilita voznika k zmanjšanju vozne hitrosti. Dodatno na večjo previdnost vplivajo še otoki in kanaliziranje prometa na uvozih in izvozih, vertikalna prometna signalizacija ter specifičen videz prostora nasploh. Slednji je pogosto poudarjen s hortikulturno ureditvijo, monumentalno plastiko, vodometom ... Kot ukrep za umirjanje prometa je krožno križišče primerno uporabiti znotraj naselja ali ob vstopu vanj.



Slika 24: Krožno križišče

## 5 MERITVE NA TERENU

### 5.1 Izvedba meritev

Meritve hitrosti na terenu so bile izvedene z dvema dopplerskima merilnikoma hitrosti in ročno s pomočjo ročnega merilnega orodja. Večina meritev je bila opravljena z radarjem Viacount II proizvajalca Via traffic controlling GmbH. Druga naprava, radarski merilnik hitrosti SpeedSpy proizvajalca Decatur electronics Inc., je bila zaradi manjše prilagodljivosti terenu in naravi meritev uporabljena le tam, kjer se je izkazala za dovolj natančno. Odstopanja med merilnikoma so bila ovrednotena v vzporednem preizkusu obeh ter v primerjavi vsakega radarja z ročno merilno opremo – ročno štoparico in merilnim kolesom. Medsebojna razlika je bila zanemarljiva, odstopanje v primerjavi z ročno merilno opremo pa nikoli ni preseгло 6 %. Posebna pozornost je bila namenjena izvedbi meritev brez vpliva na rezultate. Treba je bilo zagotoviti neopaznost merilnih naprav, saj bi lahko v nasprotnem primeru vozniki spreminjali hitrost vožnje zaradi opažanja merilne opreme ob vozišču. V fazi testiranja merilnikov hitrosti je bilo ugotovljeno, da napravi odlično delujeta tudi, če sta pokriti s kartonsko škatlo ali oblepljeni s papirjem, na katerem je natisnjen kamuflažni vzorec. Meritve so tako ostale skrite in brez vpliva na rezultate. Za preprečitev vandalizma in kraje je bila v urbanih okoljih dodana še nalepka z napisom »Štetje prometa – ne premikaj!!«. Žal se je v nekem trenutku izkazalo, da bi bila ta potrebna tudi zunaj urbanega okolja. Zahvaljujoč pozornosti in prisebnosti izvajalca meritev se je na koncu vendarle vse srečno končalo. V času izvajanja meritev je bilo vozišče suho, vidljivost ni bila zmanjšana, prav tako ni bilo nevarnosti poledice. Meritve so bile izvedene izven prometnih konic z namenom zagotavljanja pogojev prostega prometnega toka.

### 5.2 Merilna oprema

#### 5.2.1 Radar SpeedSpy

je prenosen montažni dopplerski merilnik hitrosti bližajočih se vozil. Naprava meri hitrost vozila petkrat na sekundo, vse dokler je vozilo v dosegu. Ko vozilo zapusti doseg radarja, se v prenosni pomnilniški modul EZ Stat zapiše čas in največja izmed izmerjenih hitrosti. Ta model merilnika hitrosti zadovoljivo odgovori na vprašanje »Kakšna je največja hitrost, ki jo vozila dosegajo na izbranem odseku?«, ne more pa izmeriti hitrosti vozila v točno določeni točki.



Slika 25: Radar Speedspy



Idealna postavitev naprave na terenu je vzporedno z osjo ceste, meter od roba vozišča in meter od tal. S priloženim montažnim materialom ga je možno pritrditi na jekleno varnostno ograjo ali drog poljubne dimenzije. Vgrajeni akumulator omogoča 48 ur neprekinjenega delovanja. Rezultati meritev se obdelujejo s priloženo programsko opremo EZ Stat istega proizvajalca.

### 5.2.2 Radar ViaCount II:

je prav tako prenosen montažni tip naprave, ki pa poleg hitrosti zabeleži še časovni interval, znotraj katerega je bilo vozilo v dosegu. Iz teh podatkov je z ustrezno obdelavo mogoče pridobiti informacije o vozni hitrosti in dolžini vozil ter časovnem razmiku med vozili. S priloženo programsko opremo je na podlagi dolžine vozil mogoča klasifikacija v poljubno definirane kategorije vozil. Napravo se namesti ob vozišče pod poljubnim kotom med 0 in 45°, ki pa ga je treba pred meritvami nastaviti s pomočjo računalniškega vmesnika. V praksi je bila uporabljena le ena nastavev, in sicer pod kotom 45° glede na os ceste ter v ravnini vozišča. S priloženim pritrdilnim materialom je možna pritrditev na drog poljubne dimenzije, na terenu pa je bila v uporabi kar enostavna postavitev na tla oz. v urbanih okoljih na robnik ali drugo ustrezno mesto ob vozišču. Radar zaznava tako prihajajoča kot odhajajoča vozila, lahko pa se uporabi nastavev merjenja samo ene smeri. Slednja je bila na terenu tudi največkrat uporabljena. Na lokacijah s povečano prometno obremenitvijo je namreč med vozili na bližnjem voznem pasu premajhen prostorski razmik za uspešno izvedbo meritev na nasprotnem voznem pasu.



Slika 26: Radar ViaCount II, skrit v majski travi

### 5.2.3 Ročno merilno orodje:

Meritve s štoparico in merilnim kolesom so bile izvedene kot dodatek meritvam z radarskima merilnikoma. Za izračun hitrosti sta potrebna dva podatka: dolžina izbranega odseka ceste ter čas, v katerem vozilo prevozi razdaljo med začetkom in koncem tega odseka. Merilec je najprej določil točko, s katere je kasneje viziral. Zatem je določil začetek in konec odseka ter z merilnim kolesom izmeril razdaljo med njima vzdolž osi ceste. Ti dve točki oz. liniji sta morali biti dobro vidni z vizirnega mesta. Dobra izbira je npr. talna označba, nezveznost v barvi zaključnega sloja vozišča ali drog javne razsvetljave. Če je bila točka zunaj vozišča, je napravil še korekcijo zaradi kota vizure. Optimalna dolžina odseka je bila nekaj deset metrov, pri nižjih voznih hitrosti pa takšna, da je bil izmerjen čas vožnje po odseku vsaj tri sekunde. Tako je bil v zadovoljivi meri odstranjen vpliv zakasnitve odziva merilca, hkrati pa je bila omogočena izvedba zadostnega števila meritev v

razumnem času. Kjer so bile prometne obremenitve večje, je bilo možno merjenje le v eni smeri, na lokacijah z manjšo gostoto prometa pa je bilo mogoče merjenje časa za obe smeri vožnje hkrati. Z vnosom in obdelavo podatkov v računalnik je bila pridobljena povprečna hitrost posameznega vozila na izbranem odseku.

## 6 REZULTATI PRETEKLIH RAZISKAV ZMANJŠANJA HITROSTI V TUJINI

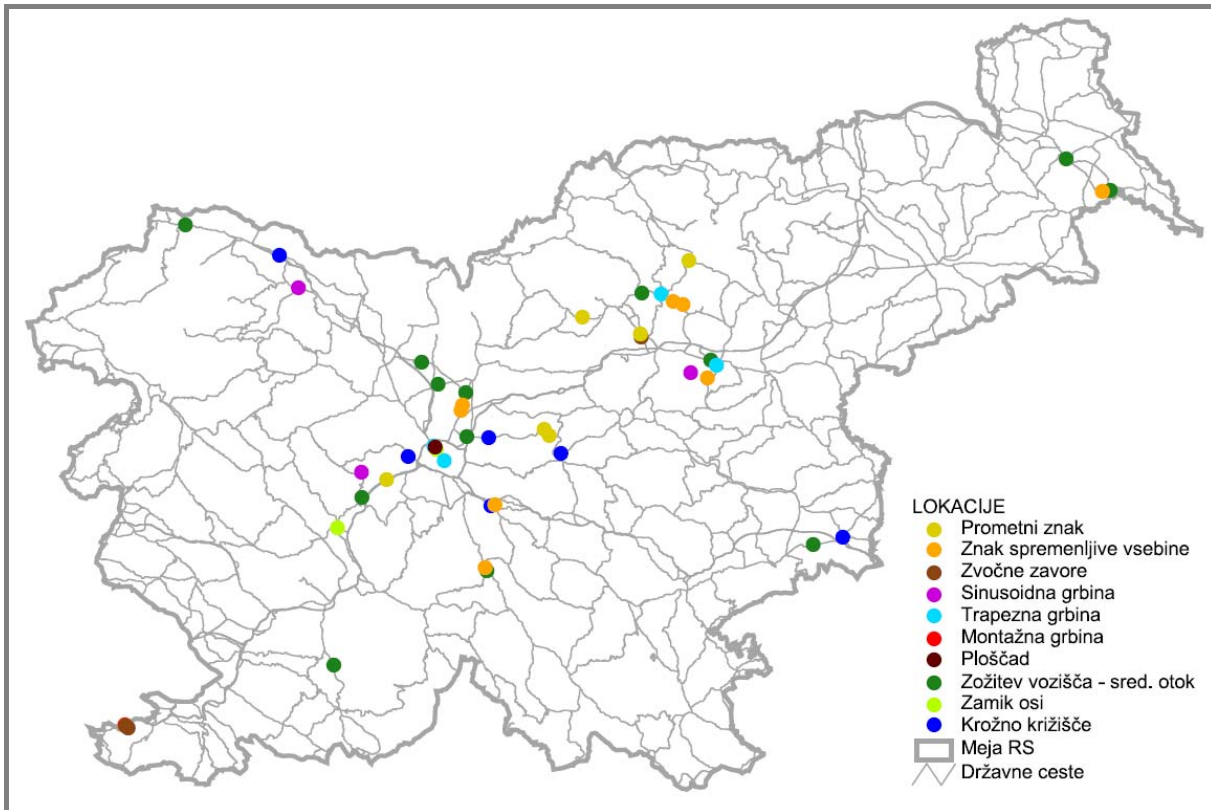
Podobna analiza, vendar geografsko in vsebinsko veliko obširnejša, je bila izvedena v Združenih državah Amerike. Institute of Transportation Engineers (ITE) je leta 1999 v imenu Federal highway Administration (FHWA) pripravil Poročilo z naslovom »Traffic Calming: State of the Practise«. V njem je predstavljen vpliv naprav in ukrepov za umirjanje prometa na hitrosti vožnje. Obravnavanih je bilo 345 lokacij v 31 mestih v 15 zveznih državah. Zaradi primerljivosti so prikazani le podatki za naprave in ukrep, ki so podobni tistim v naših krajih.

**Preglednica 2: Rezultati študije v ZDA**

Naprava/ukrep	Število obravnavanih naprav/ukrepov	Zmanjšanje hitrosti glede na omejitve [%]
Grbine	179	22
Ploščadi	58	18
Krožno križišče	45	11

## 7 REZULTATI MERITEV

V naslednji analizi so uporabljeni podatki meritev voznih hitrosti vozil na območjih umirjanja prometa, izvedenih za namene različnih projektov, študij in raziskovalnih nalog, izdelanih na Prometnotehniškem inštitutu med letoma 2006 in 2009, pri katerih sem v veliki meri sodeloval tudi sam. Skupaj je v analizi zajetih 10729 meritev voznih hitrosti vozil na 106 različnih lokacijah na javnih cestah v Republiki Sloveniji.



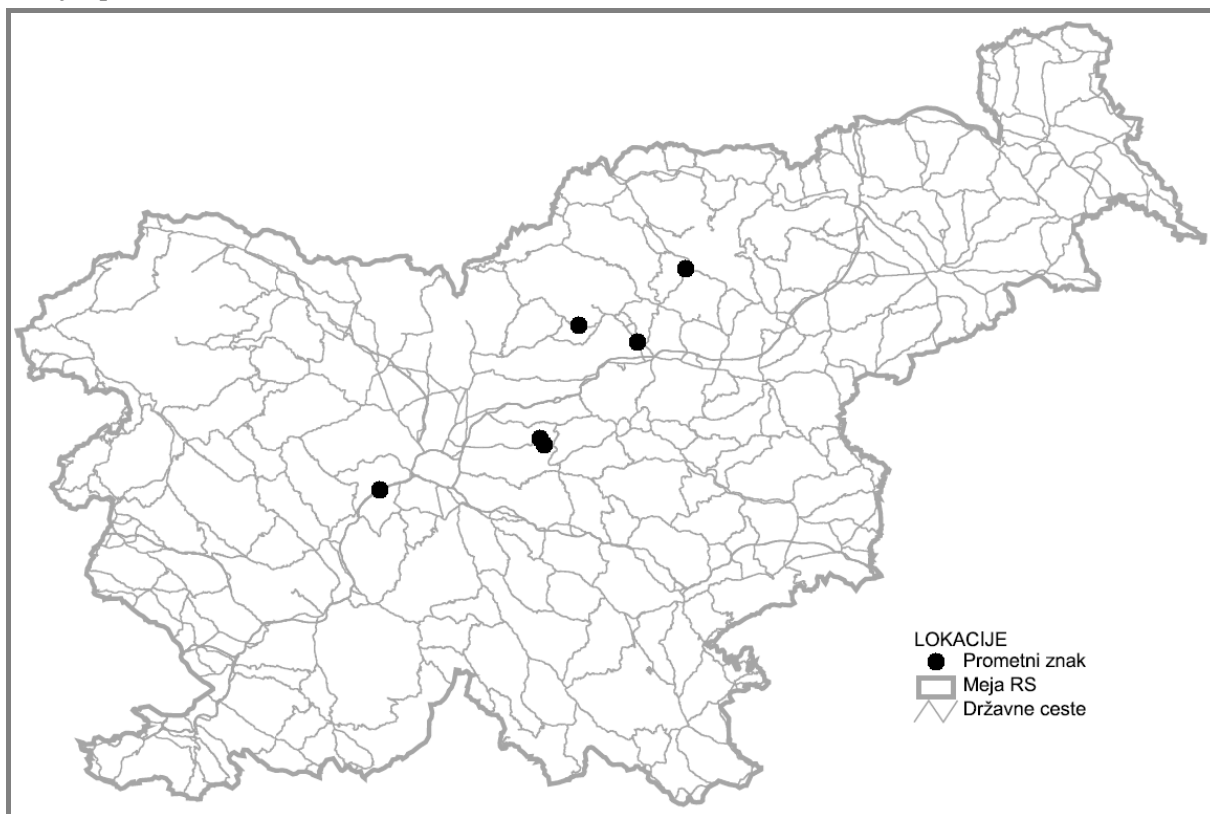
Slika 27: Lokacije meritev – vse naprave in ukrepi



Ta stran je namenoma prazna.

## 7.1 Prometni znak

Izvedenih je bilo 2106 meritev na 18 lokacijah, kjer je hitrost vožnje omejena s prometnim znakom za omejitev hitrosti. Vse lokacije so na državnih cestah zunaj naselja, od tega 12 na regionalnih in 6 na glavnih cestah. Na petih lokacijah je največja dovoljena hitrost 50 km/h, na osmih 60 km/h in na zadnjih petih 70 km/h.



Slika 28: Lokacije meritev – prometni znak

Povzetek rezultatov:

- Pri omejitvi 50 km/h je povprečna hitrost vozil 57,7 km/h. Delež vozil, ki prekorajijo dovoljeno hitrost, znaša 76,2 %. Omejitev hitrosti je v povprečju presežena za 11,0 km/h.
- Pri omejitvi 60 km/h je povprečna hitrost vozil 56,6 km/h. Delež vozil, ki prekorajijo dovoljeno hitrost, znaša 36,2 %. Omejitev hitrosti je v povprečju presežena za 6,7 km/h.
- Pri omejitvi 70 km/h je povprečna hitrost vozil 63,5 km/h. Delež vozil, ki prekorajijo dovoljeno hitrost, znaša 19,7 %. Omejitev hitrosti je v povprečju presežena za 8,7 km/h.

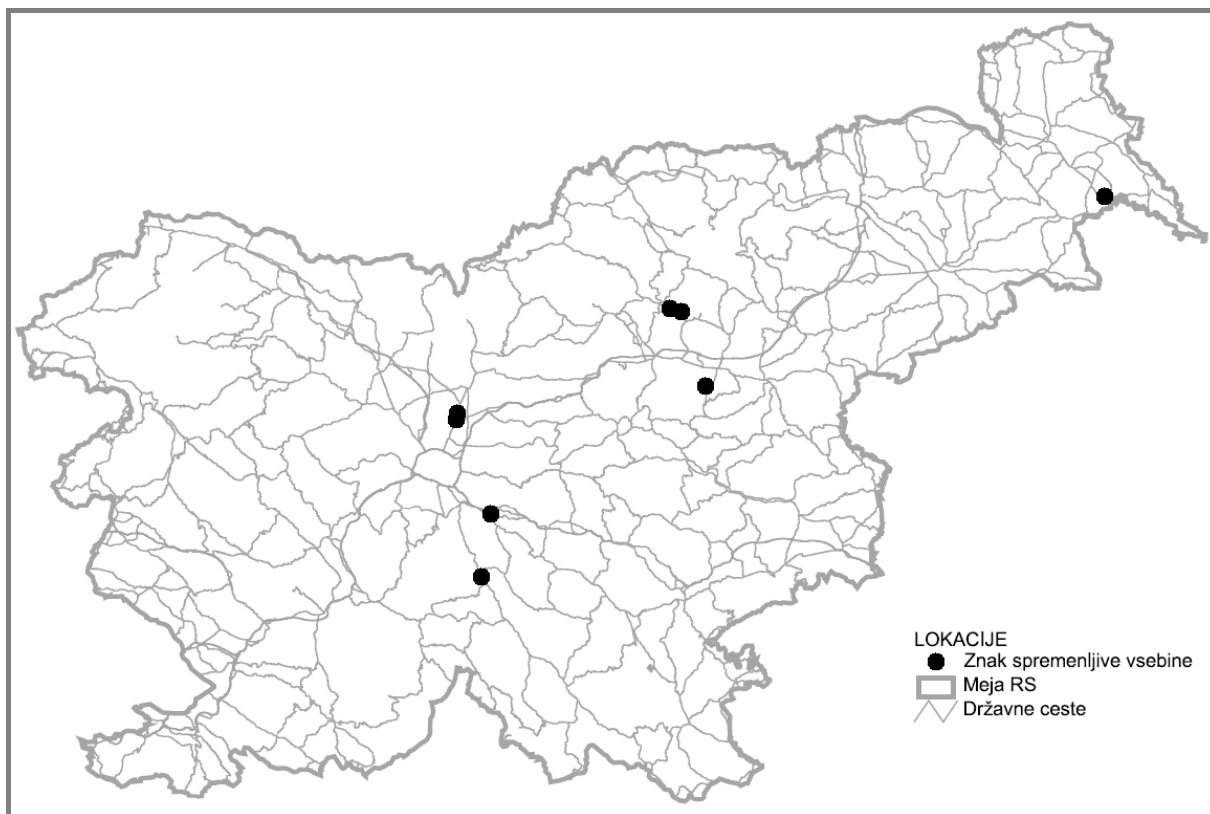
Prometni znak za omejitev hitrosti kot samostojni ukrep za umirjanje prometa ni dovolj učinkovit. To še posebej velja za lokacije z najnižjo dovoljeno hitrostjo – 50 km/h. Delež vozil, ki prekorajijo dovoljeno hitrost, sicer pada z naraščanjem dovoljene hitrosti, vendar je tako kot presežki dovoljene hitrosti prevelik. Za večji učinek umirjanja je priporočljiva uporaba drugih ukrepov in/ali naprav.

**Preglednica 3: Rezultati meritev – prometni znak**

Lokacija	Naselje	Omejitev hitrosti [km/h]	Povprečna hitrost [km/h]	85. percentila hitrosti [km/h]	Največja izmerjena hitrost [km/h]	Delež vozil, ki so prekorčila omejitev [%]	Število opravljenih meritev	Povprečna prekoraittev omejitve hitrosti [km/h]
1	Zunaj naselja	50	58,9	65	73	87,5	40	10,4
2	Zunaj naselja	50	55,1	64	96	68,3	98	10,5
3	Zunaj naselja	50	51,5	61	76	54,0	50	8,2
4	Zunaj naselja	50	66,4	74	108	95,2	42	17,5
5	Zunaj naselja	50	55,7	66	71	76,0	50	8,6
6	Zunaj naselja	60	51,6	62	89	19,2	151	5,4
7	Zunaj naselja	60	48,0	58	68	6,2	159	3,6
8	Zunaj naselja	60	57,7	65	80	39,8	168	5,1
9	Zunaj naselja	60	61,4	69	101	57,6	118	7,6
10	Zunaj naselja	60	55,8	64	94	29,1	254	6,6
11	Zunaj naselja	60	70,1	77	97	91,7	182	11,8
12	Zunaj naselja	60	50,1	57	85	10,1	168	7,4
13	Zunaj naselja	60	57,1	65	87	36,0	186	5,8
14	Zunaj naselja	70	63,2	75	110	23,0	139	10,5
15	Zunaj naselja	70	65,0	71	75	28,5	14	2,5
16	Zunaj naselja	70	60,9	67	83	6,0	50	8,6
17	Zunaj naselja	70	61,0	66	87	3,9	76	11,0
18	Zunaj naselja	70	67,4	80	108	37,2	161	11,1

## 7.2 Znak spremenljive vsebine

Izvedenih je bilo 1329 meritev na 13 lokacijah, kjer je nameščen znak spremenljive vsebine s povratno informacijo o hitrosti vožnje – »Vi vozite«. Štiri lokacije so na regionalnih cestah v naselju, tu je hitrost administrativno omejena na 40 km/h. Ostale meritve so bile izvedene na glavnih cestah, od tega je pet lokacij v naselju in štiri zunaj njega. Na slednjih je hitrost omejena na 60 km/h, na tistih v naselju pa na 50 km/h. Vse lokacije meritev so na državnih cestah.



Slika 29: Lokacije meritev – znak spremenljive vsebine

Povzetek rezultatov:

- Pri omejitvi 40 km/h je povprečna hitrost vozil 42,8 km/h. Delež vozil, ki prekorajijo dovoljeno hitrost, znaša 54,0 %. Omejitev hitrosti je v povprečju presežena za 8,4 km/h.
- Pri omejitvi 50 km/h je povprečna hitrost vozil 48,7 km/h. Delež vozil, ki prekorajijo dovoljeno hitrost, znaša 37,5 %. Omejitev hitrosti je v povprečju presežena za 7,8 km/h.
- Pri omejitvi 60 km/h je povprečna hitrost vozil 55,7 km/h. Delež vozil, ki prekorajijo dovoljeno hitrost, znaša 25,7 %. Omejitev hitrosti je v povprečju presežena za 6,6 km/h.

Učinkovitost ukrepa raste sorazmerno z administrativno omejitvijo hitrosti. Tako je največ kršitev na lokacijah z omejitvijo hitrosti vožnje na 40 km/h in najmanj na tistih z omejitvijo na 60 km/h. Enako velja za presežek hitrosti, ki je največji na lokacijah z najnižjo administrativno omejitvijo hitrosti in najmanjši na lokacijah z najvišjo.

**Preglednica 4: Rezultati meritev – znak spremenljive vsebine**

Lokacija	Naselje	Omejitev hitrosti [km/h]	Povprečna hitrost [km/h]	85. percentila hitrosti [km/h]	Največja izmerjena hitrost [km/h]	Delež vozil, ki so prekorčila omejitev [%]	Število opravljenih meritev	Povprečna prekoraitev omejitve hitrosti [km/h]
1	V naselju	40	42,5	46	95	48,0	50	8,0
2	V naselju	40	43,7	52	88	61,5	104	9,2
3	V naselju	40	43,9	54	70	56,0	25	9,4
4	V naselju	40	41,1	50	69	50,6	85	7,0
5	V naselju	50	49,8	54	64	38,0	100	4,8
6	V naselju	50	54,4	64	79	72,3	112	8,9
7	V naselju	50	43,8	49	75	10,7	178	8,3
8	V naselju	50	47,1	54	81	25,3	83	8,1
9	V naselju	50	48,2	61	79	41,1	141	9,1
10	Zunaj naselja	60	63,4	71	106	54,0	100	9,4
11	Zunaj naselja	60	52,5	62	75	18,2	143	5,2
12	Zunaj naselja	60	53,0	61	76	15,8	158	5,2
13	Zunaj naselja	60	53,7	60	88	14,8	50	6,4

### 7.3 Zvočne zavore

Izvedenih je bilo 529 meritev na petih lokacijah. Prva lokacija je v naselju na občinski cesti, kjer je hitrost administrativno omejena na 40 km/h. Na ostalih štirih lokacijah velja omejitev hitrosti vožnje 50 km/h, od tega je ena lokacija v naselju na občinski cesti, preostale tri pa zunaj naselja na državnih regionalnih cestah.



Slika 30: Lokacije meritev – zvočne zavore

Povzetek rezultatov:

- Pri omejitvi 40 km/h je povprečna hitrost vozil 37,3 km/h. Delež vozil, ki prekoračijo dovoljeno hitrost, znaša 38,5 %. Omejitev hitrosti je v povprečju presežena za 5,9 km/h.
- Pri omejitvi 50 km/h je povprečna hitrost vozil 49,8 km/h. Delež vozil, ki prekoračijo dovoljeno hitrost, znaša 49,8 %. Omejitev hitrosti je v povprečju presežena za 7,5 km/h.

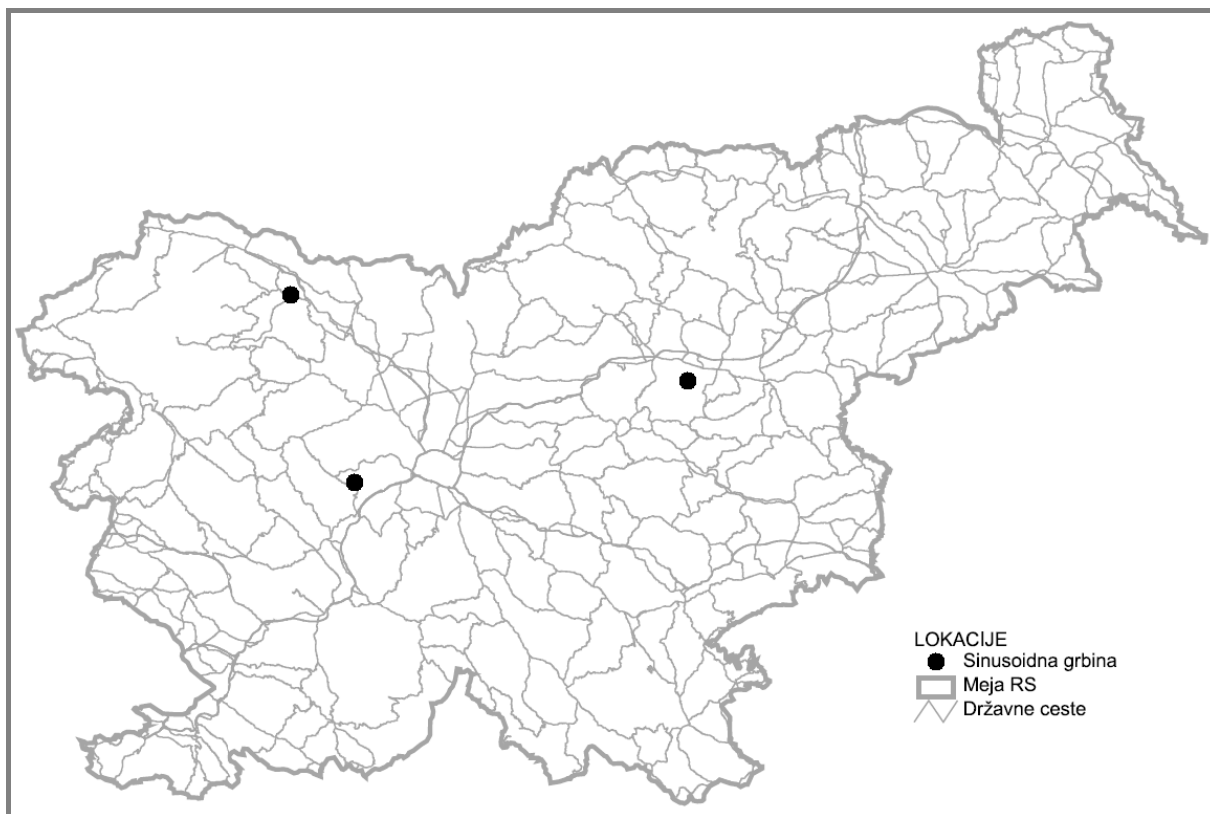
Delež vozil, ki prekoračijo dovoljeno hitrost, je razmeroma velik – skoraj polovičen. Presežki hitrosti po velikosti ne odstopajo od povprečja, nekoliko večji so le na lokacijah na regionalnih cestah zunaj naselja. Na to najbolj vplivata lega in dolžina naprave, ki se običajno nahaja ob vstopu v naselje ali pred križiščem na odprti cesti, kjer so vozne hitrosti razmeroma velike, voznikom pa je do konca naprave – točke merjenja še ni uspelo znižati.

**Preglednica 5: Rezultati meritev – zvočne zavore**

Lokacija	Naselje	Omejitev hitrosti [km/h]	Povprečna hitrost [km/h]	85. percentila hitrosti [km/h]	Največja izmerjena hitrost [km/h]	Delež vozil, ki so prekorčila omejitev [%]	Število opravljenih meritev	Povprečna prekoračitev omejitve hitrosti [km/h]
1	V naselju	40	37,3	46	70	38,5	182	5,9
2	Zunaj naselja	50	49,8	61	76	43,3	90	7,8
3	Zunaj naselja	50	52,8	60	100	65,8	76	8,7
4	Zunaj naselja	50	51,2	59	77	56,8	88	6,9
5	V naselju	50	45,6	56	73	33,3	93	6,4

## 7.4 Sinusoidne grbine

Izvedenih je bilo 280 meritev na šestih lokacijah, po tri na občinskih in državnih regionalnih cestah. Vse meritve so bile izvedene na cestah v naselju. Omejitev hitrosti je 50 km/h na državnih in 40 km/h na dveh oz. 30 km/h na eni občinski cesti.



Slika 31: Lokacije meritev – sinusoidne grbine

Povzetek rezultatov:

- Pri omejitvi 30 km/h je povprečna hitrost vozil 20,5 km/h. Delež vozil, ki prekoračijo dovoljeno hitrost, znaša 1,9 %. Omejitev hitrosti je v povprečju presežena za 1,5 km/h.
- Pri omejitvi 40 km/h je povprečna hitrost vozil 28,9 km/h. Delež vozil, ki prekoračijo dovoljeno hitrost, znaša 5,4 %. Omejitev hitrosti je v povprečju presežena za 3,9 km/h.
- Pri omejitvi 50 km/h je povprečna hitrost vozil 54,5 km/h. Delež vozil, ki prekoračijo dovoljeno hitrost, znaša 57,6 %. Omejitev hitrosti je v povprečju presežena za 12,0 km/h.

Učinkovitost sinusoidnih grbin pada z večanjem dovoljene hitrosti vožnje. Naprava zelo uspešno umirja promet na prvih treh lokacijah, kjer so deleži vozil, ki prekoračijo dovoljeno hitrost, zelo majhni, prav tako povprečni presežki dovoljene hitrosti. Nasprotno velja za meritve, izvedene na državnih cestah, kjer je visok delež prehitrih vozil omejitev hitrosti v povprečju presegel kar za 12 km/h. Uspešnost naprave je vsekakor zelo odvisna od izvedbe ter ostalih vplivov, predvsem ureditve vozišča, obcestja ter gostote pozidave v neposredni bližini naprave.

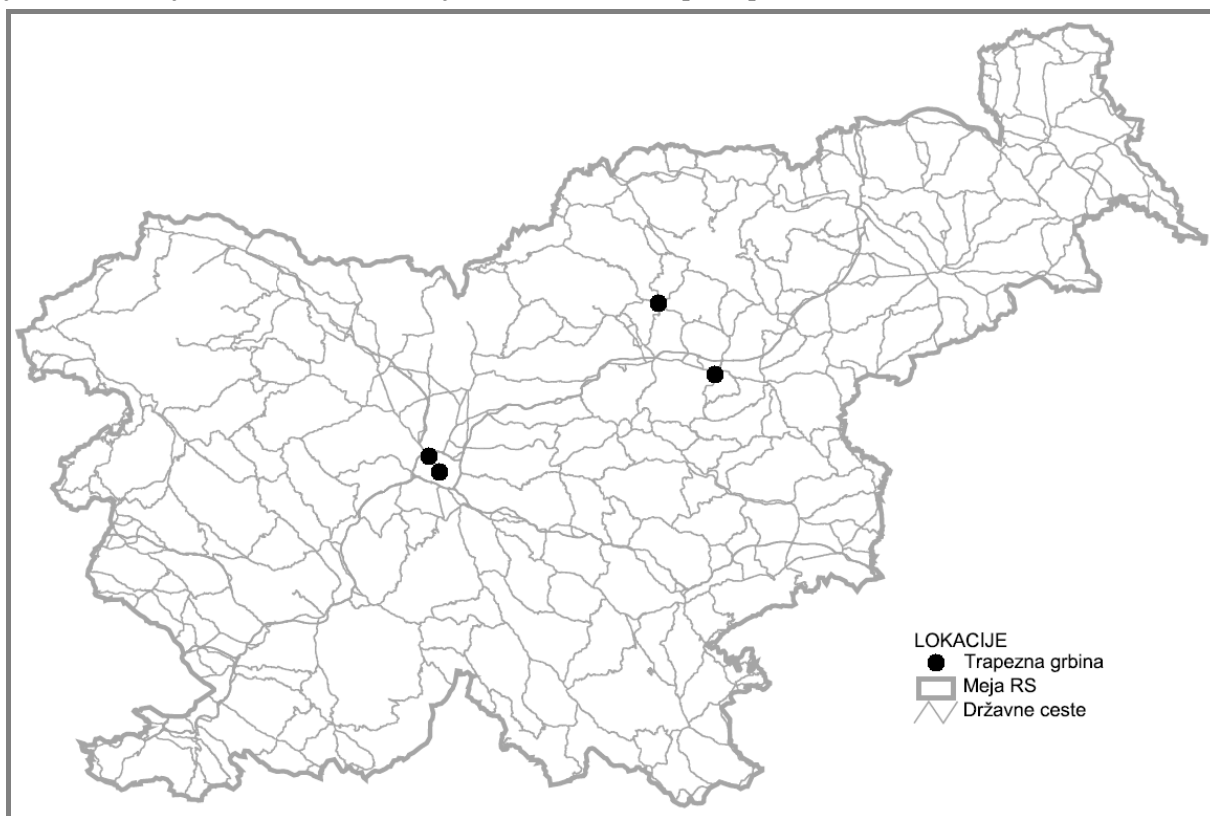


**Preglednica 6: Rezultati meritev – sinusoidne grbine**

Lokacija	Naselje	Omejitev hitrosti [km/h]	Povprečna hitrost [km/h]	85. percentila hitrosti [km/h]	Največja izmerjena hitrost [km/h]	Delež vozil, ki so prekorčila omejitev [%]	Število opravljenih meritev	Povprečna prekoračitev omejitve hitrosti [km/h]
1	V naselju	30	20,5	26	32	1,9	104	1,5
2	V naselju	40	27,3	34	44	3,2	31	4,0
3	V naselju	40	30,2	39	47	7,6	39	3,7
4	V naselju	50	58,6	69	97	80,0	50	12,5
5	V naselju	50	51,9	66	82	42,8	28	14,8
6	V naselju	50	49,9	61	77	50,0	28	8,7

## 7.5 Trapezne grbine

Izvedenih je bilo 1030 meritev na 13 lokacijah, vse na občinskih cestah v naselju. Na osmih lokacijah je hitrost vožnje administrativno omejena na 30 km/h, na petih pa na 50 km/h.



Slika 32: Lokacije meritev – trapezne grbine

Povzetek rezultatov:

- Pri omejitvi 30 km/h je povprečna hitrost vozil 25,9 km/h. Delež vozil, ki prekorajijo dovoljeno hitrost, znaša 21,7 %. Omejitev hitrosti je v povprečju presežena za 5,8 km/h.
- Pri omejitvi 50 km/h je povprečna hitrost vozil 16,0 km/h. Med izvajanjem meritev nobeno vozilo ni prekorajilo omejitve hitrosti.

Trapezne grbine uspešno umirjajo promet. Delež vozil, ki prekorajijo dovoljeno hitrost, je nizek, presežki pa majhni. Učinkovitost naprave je močno odvisna od izvedbe in posledično prevozne hitrosti, ki jo omogoča. To se jasno izraža v drugem sklopu meritev (omejitev 50 km/h), kjer prekorajitev omejitve hitrosti sploh ni bilo, povprečna hitrost vožnje na mestu meritve pa je znašala komaj tretjino dovoljene. Velja dodati, da je bila večina meritev izvedenih v območjih, kjer na umirjanje prometa že vplivata tako administrativna omejitve hitrosti kot ureditev vozišča in gosta pozidava.

**Preglednica 7: Rezultati meritev – trapezne grbine**

Lokacija	Naselje	Omejitev hitrosti [km/h]	Povprečna hitrost [km/h]	85. percentila hitrosti [km/h]	Največja izmerjena hitrost [km/h]	Delež vozil, ki so prekorčila omejitev [%]	Število opravljenih meritev	Povprečna prekoraitev omejitve hitrosti [km/h]
1	V naselju	30	23,1	30	49	9,8	82	9,3
2	V naselju	30	45,3	50	65	98,8	83	15,5
3	V naselju	30	26,5	31	41	16,7	102	4,3
4	V naselju	30	19,9	23	32	2,0	100	1,5
5	V naselju	30	27,8	34	41	29,4	109	4,0
6	V naselju	30	21,2	26	35	4,0	100	2,8
7	V naselju	30	22,0	27	37	2,8	72	5,5
8	V naselju	30	21,4	29	38	10,0	60	3,7
9	V naselju	50	10,6	14	22	0,0	53	0,0
10	V naselju	50	11,1	15	38	0,0	61	0,0
11	V naselju	50	22,5	28	41	0,0	58	0,0
12	V naselju	50	15,5	19	34	0,0	76	0,0
13	V naselju	50	19,4	25	33	0,0	74	0,0

## 7.6 Montažne grbine

Izvedenih je bilo 274 meritev na dveh lokacijah, vse na občinskih cestah v naselju. Hitrost je na obeh lokacijah omejena na 40 km/h.



Slika 33: Lokacije meritev – montažne grbine

Povzetek rezultatov:

- Pri omejitvi 40 km/h je povprečna hitrost vozil 14,2 km/h. Med izvajanjem meritev nobeno vozilo ni prekoračilo omejitve hitrosti.

Montažne grbine izjemno uspešno umirjajo promet. Dejanska hitrost vožnje preko montažne grbine je močno povezana z vgrajenim tipom naprave – omogočeno prevozno hitrostjo. Ta je pogosto mnogo nižja od omejitve, ki se želi doseči z uporabo naprave. Da se tip montažne grbine izbira glede na višino (v cm) in ne glede na prevozno hitrost, ki jo grbina omogoča, pa je razvidno s spletne strani dveh ponudnikov tovrstne cestne opreme.

**Preglednica 8: Rezultati meritev – montažne grbine**

Lokacija	Naselje	Omejitev hitrosti [km/h]	Povprečna hitrost [km/h]	85. percentila hitrosti [km/h]	Največja izmerjena hitrost [km/h]	Delež vozil, ki so prekorčila omejitev [%]	Število opravljenih meritev	Povprečna prekoračitev omejitve hitrosti [km/h]
1	V naselju	40	14,9	18	34	0,0	113	0,0
2	V naselju	40	13,6	19	30	0,0	161	0,0

## 7.7 Ploščadi

Izvedenih je bilo 190 meritev na štirih lokacijah na občinskih cestah v naselju. Hitrost je povsod omejena na 50 km/h.



Slika 34: Lokacije meritev – ploščadi

Povzetek rezultatov:

- Pri omejitvi 50 km/h je povprečna hitrost vozil 37,2 km/h. Delež vozil, ki prekorajijo dovoljeno hitrost, znaša 5,0 %. Omejitev hitrosti je v povprečju presežena za 3,6 km/h.

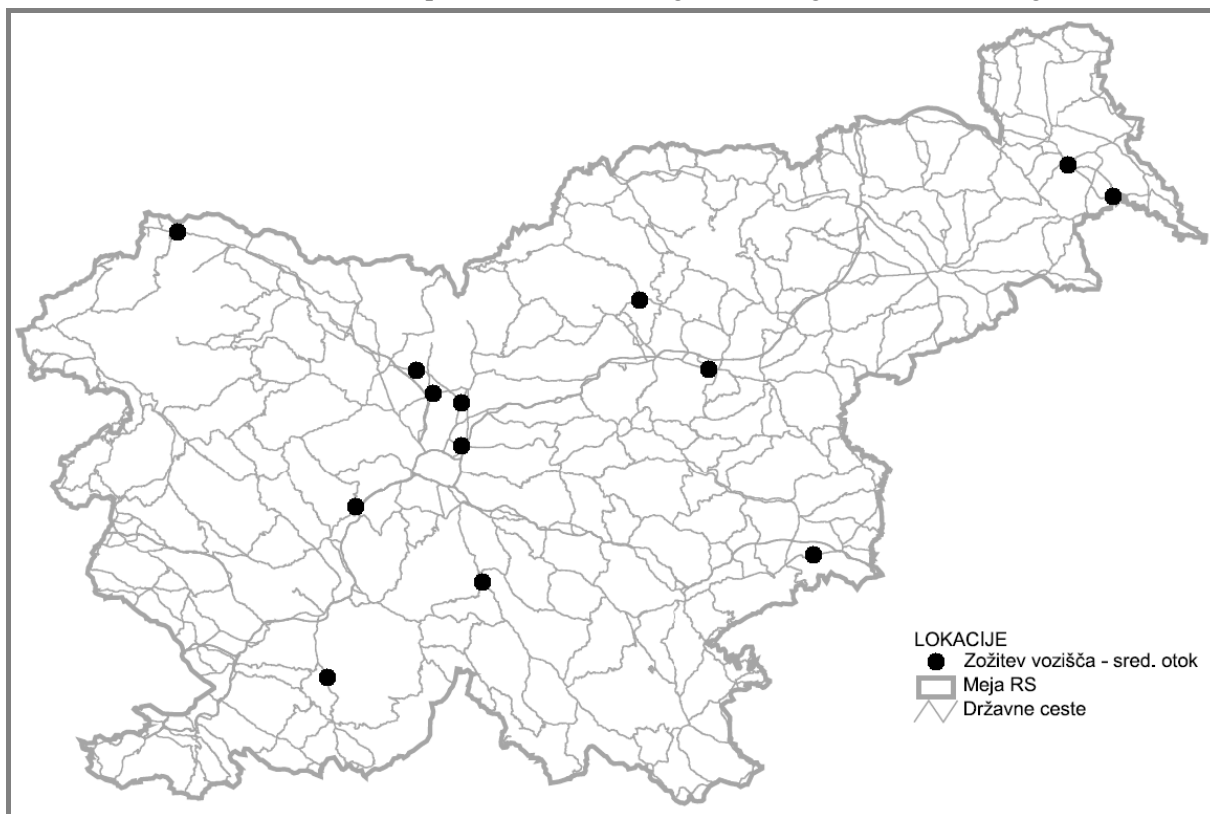
Glede na dobljene rezultate je ploščad s trapeznima klančinama zelo učinkovita naprava za umirjanje prometa. Delež prehitrih vozil ter presežki dovoljene hitrosti so zelo majhni.

**Preglednica 9: Rezultati meritev – ploščadi**

Lokacija	Naselje	Omejitev hitrosti [km/h]	Povprečna hitrost [km/h]	85. percentila hitrosti [km/h]	Največja izmerjena hitrost [km/h]	Delež vozil, ki so prekorčila omejitev [%]	Število opravljenih meritev	Povprečna prekoračitev omejitve hitrosti [km/h]
1	V naselju	50	33,9	40	47	0,0	30	0,0
2	V naselju	50	39,0	48	66	9,9	71	6,1
3	V naselju	50	37,6	44	55	3,3	30	5,0
4	V naselju	50	38,2	44	56	6,8	59	3,3

### 7.8 Zožitev vozišča – sredinski otok

Izvedenih je bilo 2949 meritev na 27 lokacijah z različnimi omejitvami hitrosti. Na 21 lokacijah je hitrost omejena na 50 km/h, na petih na 60 km/h in na zadnji na 70 km/h. Lokacije z omejitvijo največje hitrosti vožnje na 50 km/h so v naselju, ostale pa zunaj njega. Šest merjenj hitrosti vožnje je bilo na občinskih cestah, ostalih 21 pa na državnih, od tega deset na glavnih in 11 na regionalnih.



Slika 35: Lokacije meritev – zožitev vozišča – sredinski otok

Povzetek rezultatov:

- Pri omejitvi 50 km/h je povprečna hitrost vozil 46,7 km/h. Delež vozil, ki prekorajijo dovoljeno hitrost, znaša 33,7 %. Omejitev hitrosti je v povprečju presežena za 6,5 km/h.
- Pri omejitvi 60 km/h je povprečna hitrost vozil 49,1 km/h. Delež vozil, ki prekorajijo dovoljeno hitrost, znaša 21,5 %. Omejitev hitrosti je v povprečju presežena za 7,0 km/h.
- Pri omejitvi 70 km/h je povprečna hitrost vozil 58,5 km/h. Delež vozil, ki prekorajijo dovoljeno hitrost, znaša 11,3 %. Omejitev hitrosti je v povprečju presežena za 5,8 km/h.

Učinek umirjanja raste z višanjem omejitve hitrosti, saj delež vozil, ki prekorajijo dovoljeno hitrost, pada v isti smeri. Presežki hitrosti so majhni in se malo razlikujejo med seboj glede na hitrost vožnje.



**Preglednica 10: Rezultati meritev – zožitev vozišča – sredinski otok**

Lokacija	Naselje	Omejitev hitrosti [km/h]	Povprečna hitrost [km/h]	85. percentila hitrosti [km/h]	Največja izmerjena hitrost [km/h]	Delež vozil, ki so prekorčila omejitev [%]	Število opravljenih meritev	Povprečna prekoraittev omejitve hitrosti [km/h]
1	V naselju	50	45,8	54	64	28,6	126	5,1
2	V naselju	50	40,3	48	57	8,3	133	3,6
3	V naselju	50	53,2	63	77	60,7	84	9,3
4	V naselju	50	45,2	53	65	24,8	101	5,2
5	V naselju	50	44,6	53	67	21,6	134	6,5
6	V naselju	50	48,1	54	57	40,0	15	3,7
7	V naselju	50	46,0	55	68	29,6	27	7,8
8	V naselju	50	42,3	47	54	6,7	15	4,0
9	V naselju	50	40,7	47	63	10,3	39	6,8
10	V naselju	50	59,9	70	88	78,0	50	13,8
11	V naselju	50	55,1	66	86	70,2	57	9,6
12	V naselju	50	51,6	60	79	46,0	50	8,0
13	V naselju	50	57,1	66	90	82,5	97	10,1
14	V naselju	50	45,6	57	74	38,0	137	7,0
15	V naselju	50	44,0	51	72	16,2	185	5,3
16	V naselju	50	36,9	44	52	1,7	118	1,5
17	V naselju	50	36,7	51	62	15,5	97	4,4
18	V naselju	50	39,5	46	54	5,4	37	2,5
19	V naselju	50	46,5	56	66	24,1	116	6,7
20	V naselju	50	49,5	57	80	43,1	174	7,1
21	V naselju	50	52,3	61	78	55,6	36	9,4
22	Zunaj naselja	60	56,4	78	103	51,1	94	12,7
23	Zunaj naselja	60	45,8	56	68	5,4	280	4,7
24	Zunaj naselja	60	50,4	64	75	26,5	136	5,9
25	Zunaj naselja	60	39,5	55	76	4,6	239	5,5
26	Zunaj naselja	60	53,4	62	77	20,2	124	6,6
27	Zunaj naselja	70	58,5	68	88	11,3	248	5,8

## 7.9 Zamik osi vozišča

Izvedenih je bilo 582 meritev na petih lokacijah z administrativno omejitvijo hitrosti 50 km/h, vse lokacije pa so na občinskih cestah v naselju.



Slika 36: Lokacije meritev – zamik osi vozišča

Povzetek rezultatov:

- Pri omejitvi 50 km/h je povprečna hitrost vozil 37,0 km/h. Delež vozil, ki prekoračijo dovoljeno hitrost, znaša 3,7 %. Omejitev hitrosti je v povprečju presežena za 3,5 km/h.

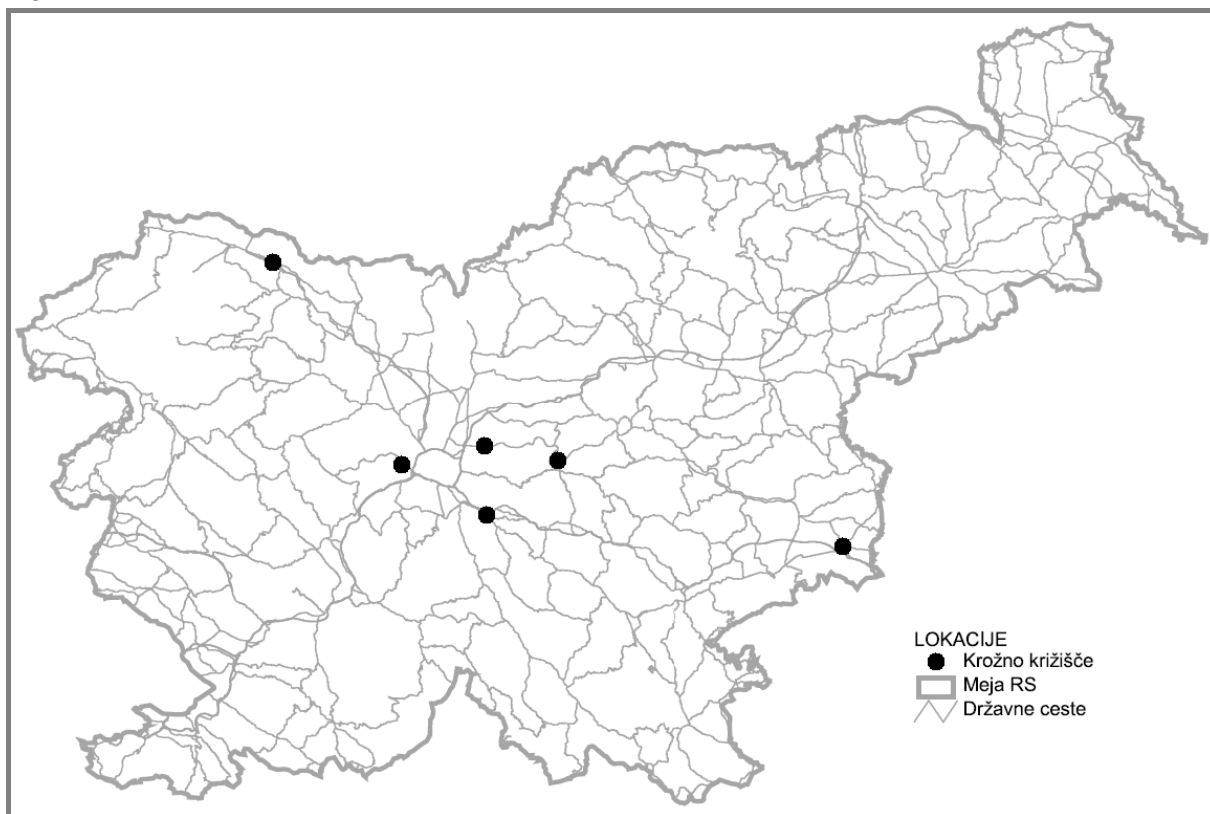
Ukrep je učinkovit. Delež vozil, ki prekoračijo dovoljeno hitrost, in presežki so zelo majhni. Na uspešnost zamikov osi vozišča ugodno vpliva tudi njihova lega v urbanem okolju.

**Preglednica 11: Rezultati meritev – zamik osi vozičča**

Lokacija	Naselje	Omejitev hitrosti [km/h]	Povprečna hitrost [km/h]	85. percentila hitrosti [km/h]	Največja izmerjena hitrost [km/h]	Delež vozil, ki so prekorčila omejitev [%]	Število opravljenih meritev	Povprečna prekoraitev omejitve hitrosti [km/h]
1	V naselju	50	37,1	46	51	2,0	50	1,0
2	V naselju	50	33,1	40	50	0,0	133	0,0
3	V naselju	50	33,4	41	62	2,3	214	6,8
4	V naselju	50	41,0	48	71	8,2	135	4,6
5	V naselju	50	40,2	45	56	6,0	50	5,3

## 7.10 Krožno križišče

Izvedenih je bilo 1460 meritev na 13 lokacijah. Na petih z administrativno omejitvijo hitrosti 40 km/h in na osmih z omejitvijo 50 km/h. Vse lokacije so v naselju, ena na glavni cesti, preostale pa na regionalnih.



Slika 37: Lokacije meritev – krožno križišče

Povzetek rezultatov:

- Pri omejitvi 40 km/h je povprečna hitrost vozil 33,8 km/h. Delež vozil, ki prekoračijo dovoljeno hitrost, znaša 23,7 %. Omejitev hitrosti je v povprečju presežena za 3,4 km/h.
- Pri omejitvi 50 km/h je povprečna hitrost vozil 35,5 km/h. Delež vozil, ki prekoračijo dovoljeno hitrost, znaša 14,1 %. Omejitev hitrosti je v povprečju presežena za 3,9 km/h.

Krožno križišče uspešno umirja promet. Kljub nekoliko večjemu deležu vozil, ki prekoračijo dovoljeno hitrost, so ti presežki zelo majhni.

**Preglednica 12: Rezultati meritev – krožno križišče**

Lokacija	Naselje	Omejitev hitrosti [km/h]	Povprečna hitrost [km/h]	85. percentila hitrosti [km/h]	Največja izmerjena hitrost [km/h]	Delež vozil, ki so prekorčila omejitev [%]	Število opravljenih meritev	Povprečna prekoračitev omejitve hitrosti [km/h]
1	V naselju	40	42,0	48	57	63,8	105	5,5
2	V naselju	40	26,3	34	43	2,3	174	1,8
3	V naselju	40	32,3	39	49	10,8	93	3,0
4	V naselju	40	38,2	42	60	34,8	135	3,2
5	V naselju	40	30,2	37	52	7,1	99	3,7
6	V naselju	50	13,4	18	35	0,0	172	0,0
7	V naselju	50	35,4	40	60	0,6	168	10,0
8	V naselju	50	34,1	39	47	0,0	169	0,0
9	V naselju	50	26,0	32	46	0,0	136	0,0
10	V naselju	50	50,2	56	67	51,9	27	5,8
11	V naselju	50	43,0	52	56	22,6	31	3,0
12	V naselju	50	38,4	46	59	10,0	30	4,7
13	V naselju	50	44,0	55	87	28,1	121	7,4

## 8 PRIMERJAVA REZULTATOV IN ZAKLJUČEK

Na terenu je bilo izvedenih 10729 meritev vozni hitrosti vozil na mestih, kjer je promet umirjan z naslednjimi napravami in ukrepi za umirjanje prometa:

**Preglednica 13: Seznam primerjanih naprav in ukrepov**

ID naprave/ ukrepa	Naprava/ukrep
1	Prometni znak
2	Znak spremenljive vsebine
3	Zvočne zavore
4	Sinusoidne grbine
5	Trapezne grbine
6	Montažne grbine
7	Ploščadi
8	Zožitev vozišča – sredinski otok
9	Zamik osi vozišča
10	Krožno križišče

Rezultati vseh meritev za vse naprave in ukrepe, zajete v primerjavi, so prikazani v preglednici 14. Razvrščeni so po identifikacijski številki naprave/ukrepa. Pri tistih, pri katerih so na različnih lokacijah veljale različne administrativne omejitve hitrosti, so rezultati prikazani tudi deljeno glede na največjo dovoljeno hitrost vožnje. Podatki, zapisani krepko, predstavljajo povprečno vrednost vseh meritev za posamezno napravo/ukrep.

**Preglednica 14: Rezultati vseh meritev**

ID naprave/ukrepa	Naprava/ukrep	Omejitev hitrosti [km/h]	Število opravljenih meritev	Povprečna hitrost [km/h]	Delež vozil, ki so prekorčila omejitev [%]	Povprečna prekorčitvev omejitve hitrosti [km/h]	Zmanjšanje hitrosti glede na omejitev [%]
1	Prometni znak		<b>2106</b>	<b>58,1</b>	<b>38,3</b>	<b>8,0</b>	<b>3,8</b>
		50	280	56,8	73,9	10,8	-13,6
		60	1386	56,5	36,0	6,7	5,8
		70	440	64,2	38,3	10,3	8,4
2	Znak spremenljive vsebine		<b>1329</b>	<b>49,5</b>	<b>35,7</b>	<b>7,5</b>	<b>3,1</b>
		40	264	42,7	54,9	8,3	-6,6
		50	614	48,2	35,3	8,0	3,7
		60	451	55,2	24,9	6,3	8,0
3	Zvočne zavore		<b>529</b>	<b>45,4</b>	<b>45,4</b>	<b>6,9</b>	<b>2,8</b>
		40	182	37,27	38,5	5,9	6,8
		50	347	49,7	49,0	7,4	0,6
4	Sinusoidne grbine		<b>280</b>	<b>35,5</b>	<b>25,7</b>	<b>6,1</b>	<b>15,3</b>
		30	104	20,5	1,9	1,5	31,7
		40	70	28,9	5,7	3,8	27,7
		50	106	54,5	62,2	12,1	-9,1
5	Trapezne grbine		<b>1030</b>	<b>22,8</b>	<b>14,9</b>	<b>5,6</b>	<b>30,6</b>
		30	708	25,9	21,6	5,6	13,6
		50	322	16,0	0,0	0,0	68,0
6	Montažne grbine	40	<b>274</b>	<b>14,1</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>64,8</b>
7	Ploščadi	50	<b>190</b>	<b>37,7</b>	<b>6,3</b>	<b>4,1</b>	<b>24,6</b>
8	Zožitev vozišča – sredinski otok		<b>2949</b>	<b>47,4</b>	<b>25,1</b>	<b>6,2</b>	<b>12,7</b>
		50	1828	46,1	31,6	6,3	7,8
		60	873	47,0	15,5	6,2	21,7
		70	248	58,5	11,3	5,8	16,4
9	Zamik osi vozišča	50	<b>582</b>	<b>36,0</b>	<b>3,4</b>	<b>4,1</b>	<b>28,0</b>
10	Krožno križišče		<b>1460</b>	<b>32,1</b>	<b>13,3</b>	<b>3,4</b>	<b>28,9</b>
		40	606	33,2	22,3	3,2	16,9
		50	854	31,3	6,9	3,5	37,5

V nadaljevanju so skupni rezultati za vse naprave/ukrepe prikazani v skrčeni in preglednejši obliki, razvrščeni glede na tri najpomembnejše rezultate – kriterije, zapisane krepko. To so:

- delež vozil, ki so prekoračila omejitev – v preglednici 15,
- povprečna prekoračitev omejitve hitrosti – v preglednici 16 in
- zmanjšanje hitrosti glede na omejitve – v preglednici 17.

Ugotovitve so take: primerjanih deset naprav in ukrepov za umirjanje prometa lahko glede na uspešnost razvrstimo v štiri skupine. Naštete so od najučinkovitejše do najmanj učinkovite.

Prva skupina obsega le montažne grbine, ki so se ne glede na kriterij vedno uvrstile na prvo mesto po uspešnosti umirjanja prometa. Brez prekoračitev dovoljene hitrosti in ob daleč največjem zmanjšanju hitrosti glede na administrativno omejitev so se izkazale za izjemno uspešno napravo za umirjanje prometa. Povprečna prevozna hitrost na napravi znaša le tretjino dovoljene. Zato se postavlja tako vprašanje primernosti postavitve te naprave z vidika pretočnosti ceste kot ustreznosti izbire tipa montažne grbine.

V drugi skupini se od drugega do petega mesta v vseh treh razvrstitvah izmenjujejo: zamik osi vozišča, ploščadi, krožno križišče in trapezne grbine. Deleži vozil, ki so prekoračila omejitve hitrosti, so manjši od 15 %, povprečni presežki pa med 3,4 in 5,6 km/h. Razmeroma veliko je tudi zmanjšanje hitrosti glede na največjo dovoljeno, ki se pri vseh štirih giblje med 25 in 30 %. Ta skupina torej vsebuje nabor ukrepov, ki zelo dobro umirjajo promet.

Tretjo skupino sestavljata dva ukrepa, in sicer sinusoidne grbine in zožitev vozišča s sredinskim otokom. Naprava in ukrep sta po vseh treh kriterijih vedno zasedla šesto in sedmo mesto. Z deležem prehitrih vozil okoli 25 %, povprečnim presežkom dovoljene hitrosti za dobrih 6 km/h in zmanjšanjem hitrosti glede na dovoljeno okoli 15 % sta se izkazala kot povprečno učinkovita pri umirjanju prometa.

V zadnjo, četrto skupino pa sodijo naprave in ukrepi za umirjanje prometa, ki so nekoliko manj učinkoviti. V vseh razvrstitvah so zadnja tri mesta zasedli znak spremenljive vsebine, prometni znak in zvočne zavore. Delež vozil, ki so prekoračila omejitve hitrosti, je visok, med 35 in 45 %. Presežki so prav tako največji, v povprečju med 7 in 8 km/h, skoraj zanemarljivo je povprečno zmanjšanje hitrosti glede na dovoljeno, ki pri nobenem ni preseglo štirih odstotkov.



**Preglednica 15: Naprave in ukrepi po učinkovitosti glede na delež prehitrih vozil**

Razvrstitev	ID naprave/ukrepa	Naprava/ukrep	Delež vozil, ki so prekorčila omejitev [%]	Povprečna prekoračitev omejitve hitrosti [km/h]	Zmanjšanje hitrosti glede na omejitev [%]
1	6	Montažne grbine	0,0	0,0	64,8
2	9	Zamik osi vozišča	3,4	4,1	28,0
3	7	Ploščadi	6,3	4,1	24,6
4	10	Krožno križišče	13,3	3,4	28,9
5	5	Trapezne grbine	14,9	5,6	30,6
6	8	Zožitev vozišča – sredinski otok	25,1	6,2	12,7
7	4	Sinusoidne grbine	25,7	6,1	15,3
8	2	Znak spremenljive vsebine	35,7	7,5	3,1
9	1	Prometni znak	38,3	8,0	3,8
10	3	Zvočne zavore	45,4	6,9	2,8

**Preglednica 16: Naprave in ukrepi po učinkovitosti glede na povprečno prekoračitev**

Razvrstitev	ID naprave/ukrepa	Naprava/ukrep	Delež vozil, ki so prekorčila omejitev [%]	Povprečna prekoračitev omejitve hitrosti [km/h]	Zmanjšanje hitrosti glede na omejitev [%]
1	6	Montažne grbine	0,0	0,0	64,8
2	10	Krožno križišče	13,3	3,4	28,9
3	7	Ploščadi	6,3	4,1	24,6
4	9	Zamik osi vozišča	3,4	4,1	28,0
5	5	Trapezne grbine	14,9	5,6	30,6
6	4	Sinusoidne grbine	25,7	6,1	15,3
7	8	Zožitev vozišča – sredinski otok	25,1	6,2	12,7
8	3	Zvočne zavore	45,4	6,9	2,8
9	2	Znak spremenljive vsebine	35,7	7,5	3,1
10	1	Prometni znak	38,3	8,0	3,8

**Preglednica 17: Naprave in ukrepi po učinkovitosti glede na zmanjšanje hitrosti**

Razvrstitev	ID naprave/ukrepa	Naprava/ukrep	Delež vozil, ki so prekorčila omejitev [%]	Povprečna prekoračitev omejitve hitrosti [km/h]	Zmanjšanje hitrosti glede na omejitev [%]
1	6	Montažne grbine	0,0	0,0	<b>64,8</b>
2	5	Trapezne grbine	14,9	5,6	<b>30,6</b>
3	10	Krožno križišče	13,3	3,4	<b>28,9</b>
4	9	Zamik osi vozišča	3,4	4,1	<b>28,0</b>
5	7	Ploščadi	6,3	4,1	<b>24,6</b>
6	4	Sinusoidne grbine	25,7	6,1	<b>15,3</b>
7	8	Zožitev vozišča – sredinski otok	25,1	6,2	<b>12,7</b>
8	1	Prometni znak	38,3	8,0	<b>3,8</b>
9	2	Znak spremenljive vsebine	35,7	7,5	<b>3,1</b>
10	3	Zvočne zavore	45,4	6,9	<b>2,8</b>

Za enotno (številčno) oceno relativne uspešnosti naprave oz. ukrepa za umirjanje prometa je treba uvesti nov kriterij, na katerega čim bolj enakovredno vplivajo trije prej izbrani rezultati analize. Ta kazalnik učinkovitosti lahko izračunamo po naslednji enačbi:

$$K_U = 7 - 7 \cdot \left[ \frac{D}{100} \right] - 0,35 \cdot [P] + 3 \cdot \left[ \frac{Z}{100} \right]^2, \text{ kjer je:} \quad (1)$$

$K_U$ ... kazalnik učinkovitosti,

$D$ ... delež vozil, ki so prekoračila omejitev hitrosti, v odstotkih,

$P$ ... povprečna prekoračitev omejitve hitrosti, v km/h,

$Z$ ... zmanjšanje hitrosti glede na dovoljeno, v odstotkih.

Kazalnik učinkovitosti je namenjen zgolj medsebojni primerjavi uspešnosti naprav in ukrepov za umirjanje prometa in ni primeren za absolutno ocenjevanje učinkovitosti v naravi. Meje kazalnika so nastavljene empirično glede na rezultate v analizi uporabljenih meritev. Tako bi najvišjo možno oceno 10,0 dobila naprava oz. ukrep, na katerem ne bi bilo prekoračitev dovoljene hitrosti ob zmanjšanju povprečne hitrosti za 100 %. Na drugi strani bi bila z oceno 0,0 ocenjena naprava oz. ukrep, na katerem bi dovoljeno hitrost preseгла vsaj polovica vozil za več kot 10 km/h, povprečna hitrost na mestu meritve pa bi bila enaka največji dovoljeni.

**Preglednica 18: Naprave in ukrepi po učinkovitosti glede na kazalnik učinkovitosti**

Razvrstitev	ID naprave/ukrepa	Naprava/ukrep	Delež vozil, ki so prekorčila omejitve [%]	Povprečna prekoračitev omejitve hitrosti [km/h]	Zmanjšanje hitrosti glede na omejitve [%]	$K_u$
1	6	Montažne grbine	0,0	0,0	64,8	<b>8,26</b>
2	9	Zamik osi vozišča	3,4	4,1	28,0	<b>5,56</b>
3	7	Ploščadi	6,3	4,1	24,6	<b>5,31</b>
4	10	Krožno križišče	13,3	3,4	28,9	<b>5,14</b>
5	5	Trapezne grbine	14,9	5,6	30,6	<b>4,28</b>
6	4	Sinusoidne grbine	25,7	6,1	15,3	<b>3,14</b>
7	8	Zožitev vozišča – sredinski otok	25,1	6,2	12,7	<b>3,11</b>
8	2	Znak spremenljive vsebine	35,7	7,5	3,1	<b>1,89</b>
9	1	Prometni znak	38,3	8,0	3,8	<b>1,52</b>
10	3	Zvočne zavore	45,4	6,9	2,8	<b>1,42</b>

Upoštevanje enačbo (1) dobimo razvrstitev naprav in ukrepov za umirjanje prometa glede na kazalnik učinkovitosti. Razvrščene padajoče od najbolj do najmanj uspešnega so prikazane v preglednici 18. Uvedba kazalnika učinkovitosti ne vpliva na spremembo razvrstitve prej omenjenih štirih skupin približno enako učinkovitih naprav in ukrepov.

Pri rezultatih meritev z različnimi omejitvami hitrosti je z izjemo zvočnih zavore in sinusoidnih grbin prisoten trend večanja učinkovitosti z večanjem dovoljene hitrosti. Za vse rezultate pa velja, da so odvisni od vseh dejavnikov, ki tudi sicer vplivajo na hitrost vožnje. Naprava/ukrep za umirjanje lahko uspešno umirja promet le, če je pravilno zasnovan in izveden. Zaradi različnih vzrokov žal na terenu ni vedno tako. V takem primeru si umirjanje nakoplje jezo uporabnikov, pa čeprav je umirjanje v osnovi namenjeno izboljšanju prav njihovih bivalnih razmer in prometne varnosti.

## VIRI

Appleyard, D., Gerson, M., Lintell, M. 1981. Livable streets. Berkeley, University of California Press: 364 str.

Breška, Z., Čertanc, N., Fajfar, D. idr. 1991. Tehnični normativi za projektiranje in opremo mestnih prometnih površin. Ljubljana, FAGG, PTI: loč. pag.

Harvey, J., A review of current traffic calming techniques.

[http://www.its.leeds.ac.uk/projects/primavera/p\\_calming.html#a52](http://www.its.leeds.ac.uk/projects/primavera/p_calming.html#a52) (Pridobljeno 10. 4. 2012)

Lipar, P. 2007. Umirimo promet! Ljubljana, Ministrstvo za promet, DRSC: 49 str.

Policija - statistika prometne varnosti za leto 2011.

<http://www.policija.si/images/stories/Statistika/PrometnaVarnost/2011/pdf/jan-dec2011.pdf>

(Pridobljeno 6. 4. 2012)

Pravilnik o prometni signalizaciji in opremi na javnih cestah. Uradni list RS št. 46/2000.

<http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=200046&stevilka=2131> (Pridobljeno 19. 3. 2012)

Speedkills. 2012.

<http://humantransport.org/sidewalks/SpeedKills.htm> (Pridobljeno 6. 4. 2012)

TSC 02.203 : 2009 - Naprave in ukrepi za umirjanje prometa v nivojskih nesemaforiziranih križiščih.

[http://www.dc.gov.si/fileadmin/dc.gov.si/pageuploads/pdf\\_datoteke/TSC/TSC-02-203-izdaja.pdf](http://www.dc.gov.si/fileadmin/dc.gov.si/pageuploads/pdf_datoteke/TSC/TSC-02-203-izdaja.pdf)

(Pridobljeno 20. 3. 2012)

TSC 03.341 : 2012 - Krožna križišča.

[http://www.dc.gov.si/fileadmin/dc.gov.si/pageuploads/pdf\\_datoteke/TSC/TSC\\_03-341-2012-prva\\_sprememba\\_01.pdf](http://www.dc.gov.si/fileadmin/dc.gov.si/pageuploads/pdf_datoteke/TSC/TSC_03-341-2012-prva_sprememba_01.pdf) (Pridobljeno 8. 6. 2012)

TSC 03.800 : 2009 - Naprave in ukrepi za umirjanje prometa.

[http://www.dc.gov.si/fileadmin/dc.gov.si/pageuploads/pdf\\_datoteke/TSC/TSC\\_03-800-druga\\_izdaja.pdf](http://www.dc.gov.si/fileadmin/dc.gov.si/pageuploads/pdf_datoteke/TSC/TSC_03-800-druga_izdaja.pdf) (Pridobljeno 17. 1. 2012)

Zakon o cestah. Uradni list RS št. 109/2010.

<http://www.uradni-listsi/1/objava.jsp?urlid=2010109&stevilka=5732> (Pridobljeno 25. 3. 2012)

Zakon o pravilih v cestnem prometu. Uradni list RS št. 109/2010.

<http://www.uradni-list.si/1/content?id=101702> (Pridobljeno 25. 3. 2012)

## **OSTALI VIRI**

Montažne grbine. 2012.

<http://www.cestnaoprema.si/index.php?act=viewCat&catId=27> (Pridobljeno 8. 6. 2012)

Montažne grbine. 2012.

<http://www.constant.si/si/2-1-7-1.htm> (Pridobljeno 8. 6. 2012)

Speed limit. 2012.

[http://en.wikipedia.org/wiki/Speed\\_limit](http://en.wikipedia.org/wiki/Speed_limit) (Pridobljeno 17. 1. 2012)

Traffic Calming: State of the Practise. 2012.

<http://www.ite.org/traffic/tcstate.asp#tcsop> (Pridobljeno 10. 4. 2012)

Traffic calming history. 2012.

<http://trafficalming.org/history/> (Pridobljeno 17. 1. 2012)

Traffic calming history. 2012.

<http://www.route50.org/trafclm.html> (Pridobljeno 17. 1. 2012)

Traffic calming history. 2012.

<http://www.trafficlogix.com/traffic-calming-history.asp> (Pridobljeno 17. 1. 2012)