

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo



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

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

To je izvirna različica zaključnega dela.

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

Hamzić, D., 2014. Analiza sistemov upravljanja cestnih predorov v RS. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Rijavec, R., somentor Maher, T.): 44 str.

Datum arhiviranja: 13-03-2015

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



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

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

This is original version of final thesis.

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

Hamzić, D., 2014. Analiza sistemov upravljanja cestnih predorov v RS. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljani, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Rijavec, R., co-supervisor Maher, T.): 44 pp.

Archiving Date: 13-03-2015

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*

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



**VISOKOŠOLSKI STROKOVNI
ŠTUDIJ PRVE STOPNJE
OPERATIVNO GRADBENIŠTVO**

DAMIR HAMZIĆ

**ANALIZA SISTEMOV UPRAVLJANJA CESTNIH PREDOROV V
REPUBLIKI SLOVENIJI**

Diplomska naloga št.: 71/OG-MP

**THE ANALYSIS OF ROAD TUNNEL TRAFFIC MANAGMENT
SYSTEMS IN THE REPUBLIC OF SLOVENIA**

Graduation thesis No.: 71/OG-MP

MENTOR:

viš. pred. mag. Robert Rijavec

PRESEDNIK KOMISIJE:

prof. dr. Žiga Turk

SOMENTOR:

doc. dr. Tomaž Maher

Ljubljana, 27. 10. 2014

STRAN Z IZJAVAMI

Podpisani Damir Hamzić izjavljam, da sem avtor diplomskega dela z naslovom Analiza sistemov upravljanja predorov v Republiki Sloveniji.

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

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

Ljubljana, 18.09.2014

Damir Hamzić

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	624.19(043.2)
Avtor:	Damir Hamzić
Mentor:	viš. pred. mag. Robert Rijavec
Somentor:	doc. dr. Tomaž Maher
Naslov:	Analiza sistemov upravljanja predorov v Republiki Sloveniji
Tip dokumenta:	diplomsko delo
Obseg in oprema:	44 str., 7 pregl., 9 sl., 4 graf., 1 pril.
Ključne besede:	Predor, oprema, vodenje prometa, upravljanje prometa

Izveček

Cilj diplomskega dela je izdelava analize trenutne opremljenosti slovenskih predorov na avtocestnem križu in podajanje predlogov za izboljšavo trenutnega stanja. Vožnji skozi predore se posveča dodatna pozornost z varnostnega vidika, zaradi občutka utesnjenosti, ki ga na odprti trasi ni. Slovenski avtocestni križ predstavlja križišče evropskih transportnih koridorjev in je kot tak pomemben del pan-evropskega transportnega omrežja. Leta 2004 je v veljavo stopila Direktiva evropskega parlamenta in sveta 2004/54/ES, ki ureja minimalne varnostne zahteve za predore znotraj članic EU. Opremljenost dotičnih predorov v Republiki Sloveniji se je po uvedbi direktive izkazala za dobro. Kljub temu pa so razlike med tipi opreme in prostorsko umestitvijo opreme v območju predorov in v samih predorih velike in nedopustne za vzpostavitev željenega višjega nivoja varnosti. Najvplivnejši dejavnik v prometnih nesrečah je seveda človek, poleg prometnega okolja in motornega vozila pa med dejavnike, ki vplivajo na prometne nesreče, zagotovo sodi tudi cestna infrastruktura. Za zagotovitev večje varnosti pri vožnji skozi predore je nujno potrebno poenotenje opreme v območju predorov, ki se uporablja za upravljanje in vodenje prometa, pri običajnem delovanju predora in ob izrednih dogodkih. Dogaja se namreč, da se v različnih predorih uporabljajo različni tipi opreme, njihova prostorska umestitev pa ni pogojena z zakonodajo in je zato prepuščena projektantom in izvajalcem del. Prvi korak v pravo smer bi bil vzpostavitev smernic, ki bi do potankosti urejala področje opremljenosti predorov. Na nacionalnem nivoju bi morale biti urejene tehnične specifikacije in navodila za opremo predorov, s katerimi bi uskladili tudi najmanjše, a še zdaleč ne najmanj pomembne razlike med predori.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC: 624.19(043.2)
Author: Damir Hamzić
Supervisor: Sen. Lect. X, M.Sc. Robert Rijavec
Cosupervisor: Assist. Prof. X, Ph.D. Tomaž Maher
Title: The analysis of road tunnel traffic management systems in the Republic of Slovenia
Document type: Graduation Thesis – Higher professional studies
Scope and tools: 44 p., 7 tab., 9 fig., 4 graph., 1 ann.
Keywords: Tunnel, equipment, traffic management

Abstract

The goal of this thesis is the analysis of current state of tunnel equipment in Slovenian road tunnels and suggestions for its improvements. From safety point of view an extra thoughtfulness needs to be applied to the matter of driving through road tunnels because of the feeling of constriction while driving through them. Slovenian highway cross consists of two main European transport corridors and represents an important part of Pan-european transport network. That is why European Directive for minimal safety requirements for road tunnels 2004/54/ES came into effect in 2004. Although the status of current tunnel equipment in Slovenian road tunnels is acceptable, it differs among them. For reaching a higher goal in maintaining a satisfactory level of safety in road tunnels, it is necessary to eliminate the differences between types of equipment and its positioning on site. Taken into consideration that human behaviour plays the biggest role in road tunnel safety we also need to consider the effects of type of the vehicle, traffic surroundings and definitely of road infrastructure for safety in road tunnels. Only with unification of different types of equipment and its positioning in tunnels will we achieve the proper safety level in our road tunnels. Often the installation of road tunnel equipment and its positioning is left to the preference of the design engineers and contractors, because there are no guidelines to follow. The first step towards achieving a total unification on this field would be the establishment of technical specifications for traffic management equipment in road tunnels on a national scale.

ZAHVALA

Za pomoč pri izdelavi diplomskega dela se zahvaljujem mentorju, viš. pred. mag. R. Rijavcu, in somentorju, doc. dr. T. Maherju.

Zahvala gre tudi vsem, ki so me na študijski poti podpirali tako ali drugače, v prvi vrsti pa moji družini in prijateljem.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
2	OSNOVE	4
2.1	UREDBA O TEHNIČNIH NORMATIVIH IN POGOJIH ZA PROJEKTIRANJE CESTNIH PREDOROV V REPUBLIKI SLOVENIJI, O PREDORIH	4
2.1.1	<i>Definicije</i>	4
2.1.2	<i>Delitev predorov glede na dolžino</i>	5
2.1.3	<i>Načela pri načrtovanju cestnih predorov</i>	6
2.2	DIREKTIVA EVROPSKEGA PARLAMENTA IN SVETA 2004/ 54/ ES O PREDORIH	7
2.2.1	<i>Upravni organ</i>	7
2.2.2	<i>Upravitelj predora</i>	8
2.2.3	<i>Uradnik za varnost</i>	8
3	OPREMA PREDOROV, VARNOSTNE NAPRAVE IN SISTEMI ZA UPRAVLJANJE PREDORA	9
3.1	SPLOŠNO	9
3.2	PODROBNEJE O VARNOSTNIH NAPRAVAH IN SISTEMIH ZA UPRAVLJANJE	10
3.2.1	<i>Razsvetljava predora</i>	10
3.2.2	<i>Prezračevanje predorov</i>	11
3.2.3	<i>Sistem klica v sili</i>	11
3.2.4	<i>Videonadzor, televizija zaprtega kroga</i>	12
3.2.5	<i>Samodejno zaznavanje izrednih dogodkov</i>	12
3.2.6	<i>Predorske radijske naprave</i>	12
3.2.7	<i>Ozvočenje</i>	12
3.2.8	<i>Varnostni objekti v predoru</i>	12
3.2.9	<i>Sistem za upravljanje prometa</i>	13
3.2.10	<i>Merilniki za zajem podatkov</i>	14
3.3	PROMETNA SIGNALIZACIJA IN PROMETNA OPREMA PREDOROV	14
4	PREGLED OPREME IN SISTEMOV UPRAVLJANJA	16
4.1	PREGLED STANJA V PREDORU TROJANE	17
4.2	PREGLED STANJA V PREDORU KASTELEC	18
4.3	PREGLED STANJA V PREDORU DEKANI	19
4.4	PREGLED STANJA V PREDORU KARAVANKE	20

4.5	PREGLED STANJA V PREDORU JASOVNIK	22
4.6	PREGLED STANJA V PREDORU ŠENTVID	23
4.7	PREGLED STANJA V PREDORU LOČICA	24
4.8	PREGLED STANJA V PREDORU GOLO REBRO IN PREDORU PLETOVARJE.....	25
4.9	PREGLED STANJA V POKRITEM VKOPU IN PREDORU CENKOVA	26
4.10	PREGLED STANJA V PREDORU PODMILJ.....	27
4.11	PREGLED STANJA V PREDORU GOLOVEC.....	29
4.12	PREGLED STANJA V PREDORU PODNANOS.....	30
5	RAZPRAVA, PREDLOGI IZBOLJŠAV IN SKLEPI	32
	VIRI.....	42

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Razsvetljava v predorih.	34
Preglednica 2: Prezračevanje predorov.	36
Preglednica 3: Videonadzor v območju predorov.	36
Preglednica 4: Prisotnost prometnih znakov v območju predorov.	37
Preglednica 5: Ozvočenje v predorih.	38
Preglednica 6: SSN v območju predorov.	38
Preglednica 7: Sistemi za zaustavitev vozil pred predorom.	39

KAZALO GRAFIKONOV

Graf 1: Prometne nesreče s smrtnim izidom po kategoriji cest [1].	1
Graf 2: Vzrok smrtnih prometnih nesreč [1].	2
Graf 3: Delež prometnih nesreč v predorih v obdobju 2005 – 2010 [3].	2

KAZALO SLIK

Slika 1: Varnostna oprema v cestnih predorih [6].....	9
Slika 2: Avtocestni sistem v Republiki Sloveniji s prikazom predorov [2].	16
Slika 3: Znak III-74 [17]	32
Slika 4: Moderen in učinkovit pristop k označevanju vhodov v prečne povezave [18].....	33
Slika 5: Vidno vodenje prometa z utripajočimi puščicami [19].....	34
Slika 6: Primer enovrstičnih LED smernikov za povečanje vidnega vodenja prometa v predoru [19].	35
Slika 7: Običajen sistem prečnega prezračevanja, z dolgim območjem dima in ognja [19].	35
Slika 8: 3K Safe Vent z učinkom zračnih zaves [19].....	35
Slika 9: Sistem Soft Stop Laser vision za zaustavitev prometa pred predorom [19].	39

SEZNAM PRILOG

Priloga A: preglednica za pregled stanja v predorih na slovenskem svtocestnem križu	44
---	----

KRATICE

BDP:	Bruto domači proizvod
DARS:	Družba za avtoceste Republike Slovenije
RVS:	Richtlinien und Vorschriften für das Straßenwesen
RABT:	Richtlinien für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln
SPIS:	Spremenljiva prometno- informativna signalizacija
CUP:	Center za upravljanje predorov
PIARC:	Svetovno cestno združenje
SSN:	Svetlobne signalne naprave
SPS:	Spremenljiva prometna signalizacija
SPZ:	Spremenljivi prometni znaki
Euro TAP	European Tunnel Assessment Programme
RNC:	Regionalni nadzorni center

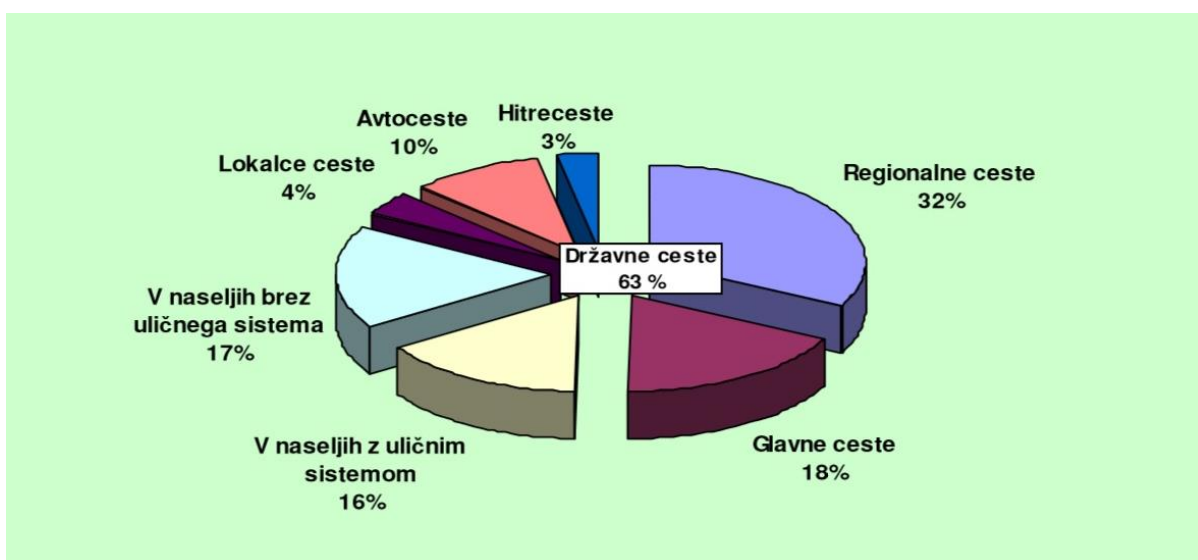
1 UVOD

Geografske danosti v Sloveniji našo državo uvrščajo v razmeroma hribovit okoliš, posledično si pri racionalnem načrtovanju in gradnji avtocestnih omrežij le- ta težko predstavljamo brez predorov. V sam vrh evropskih članic nas postavlja tudi gostota predorov glede na dolžino obstoječih avtocest.

Slovenski avtocestni križ, prav tako križišče evropskih transportnih koridorjev, ki ima pomembno gospodarsko, ekonomsko, socialno in okoljevarstveno vlogo v Evropski uniji, je del pan-evropskega transportnega omrežja. Nova evropska infrastrukturna politika poleg gospodarske povezanosti članic posveča velik pomen tudi varnosti na evropskih cestah.

Evropska unija je prenovila in dopolnila zakonodajo, ki se nanaša na načrtovanje in zagotavljanje varnosti v cestnih predorih po odmevnih in tragičnih prometnih nesrečah v alpskih cestnih predorih. 29. aprila 2004 je v veljavo stopila Direktiva Evropskega parlamenta in Sveta 2004/ 54/ ES, ki ureja minimalne varnostne zahteve za predore znotraj članic EU. Posledično je Slovenija prenesla direktivo v slovensko zakonodajo kot odlok UL RS št. 48/2006 Uredba o tehničnih normativih in pogojih za projektiranje cestnih predorov v Republiki Sloveniji.

Tako Evropska unija kot tudi Republika Slovenija se zavedata pomembnosti in posvečata veliko pozornost varnosti v cestnem prometu. Statistika kaže zastrašujoče podatke, leta 2011 je namreč v Evropski uniji na cestah umrlo 30.100 oseb, huje poškodovanih je bilo 324.000 oseb, v Sloveniji je istega leta na cestah umrlo 141 oseb, poškodovanih pa je bilo 9.673 oseb. Poleg nenadomestljivih izgub v družinah in družbi, hudih poškodb ter invalidnosti in nastale materialne škode, predstavljajo prometne nesreče tudi hud finančno družbeni udarec. Leta 2011 so družbeni stroški prometnih nesreč v Republiki Sloveniji znašali 636 milijonov evrov, kar nanese 1,76% bruto domačega proizvoda (BDP) [1].

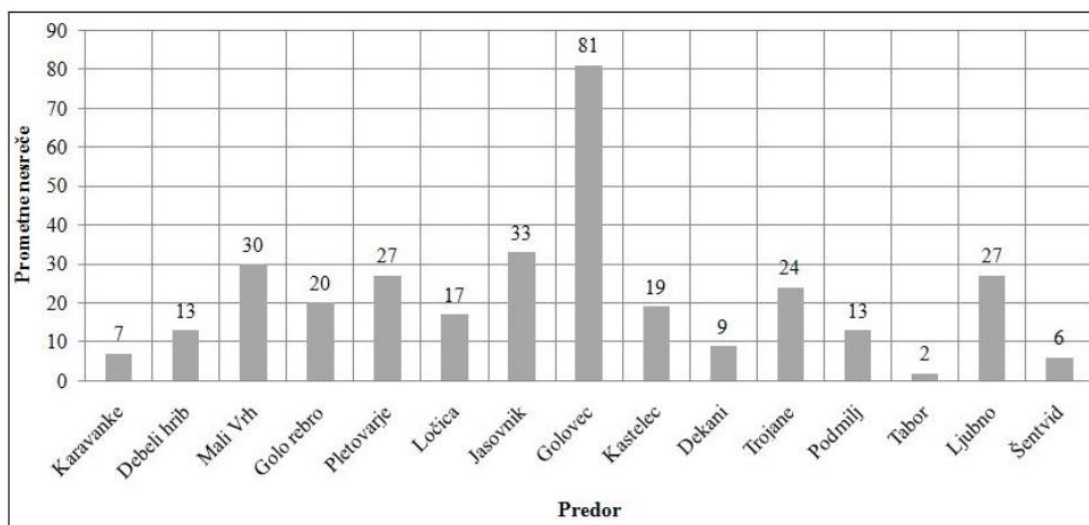


Graf 1: Prometne nesreče s smrtnim izidom po kategoriji cest [1].

Najvplivnejši dejavnik v prometnih nesrečah je seveda človek, poleg prometnega okolja in motornega vozila pa med dejavnike, ki vplivajo na prometne nesreče, zagotovo sodi tudi cestna infrastruktura. Resolucija nacionalnega programa varnosti cestnega prometa v Republiki Sloveniji za obdobje od 2013 do 2022 je med drugim osredotočena tudi na ureditev obstoječe in planirane cestne infrastrukture za doseganje vizije nič, t.j. nič smrtnih žrtev in nič hudo telesno poškodovanih oseb zaradi prometnih nesreč v Sloveniji. Cilj resolucije je zagotoviti tako infrastrukturo, ki ne bo dejavnik in vzrok za nastanek prometnih nesreč [1].



Graf 2: Vzrok smrtnih prometnih nesreč [1].



Graf 3: Delež prometnih nesreč v predorih v obdobju 2005 – 2010 [3].

V obdobju 2005 – 2010 se je zgodilo največ prometnih nesreč v predoru Golovec, kar 81. Vzroki za prometne nesreče so različni, od neustrezne varnostne razdalje, nepravilnosti v tovoru, neprilagojene hitrosti, nepravilne smeri vožnje, neustrezne varnostne razdalje, nepravilnih premikov vozil, nepravilnosti na cesti do ostalih vzrokov, ki niso definirani. Prometne nesreče so samo ena od oblik nepredvidenih izrednih dogodkov. Poleg nesreč lahko v predorih pride do zastoja prometa, vožnje v nasprotni smeri, stoječega vozila, izpada električne energije, onesnaženega ali spolzkega cestišča, prekoračitve emisij CO, poslabšanja vidljivosti, pojava živali v predoru, stoječega vozila za prevoz nevarnih snovi, požara, nesreče z nevarno snovjo, vzdrževalnih del, izrednega prometa, ...

Na slovenskem avtocestnem sistemu Družba za avtoceste Republike Slovenije (DARS) upravlja in vzdržuje 44 predorov skupne dolžine 37.417 metrov [2]. Na avtocestah in hitrih cestah Republike Slovenije je nanizanih 24 predorov, od tega 14 predorov (daljših od 500 m) dolžinsko ustreza zahtevam direktive 2004/ 54/ ES.

Glede na to, da v Sloveniji še danes nimamo poenotenih tehničnih zahtev oz. regulative pri opremljanju predorov in da se v večini primerov poslužujemo avstrijskih (RVS) in nemških (RABT) smernic, je poenotenje opreme v slovenskih predorih ključnega pomena za povečanje varnosti. Pravila za projektiranje predorov po avstrijskih in nemških smernicah so v marsikaterem členu strožje zastavljena, kot to narekuje evropska direktiva o minimalnih varnostnih zahtevah za predore znotraj TEN-T, kar pomeni, da novejši predori na naših avtocestah v celoti ustrezajo direktivi.

Namen diplomskega dela je predstaviti analizo sistemov upravljanja 13 predorov na slovenskih avtocestah in hitrih cestah, opozoriti na morebitne anomalije in podati predloge za izboljšave. Priporočilo direktive 2004/ 54/ ES je implementacija minimalnih varnostnih zahtev za predore znotraj TEN-T pa tudi izven, saj bomo lahko le tako dosegli celostno in enovito podobo slovenskih predorov in tako eliminirali morebitne nejasnosti in nevšečnosti, ki lahko privedejo do tragičnih dogodkov.

Začetek diplomske naloge bo izdelan v obliki izvlečka zakonodaje, ki vpliva na opremo, naprave in sisteme za vodenje prometa v območju predorov.

Glavni poudarek bo na jedru diplomskega dela, ki bo vsebovalo vizualno in primerjalno analizo 13 predorov na slovenskem avtocestnem križu, ki so daljši od 500 m (t.j. Predor Trojane, Kastelec, Dekani, Karavanke, Jasovnik, Šentvid, Ločica, Golo rebro, Pletovarje, Cenkova, Podmilj, Golovec, Podnanos).

Podatki, potrebni za analizo stanja, so pridobljeni s pomočjo Googleve aplikacije Street View in v sodelovanju z Družbo za avtoceste Republike Slovenije (DARS) ter Ministrstvom za infrastrukturo in prostor RS. Fokus analize bo na vgrajeni predorski opremi, brez podrobnega analiziranja vsakega sistema, podsistema in kosa opreme, predvsem za primer požarne varnosti.

2 OSNOVE

2.1 Uredba o tehničnih normativih in pogojih za projektiranje cestnih predorov v Republiki Sloveniji, o predorih

2.1.1 Definicije

Uredba o tehničnih normativih in pogojih za projektiranje cestnih predorov v Republiki Sloveniji (UL RS št. 48/ 06 in UL RS 109/ 10) narekuje tehnične zahteve, pogoje in normative, ki jih je potrebno upoštevati pri izdelovanju projektne in tehnične dokumentacije, namenjene za gradnjo, uporabo in vzdrževanje cestnih predorov, s čimer zagotovimo prometno varnost in ekonomičnost gradnje, uporabe in vzdrževanja predorov [4].

Iz omenjene uredbe so povzete definicije strokovnega izrazoslovja za predore:

- Cestni predor je podzemni gradbeni objekt v trasi ceste, s katerim se omogoča:
 - ohranjanje poteka ceste v predpisanih mejah geometrijskih in tehničnih elementov ceste skozi reliefne pregrade,
 - zagotavljanje zaščite okolja ceste pred čezmernimi škodljivimi vplivi cestnega prometa,
 - izvedba podzemnega poteka ceste na območjih, na katerih je zaradi krajinskih ali urbanih značilnosti ali drugega pomembnega elementa rabe prostora ni mogoče zgraditi na površini.
- Pokrit vkop je podzemni gradbeni objekt obokane ali pravokotne oblike v trasi ceste, ki je izveden v vkopu in naknadno zasut.
- Galerija je gradbeni objekt, praviloma pravokotne ali ločne oblike, ki je zgrajen po sistemu odprte gradnje na lavinsko (sneg, kamenje) ogroženih mestih v trasi ceste. Galerija je lahko zasuta, delno zasuta ali nezasuta. V zunanji steni so navadno izdelane odprtine v obliki oboka ali pravokotnika. Zahteve za izvedbo stene z odprtinami so iste kakor za izvedbo stebričaste vmesne stene.
- Enosmerni predor je predor, pri katerem vožnja v predorski cevi poteka na vseh prometnih pasovih v isto smer. Hitrost vožnje skozenj je omejena na največ 100 km/h.
- Dvosmerni predor je predor, pri katerem promet v predorski cevi poteka v dveh nasprotnih smereh. Med njima je treba predvideti dodatno zaščitno širino 0,50 m. Hitrost vožnje skozi dvosmerni predor je omejena na največ 80 km/h.
- Večpasovni predor je predor, ki ima več prometnih pasov. To so lahko trije vozni pasovi ali pa dva vozna in en dodatni pas. Večpasovni predor je praviloma največ tripasovni. Izjema so primeri, ko se v predoru priključujejo oziroma izključujejo kraki cestnega priključka.
- Enocevni predor je predor, ki ima eno samo predorsko cev. Kadar je izveden kot prva faza gradnje dvocevne predora, je treba pri načrtovanju predvideti ukrepe, ki omogočajo nemoteno zgraditev druge cevi.
- Dvocevni predor je predor, ki ima dve predorski cevi, po katerih praviloma poteka enosmerni promet. Cevi predora sta razmaknjeni in praviloma vzporedni.
- Prečnik je predor, ki povezuje dve cevi dvo- ali večcevne predora. Omogoča zasilno preusmeritev prometa oziroma umik ljudi v izjemnih primerih in se uporablja kot pomožni objekt pri vzdrževanju predora. Dimenzije prereza so odvisne od namena uporabe.
- Oprema predora so naprave, ki zagotavljajo nemoten in prometno varen potek prometa v delno omejenih razmerah, hkrati pa omogočajo izvedbo posebnih ukrepov v posebnih razmerah. K tej opremi se štejejo tudi elementi, ki so nameščeni na cestišču na potrebni razdalji pred vhom v predor.
- Odperta trasa je del ceste zunaj območja podzemnih gradbenih objektov.

- Vozni pas je prometni pas, ki poteka po desni strani vozišča in je pri normalnem obratovanju ceste namenjen za vožnjo v eni smeri. Odvisno od vrste ceste je na vozišču lahko en, dva ali več voznih pasov. Na dvosmerni dvopasovni cesti se posamezni vozni pas lahko uporablja tudi za prehitavanje v nasprotni smeri, kjer in kadar je to tehnično in prometno mogoče in dovoljeno.
- Prehitevalni pas je prometni pas na vozišču, ki poteka po levi strani vzdolž enega ali več voznih pasov in je pri normalnem obratovanju ceste namenjen za prehitavanje, pri močno zgoščenem prometnem toku pa tudi kot dodatni vozni pas.
- Portal je začetek oziroma konec predora na prehodu v odprto traso. V širšem pomenu je portalno območje tisti del odprte trase pred predorom, kjer so nameščeni objekti, oprema in naprave, potrebne za nemoteno in varno uporabo predora.
- Odstavna niša je prostor v podzemnem gradbenem objektu za zaustavljanje vozil v nuji, kadar odstavni pas ni predviden. Zgrajena je na desni strani vozišča v smeri vožnje in je glede na vrsto prometa skozi objekt opremljena z dodatno opremo.

2.1.2 Delitev predorov glede na dolžino

Dolžina predora močno vpliva na izbiro ustrezne geometrije in tehničnih elementov pri ureditvi ceste skozi predor. Ključen vpliv ima tudi na izbiro načina gradnje predora in na psihofizično stanje in odziv voznikov, zato predore delimo na kratke, srednje dolge in dolge.

- Kratki predor ima dolžino do 200 m. Skozenj poteka cesta v nespremenjeni sestavi normalnega prečnega profila, v dimenzijah, kakršne so uporabljene na odprti trasi te ceste, hitrost pa ni posebej omejena. Ne glede na določbo prejšnjega stavka mora biti niveleta ceste skozi predor izvedena po določbah iz 11. člena uredbe o tehničnih normativih in pogojih za projektiranje cestnih predorov v Republiki Sloveniji. Zagotovljena mora biti neprekinjena zaustavitvena preglednost (zadostna velikost horizontalnih geometrijskih elementov ceste ali razširjen profil ali omejena vozna hitrost).
- Srednje dolgi predor ima dolžino od 200 do 1000 m. Horizontalni geometrijski elementi osi ceste so omejeni s preglednostjo in maksimalnim prečnim nagibom 4 odstotke. Vzpon nivelete je omejen v skladu z določbami 12. člena uredbe o tehničnih normativih in pogojih za projektiranje cestnih predorov v Republiki Sloveniji. Sestav in dimenzije elementov vozišča (prečni profil) so lahko spremenjeni. Hitrost je omejena na največ 80 km/h v dvosmernih predorih oziroma 100 km/h v enosmernih.
- Dolgi predor ima dolžino nad 1000 m. Horizontalni geometrijski elementi osi ceste so omejeni s preglednostjo, maksimalnim prečnim nagibom 4 odstotke ter s pogoji iz 10. in 11. člena te uredbe. Vzpon nivelete je minimalen na ravni zagotavljanja odvodnjavanja, niveleta pa izvedena v skladu z določbami 12. člena uredbe o tehničnih normativih in pogojih za projektiranje cestnih predorov v Republiki Sloveniji. Sestav in dimenzije elementov vozišča (prečni profil) so lahko spremenjeni. Hitrost je omejena na največ 80 km/h v dvosmernih predorih oziroma 100 km/h v enosmernih [4].

Navedene omejitve dolžin so namenjene predvsem planiranju predorov in niso strogo določene. Navedeni zgornji mejni dolžini za kratke in srednje dolge predore se pri predorih v urbanem okolju in pri kratkih predorih zunaj urbanega okolja lahko iz funkcionalnih, prostorskih, prometnovarnostnih in geoloških razlogov tudi povečata, vendar ne več kakor na dvakratno navedeno zgornjo dolžino. V takem primeru se sme določbe za izbiro geometrijskih elementov ceste po manj zahtevnem kriteriju, zlasti nivelete, uporabiti samo, če se izbere in dokaže zadostno prezračevanje predora [4].

2.1.3 Načela pri načrtovanju cestnih predorov

Poleg geometrijskih in funkcionalnih zahtev uredba o tehničnih normativih in pogojih za projektiranje cestnih predorov narekuje tudi naslednje zahteve:

- Predor mora izpolnjevati zastavljene funkcionalne zahteve. Omogočati mora pretok predvidenega števila vozil s predvideno vožno hitrostjo, pri čemer morajo biti izpolnjeni vsi predpisani pogoji za varnost v cestnem prometu [4].
- Predori morajo biti načrtovani in izdelani tako, da je zagotovljena varnost uporabnikov in vzdrževalcev pri normalni uporabi in v izjemnih primerih [4].
- Z načrtom predora mora biti predvideno in zagotovljeno ustrezno vzdrževanje vseh predorskih sistemov in naprav [4].
- Vse prej navedene zahteve morajo zadostiti določilom veljavnih nacionalnih in mednarodnih predpisov in standardov o načrtovanju in gradnji predorov [4].
- Minimalna oprema predorov, ki je predložena v EU direktivi 2004/54/EC "Minimum safety requirements for tunnels in the trans-European road network" (Uradni list EU L 201/56, 7.6.2004), se obvezno uporablja na cestah, ki so vključene v sistem TEN [4].
- Kadar so predori v zaporedju (sistem predorov), se oprema namenjena nadzoru in vodenju (upravljanju) prometa načrtuje skladno za celoten sistem predorov [4].
- Na cestah izven sistema TEN se načeloma uporablja enaka oprema predorov kot v sistemu TEN. V urbanih sredinah, kjer so vrste uporabnikov predora lahko tudi drugačne (pešec, kolesar) in je normalni prečni prerez ceste skozi predor temu prilagojen, je treba obseg opreme predora določiti v projektu za vsak primer posebej. Kadar se v takem predoru predvidi skromnejša oprema, kot je tista v sistemu TEN, se v njem obvezno omeji hitrost. Če je v predoru samo motorni promet, se hitrost omeji na največ 70 km/h in na 50 km/h, če je namenjen tudi drugim uporabnikom [4].
- Kadar število težkih tovornjakov s skupno maso nad 3,5 t presega 15% povprečnega letnega dnevnega prometa, ali je širina voznega pasu manjša od 3,5 m in kjer je maksimalni nagib nivelete v predoru večji od 3%, je treba izvesti posebno analizo ocene tveganja, s katero se ugotovi potreba po vgradnji zahtevnejše opreme v predoru [4].
- Uredba podaja minimalne pogoje. Pri projektiranju in gradnji predorov je dopustno uporabiti alternativne pristope in rešitve, če se dokaže, da z njimi predlagane rešitve zagotavljajo vsaj enak ali višji nivo varnosti in uporabnosti pri gradnji in uporabi predora [4].

2.2 Direktiva Evropskega parlamenta in Sveta 2004/ 54/ ES o predorih

Nadvse obetajoča Evropska direktiva 2004/ 54/ ES diktira minimalne varnostne zahteve za projektiranje predorov vključno s sistemi in napravami, hkrati pa odobrava možnost odločitve o ukrepih, ki temelji na podlagi rezultatov postopka ocene tveganj.

Varnost v predorih predstavlja širok pojem. Povezuje geometrijo, opremo (prometne znake, upravljanje prometa, svetlobne signalne naprave), usposabljanje služb za ukrepanje ob izrednih dogodkih, posredovanje informacij uporabnikom in nenazadnje izmenjavo informacij med odgovornimi organi in službami za ukrepanje ob izrednih dogodkih.

Direktiva 2004/ 54/ ES ob upoštevanju pogodbe o ustanovitvi evropske skupnosti, predlogov Komisije, evropskega ekonomsko-socialnega odbora in odbora regij upošteva tudi sledeče:

- ravnanje uporabnikov cest je odločilni dejavnik za varnost v predorih,
- v primeru nesreče mora biti omogočena evakuacija uporabnikov, morebitno ukrepanje uporabnikov za preprečitev hujših posledic, ukrepanje odgovornih služb pri prijemih zaščite okolja in omejitve materialne škode,
- posebne potrebe hendikepiranih uporabnikov, zlasti pri evakuaciji,
- opredelitev minimalne varnostne opreme za različne predore in obsege prometa, z razlogom izpopolniti pristop in omejiti morebitne previsoke stroške ob izrednih dogodkih,
- sistematično izmenjavo podatkov med članicami unije, o sodobnejši tehnologiji za vzdrževanje varnosti in podatkov o nesrečah v predorih,
- imenovanje enega ali večih organov, ki bodo kontrolirali delo upravitelja predorov,
- postopno in fleksibilno uveljavljanje določil direktive,
- uvedbo postopka, ki bo Komisiji omogočil prilagoditev zahtev direktive tehnološkemu napredku in uskladi metode analiziranja tveganj,
- spodbujanje usklajevanja uporabniških vmesnikov za vse predore na svojem ozemlju,
- spodbujanje članic pri vzpostavitvi primerljive varnostne ravni tudi za cestne predore, ki niso del TEN-T,
- spodbujanje članic pri razvijanju nacionalne določbe s ciljem doseči višjo stopnjo varnosti predorov [5].

2.2.1 Upravni organ

Vsaka članica imenuje enega ali več upravnih organov na nacionalni, regionalni ali lokalni ravni. Naloga upravnega organa je sprejemanje ukrepov za zagotavljanje skladnosti z direktivo in skrb za vzpostavitev vseh varnostnih vidikov znotraj predorov. Poleg naštetega upravni organ opravlja tudi naslednje naloge:

- redno preskušanje in pregledovanje predorov ter oblikovanje varnostnih zahtev v zvezi s tem,
- vzpostavljanje organizacijskih in operativnih shem (vključno z načrti za ukrepanje ob izrednem dogodku) za usposabljanje in opremljanje služb za ukrepanje ob izrednih dogodkih,
- opredelitev postopka za takojšnje zaprtje predora v nujnem primeru,
- izvajanje potrebnih ukrepov za zmanjšanje tveganja [5].

Za predore, ki se nahajajo na ozemlju dveh članic, vsaka izmed njiju imenuje upravni organ, skupaj pa imenujeta še skupni upravni organ.

Upravni organ ima moč omejiti ali ustaviti obratovanje predora v primeru, da ta ne izpolnjuje varnostnih zahtev ter določi pogoje za ponovno vzpostavitev normalnega prometa [5].

2.2.2 Upravitelj predora

Upravni organ imenuje upravitelja predora, ki je lahko javno ali zasebno telo, za upravljanje katerekoli faze projekta. Funkcijo upravitelja predora lahko opravlja tudi upravni organ.

Za predore, ki se nahajajo na ozemlju dveh članic, upravna organa oz. skupni upravni organ prizna zadolženo telo za upravljanje predora.

Dolžnost upravitelja predora je tudi izdelava poročila o incidentu v predoru. Poročilo mora prej kot v enem mesecu od incidenta posredovati upravnemu organu, uradniku za varnost in službam za ukrepanje ob izrednem dogodku [5].

2.2.3 Uradnik za varnost

Za vsak predor upravitelj predora po predhodnem soglasju upravnega organa imenuje uradnika za varnost, ki koordinira vse preventivne in zaščitne ukrepe za zagotovitev varnosti uporabnikov in operativnega osebja. Uradnik za varnost je lahko član osebja predora ali službe za ukrepanje ob izrednem dogodku, je neodvisen pri vseh zadevah v zvezi z varnostjo cestnega predora in glede teh zadev ne prejema navodil delodajalca. Uradnik za varnost lahko opravlja svoje naloge in funkcije pri več predorih v regiji [5].

Uradnik za varnost opravlja naslednje naloge:

- zagotavlja koordinacijo s službami za ukrepanje ob izrednem dogodku in sodeluje pri pripravi operativnih shem,
- sodeluje pri načrtovanju, izvajanju in ocenjevanju ukrepanja ob izrednem dogodku,
- sodeluje pri opredeljevanju varnostnih shem in določanju strukture, opreme in obratovanja pri novih predorih in spremembah obstoječih predorov,
- preverja, da so operativno osebje in službe za ukrepanje ob izrednem dogodku usposobljeni in sodeluje pri organizaciji vaj, ki se izvajajo v rednih intervalih,
- svetuje glede dajanja v obratovanje strukture, opreme in obratovanja predorov,
- preverja, da sta struktura in oprema predora vzdrževani in popravljani,
- sodeluje pri ocenjevanju morebitnega incidenta ali nesreče [5].

Za zagotavljanje brezhibnosti in spoštovanja vseh določb je v vsaki članici imenovan inšpekcijski organ (lahko tudi upravni organ), ki deluje ločeno od upravitelja predora, zagotavlja inšpekcijske preglede, ocenjevanja in preskuse. Inšpekcijski organ mora imeti visoko raven pristojnosti in kakovosti [5].

V primeru, da je za predor potrebna analiza tveganja, jo opravi telo, ki je funkcionalno neodvisno od upravitelja predora. Vsebina in rezultati analize morajo biti zajeti v varnostni dokumentaciji in predloženi upravnemu organu [5].

3 OPREMA PREDOROV, VARNOSTNE NAPRAVE IN SISTEMI ZA UPRAVLJANJE PREDORA

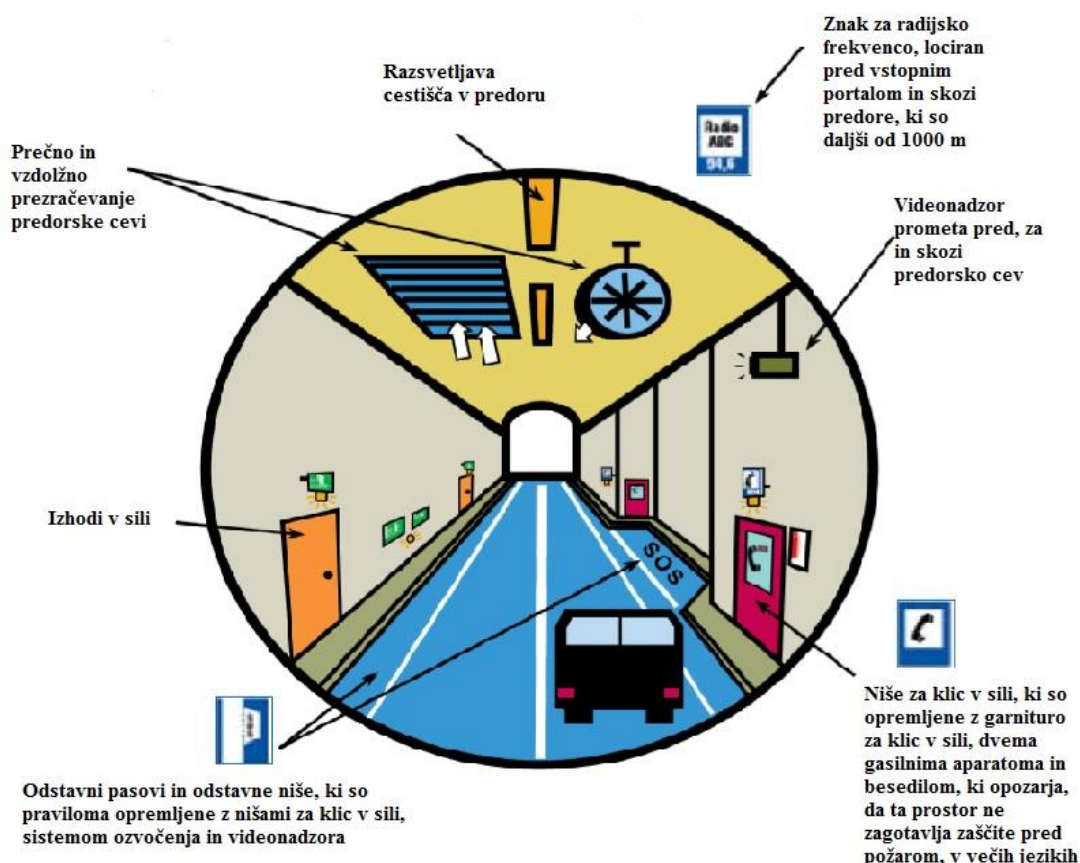
3.1 Splošno

S sistemi za upravljanje, varnostnimi napravami in napravami opreme predora zagotavljamo na odsekih cest, kjer se predori nahajajo, kar se da najboljše prometne razmere, izvajanje varnega poteka prometa in ukrepov ob posebnih dogodkih. Načrtovanje naprav in sistemov za upravljanje predora narekujejo potrebe po normalnem delovanju in potrebe po vzdrževanju (predvidljivi izredni dogodki). Ključno vlogo pri načrtovanju pa imajo izredni dogodki (nesreča, vožnja v nasprotno smer...), požar in razlitje nevarne snovi [4].

Željeno funkcionalnost naprav in sistemov za upravljanje dosežemo z obvezno interaktivnostjo. Glavni namen naprav in sistemov za upravljanje je zbiranje podatkov (normalen promet, prometne nezgode, požar, vzdrževalna dela, kakovost zraka v predoru) in upravljanje sistemov in naprav pri običajnem obratovanju in ob izrednih dogodkih na območju pred predorom in v njem. Oprema preko sistemov za upravljanje upravlja promet v primerih, ko prometne značilnosti dosežejo kritične vrednosti, ko okoljske razmere ogrožajo varnost uporabnikov in ob napovedanih in nenapovedanih dogodkih v predoru oziroma na odseku, kjer je predor [4].

Sistemi za upravljanje prometa pred in v predoru svojo funkcijo opravljajo preko naprav, kot so trodelni in enodelni semaforji, spremenljiva prometnoinformativna signalizacija (SPIS), klic v sili, video nadzor, ozvočenje ipd. Hkrati sistemi za upravljanje upravljajo tudi prezračevanje v predoru, s čimer zagotavljajo ustrezne okoljske razmere in razsvetlavo v predoru [4].

Za zagotovitev brezhibnega delovanja naprav in sistemov mora biti zagotovljena neprekinjena oskrba z električno energijo iz omrežja ali zasilnega napajanja [4].



Slika 1: Varnostna oprema v cestnih predorih [6].

Na izbiro sestavnih delov opreme predorov vplivajo naslednji dejavniki:

- vrsta izvedbe predora,
- kategorija ceste,
- prometni namen ceste (vozila in drugi uporabniki) [4].

Parametri, ki vplivajo na izbiro opreme, so:

- število cevi in voznih pasov, dovoljena hitrost,
- geometrija predora (dolžina, vzdolžni in prečni potek, presek, širina voznih pasov),
- predvidena hitrost, eno- oziroma dvosmerni promet, povprečni promet, nevarnost zastojev, prisotnost in pogostost tovornega prometa ter nevarnega tovora,
- dostopne poti in dostopni čas reševalnih ekip,
- zemljepisne, meteorološke in osvetlitvene značilnosti, predvsem na območju portalov [4].

Pod pojmi »oprema predora, varnostne naprave in sistemi za upravljanje« spadajo:

- sistem oskrbe z električno energijo,
- razsvetljava predora,
- prezračevanje predora,
- varnostni objekti v predoru,
- sistem klica v sili,
- videonadzor,
- sistem samodejnega zaznavanja izrednih dogodkov,
- predorske radijske naprave,
- ozvočenje,
- oprema, naprave in sredstva za varstvo pred požarom,
- sistem za upravljanje prometa,
- sistem oziroma omrežje za prenos podatkov,
- center za upravljanje predorov (CUP),
- naprave za odvodnjavanje hribinske vode,
- prometna oprema (signalizacija, smerniki, varnostne ograje – po potrebi) v odvisnosti od kategorije ceste in količine prometnega toka,
- napeljave in naprave za pošiljanje radijskih in telefonskih signalov (antene),
- drugi sistemi, ki se bodo z razvojem tehnologije uveljavili za povečanje varnosti prometa v predorih [4].

3.2 Podrobneje o varnostnih napravah in sistemih za upravljanje

3.2.1 Razsvetljava predora

Razsvetljava predora ima veliko pomembnost pri varnosti v predoru. Omogoča varen vstop, prehod in izstop iz predora. Prilagoditev voznikovih oči pri vstopu in vožnji skozi predor je najpomembnejši faktor pri razsvetljavi predora, zato mora biti razsvetljava nameščena vzdolž celotnega predora. Razsvetljava se namešča v predorih, kjer je čas, ki je potreben za prehod predora, daljši od tistega, ki je potreben za prilagoditev voznikovih oči na spremembo razmer. Hkrati pa mora biti razsvetljen predor zaradi izboljšanja svetlobnih razmer po stenah prebarvan s svetlo barvo (RAL 9001) do višine štirih metrov.

Pod pojmom sistemi razsvetljave predora razumemo tudi:

- oznake z notranjo osvetlitvijo, nameščene na stenah predora (1,0 m – 1,5 m nad pločnikom in na vsakih 50 m), ki služijo označevanju poti umika v primeru požara,
- sijalke na območju odstavnih niš, ki sijajo z dvakratno močjo notranje osvetlitve,
- LED diode rdeče oziroma bele barve, nameščene na pločnikih za povečanje vidnega vodenja (na 15 m v vztopnem in 25 m v notranjem območju predora), ki so hkrati del sistema za upravljanje prometa v predoru.

Za pridobitev natančnih fotometričnih vrednosti razsvetljave je potrebna izdelava svetlobnotehničnega elaborata.

Odsek ceste, kjer se nahaja predor, je z vidika razsvetljave razdeljen na pet območij:

- odprta trasa,
- območje prilagajanja ob vstopu (območje približevanja in vstopno območje, ki ga dodatno delimo na začetno in prehodno območje),
- notranjost predora,
- izhodno območje.

3.2.2 Prezračevanje predorov

V predorih je lahko prezračevanje urejeno v vzdolžni, polprečni, prečni in kombinirani smeri. Dimenzionirano mora biti tako, da vzdržuje predpisane omejitve prisotnosti ogljikovega monoksida, dušikovega monoksida, aldehydov in neizgorelih ogljikovodikov, poleg tega mora biti zagotovljena zadovoljiva vidljivost pri normalnem obratovanju predora. Na dimenzioniranje hkrati vpliva tudi hitrost gibanja zraka ob normalnem delovanju in ob požaru v predoru.

V vsaki predorski cevi, v kateri je nameščen mehanski prezračevalni sistem, morajo biti na vsakem prezračevalnem odseku načrtovani: dva merilna sistema za merjenje CO in vidljivosti ter merilni sistem za merjenje hitrosti in smeri zraka v predoru. Pri vzdolžnih prezračevalnih sistemih so za nadzor hitrosti zraka in kontrolo delovanja prezračevalnega sistema na vsakem prezračevanem odseku nameščene merilne naprave [4].

3.2.3 Sistem klica v sili

Govorne garniture za klic v sili morajo biti nameščene pred portali predorov in v predorih, daljših od 500 m. Prva niša ne sme biti oddaljena manj kakor 200 m od vstopnega portala, v notranjosti pa so nameščene na medsebojni razdalji 150 m vzdolž ene strani predorske cevi. Pri enosmernem prometu v predoru so nameščene ob voznem pasu na desni strani v smeri vožnje.

V notranjosti predora morajo biti govorne garniture za klic v sili nameščene v nišah, ki se zapirajo z vrati, ob portalih pa so tako na stebričkih kakor ob cesti zunaj predora ali v posebnih kabinah. Niše morajo biti jasno označene in opremljene z dvema ročnima gasilnikoma s po vsaj šestimi enotami gasila.

Sistem klica v sili mora biti povezan s centrom za upravljanje predora [4].

3.2.4 Videonadzor, televizija zaprtega kroga

V predorih, daljših od 500 m, in pri sistemu več predorov, tudi v krajših, mora biti nameščen sistem videonadzora, ki mora operaterjem v centru za upravljanje omogočati stalen pregled nad dogajanjem vzdolž celotnega predora in na območju obeh portalov. Videokamere morajo biti nameščene na mestih, ki omogočajo kar najboljši pregled nad dogajanjem v predoru, in na območju portalov v taki medsebojni razdalji, ki omogoča nadgradnjo videosistema s sistemom samodejnega zaznavanja izrednih dogodkov.

V izrednih primerih, klicu v sili ali požarnem alarmu se mora slika na monitorju v nadzornem centru samodejno preklopiti na kamero na prizadetem mestu in hkrati sprožiti signalizacijo zapore pred predorom [4].

3.2.5 Samodejno zaznavanje izrednih dogodkov

Na avtocestah in hitrih cestah je v predorih dolžine nad 1000 m potrebna namestitev opreme za samodejno zaznavanje izrednih dogodkov [4].

3.2.6 Predorske radijske naprave

V predorih, daljših od 500 m, mora biti nameščen radijski sistem, ki omogoča komunikacijo z ločenimi frekvencami za intervencijske službe (policijo, gasilce in reševalce) in vzdrževalce ter nacionalni radijski program z možnostjo vključevanja v program iz centra za upravljanje predora.

Predorski radijski sistem mora omogočati delovanje enotnega radijskega sistema intervencijskih služb v Republiki Sloveniji [4].

3.2.7 Ozvočenje

Na avtocestah in hitrih cestah je v predorih dolžine nad 1000 m potrebna namestitev zvočnikov na mestih, kjer je mogoče zagotoviti dobro slišnost za pošiljanje sporočil v izrednih dogodkih (npr. na portalih in v odstavnih nišah) [4].

3.2.8 Varnostni objekti v predoru

Za zagotavljanje varnosti uporabnikov se v cestnih predorih predvidijo naslednji varnostni objekti:

- poti umika in zasilni izhodi,
- odstavne niše,
- vmesni prečni prehodi za pešce,
- vmesni prečni prehodi za vozila,
- niše za klic v sili.

Poti umika in zasilni izhodi morajo biti omogočeni uporabnikom v primeru požara ali nesreče. Osebam mora biti omogočeno, da zapustijo predor skozi izhode na prosto, prečne povezave v drugo predorsko cev, izhode v varnostne rove, lahko tudi v pilotno ali raziskovalno galerijo za načrtovano drugo predorsko cev ali skozi varno področje z reševalnimi potmi, ločenimi od predorskih cevi. Dva najbližja izhoda v sili morata biti označena na stenah predora, na razdalji, manjši od 25 m, na višini od 1,1 do 1,5 m in z oznako razdalje. Zatočišč brez izhoda do evakuacijskih poti, ki vodijo na odprto, ni dovoljeno graditi.

Ukrepi na vhodih v zasilne izhode (vrata) morajo preprečevati širjenje dima in vročine v zasilne izhode, da je uporabnikom predora omogočen varen umik, reševalnim ekipam pa dostop v predor.

Odstavne niše se izvajajo v predorih daljših od 1000 m. Razdalja med odstavnimi nišami v dolgih predorih ne sme presegati 1000 m.

Vmesni prečni prehodi za pešce se načrtujejo zaradi nujnih primerov in vzdrževanja predora, v predorih, ki so daljši od 1000 m. Razdalja med prečnimi prehodi za pešce ne sme presegati 500 m. Najmanjša svetla odprtina prehoda je $1\text{ m} \times 2\text{ m}$.

Vmesni prečni prehodi za vozila morajo biti predvideni v vseh predorih, daljših od 2000 m.

Vmesni prečni prehodi za intervencijska vozila morajo biti izdelani ob vsaki odstavni niši. Najmanjša svetla odprtina prehoda je $3,5 \times 3,6\text{ m}$.

Niše za klic v sili morajo biti razporejene tako, da razmak med njimi ni večji od 150 m in da njihova oddaljenost od portalov ali vhodov v predor ni manjša od 200 m [4].

3.2.9 Sistem za upravljanje prometa

Zasnova sistema mora omogočati predvidevanje predvidljivih izrednih dogodkov (npr. vzdrževalna dela, izredni prevoz) in nepredvidljivih izrednih dogodkov (nesreča, vožnja v nasprotni smeri, zastavljena vozila, požar, razlitje nevarne snovi ipd.).

Ob izrednem dogodku v predoru mora sistem poleg samodejnega, če je glede na kategorijo predora vgrajen, omogočati ročni zagon ustreznih ukrepov za upravljanje predora in informiranje uporabnikov cest (prometna nesreča, vzdrževalna dela).

Prometnoinformativna signalizacija mora zagotavljati prikaz vsebin, ki se prilagajajo trenutnim razmeram na cesti ter omogočajo upravljanje prometnih tokov in informiranje uporabnikov ceste pred predorom in v njem. Velikost, svetilnost in položaj prometnoinformativne signalizacije v odvisnosti od lege (portal predora, obod predorske cevi) mora zagotavljati čim boljše vidnost vsebine pri največji dovoljeni hitrosti vozil v vseh okoljskih razmerah.

Krmilniki nadzorno-krmilnega sistema morajo podatke, pridobljene s prometnimi in okoljskimi merilniki, ustrezno obdelati, komunicirati z drugimi napravami sistema upravljanja ter krmiliti prometnoinformativno signalizacijo, razsvetljavo in prezračevanje.

Sistem za upravljanje prometa v predoru, pred in za njim, sestavljajo:

- prometnoinformativna signalizacija:
 - prometni znaki,
 - neprometni (informativni) znaki,
 - svetlobne signalne naprave (SSN): enodelni semaforji (utripalci) in tridelni semaforji,
- spremenljiva prometna signalizacija (SPS):
 - spremenljivi prometni znaki (SPZ) – večpomenski,
 - spremenljiva prometnoinformativna signalizacija (SPIS) – večpomenska,
- prometna oprema,
- nadzorno-krmilni sistem: merilniki in naprave za krmiljenje [4].

3.2.10 Merilniki za zajem podatkov

Merilniki za zbiranje prometnih in okoljskih podatkov morajo biti na takih mestih, da zagotavljajo oris realnega prometnega stanja vzdolž celotne dolžine predora, posebno pozornost pa je treba posvetiti območjema vhoda in izhoda. Merilniki se praviloma namestijo v predorski cevi in nišah ter v pogonskih centralah in na vplivnem območju zunaj predora. Merilniki za zbiranje okoljskih podatkov morajo biti nameščeni na mestih, ki zagotavljajo zajemanje najbolj kritičnih podatkov.

Merilniki morajo izpolnjevati naslednje zahteve:

- merilniki za zbiranje prometnih podatkov morajo v realnem času zagotavljati številne podatke, podatke o hitrosti vozil, strukturo prometa za vsak prometni pas posebej,
- merilniki za zbiranje okoljskih podatkov morajo zagotavljati požarno javljanje, merjenje CO in vidljivosti, vzdolžne hitrosti zraka v predorski cevi in vremenske podatke zunaj predora, če lahko vplivajo na stanje prometa v njem [4].

3.3 Prometna signalizacija in prometna oprema predorov

Cestne označbe pred, v in za predorom morajo biti skladne s Pravilnikom o prometni signalizaciji in prometni opremi na javnih cestah (Ur. l. RS, št. 46/2000), ki predpisuje vrsto, pomen, obliko, barvo, velikost in postavljanje prometne signalizacije in prometne opreme na javnih cestah, in z EU direktivo 2004/54/EC.

Cestne označbe uporabljamo zato, da označimo spodaj opisane poti za izhod v sili in varnostne naprave v predorih:

- izhod v sili: enak znak mora biti uporabljen na vhodu neposrednega izhoda na prosto, na povezavah z drugo predorsko cevjo ali v varnostno galerijo; mora biti skladen s piktogrami, ki jih predlaga standard ISO 6309 ali standard SIST EN 12899; na stenah je potrebno označiti tudi dva najbližja izhoda, in sicer približno na vsakih 25 m na višini 1,1 do 1,5 metra;
- evakuacijske poti do izhodov v sili: dva najbližja izhoda v sili morata biti označena na stenah predora, na razdalji manjši od 25 m, na višini od 1,1 do 1,5 m, z oznako razdalje;
- niše za klic v sili: z oznako o dostopnosti do sistema za klic v sili in gasilnih aparatov; na razdalji manjši od 150 m; niso namenjene zaščiti uporabnikov ceste v primeru požara; v nišah za klic v sili naj jasno čitljivo besedilo, napisano v več jezikih, opozarja, da varnostna niša ne zagotavlja zaščite v primeru požara;
- odstavne niše: najmanj na vsakih 1.000 m; sistematično naj bodo označena vnaprej; izogibaljšča po definiciji vključujejo tudi dostop do telefona za klic v sili in najmanj dveh gasilnih aparatov;
- radijske frekvence: znak naj bo postavljen na vhod predora in v dolgih predorih še vsakih 1.000 m.

Obvezna vertikalna prometna signalizacija pred predorom mora vključevati:

- znak "predor": ta znak opomni uporabnike, naj se pripravijo na vožnjo v predoru;
- znak "ime predora", ki kaže dolžino ter ime predora; za predore daljše od 3.000 m je predlagana namestitvev znaka "dolžina do konca predora", ki se ponovi na vsake 1000 m;
- znak "omejitev hitrosti": največja dovoljena hitrost vožnje v predoru;
- kjer je to potrebno, znak "prepovedano prehitevanje vseh motornih vozil razen enoslednih" ali "prepovedano prehitevanje za tovorna vozila";
- kjer je potrebno, tudi dodatni znaki:
 - "prepoved prometa za vozila, ki prevažajo eksplozivne ali lahko vnetljive snovi",

- "prepovedan promet za vozila, ki prevažajo nevarno blago",
- "prepovedan promet za vozila, pri katerih skupna višina presega določeno višino",
- "najmanjša razdalja med vozili".

Obvezna vertikalna prometna signalizacija v predoru vključuje:

- pri dolgih predorih ponovitev znaka za "omejitev hitrosti" vsake 500 m;
- pri dolgih predorih, kjer je to potrebno, vsakih 500 m ponoviti znak "prepovedano prehitevanje vseh motornih vozil razen enoslednih" ali "prepovedano prehitevanje za tovorna vozila".

Obvezna vertikalna prometna signalizacija za predorom vključuje:

- znak "prenehanje vseh prepovedi in omejitev" (za predorom) ali pa drugi znaki za izrecne odredbe.

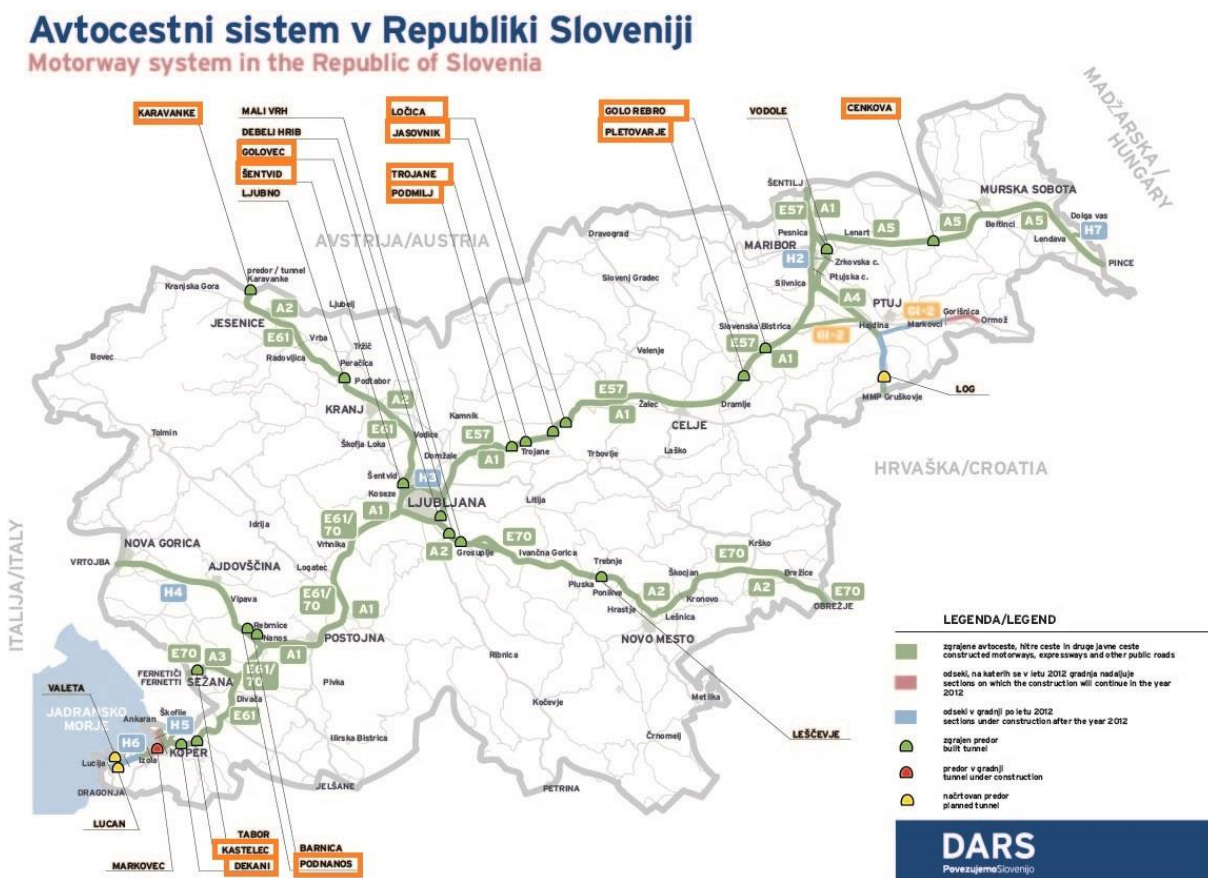
Dolgi predori morajo imeti sistem za zaustavitev vozil pred predorom. Tisti, ki so daljši od 3000 m, pa še v predoru, in sicer ponavljajoče na vsake 1000 m. Priporočljiva je uporaba spremenljive prometno-informativne signalizacije pred in skozi predor in polzapornic pred predorom.

V predorih, kjer poteka nadzor, se mora spremenljiva prometno-informativna signalizacija (SPIS) uporabiti na vhodu v predor, po možnosti pa tudi pred predorom, s čimer se lahko v primeru izrednih dogodkov prikažejo različna sporočila in tako v primeru izrednega dogodka ustavi promet še pred vhodom v predor.

V dolgih predorih je te naprave potrebno postaviti tudi znotraj predora [4].

4 PREGLED OPREME IN SISTEMOV UPRAVLJANJA

Analiza je izdelana na 13 slovenskih predorih na avtocestnem sistemu, t.j. na predorih Trojane, Kastelec, Dekani, Karavanke, Jasovnik, Šentvid, Ločica, Golo rebro, Pletovarje, Cenkova, Podmilj, Golovec in Podnanos.



Slika 2: Avtocestni sistem v Republiki Sloveniji s prikazom predorov [2].

Podatki, ki so navedeni v analizi, so zajeti s pomočjo Googleve aplikacije Street View, iz baze podatkov DARS-a in baze podatkov Ministrstva za infrastrukturo in prostor RS. Vseh 13 predorov je analizirano vizualno, hkrati pa analiza vseh predorov, z izjemo predora Golo rebro in Pletovarje, temelji na pridobljenih podatkih iz baze javno dostopnih podatkov prej naštetih ustanov. Pri dvocevnih predorih je analizirana daljša predorska cev.

Iz analize sem izvil predor Markovec, ki sicer ustreza kriterijem za analizo, a je še v izgradnji. Vsi analizirani predori so oskrbljeni z električno energijo, v ta namen pa so v območju predorov postavljene trafo postaje.

Uredba o tehničnih normativih za projektiranje cestnih predorov v Republiki Sloveniji in Direktiva evropskega parlamenta in Sveta 2004/ 54/ ES narekujejo določene zahteve in podajata nasvete za namestitve opreme predorov, varnostnih naprav in sistemov za upravljanje prometa v območju predorov. Na osnovi slednjih omejitev je v sklopu analize izdelana razpredelnica (glej Priloga A), v kateri je nazorno prikazana prisotnost omenjenih sistemov in naprav v analiziranih predorih.

4.1 Pregled stanja v predoru Trojane

- Za namen preskrbe z električno energijo sta zgrajeni dve trafo postaji.
- Skozi predor je nameščena vzdolžna razsvetljava v eni vrsti na stropu predora. Posebej so osvetljene odstavne niše z metalhalogenoidnimi sijalkami, ki producirajo belo svetlobo. Na robnikih so za povečanje vidnega vodenja nameščene enovrstične LED diode rdeče in bele barve. Stene predora so zaradi povečane vidljivosti in vidnega vodenja do višine štirih metrov pobarvane s svetlo barvo RAL 9001. Znotraj predora se pojavljajo znaki z notranjo osvetlitvijo za smer evakuacije (ob desni strani vozišča), znaki za klic v sili in znaki za odstavne niše. Na tleh hodnika za pešce ter na prečnih prehodih so nameščeni LED smerniki, ki se vključijo v primeru detekcije požara, vožnje v nasprotno smer in stoječega vozila. Na stenah obeh predorskih cevi so nameščene posebne varnostne svetilke in fotoluminiscentne table. Razsvetljava predora zajema tudi režim zasilne razsvetljave in razsvetljave prečnih povezovalnih rovov.
- Ob normalnem obratovanju se predor prezračuje naravno (tlačna razlika med portaloma in batni efekt), za izredne dogodke pa so paroma nameščeni »jet fan« ventilatorji na stropu predora, kot prisilno vzdolžno prezračevanje v spremstvu merilnikov za prekomerno koncentracijo CO, merilnikov za vidljivost v predorski cevi in merilnikov za hitrost in smer zraka v cevi.
- Pred portaloma predora so nameščene garniture s sistemom za klic v sili na stebričkih, skozi analizirano predorsko cev se zvrsti 14 niš s sistemom klica v sili s po dvema gasilnima aparatoma in vrati, ki se zapirajo na desni strani v smeri vožnje. S stropa predora ob nišah za klic v sili visi znak z notranjo osvetlitvijo (III-41), ki opozarja na nišo za klic v sili.
- Na vstopnem in izstopnem portalu sta nameščeni premični kameri. Videonadzor prometa je nameščen tudi pred in za portaloma predora. Skozi predor se zvrsti 36 barvnih kamer visoke ločljivosti s fiksnim objektivom, pri prečnih prehodih pa so nameščene dodatne vrtljive kamere z zoom objektivom.
- Predor je opremljen s sistemom za samodejno zaznavanje izrednih dogodkov ter z nadzorno-kriminilnim sistemom. V omenjene sisteme so vključeni merilniki za zajem prometnih podatkov, merilniki za požarno javljanje v predoru, merilniki CO in vidljivosti v predoru na dveh merilnih mestih, merilniki vzdolžne hitrosti zraka in merilniki za zajem vremenskih podatkov pred predorom. Naloge krmilno-nadzornega sistema opravlja mikroračunalniški nadzorni in krmilni sistem, skozi predor pa je v ta namen nameščenih 13 lokalnih postaj v elektro nišah in nišah za klic v sili.
- Pred predorom je nameščen znak III-74, ki opozarja, da je skozi predor omogočena neprekinjena radijska zveza z možnostjo komuniciranja med vzdrževalci, policijo, gasilci in reševalci. Predvideno je tudi neprekinjeno spremljanje radijske frekvence VAL 202.
- Sistem ozvočenja zajema zvočnike na stenah vstopnega in izstopnega portala.
- Varnostni objekti zajemajo izhode na prosto, 5 prečnih povezav v drugo cev za pešce in vozila (ki so označeni z znakoma z notranjo osvetlitvijo na vhodu v prečnik), označbe razdalje do dveh najbližjih izhodov v sili na stenah (na višini 1,1-1 m, na vsakih 25 m), dve odstavni niši skozi eno cev z nišami za klic v sili, ki so opremljene s po dvema gasilnima aparatoma.
- V območju predora so nameščeni znak »predor« (I-24) pred predorom; znak »ime predora« (III-65) ob vstopnem portalu; znak »omejitev hitrosti« (II-30) na 80 km/h pred predorom; znak »prepovedano prehitevanje za tovorna vozila« (II-29) pred predorom v kombinaciji z znakom »predor« (I-24); znak »najmanjša razdalja med vozili« pred predorom, ki velja za težka vozila (II-25, IV-6); znak »bližina svetlobnih prometnih signalov« (I-20).
- Predor je opremljen z naslednjimi komponentami sistemov za upravljanje prometa; SSN enodelni semaforji (utripalci) ob vseh nišah za klic v sili; SSN tridelni semaforji na vstopnem portalu (na

stropu in stenah portala), na stenah predora ob prečnih in odstavnih nišah (skozi eno cev se zvrstijo štirikrat) ter pred predorom dva semaforja ob straneh na AC priključku Trojane; večpomenski spremenljivi prometni znaki (1-pomenski, 5-pomenski in 6-pomenski) pred predorom in skozenj; večpomenska spremenljiva prometnoinformacijska signalizacija kot sistem za zaustavitev vozil pred predorom v obliki portala pred predorom [7].

4.2 Pregled stanja v predoru Kastelec

- Skozi predor je nameščena vzdolžna razsvetljava na stropu predora. Posebej so osvetljene odstavne niše z metalhalogenoidnimi sijalkami, ki producirajo belo svetlobo. Na robnikih so za povečanje vidnega vodenja nameščeni enovrstični LED smerniki rdeče in bele barve. Stene predora so zaradi povečane vidljivosti in vidnega vodenja do višine štirih metrov pobarvane s svetlo barvo RAL 9001. Znotraj predora se pojavljajo znaki z notranjo osvetlitvijo za smer evakuacije (ob desni strani vozišča), znak za klic v sili in znak za prisotnost gasilnih aparatov. Na stenah obeh predorskih cevi so nameščene posebne varnostne svetilke in fotoluminiscentne table. Razsvetljava predora zajema tudi režim zasilne razsvetljave.
- Ob normalnem obratovanju se predor prezračuje naravno (tlačna razlika med portaloma in batni efekt), za izredne dogodke pa je v levi cevi nameščenih 7 parov vzdolžnih aksialnih ventilatorjev, v desni pa dva aksialna ventilatorja na stropu predora, kot prisilno vzdolžno prezračevanje v spremstvu merilnikov za prekomerno koncentracijo CO, merilnikov za vidljivost v predorski cevi in merilnikov za hitrost in smer zraka v cevi.
- Pred vstopnim portalom in tik za izstopnim portalom predora so nameščene garniture s sistemom za klic v sili na stebričkih, skozi analizirano predorsko cev se zvrsti 10 niš s sistemom klica v sili s po dvema gasilnima aparatoma in vrati, ki se zapirajo na desni strani v smeri vožnje. S stropa predora ob nišah za klic v sili visi znak z notranjo osvetlitvijo (III-41), ki opozarja na nišo za klic v sili.
- Na vstopnem in izstopnem portalu sta nameščeni premični kameri. Videonadzor prometa je nameščen tudi pred in za portaloma predora. Skozi predor in ob nišah za klic v sili so nameščene barvne kamere visoke ločljivosti s fiksnim objektivom, tako da optimalno pokrivajo celoten predor.
- Predor je opremljen s sistemom za samodejno zaznavanje izrednih dogodkov ter z nadzorno-kriminilnim sistemom. V omenjene sisteme so vključeni merilniki za zajem prometnih podatkov, merilniki za požarno javljanje v predoru (linijsko javljanje požara Fibrolaser, avtomatski točkovni dimni javljalniki v nišah za klic v sili, elektro nišah in pogonski centrali, ročni javljalniki požara, nameščeni pred nišami za klic v sili, ob prečnih in portalih ter pri pogonski centrali), merilniki CO in vidljivosti v predoru na dveh merilnih mestih, merilniki vzdolžne hitrosti zraka in merilniki za zajem vremenskih podatkov na avtocestnem odseku. Naloge krmilno-nadzornega sistema opravlja mikroračunalniški nadzorni in krmilni sistem, v ta namen je skozi predor nameščenih 10 lokalnih postaj.
- Skozi predor je omogočena neprekinjena radijska zveza z možnostjo komuniciranja med vzdrževalci, policijo, gasilci in reševalci. Predvideno je tudi neprekinjeno spremljanje radijske frekvence VAL 202.
- Sistem ozvočenja zajema zvočnike na stenah vstopnega in izstopnega portala ter na stenah ob odstavnih nišah.
- Varnostni objekti zajemajo izhode na prosto, 5 prečnih povezav v drugo cev na medsebojni razdalji približno 350 m, za pešce in vozila (ki so označeni z znakoma z notranjo osvetlitvijo na vhodu v prečnik), označbe razdalje do dveh najbližjih izhodov v sili na stenah (na višini 1,1-1,5 m,

na vsakih 25 m), dve polno opremljeni odstavni niši skozi eno cev z nišami za klic v sili, ki so opremljene z dvema gasilnima aparatoma, videonadzorom in ozvočenjem.

- V območju predora so nameščeni znak »predor« (I-24) 400 m pred predorom; znak »ime predora« (III-65) ob vstopnem portalu; znak »omejitev hitrosti« (II-30) na 100 km/h pred predorom; znak »prepovedano prehitevanje za tovorna vozila« (II-29) pred predorom in skozenj; znak »bližina svetlobnih prometnih signalov« (I-20) 400 m pred predorom v kombinaciji z znakom »prepovedano prehitevanje za tovorna vozila« (II-29).
- Predor je opremljen z naslednjimi komponentami sistemov za upravljanje prometa; SSN enodelni semaforji (utripalci), ob vseh nišah za klic v sili po dva utripalca in približno 250 m pred vstopnim portalom predora; SSN tridelni semaforji na vstopnem portalu, na stenah predora ob prečnih povezavah v drugo cev; večpomenski spremenljivi prometni znaki (1-pomenski in 4-pomenski) pred predorom in skozenj; večpomenska spremenljiva prometnoinformacijska signalizacija kot sistem za zaustavitev vozil pred predorom v obliki utripalcev, tridelnih semaforjev, večpomenskih spremenljivih znakov in portala (SPIS) nad cestiščem [8].

4.3 Pregled stanja v predoru Dekani

- Skozi predor je nameščena vzdolžna razsvetljava na stropu predora. Posebej so osvetljene odstavne niše z metalhalogenoidnimi sijalkami, ki producirajo belo svetlobo. Na robnikih so za povečanje vidnega vodenja nameščeni enovrstični LED smerniki rdeče in bele barve. Stene predora so zaradi povečane vidljivosti in vidnega vodenja do višine štirih metrov pobarvane s svetlo barvo RAL 9001. Znotraj predora se pojavljajo znaki z notranjo osvetlitvijo za smer evakuacije (ob desni strani vozišča), znak za klic v sili in znak za prisotnost gasilnih aparatov. Na stenah obeh predorskih cevi so nameščene posebne varnostne svetilke in fotoluminiscentne table. Razsvetljava predora zajema tudi režim zasilne razsvetljave.
- Ob normalnem obratovanju se predor prezračuje naravno (tlačna razlika med portaloma in batni efekt), za izredne dogodke pa je v levi cevi nameščenih 7 parov vzdolžnih aksialnih ventilatorjev, v desni pa dva aksialna ventilatorja na stropu predora, kot prisilno vzdolžno prezračevanje v spremstvu merilnikov za prekomerno koncentracijo CO, merilnikov za vidljivost v predorski cevi in merilnikov za hitrost in smer zraka v cevi.
- Pred vstopnim portalom in tik za izstopnim portalom predora so nameščene garniture s sistemom za klic v sili na stebričkih, skozi analizirano predorsko cev se zvrsti 11 niš s sistemom klica v sili po dvema gasilnima aparatoma in vrati, ki se zapirajo na desni strani v smeri vožnje. S stropa predora ob nišah za klic v sili visi znak z notranjo osvetlitvijo (III-41), ki opozarja na nišo za klic v sili.
- Na vstopnem in izstopnem portalu sta nameščeni premični kameri. Videonadzor prometa je nameščen tudi pred in za portaloma predora. Skozi predor in ob nišah za klic v sili so nameščene barvne kamere visoke ločljivosti s fiksnim objektivom, tako da optimalno pokrivajo celoten predor.
- Predor je opremljen s sistemom za samodejno zaznavanje izrednih dogodkov ter z nadzorno-kriminilnim sistemom. V omenjene sisteme so vključeni merilniki za zajem prometnih podatkov, merilniki za požarno javljanje v predoru (linijsko javljanje požara Fibrolaser, avtomatski točkovni dimni javljalniki v nišah za klic v sili, elektro nišah in pogonski centrali, ročni javljalniki požara, nameščeni pred nišami za klic v sili ob prečnikih in portalih ter pri pogonski centrali), merilniki CO in vidljivosti v predoru na dveh merilnih mestih, merilniki vzdolžne hitrosti zraka in merilniki za zajem vremenskih podatkov na avtocestnem odseku. Naloge krmilno-nadzornega sistema

opravlja mikroračunalniški nadzorni in krmilni sistem, v ta namen je skozi predor nameščenih 11 lokalnih postaj.

- Skozi predor je omogočena neprekinjena radijska zveza z možnostjo komuniciranja med vzdrževalci, policijo, gasilci in reševalci. Predvideno je tudi neprekinjeno spremljanje radijske frekvence VAL 202.
- Sistem ozvočenja zajema zvočnike na stenah vstopnega in izstopnega portala ter na stenah ob odstavnih nišah.
- Varnostni objekti zajemajo izhode na prosto, 5 prečnih povezav v drugo cev na medsebojni razdalji približno 350 m, za pešce in vozila (ki so označeni z znakoma z notranjo osvetlitvijo na vhodu v prečnik), označbe razdalje do dveh najbližjih izhodov v sili na stenah (na višini 1,1-1,5m, na vsakih 25 m), dve polno opremljeni odstavni niši skozi eno cev z nišami za klic v sili, ki so opremljene z dvema gasilnima aparatoma, videonadzorom in ozvočenjem.
- V območju predora so nameščeni znak »predor« (I-24) 400 m pred predorom; znak »ime predora« (III-65) ob vstopnem portalu; znak »omejitev hitrosti« (II-30) na 100 km/h pred predorom in skozenj; znak »prepovedano prehitovanje za tovorna vozila« (II-29) pred predorom in skozenj; znak »bližina svetlobnih prometnih signalov« (I-20) pred predorom v kombinaciji z znakom »prepovedano prehitovanje za tovorna vozila« (II-29).
- Predor je opremljen z naslednjimi komponentami sistemov za upravljanje prometa; SSN enodelni semaforji (utripalci) ob vseh nišah za klic v sili po dva utripalca in približno 250 m pred vstopnim portalom predora; SSN tridelni semaforji na vstopnem portalu, na stenah predora ob prečnih povezavah v drugo cev; večpomenski spremenljivi prometni znaki (1-pomenski in 4-pomenski) pred predorom in skozenj; večpomenska spremenljiva prometnoinformacijska signalizacija kot sistem za zaustavitev vozil pred predorom v obliki utripalcev, tridelnih semaforjev, večpomenskih spremenljivih znakov in portala (SPIS) nad cestiščem [9].

4.4 Pregled stanja v predoru Karavanke

- Skozi predor je nameščena vzdolžna točkovna razsvetljava. Posebej so osvetljene odstavne niše z metalhalogenoidnimi sijalkami, ki producirajo belo svetlobo. Na robnikih so za povečanje vidnega vodenja nameščeni enovrstični LED smerniki rdeče, bele in modre barve. Stene predora so zaradi povečane vidljivosti in vidnega vodenja do višine štirih metrov pobarvane s svetlo barvo RAL 9001. Znotraj predora se pojavljajo znaki z notranjo osvetlitvijo za smer evakuacije (ob desni strani vozišča), znaki za klic v sili, znaki s simbolom gasilnega aparata in znaki za odstavne niše. Na stenah predorske cevi so nameščene posebne varnostne svetilke in fotoluminiscentne table. Razsvetljava predora zajema poleg osnovnega režima tudi režim zasilne razsvetljave in adaptacijske razsvetljave vzdolž vhodnih delov v predor.
- Ob normalnem obratovanju se predor prezračuje prisilno, s kombinacijo prečnega in vzdolžnega prezračevanja. Prezračevalne naprave so sortirane v tri odseke. Severni odsek se prezračuje prečno, sredinski odsek se prezračuje s pomočjo 24 reverzibilnih aksialnih ventilatorjev (8 skupin po 3 ventilatorji), južni odsek pa se prezračuje prečno. V spremstvu prezračevalnega sistema so tudi merilniki za prekomerno koncentracijo CO, merilniki za vidljivost v predorski cevi in merilniki za hitrost in smer zraka v cevi.
- Pred portaloma predora so nameščene garniture s sistemom za klic v sili na stebričkih, skozi analizirano predorsko cev se zvrsti 44 niš s sistemom klica v sili, s spremljajočim znakom z notranjo osvetlitvijo in v spremstvu dveh gasilnih aparatov. Od tega je ob odstavnih nišah nameščen par niš za klic v sili po ena na vsaki strani (7 odstavnih niš s po dvema nišama za klic v sili) s po dvema gasilnima aparatoma in vrati, ki se zapirajo, na desni strani v smeri vožnje. S

stropa predora ob nišah za klic v sili visi znak z notranjo osvetlitvijo (III-41), ki opozarja na nišo za klic v sili in ponekod tudi znak z notranjo osvetlitvijo (III-53), ki opozarja na prisotnost gasilnih aparatov.

- Na vstopnem in izstopnem portalu je nameščena po ena barvna kamera z nagibno glavo in zoom objektivom. V območjih niš za klic v sili je nameščena po ena črno-bela kamera (skupaj 28). V območju odstavnih in obračalnih niš sta nameščeni po dve barvni kameri z nagibno glavo in zoom objektivom (po ena na smer vožnje, skupaj 16).
- Predor je opremljen s sistemom za samodejno zaznavanje izrednih dogodkov ter z nadzorno-kriminilnim sistemom, katerega sestavljajo lokalne in glavne postaje ter komandni centri. Vsi podsistemi so nameščeni v lokalnih postajah, ki so povezane z glavnima postajama, ti pa sta povezani s komandnimi centralami. V omenjene sisteme so vključeni merilniki za zajem prometnih podatkov (med drugim tudi šteвне zanke, ki merijo zastoj prometa, zasedenost odstavnih in obračalnih niš, hitrost (posameznega vozila ali povprečno hitrost) in štetje motornih vozil, merilniki za požarno javljanje v predoru (avtomatski točkovni dimni javljalniki v nišah za klic v sili, pogonski centrali in na portalih; ročni javljalniki požara nameščeni pred nišami za klic v sili in na portalih), merilniki CO in vidljivosti v predoru, merilniki vzdolžne hitrosti zraka in merilniki za zajem vremenskih podatkov na avtocestnem odseku. Naloge krmilno-nadzornega sistema opravlja mikroračunalniški nadzorni in krmilni sistem.
- Pred predorom je nameščen znak III-74, ki opozarja, da sta skozi predor omogočeni dve neprekinjeni radijski zvezi z možnostjo komuniciranja med vzdrževalci, policijo, gasilci in reševalci. Predvideno je tudi neprekinjeno spremljanje dveh radijskih frekvenc (AUT in SLO, dva antenska sevalna kabla po vsej dolžini predora).
- Sistem ozvočenja zajema zvočnike na stenah vstopnega in izstopnega portala.
- Varnostni objekti zajemajo izhode na prosto, označbe razdalje do dveh najbližjih izhodov v sili na stenah (na višini 1,1-1,5 m, na vsakih 25 m), 7 odstavnih niš, z nišami za klic v sili in gasilnimi aparati in eno obračalno nišo. Na nasprotni strani odstavnih niš so izvedeni odstavni pasovi za lažje obračanje vozil.
- V območju predora so nameščeni znak »predor« (I-24), ki se ponovi dvakrat pred predorom; znak »ime predora« (III-65) ob vstopnem portalu; znak »omejitev hitrosti« (II-30) na 80 km/h pred predorom in skozenj; znak »prepovedano prehitevanje vseh motornih vozil razen enoslednih« (II-28) pred predorom in skozenj; znak, ki opozarja na dvosmerni promet na dveh pasovih; znak »bližina svetlobnih prometnih signalov« (I-20). Predor Karavanke ima urejen poseben režim za prevoz nevarnih snovi.
- Predor je opremljen z naslednjimi komponentami sistemov za upravljanje prometa; SSN enodelni semaforji (utripalci); SSN tridelni semaforji pred vstopnim portalom in skozi predorsko cev na desni strani v smeri vožnje; večpomenski spremenljivi prometni znaki pred portalom predora in skozi predor; večpomenska spremenljiva prometnoinformacijska signalizacija kot sistem za zaustavitev vozil pred predorom v obliki utripalcev, tridelnih semaforjev, spremenljivih prometnih znakov, smernih puščic na stropu vstopnega portala, polzapornic in ozvočenja [10].

4.5 Pregled stanja v predoru Jasovnik

- Za namen preskrbe z električno energijo sta zgrajeni dve trafo postaji.
- Skozi predor je nameščena vzdolžna razsvetljava na stropu predora. Posebej so osvetljene odstavne niše z metalhalogenoidnimi sijalkami, ki producirajo belo svetlobo. Na robnikih so za povečanje vidnega vodenja nameščeni enovrstični LED smerniki rdeče, bele in modre barve. Stene predora so zaradi povečane vidljivosti in vidnega vodenja do višine štirih metrov pobarvane s svetlo barvo RAL 9001. Znotraj predora se pojavljajo znaki z notranjo osvetlitvijo za smer evakuacije (ob desni strani vozišča), znak za klic v sili in znak za odstavne niše. Na stenah obeh predorskih cevi so nameščene posebne varnostne svetilke in fotoluminiscentne table. Razsvetljava predora zajema tudi režim zasilne razsvetljave in razsvetljave prečnih povezovalnih rovov.
- Ob normalnem obratovanju se predor prezračuje naravno (tlačna razlika med portaloma in batni efekt), za izredne dogodke pa so paroma nameščeni »jet fan« ventilatorji na stropu predora, kot prisilno vzdolžno prezračevanje v spremstvu merilnikov za prekomerno koncentracijo CO merilnikov za vidljivost v predorski cevi in merilnikov za hitrost in smer zraka v cevi.
- Daleč pred vstopnim portalom in tik za izstopnim portalom predora so nameščene garniture s sistemom za klic v sili na stebričkih, skozi analizirano predorsko cev se zvrsti 5 niš s sistemom klica v sili s po dvema gasilnima aparatoma in vrati, ki se zapirajo na desni strani v smeri vožnje. S stropa predora ob nišah za klic v sili visi znak z notranjo osvetlitvijo (III-41), ki opozarja na nišo za klic v sili.
- Na vstopnem in izstopnem portalu sta nameščeni premični kameri. Videonadzor prometa je nameščen tudi pred in za portaloma predora. Skozi predor se zvrsti 45 barvnih kamer visoke ločljivosti s fiksnim objektivom, pri prečnih prehodih so nameščene dodatne vrtljive kamere z zoom objektivom, pri odstavnih nišah pa so nameščene dodatne kamere s fiksnim objektivom.
- Predor je opremljen s sistemom za samodejno zaznavanje izrednih dogodkov ter z nadzorno-krimilnim sistemom. V omenjene sisteme so vključeni merilniki za zajem prometnih podatkov, merilniki za požarno javljanje v predoru (linijsko javljanje požara Fibrolaser, avtomatski točkovni dimni javljalniki v nišah za klic v sili, elektro nišah in pogonski centrali, ročni javljalniki požara nameščeni pred nišami za klic v sili, ob prečnikih in portalih ter pri pogonski centrali), merilniki CO in vidljivosti v predoru na dveh merilnih mestih, merilniki vzdolžne hitrosti zraka in merilniki za zajem vremenskih podatkov na avtocestnem odseku. Naloge krmilno-nadzornega sistema opravlja mikroračunalniški nadzorni in krmilni sistem.
- Daleč pred predorom je nameščen znak III-74, ki opozarja, da je skozi predor omogočena neprekinjena radijska zveza z možnostjo komuniciranja med vzdrževalci, policijo, gasilci in reševalci. Predvideno je tudi neprekinjeno spremljanje radijske frekvence VAL 202.
- Sistem ozvočenja zajema zvočnike na stenah vstopnega portala.
- Varnostni objekti zajemajo izhode na prosto, 3 prečne povezave v drugo cev na medsebojni razdalji približno 400 m, za pešce in vozila (ki so označeni z znakoma z notranjo osvetlitvijo na vhodu v prečnik), označbe razdalje do dveh najbližjih izhodov v sili na stenah (na višini 1,1-1,5 m, na vsakih 25 m), ena odstavna niša skozi eno cev z nišami za klic v sili, ki je opremljena z dvema gasilnima aparatoma.
- V območju predora so nameščeni znak »predor« (I-24) 400 m pred predorom v kombinaciji z znakom »prepovedano prehitevanje za tovorna vozila« (II-29); znak »ime predora« (III-65) ob vstopnem portalu; znak »omejitev hitrosti« (II-30) na 100 km/h pred predorom; znak »prepovedano prehitevanje za tovorna vozila« (II-29) 400 m pred predorom; znak »najmanjša razdalja med vozili« pred predorom, ki velja za težka vozila (II-25, IV-6); znak »bližina svetlobnih prometnih signalov« (I-20).

- Predor je opremljen z naslednjimi komponentami sistemov za upravljanje prometa; SSN enodelni semaforji (utripalci) ob vseh nišah za klic v sili po en utripalec na desni strani v smeri vožnje; SSN tridelni semaforji daleč pred vstopnim portalom, na stenah predora ob odstavni niši; večpomenski spremenljivi prometni znaki (1-pomenski, 5-pomenski in 6-pomenski) pred predorom in skozenj; večpomenska spremenljiva prometnoinformacijska signalizacija kot sistem za zaustavitev vozil pred vstopnim portalom v obliki dveh tridelnih semaforjev, večpomenskih spremenljivih znakov in smernih puščic na stropu vstopnega portala [11].

Komentar: garnitura sistema za klic v sili pred vstopnim portalom je od le-tega precej odmaknjena. Za vzdrževanje željenega nivoja varnosti in spoštovanje trenutne zakonodaje bi bilo potrebno preučiti možnost prestavitve garniture sistema za klic v sili bližje proti vstopnem portalu.

Tridelni semaforji, ki so nameščeni pred vstopnim portalom leve cevi, so od slednjega precej oddaljeni. Premestitev tridelnih semaforjev proti vstopnemu portalu, na viadukt Baba, bi bila priporočljiva za zagotavljanje bolj učinkovitega delovanja sistema za zaustavljanje vozil pred predorom in poenotenja opremljenosti vseh predorov.

4.6 Pregled stanja v predoru Šentvid

- Za namen preskrbe z električno energijo sta zgrajeni dve trafo postaji.
- Skozi predor je nameščena vzdolžna razsvetljava na stropu predora. Posebej je osvetljena odstavna niša z metalhalogenoidnimi sijalkami, ki producirajo belo svetlobo. Na robnikih in v prečnih povezavah so za povečanje vidnega vodenja nameščeni enovrstični LED smerniki rdeče in bele barve. Stene predora so zaradi povečane vidljivosti in vidnega vodenja do višine štirih metrov pobarvane s svetlo barvo RAL 9001. Znotraj predora se pojavljajo znaki z notranjo osvetlitvijo za smer evakuacije (ob desni strani vozišča), znak za klic v sili, znak za prisotnost gasilnega aparata in znak za odstavno nišo. Na stenah obeh predorskih cevi so nameščene posebne varnostne svetilke in fotoluminiscentne table. Razsvetljava predora zajema tudi režim zasilne razsvetljave in razsvetljave prečnih povezovalnih rovov.
- Ob normalnem obratovanju se predor prezračuje naravno (tlačna razlika med portaloma in batni efekt), za izredne dogodke pa so paroma nameščeni impulzivni in reverzibilni ventilatorji na stropu predora, kot prisilno vzdolžno prezračevanje (skupno v desni cevi 12 ventilatorjev in v levi cevi 14 ventilatorjev) v spremstvu merilnikov za prekomerno koncentracijo CO, merilnikov za vidljivost v predorski cevi in merilnikov za hitrost in smer zraka v cevi.
- Pred vstopnim portalom in tik za izstopnim portalom predora so nameščene garniture s sistemom za klic v sili na stebričkih, skozi analizirano glavno predorsko cev se zvrsti 9 niš s sistemom klica v sili s po dvema gasilnima aparatoma in vrati, ki se zapirajo na desni strani v smeri vožnje. S stropa predora ob nišah za klic v sili visi znak z notranjo osvetlitvijo (III-41), ki opozarja na nišo za klic v sili in znak z notranjo osvetlitvijo (III-53), ki opozarja na prisotnost gasilnih aparatov.
- Na vstopnem in izstopnem portalu sta nameščeni premični kameri. Videonadzor prometa je nameščen tudi pred in za portaloma predora. Skozi predor se zvrsti 17 barvnih kamer visoke ločljivosti s fiksnim objektivom, pri prečnih prehodih so nameščene dodatne vrtljive kamere z zoom objektivom, pri odstavni niši pa so nameščene dodatne kamere s fiksnim objektivom.
- Predor je opremljen s sistemom za samodejno zaznavanje izrednih dogodkov ter z nadzorno-kriminilnim sistemom. V omenjene sisteme so vključeni merilniki za zajem prometnih podatkov, merilniki za požarno javljanje v predoru (linijsko javljanje požara Fibrolaser, avtomatski točkovni dimni javljalniki v nišah za klic v sili, elektro nišah in pogonski centrali, ročni javljalniki požara, nameščeni pred nišami za klic v sili, ob prečnikih in portalih ter pri pogonski centrali), merilniki

CO in vidljivosti v predoru na dveh merilnih mestih, merilniki vzdolžne hitrosti zraka in merilniki za zajem vremenskih podatkov pred in za predorom. Naloge krmilno-nadzornega sistema opravlja mikroročunalniški nadzorni in krmilni sistem, v ta namen je skozi analizirano glavno predorsko cev nameščenih 7 lokalnih postaj.

- Pred predorom je nameščen znak III-74, ki opozarja, da je skozi predor omogočena neprekinjena radijska zveza z možnostjo komuniciranja med vzdrževalci, policijo, gasilci in reševalci. Predvideno je tudi neprekinjeno spremljanje radijske frekvence VAL 202.
- Sistem ozvočenja zajema zvočnike na stenah vstopnega in izstopnega portala ter v območju odstavne niše.
- Varnostni objekti zajemajo izhode na prosto, 6 prečnih povezav, 4 znotraj predora in 2 v območju galerije, na medsebojni razdalji približno 200 m, za pešce in vozila (ki so označeni z znakoma z notranjo osvetlitvijo na vhodu v prečnik in dodatnimi LED diodami po obodu vhoda v prečnik), označbe razdalje do dveh najbližjih izhodov v sili na stenah (na višini 1,1-1,5 m, na vsakih 25 m), ena odstavna niša skozi eno cev z nišami za klic v sili, ki je opremljena z dvema gasilnima aparatoma, videonadzorom in ozvočenjem.
- V območju predora so nameščeni znak »predor« (I-24) 400 m pred predorom; znak »ime predora« (III-65) ob vstopnem portalu; znak »omejitev hitrosti« (II-30) pred predorom in skozenj; znak »najmanjša razdalja med vozili« pred predorom, ki velja za težka vozila (II-25, IV-6); znak »bližina svetlobnih prometnih signalov« (I-20) v kombinaciji z utripalci.
- Predor je opremljen z naslednjimi komponentami sistemov za upravljanje prometa; SSN enodelni semaforji (utripalci) ob vseh nišah za klic v sili po dva utripalca na stenah predora (skupno 11 parov utripalcev) in pred predorom v kombinaciji z znakom »bližina svetlobnih prometnih signalov« (I-20); SSN tridelni semaforji daleč pred vstopnim portalom, na stenah predora ob odstavni niši in ob priključni rampi; večpomenski spremenljivi prometni znaki (1-pomenski, 2-pomenski, 5-pomenski in 6-pomenski) pred predorom in skozenj; večpomenska spremenljiva prometnoinformacijska signalizacija kot sistem za zaustavitev vozil pred predorom je nameščena v obliki tridelnih semaforjev, utripalcev pred predorom in skozenj, večpomenskih spremenljivih znakov, smernih puščic na stropu vstopnega portala, portala (SPIS) pred predorom in polzapornic pred vstopnim portalom predora [12].

4.7 Pregled stanja v predoru Ločica

- Za namen preskrbe z električno energijo je zgrajena ena trafo postaja.
- Skozi predor je nameščena vzdolžna razsvetljava na stropu predora. Na robnikih so za povečanje vidnega vodenja nameščeni odsevni cestni smerniki. Stene predora so zaradi povečane vidljivosti in vidnega vodenja do višine štirih metrov pobarvane s svetlo barvo RAL 9001. Znotraj predora se pojavljajo znaki z notranjo osvetlitvijo za smer evakuacije (ob desni strani vozišča) in znaki za klic v sili. Na stenah obeh predorskih cevi so nameščene posebne varnostne svetilke in fotoluminiscentne table. Razsvetljava predora zajema tudi režim zasilne razsvetljave in razsvetljave prečnih povezovalnih rovov.
- Ob normalnem obratovanju se predor prezračuje naravno (tlačna razlika med portaloma in batni efekt), za izredne dogodke pa ni predvidenega prisilnega prezračevanja. Znotraj predora so nameščeni merilniki za prekomerno koncentracijo CO in merilniki za vidljivost v predorski cevi.
- Tik pred portaloma predora so nameščene garniture s sistemom za klic v sili na stebričkih, skozi analizirano predorsko cev se zvrsti 10 niš s sistemom klica v sili s po dvema gasilnima aparatoma in vrati, ki se zapirajo na desni strani v smeri vožnje. S stropa predora ob nišah za klic v sili visi znak z notranjo osvetlitvijo (III-41), ki opozarja na nišo za klic v sili.

- Na vstopnem in za izstopnim portalom sta nameščeni premični kameri. Videonadzor prometa je nameščen tudi pred in za portaloma predora. Skozi predor se zvrsti 21 barvnih kamer visoke ločljivosti s fiksnim objektivom, pri prečnih prehodih so nameščene dodatne vrtljive kamere z zoom objektivom.
- Predor je opremljen s sistemom za samodejno zaznavanje izrednih dogodkov ter z nadzorno-kriminilnim sistemom. V omenjene sisteme so vključeni merilniki za zajem prometnih podatkov, merilniki za zajem vremenskih podatkov, merilniki za požarno javljanje v predoru (avtomatski točkovni dimni javljalniki v nišah za klic v sili, elektro nišah in pogonski centrali, ročni javljalniki požara nameščeni pred nišami za klic v sili, ob prečnikih in portalih ter pri pogonski centrali), merilniki CO in vidljivosti v predoru na dveh merilnih mestih. Naloge krmilno-nadzornega sistema opravlja mikroračunalniški nadzorni in krmilni sistem.
- Daleč pred predorom je nameščen znak III-74, ki opozarja, da je skozi predor omogočena neprekinjena radijska zveza z možnostjo komuniciranja med vzdrževalci, policijo, gasilci in reševalci. Predvideno je tudi neprekinjeno spremljanje radijske frekvence VAL 202.
- Sistem ozvočenja zajema zvočnike na stenah izstopnega portala.
- Varnostni objekti zajemajo izhode na prosto, eno prečno povezavo v drugo cev, za pešce (ki je označena z znakoma z notranjo osvetlitvijo na vhodu v prečnik), označbe razdalje do dveh najbližjih izhodov v sili na stenah (na višini 1,1-1,5 m, na vsakih 25 m), dve niši za klic v sili, ki sta opremljeni z dvema gasilnima aparatom.
- V območju predora so nameščeni znak »predor« (I-24) 400 m pred predorom v kombinaciji z znakom »prepovedano prehitevanje za tovorna vozila« (II-29); znak »ime predora« (III-65) ob vstopnem portalu; znak »omejitev hitrosti« (II-30) na 100 km/h pred predorom; znak »prepovedano prehitevanje za tovorna vozila« (II-29) 400 m pred predorom v kombinaciji z znakom »predor« (I-24); znak »najmanjša razdalja med vozili« pred predorom, ki velja za težka vozila (II-25, IV-6); znak »bližina svetlobnih prometnih signalov« (I-20).
- Predor je opremljen z naslednjimi komponentami sistemov za upravljanje prometa; SSN enodelni semaforji (utripalci) ob vseh nišah za klic v sili po en utripalec na desni strani v smeri vožnje; SSN tridelni semaforji pred vstopnim portalom, dva semaforja ob voznih pasovih; večpomenski spremenljivi prometni znaki (1-pomenski, 5-pomenski in 6-pomenski) pred predorom in skozenj; večpomenska spremenljiva prometnoinformacijska signalizacija kot sistem za zaustavitev vozil pred predorom v obliki portala (SPIS) nad cestiščem, tridelnih semaforjev, večpomenskih spremenljivih znakov in smernih puščic na stropu vstopnega portala [11].

4.8 Pregled stanja v predoru Golo rebro in predoru Pletovarje

- Skozi predora je nameščena vzdolžna razsvetljava na stropu predora. Na robnikih so za povečanje vidnega vodenja nameščeni dvovrstični LED smerniki rdeče in bele barve. Stene predorov so zaradi povečane vidljivosti in vidnega vodenja do višine štirih metrov pobarvane s svetlo barvo RAL 9001. Znotraj predorov se pojavljajo znaki z notranjo osvetlitvijo za smer evakuacije (ob desni strani vozišča), znaki za klic v sili in znaki s simbolom gasilnega aparata. Na stenah obeh predorov so nameščene fotoluminiscentne table. Razsvetljava predorov zajema tudi režim zasilne razsvetljave.
- Ob normalnem obratovanju se predora prezračujeta naravno (tlačna razlika med portaloma in batni efekt), za izredne dogodke pa ni predvidenega prisilnega prezračevanja. Znotraj predorov so nameščeni merilniki za prekomerno koncentracijo CO in merilniki za vidljivost v predorski cevi.
- Tik za portaloma v notranjosti predorske cevi je nameščena prva niša za klic v sili, ki nadomešča garnituro s sistemom za klic v sili na stebričkih pred predoroma, skozi analizirano predorsko cev

predora Golo rebro se zvrsti 10 niš s sistemom klica v sili, v predoru Pletovarje pa 10, s po dvema gasilnima aparatoma in vrati, ki se zapirajo na desni strani v smeri vožnje. S stropov predorov ob nišah za klic v sili visi znak z notranjo osvetlitvijo (III-41), ki opozarja na nišo za klic v sili in znak z notranjo osvetlitvijo (III-53), ki opozarja na prisotnost gasilnih aparatov, videonadzor prometa je nameščen pred in za portaloma predorov. Prav tako so nameščene kamere za videonadzor prometa tudi skozi oba predora.

- Predora sta opremljen s sistemom za samodejno zaznavanje izrednih dogodkov ter z nadzorno-kriminilnim sistemom. V omenjene sisteme so vključeni merilniki za zajem prometnih podatkov, merilniki za zajem vremenskih podatkov, merilniki za požarno javljanje v predoru, merilniki CO in vidljivosti v predoru. Naloge krmilno-nadzornega sistema opravlja mikroračunalniški nadzorni in krmilni sistem.
- Pred predoroma je nameščen znak III-74, ki opozarja, da je skozi predor omogočena neprekinjena radijska zveza z možnostjo komuniciranja med vzdrževalci, policijo, gasilci in reševalci. Predvideno je tudi neprekinjeno spremljanje radijske frekvence VAL 202.
- Varnostni objekti zajemajo izhode na prosto, označbe razdalje do dveh najbližjih izhodov v sili na stenah (na višini 1,1-1,5 m, na vsakih 25 m), 10 oziroma 7 niš za klic v sili, ki so opremljene z dvema gasilnima aparatoma.
- V območju predorov so nameščeni znak »predor« (I-24) 400 m pred predoroma; znak »ime predora« (III-65) ob vstopnem portalu; znak »omejitev hitrosti« (II-30) na 100 km/h pred predoroma, v kombinaciji z znakom »prepovedano prehitevanje za tovorna vozila« (II-29); znak »prepovedano prehitevanje za tovorna vozila« (II-29) 400 m pred predoroma v kombinaciji z znakom »predor« (I-24); znak »bližina svetlobnih prometnih signalov« (I-20).
- Predora sta opremljena z naslednjimi komponentami sistemov za upravljanje prometa; SSN enodelni semaforji (utripalci) ob vseh nišah za klic v sili po dva utripalca na stenah predorov; SSN tridelni semaforji pred vstopnima portaloma, dva semaforja ob voznih pasovih; večpomenski spremenljivi prometni znaki pred predoroma in skozi njiju ter smerne puščice na stropu vstopnih portalov; večpomenska spremenljiva prometnoinformacijska signalizacija kot sistem za zaustavitev vozil pred predoroma v obliki tridelnih semaforjev, večpomenskih spremenljivih znakov in smernih puščic na stropu vstopnih portalov.

Opomba: pred portaloma predorov ni nameščene garniture s sistemom za klic v sili na stebričkih. Kot zamenjava služi prva niša za klic v sili v predorskih ceveh, ki je pozicionirana tik za vstopnima portaloma.

4.9 Pregled stanja v pokritem vkopu in predoru Cenkova

- Skozi predor je nameščena vzdolžna razsvetljava na stropu predora. Na hodnikih za pešce so za povečanje vidnega vodenja nameščeni dvovrstični LED smerniki rdeče in bele barve. Stene predora so zaradi povečane vidljivosti in vidnega vodenja do višine štirih metrov pobarvane s svetlo barvo RAL 9001. Znotraj predora se pojavljajo znaki z notranjo osvetlitvijo za smer evakuacije (ob desni strani vozišča), znak za klic v sili in znak za prisotnost gasilnih aparatov. Na stenah obeh predorskih cevi so nameščene posebne varnostne svetilke in fotoluminiscentne table. Razsvetljava predora zajema tudi režim zasilne razsvetljave in razsvetljave prečnih povezovalnih rogov.
- Ob normalnem obratovanju se predor prezračuje naravno (tlačna razlika in batni efekt), za izredne dogodke pa ni predvidenega prisilnega prezračevanja. Znotraj predora so nameščeni merilniki za

prekomerno koncentracijo CO, merilniki za vidljivost v predorski cevi in merilniki za merjenje hitrosti in smeri zraka.

- Daleč pred vstopnim in za izstopnim portalom predora so nameščene garniture s sistemom za klic v sili na stebričkih, skozi analizirano predorsko cev se zvrstijo 4 niše s sistemom klica v sili, s po dvema gasilnima aparatoma in vrati, ki se zapirajo na desni strani v smeri vožnje. S stropa predora ob nišah za klic v sili visi znak z notranjo osvetlitvijo (III-41), ki opozarja na nišo za klic v sili in znak z notranjo osvetlitvijo (III-53), ki opozarja na prisotnost gasilnih aparatov.
- Na vstopnem in za izstopnim portalom sta nameščeni premični kameri. Videonadzor prometa je nameščen tudi pred in za portaloma predora. Skozi predor se zvrsti 7 barvnih kamer visoke ločljivosti s fiksnim objektivom, pri prečnih prehodih so nameščene dodatne vrtljive kamere z zoom objektivom, za potrebe avtomatske detekcije prometa pa so na portalih nameščene dodatne kamere za zaznavanje izrednih dogodkov.
- Predor je opremljen s sistemom za samodejno zaznavanje izrednih dogodkov ter z nadzorno-kriminilnim sistemom. V omenjene sisteme so vključeni merilniki za zajem prometnih podatkov, merilniki za zajem vremenskih podatkov, merilniki za požarno javljanje v predoru (avtomatski točkovni dimni javljalniki v nišah za klic v sili, elektro nišah in pogonski centrali, ročni javljalniki požara nameščeni pred nišami za klic v sili, pred elektro nišo, ob prečnih in portalih ter pri pogonski centrali), merilniki CO in vidljivosti v predoru na dveh merilnih mestih in merilniki za merjenje hitrosti in smeri zraka. Naloge krmilno-nadzornega sistema opravlja mikroracionalni nadzorni in krmilni sistem, v ta namen sta skozi predorsko cev nameščeni dve lokalni postaji.
- Skozi predor je omogočena neprekinjena radijska zveza z možnostjo komuniciranja med vzdrževalci, policijo, gasilci in reševalci. Predvideno je tudi neprekinjeno spremljanje radijske frekvence VAL 202.
- Varnostni objekti zajemajo izhode na prosto, dve prečni povezavi v drugo cev, za pešce (ki sta označena z znakoma z notranjo osvetlitvijo na vhodu v prečnik in LED lučkami po obodu vstopa v prečnik), označbe razdalje do dveh najbližjih izhodov v sili na stenah (na višini 1,1-1,5 m, na vsakih 25 m), štiri niše za klic v sili, ki so opremljene z dvema gasilnima aparatoma, na kar opozarja tudi znak z notranjo osvetlitvijo.
- V območju predora so nameščeni znak »predor« (I-24) 500 m pred predorom in tik pred vstopnim portalom; znak »ime predora« (III-65) ob vstopnem portalu; znak »omejitev hitrosti« (II-30) na 100 km/h pred predorom v kombinaciji z znakom »prepovedano prehitevanje za tovorna vozila« (II-29); znak »bližina svetlobnih prometnih signalov« (I-20) v kombinaciji z utripalci.
- Predor je opremljen z naslednjimi komponentami sistemov za upravljanje prometa; SSN enodelni semaforji (utripalci), skupno je nameščenih 8 utripalcev na štirih različnih lokacijah, ob nišah za klic v sili po dva utripalca na steni predora, nad elektro nišo in približno 250 m pred portalom predora v smeri vožnje; SSN tridelni semaforji pred vstopnim portalom, dva semaforja ob voznih pasovih; večpomenski spremenljivi prometni znaki (1-pomenski, 2-pomenski in 6-pomenski) pred predorom in skozenj; večpomenska spremenljiva prometnoinformacijska signalizacija kot sistem za zaustavitev vozil pred predorom v obliki tridelnih semaforjev, večpomenskih spremenljivih znakov in smernih puščic na stropu vstopnega portala in skozi predor [13].

4.10 Pregled stanja v predoru Podmilj

- Za namen preskrbe z električno energijo je zgrajena ena trafo postaja.
- Skozi predor je nameščena vzdolžna razsvetljava. Posebej so osvetljene odstavne niše z metalhalogenoidnimi sijalkami, ki producirajo belo svetlobo. Na robnikih so za povečanje vidnega vodenja nameščene enovrstične LED diode rdeče in bele barve. Stene predora so zaradi povečane

vidljivosti in vidnega vodenja do višine štirih metrov pobarvane s svetlo barvo RAL 9001. Znotraj predora se pojavljajo opozorilni znaki z notranjo osvetlitvijo in znaki z notranjo osvetlitvijo za klic v sili. Na tleh hodnika za pešce ter na prečnem prehodu so nameščeni LED smerniki, ki se vključijo v primeru detekcije požara, vožnje v nasprotno smer in stoječega vozila. Na stenah obeh predorskih cevi so nameščene posebne varnostne svetilke in fotoluminiscentne table. Razsvetljava predora zajema tudi režim zasilne razsvetljave in razsvetljave prečnih povezovalnih rovov.

- Ob normalnem obratovanju se predor prezračuje naravno (batni efekt), za izredne dogodke pa zaradi same dolžine predora ni nameščenega posebnega sistema mehanskega prezračevanja. V predorskih ceveh so nameščeni tudi merilniki za prekomerno koncentracijo CO, merilniki za vidljivost v predorski cevi in merilniki za hitrost in smer zraka v cevi.
- Pred portaloma predora so nameščene garniture s sistemom za klic v sili na stebričkih, skozi analizirano predorsko cev se zvrsti 1 niša s sistemom klica v sili s po dvema gasilnima aparatoma in vrati, ki se zapirajo, na desni strani v smeri vožnje. S stropa predora ob niši za klic v sili visi znak z notranjo osvetlitvijo (III-41), ki opozarja na nišo za klic v sili.
- Na vstopnem in izstopnem portalu sta nameščeni premični kameri. Videonadzor prometa je nameščen tudi pred in za portaloma predora. Skozi predor se zvrsti 8 barvnih kamer visoke ločljivosti s fiksnim objektivom, pri prečnem prehodu pa je nameščena dodatna vrtljiva kamere z zoom objektivom v obeh predorskih ceveh.
- Predor je opremljen s sistemom za samodejno zaznavanje izrednih dogodkov ter z nadzorno-kriminilnim sistemom. V omenjene sisteme so vključeni merilniki za zajem prometnih podatkov, merilniki za požarno javljanje v predoru (avtomatski točkovni dimni javljalniki v nišah za klic v sili, elektro nišah in pogonski centrali; ročni javljalniki požara nameščeni pred nišami za klic v sili, ob prečniku in portalih ter pri pogonski centrali), merilniki CO in vidljivosti v predoru na enem merilnem mestu, merilniki vzdolžne hitrosti zraka in merilniki za zajem vremenskih podatkov na obeh straneh predora. Naloge krmilno-nadzornega sistema opravlja mikroročunalniški nadzorni in krmilni sistem, skozi predor pa sta v ta namen nameščeni 2 lokalnih postaji v elektro nišah in nišah za klic v sili.
- Pred predorom je nameščen znak III-74, ki opozarja, da je skozi predor omogočena neprekinjena radijska zveza z možnostjo komuniciranja med vzdrževalci, policijo, gasilci in reševalci. Predvideno je tudi neprekinjeno spremljanje radijske frekvence VAL 202.
- Varnostni objekti zajemajo izhode na prosto, 1 prečno povezavo v drugo cev za pešce in vozila (ki je označena z znakoma z notranjo osvetlitvijo na vhodu v prečnik), označbe razdalje do dveh najbližjih izhodov v sili na stenah (na višini 1,1-1,5 m, na vsakih 25 m), 1 nišo za klic v sili, ki je opremljena z dvema gasilnima aparatoma in utripalci ob niši na stenah predora.
- V območju predora so nanizani naslednji znaki; 400 m pred predorom je nameščen znak »predor« (I-24) v kombinaciji z znakom II-29; znak »ime predora« (III-65) ob vstopnem portalu; znak »prepovedano prehitevanje za tovorna vozila« (II-29) pred predorom v kombinaciji z znakom II-30; znak »najmanjša razdalja med vozili« pred predorom, ki velja za težka vozila (II-25, IV-6); znak »bližina svetlobnih prometnih signalov« (I-20).
- Predor je opremljen z naslednjimi komponentami sistemov za upravljanje prometa; SSN enodelni semaforji (utripalci) ob niši za klic v sili; SSN tridelni semaforji na vstopnem portalu (na stropu in stenah portala); večpomenski spremenljivi prometni znaki (1-pomenski, 5-pomenski in 6-pomenski) pred predorom; večpomenska spremenljiva prometnoinformacijska signalizacija kot sistem za zaustavitev vozil pred predorom v obliki portala pred in za predorom [7].

4.11 Pregled stanja v predoru Golovec

- Skozi predor je nameščena vzdolžna razsvetljava na stropu predora. Na hodnikih za pešce so za povečanje vidnega vodenja nameščeni odsevni cestni smerniki. Stene predora so zaradi povečane vidljivosti in vidnega vodenja do višine štirih metrov pobarvane s svetlo barvo RAL 9001. Vzdolžno razsvetljavo v predoru sestavljata osnovna in zasilna razsvetljava. Osvetljena so tudi mesta niš za klic v sili, na stenah predora pa so nameščene posebne varnostne svetilke. Znotraj predora se pojavljajo znaki z notranjo osvetlitvijo za smer evakuacije (ob desni strani vozišča), znak za klic v sili. Na stenah obeh predorskih cevi so nameščene posebne varnostne svetilke in fotoluminiscentne table.
- Ob normalnem obratovanju se predor prezračuje naravno (tlačna razlika in batni efekt), za izredne dogodke pa ni predvidenega prisilnega prezračevanja. Znotraj predora so nameščeni merilniki za prekomerno koncentracijo CO, merilniki za vidljivost v predorski cevi in merilniki za merjenje hitrost in smeri zraka.
- Pred vstopnim in za izstopnim portalom predora so nameščene garniture s sistemom za klic v sili na stebričkih, skozi analizirano predorsko cev je nameščena niša s sistemom klika v sili, s po dvema gasilnima aparatoma in vrati, ki se zapirajo na desni strani v smeri vožnje. S stropa predora ob nišah za klic v sili visi znak z notranjo osvetlitvijo (III-41), ki opozarja na nišo za klic v sili. Po dva gasilna aparata sta nameščena tudi v dveh elektro nišah skozi analizirano predorsko cev.
- Na vstopnem in za izstopnim portalom sta nameščeni premični kameri. Skozi predor se zvrstijo 3 barvne kamere visoke ločljivosti s fiksnim objektivom.
- Predor je opremljen z nadzorno- kriminalnim sistemom. V omenjen sistem so vključeni merilniki za zajem prometnih podatkov, merilniki za zajem vremenskih podatkov, merilniki za požarno javljanje v predoru (avtomatski točkovni dimni javljalniki, skupaj jih je 9 in dva ročni javljalniki požara), merilniki CO in vidljivosti v predoru na dveh merilnih mestih in merilniki za merjenje hitrosti in smeri zraka. Naloge krmilno-nadzornega sistema opravlja mikroročunalniški nadzorni in krmilni sistem, v ta namen so skozi predorsko cev nameščene štiri lokalne postaje. V analizirani predorski cevi so nameščene številne induktivne zanke, ki merijo zastoj prometa, hitrost (posameznega vozila ali povprečno hitrost) in štetje osebnih in tovornih vozil. Skupaj jih je v analizirani predorski cevi nameščenih 12.
- Pred predorom je nameščen znak III-74, ki opozarja, da je skozi predor je omogočena neprekinjena radijska zveza z možnostjo komuniciranja med vzdrževalci, policijo, gasilci in reševalci. Predvideno je tudi neprekinjeno spremljanje radijske frekvence VAL 202.
- Varnostni objekti zajemajo izhode na prosto, označbe razdalje do dveh najbližjih izhodov v sili na stenah (na višini 1,1-1,5 m, na vsakih 25 m), eno nišo za klic v sili, ki je opremljena z dvema gasilnima aparatoma, na kar opozarja tudi znak z notranjo osvetlitvijo.
- V območju predora so nameščeni znak »predor« (I-24) 300 m pred predorom; znak »ime predora« (III-65) ob vstopnem portalu; znak »omejitev hitrosti« (II-30) na 80 km/h pred predorom; znak »prepovedano prehitevanje za tovorna vozila« (II-29) pred predorom.
- Predor je opremljen z naslednjimi komponentami sistemov za upravljanje prometa; SSN enodelni semaforji (utripalci), ki so nameščeni nad kombinirano elektro nišo in nišo za klic v sili in nad osvetljenim znakom za nišo za klic v sili; SSN tridelni semaforji na stenah vstopnega portala (trije semaforji) in na steni izstopnega portala en tridelni semafor obrnjen v nasprotno smer; večpomenski spremenljivi prometni znaki pred vstopnim portalom (2-pomenski); večpomenska spremenljiva prometnoinformacijska signalizacija kot sistem za zaustavitev vozil pred predorom v obliki tridelnih semaforjev, utripalcev in večpomenskih spremenljivih znakov [14].

4.12 Pregled stanja v predoru Podnanos

- Za namen preskrbe z električno energijo je zgrajena ena trafo postaja, ki pa je povezana z TP Rebernice II in TP Barnica.
- Skozi predor je nameščena vzdolžna razsvetljava. Na robnikih so za povečanje vidnega vodenja nameščene enovrstične LED diode rdeče in bele barve. Stene predora so zaradi povečane vidljivosti in vidnega vodenja do višine štirih metrov pobarvane s svetlo barvo RAL 9001. Znotraj predora se pojavljajo opozorilni znaki z notranjo osvetlitvijo, znaki z notranjo osvetlitvijo za klic v sili in znaki z notranjo osvetlitvijo s simbolom gasilnega aparata. Na tleh hodnika za pešce ter na prečnem prehodu so nameščeni LED smerniki, ki se vključijo v primeru detekcije požara, vožnje v nasprotno smer in stoječega vozila. Na stenah obeh predorskih cevi so nameščene posebne varnostne svetilke in fotoluminiscentne table. Razsvetljava predora zajema tudi režim zasilne razsvetljave in razsvetljave prečnih povezovalnih rogov.
- Ob normalnem obratovanju se predor prezračuje naravno (tlačna razlika in batni efekt), za izredne dogodke pa zaradi same dolžine predora ni nameščenega posebnega sistema mehanskega prezračevanja. V predorskih ceveh so nameščeni tudi merilniki za prekomerno koncentracijo CO, merilniki za vidljivost v predorski cevi in merilniki za hitrost in smer zraka v cevi.
- Pred portaloma predora so nameščene garniture s sistemom za klic v sili na stebričkih s po dvema gasilnima aparatoma, na kar opozarja tudi znak. Skozi analizirano predorsko cev se zvrstijo 4 niše s sistemom klica v sili s po dvema gasilnima aparatoma (ob prisotnosti znaka, ki opozarja na gasilne aparate) in vrati, ki se zapirajo na desni strani v smeri vožnje. S stropa predora ob niši za klic v sili visi znak z notranjo osvetlitvijo (III-41), ki opozarja na nišo za klic v sili in znak z notranjo osvetlitvijo (III-53), ki opozarja na prisotnost gasilnih aparatov.
- 50 m pred vstopnim in 100 m za izstopnim portalom sta nameščeni premični kameri. Videonadzor prometa je nameščen tudi pred in za portaloma predora. Skozi predor se zvrsti 7 barvnih kamer visoke ločljivosti s fiksnim objektivom, pri prečnih prehodih pa sta nameščeni dodatni vrtljivi kameri z zoom objektivom v obeh predorskih ceveh.
- Predor je opremljen s sistemom za samodejno zaznavanje izrednih dogodkov, sistemi za detekcijo prevoza nevarnih snovi ter z nadzorno-kriminilnim sistemom. V omenjene sisteme so vključeni merilniki za zajem prometnih podatkov, merilniki za požarno javljanje v predoru (linijsko javljanje požara – Fibrolaser, avtomatski točkovni dimni javljalniki v nišah za klic v sili, elektro nišah in pogonski centrali; ročni javljalniki požara nameščeni pred nišami za klic v sili, ob prečnih in portalih ter pri pogonski centrali), merilniki CO in vidljivosti v predoru na enem merilnem mestu, merilniki vzdolžne hitrosti zraka in merilniki za zajem vremenskih podatkov na obeh straneh predora. Naloge krmilno-nadzornega sistema opravlja mikroračunalniški nadzorni in krmilni sistem.
- Pred predorom je nameščen znak III-74, ki opozarja, da je skozi predor omogočena neprekinjena radijska zveza z možnostjo komuniciranja med vzdrževalci, policijo, gasilci in reševalci. Predvideno je tudi neprekinjeno spremljanje radijske frekvence VAL 202.
- Sistem ozvočenja zajema zvočnike na stenah vstopnega in izstopnega portala.
- Varnostni objekti zajemajo izhode na prosto, 2 prečni povezavi v drugo cev za pešce in vozila (ki je označena z znakoma z notranjo osvetlitvijo na vhodu v prečnik in dodatnimi LED diodami po obodu vhoda v prečnik), označbe razdalje do dveh najbližjih izhodov v sili na stenah (na višini 1,1-1,5 m, na vsakih 25 m), štirimi nišami za klic v sili, ki so opremljene s po dvema gasilnima aparatoma in utripalci ob niši na stenah predora.
- V območju predora so nanizani naslednji znaki; 300 m pred predorom je nameščen znak »predor« (I-24); znak »ime predora« (III-65) ob vstopnem portalu; znak »omejitev hitrosti« na 80 km/h;

znak »prepovedano prehitevanje za tovorna vozila« (II-29) pred predorom, v kombinaciji z znakom I-20; znak »prenehanje vseh prepovedi in omejitev« za predorom; dva znaka »bližina svetlobnih prometnih signalov« (I-20) v kombinaciji z znakom II-29 in dvojnimi utripalci, ki v primeru izrednega dogodka dodatno opozarjajo voznike na bližajočo svetlobno signalizacijo, za katere bi bilo smiselno, da se prižgejo samo v primeru izrednega dogodka in ne utripjo konstantno, kot se to dogaja trenutno.

- Predor je opremljen z naslednjimi komponentami sistemov za upravljanje prometa; SSN enodelni semaforji (utripalci) ob niši za klic v sili po dva utripalca na steni predora, torej 8 utripalcev na 4-ih lokacijah in 150 m pred portalom v smeri Razdrto; SSN tridelni semaforji pribl. 30 m pred vstopnim portalom, po en za vsak vozni pas; večpomenski spremenljivi prometni znaki (1-pomenski, 2-pomenski in 6-pomenski) pred predorom; večpomenska spremenljiva prometnoinformacijska signalizacija kot sistem za zaustavitev vozil pred predorom v obliki tridelnih semaforjev, večpomenskih spremenljivih znakov in smernih puščic na stropu vstopnega portala [15].

5 Razprava, predlogi izboljšav in sklepi

Posebno mesto na področju varnosti na evropskih cestah predstavljajo predori. Od leta 2000 se pri programu Euro Test, ki poteka pod okriljem konzorcija evropskih avtomobilskih klubov (18 avtomobilskih klubov iz 17-ih držav članic), trudijo s pomočjo periodične metodologije testiranja javno oznanjati trenutno stanje na evropskih cestah in tako dvigovati osveščenost med uporabniki. Eno od načel slednjega programa je stimulacija javne debate o slabostih v naših predorih, in če je to potrebno, vzpostavitev oziroma izdelava regulative [16].

V tem obdobju se je kvaliteta cestne infrastrukture in s tem tudi nivo varnosti v državah članicah na mnogih področjih izboljšala. Konec koncev nas k izboljšavam in tehnološkemu napredku zavezuje tudi dejstvo, da smo del evropskega cestnega prostora, kjer naj bi članice zagotavljale enako raven zanesljivosti in varne rabe. Kljub temu pa stanje v vseh državah članicah še vedno ni na dovolj visoki ravni. Po besedah vodje projekta za evropski program ocenjevanja predorov (European Tunnel Assessment Programme – Euro TAP) je to obdobje prava priložnost za dodatna prizadevanja za pozitivne spremembe, spoštovanje in celo preseganje zahtev Direktive Evropskega parlamenta in Sveta 2004/54/ES [16].

Opremljenost analiziranih slovenskih predorov je v večini skladna z zahtevami Direktive Evropskega parlamenta in Sveta 2004/54/ES tudi zaradi dejstva, da se naši projektanti večinoma poslužujejo avstrijskih in nemških smernic pri projektiranju predorov, ki pa so bistveno bolj podrobne in zahtevne od omenjene direktive. Kljub temu da je uvedba Direktive Evropskega parlamenta in Sveta 2004/54/ES privedla do nujnih izboljšav na področju varnosti v območju predorov, so zahteve le te minimalne in premalo specifične. Smiselno je, da Direktiva 2004/54/ES podaja samo osnovne okvire, znotraj katerih se mora gibati vsaka država članica, zaželeno in priporočeno pa je, da vsaka članica vzpostavi nacionalno zakonodajo, ki bo podrobneje urejala tematsko področje in bo hkrati skladna evropskim zahtevam. Ker pri nas take zakonodaje oz. smernic nimamo, posledično prihaja do zmede že tekom projektiranja, gradnje in kasneje uporabe predorov.

V analiziranih predorih prihaja pri sicer zakonsko ustrezni opremljenosti in sistemih za upravljanje prometa do anomalij pri nivoju opremljenosti, pozicioniranju opreme, razporeditvi opreme in tipu opreme. Dejstvo, da primerna zakonodaja še ni izdelana, je morda prednost, saj se lahko tematike lotimo konstruktivno in temeljito ter tako izpopolnimo obstoječo evropsko zakonodajo in ostale tuje smernice, po katerih se gledujemo.

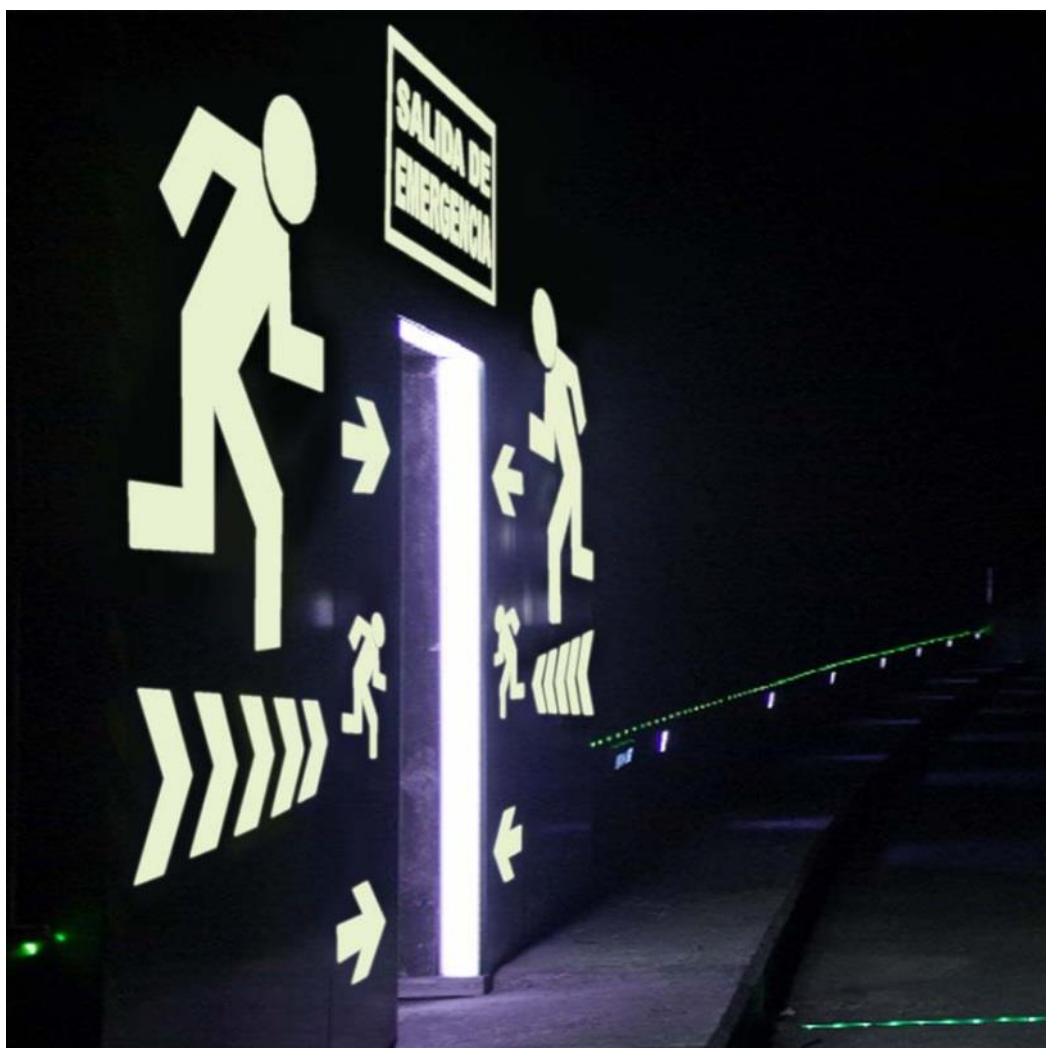
V nadeljevanju so prikazana področja, na katerih prihaja do odstopanj.



Slika 3: Znak III-74 [17]

Trenutna zakonodaja narekuje prisotnost znaka za neprekinjeno radijsko zvezo in frekvenco (III-74) v območju pred predorom ter znotraj le-tega, za predore, ki so daljši od 1000 m. Prostorska umestitev omenjenega znaka je trenutno različna od predora do predora, njegovo ponavljanje znotraj predorov, daljših od 1000 m, pa je opuščeno. Ta problematika je najbolj izpostavljena pri predorih Cenkova, Trojane, Kastelec, Dekani, Karavanke, Jasovnik in Šentvid. Uporabnike predorov je potrebno spodbujati k redni uporabi radijskih sprejemnikov v predorih, saj je to eden od direktnih načinov komunikacije v primeru izrednega dogodka. Pred omenjenimi predori je potrebno na isti oddaljenosti od vstopnega portala, če geografske danosti to dopuščajo, namestiti znak III-74. Slednji naj se v predorih, ki so daljši od 1000 m, ponavlja na stenah predora, kjer ni prenatrpanosti s prometnimi znaki, vsekakor pa na 1000 m.

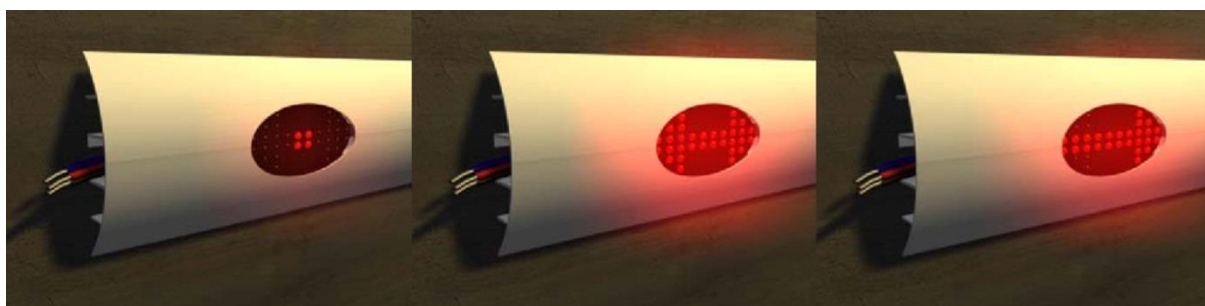
V večini analiziranih predorov sta predorski cevi povezani s prečnimi povezavami, ki omogočajo varno evakuacijo udeležencev v prometu ob izrednem dogodku. Z izjemo predorov Podnanos, pokriti vkop in predor Cenkova in Šentvid, so vhodi v prečne povezave siromašno označeni. V primeru vseh analiziranih predorov so vhodi označeni s po dvema znakoma z notranjo osvetlitvijo, s simbolom smeri evakuacije, v primeru naštetih predorov pa še z nizom LED luči na obodu vhoda v prečnik. Novosti na področju označevanja vhodov v prečne povezave ne manjka. Že znana izvedba fotoluminiscentnih označb in LED tehnologije je v Španiji dobro uveljavljena. Podaja jasno sporočilo o smeri evakuacije v primeru izrednega dogodka, sistem je prilagodljiv ne glede na geometrijo predorske cevi, je trajen, lahko vgradljiv in z nizkimi stroški vzdrževanja [18]. Vhode v prečne povezave vseh analiziranih predorov, razen predorov Podnanos, Cenkova in Šentvid, je potrebno bolje označiti. Poslužujemo se lahko označevanja po principu, ki je uporabljen v naštetih predorih, t.j. kombinacija fotoluminiscentnih nanosov in tabel z LED tehnologijo v eni vrsti po obodu vhoda. Posebno pozornost je potrebno nameniti svetilni moči LED svetil, ki ne sme biti premočna, oziroma se uporablja samo v primeru izrednega dogodka. Za povečano učinkovitost je smiselna tudi namestitvev LED trakov ali fotoluminiscentnih črt na steni predora, ki vodijo do izhoda.



Slika 4: Moderen in učinkovit pristop k označevanju vhodov v prečne povezave [18].

Pod pojmom razsvetljava predora razumemo tudi oznake z notranjo osvetlitvijo in svetlobne elemente za povečanje vidnega vodenja skozi predorske cevi. Razlike se pojavljajo pri tipu vgrajene opreme, načinu vgradnje in poziciji vgradnje. Trenutna zakonodaja diktira prisotnost omenjenih naprav, ne pa tudi navodil za umestitev v prostor in tehničnih specifikacij opreme. Obvezno je potrebna namestitev znakov z notranjo osvetlitvijo in simbolov gasilnega aparata v predorih Trojane, Jasovnik, Ločica, Podmilj in Golovec, ki so sicer z gasilnimi aparati opremljeni. V predorih Ločica in Golovec je potrebna zamenjava odsevnih cestnih smernikov z LED smerniki na robnikih. V tujini se uveljavljajo podobni sistemi za izboljšanje vidnega vodenja prometa, ki so bolj varni v primeru evakuacije.

LED smerniki, ki so nameščeni na robnikih, služijo vodenju prometa, so pa v primeru izrednih dogodkov, ko je potrebna evakuacija, lahko ovira, saj njihovo ohišje sega izven nivoja robnika. Eden od modernejših primerov so načeloma bolj varna, cenovno primerljiva in sistemsko kompatibilna rešitev v obliki utripajočih puščic (LED tehnologija), ki kažejo v najbližjo smer umika, omogočajo različne oblike svetlobnih signalov in so nameščene na celotni dolžini predorskih sten. Tako se izognemo tudi trenutno nesmiselno pozicioniranim znakom z notranjo osvetlitvijo in simbolom evakuacije na desni steni predora, ko pa so prečne povezave v drugo cev na levi strani cestišča. Sistem z utripajočimi puščicami določi najkrajšo pot evakuacije na osnovi hitrosti vetra v predoru in pred njim, podatkov štetja prometa, razpoložljive električne energije za prezračevanje in mesta nesreče v nekaj sekundah po sprožitvi alarma [19].



Slika 5: Vidno vodenje prometa z utripajočimi puščicami [19].

V preglednici 1. je podrobneje prikazano, do kakšnih odstopanj prihaja v analiziranih predorih.

RAZSVE TLJ AVA	Oznake z notranjo osvetlitvijo				LED smerniki	Odsevni cestni smerniki
	"klic v sili"	"gasilni aparat"	smer evakuacije	"odstavna niša"		
Predor Trojane	X		X	X	X	
Predor Kastelec	X	X	X		X	
Predor Dekani	X	X	X		X	
Predor Karavanke	X	X	X		X	
Predor Jasovnik	X		X	X	X	
Predor Šentvid	X	X	X	X	X	
Predor Ločica	X		X			X
Predor Golo rebro	X	X	X		X	
Predor Pletovarje	X	X	X		X	
Predor Cenkova	X	X	X		X	
Predor Podmilj	X		X		X	
Predor Golovec	X		X			X
Predor Podnanos	X	X	X		X	

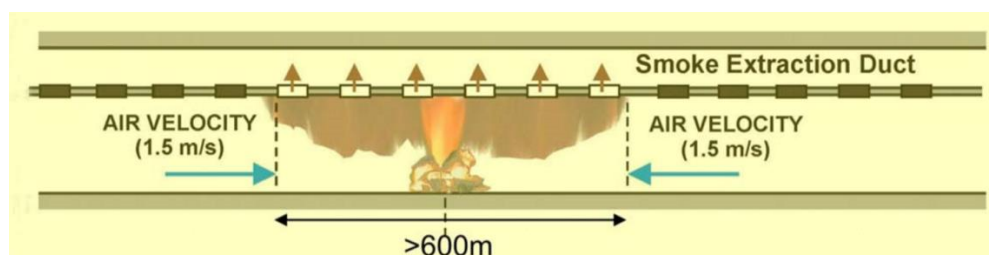
Preglednica 1: Razsvetljava v predorih.



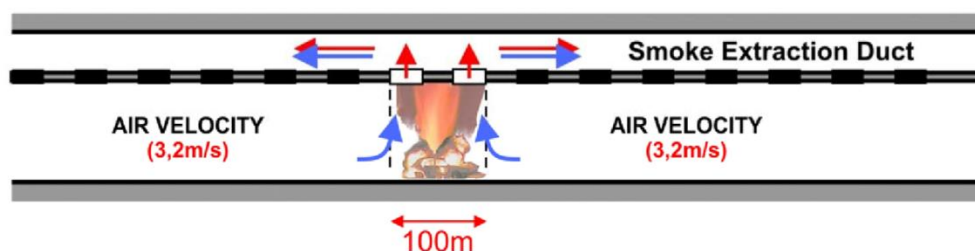
Slika 6: Primer enovrstičnih LED smernikov za povečanje vidnega vodenja prometa v predoru [19].

Predori Ločica, Golo rebro, Pletovarje, Cenkova, Podmilj, Golovec in Podnanos zaenkrat nimajo nameščenega prisilnega prezračevalnega sistema zaradi svoje dolžine, t.i. batnega efekta in tlačne razlike med vstopnim in izstopnim portalom, ki ob normalnem delovanju predora zagotavlja zadosten pretok svežega zraka. Strupeni dim, ki nastane pri pojavu požara, predstavlja največji varnostni problem za uporabnike predorov, zato je posvečanje dodatne pozornosti sistemom prisilnega prezračevanja, ne glede na geometrijske in geografske lastnosti predora, ključnega pomena.

Za nekatere naštete predore (Ločica, Cenkova...) trenutno poteka diskusija o namestitvi prisilnih prezračevalnih sistemov. Moje mnenje je, da bi bilo slednje smotrno namestiti v obliki prečnega prezračevanja, saj z vzdolžnim prezračevanjem ob danih vremenskih pogojih le težka kontroliramo širjenje strupenih plinov in dima, vplivno območje požara je dosti večje, evakuacija pa je možna samo v eni smeri. S tehnološkim napredkom se pojavljajo tudi novi sistemi, eden od primerov prečnega načina prezračevanja pa svoje prednosti poleg rednega prezračevanja kaže tudi pri zelo učinkoviti zajezitvi dima v primeru požara. Omogoča mnogo večje odesavanje zraka kot ostali prečni prezračevalni sistemi, batni efekt je večji kot pri vzdolžnem prezračevanju, ustvari kratko območje dima, omogoča pot evakuacije v obeh smereh, pri normalnem obratovanju porabi mnogo manj energije kot njemu sorodni sistemi, omogoča varno in učinkovito delovanje interventnih ekip in je lahko učinkovit zaustavljalac zraka v primeru premočnega vetra [19].



Slika 7: Običajen sistem prečnega prezračevanja, z dolgim območjem dima in ognja [19].



Slika 8: 3K Safe Vent z učinkom zračnih zaves [19].

V preglednici 2 je prikazana prisotnost prezračevalnih sistemov in merilnikov za kontroliranje kakovosti in gibanja zraka v predorski cevi.

PREZRAČEVANJE	Vzdolžno	Prečno	Brez	Merilniki za CO	Merilniki vidljivosti	Merilniki za hitrost in smer zraka
Predor Trojane	X			X	X	X
Predor Kastelec	X			X	X	X
Predor Dekani	X			X	X	X
Predor Karavanke	X	X		X	X	X
Predor Jasovnik	X			X	X	X
Predor Šentvid	X			X	X	X
Predor Ločica			X	X	X	
Predor Golo rebro			X	X	X	
Predor Pletovarje			X	X	X	
Predor Cenkova			X	X	X	X
Predor Podmilj			X	X	X	X
Predor Golovec			X	X	X	X
Predor Podnanos			X	X	X	X

Preglednica 2: Prezračevanje predorov.







Za permanentno opazovanje prometnega prostora so v območju predorov nameščeni videonadzorni sistemi in ponekod tudi sistemi za avtomatsko detekcijo prometa, tako da učinkovito pokrivajo celotno predorsko cev. V primeru izrednega dogodka oz. aktiviranju alarma iz nadzorno krmilnega sistema predora se avtomatsko sproži snemanje dogodka v regionalno nadzornem centru (RNC). Sistem videonadzora in avtomatske detekcije izrednih dogodkov bi bilo potrebno namestiti tudi v predoru Golovec. V preglednici 3. je prikazana prisotnost sistemov videonadzora in njihov položaj v predoru.






VIDEONADZOR	Vstopni portal	Izstopni portal	Skozi predor	Videodetekcija	Avtomatska videodetekcija
Predor Trojane	X	X	X	X	X
Predor Kastelec	X	X	X	X	X
Predor Dekani	X	X	X	X	X
Predor Karavanke	X	X	X	X	X
Predor Jasovnik	X	X	X	X	X
Predor Šentvid	X	X	X	X	X
Predor Ločica	X	X	X	X	X
Predor Golo rebro	X	X	X	X	X
Predor Pletovarje	X	X	X	X	X
Predor Cenkova	X	X	X	X	X
Predor Podmilj	X	X	X	X	X
Predor Golovec	X	X	X		
Predor Podnanos	X	X	X	X	X

Preglednica 3: Videonadzor v območju predorov.

V preglednici 4 so prikazane razlike med analiziranimi predori glede na prisotnost prometnih znakov v območju predorov. Vsekakor bi bilo potrebno preučiti trenutno gostoto prometnih znakov in razmisliti o možnosti namestitve dodatnih prometnih znakov za varnostno razdaljo, prepoved prehitevanja in znakov, ki omejujejo uporabo predorov za vozila z nevarnim in eksplozivnim blagom oz. jo dovoljujejo samo v določenem delu dneva. Pomembno je poudariti tudi dejstvo, da so nekateri od znakov, ki v razpredelnici niso označeni, zajeti v SPIS portalih pred predori. Tako se npr. pred

vstopnim portalom predora Dekani (v smeri proti Ljubljani), vstopnim portalom predora Kastelec (v smeri proti Kopru), pred vstopnim portalom predora Podnanos (v smeri proti Ljubljani), pred pokritim vkopom Rebernice (v smeri proti Novi Gorici), pred vstopnim portalom predora Podmilj (v smeri proti Mariboru) in pred vstopnim portalom predora Karavanke (v smeri AU) opravlja kontrola višine v sklopu portalov SPIS. Na priključku Trojane (Domžale - v smeri proti Ljubljani in v smeri proti Mariboru) na avtocesto, je kontrola višine urejena s portalom čez vozišče, na katerem sta nameščena dva tridelna semaforja. Predor Šentvid ima kontrolo višine urejeno na obeh straneh pred vstopnima portaloma in sicer na eni v sklopu portala SPIS, na drugi pa v sklopu portala z zavesicami, ki opozarjajo na omejitev višine. Predorov. Kljub temu, da se kontrola višine izvaja pred večino predorov pa nikjer ni nameščenega znaka, ki prepoveduje promet za vsa vozila, ki presegajo določeno skupno višino.

						
PROMETNI ZNAKI	II-24	II-65	II-30	II-28	II-29	II-9
Predor Trojane	X	X	X		X	
Predor Kastelec	X	X	X		X	
Predor Dekani	X	X	X		X	
Predor Karavanke	X	X	X	X		X
Predor Jasovnik	X	X	X		X	
Predor Šentvid	X	X	X			
Predor Ločica	X	X	X		X	
Predor Golo rebro	X	X	X		X	
Predor Pletovarje	X	X	X		X	
Predor Cenkova	X	X	X		X	
Predor Podmilj	X	X			X	
Predor Golovec	X	X	X		X	
Predor Podnanos	X	X	X		X	

						KONTROLA VIŠINE
PROMETNI ZNAKI	II-9.1	II-21	II-25	II-21	I-20	
Predor Trojane			X		X	X
Predor Kastelec					X	X
Predor Dekani					X	X
Predor Karavanke	X				X	X
Predor Jasovnik			X		X	
Predor Šentvid			X		X	X
Predor Ločica			X		X	
Predor Golo rebro				X	X	
Predor Pletovarje					X	
Predor Cenkova					X	
Predor Podmilj			X		X	X
Predor Golovec						
Predor Podnanos				X	X	X

Preglednica 4: Prisotnost prometnih znakov v območju predorov

Nepogrešljiva oprema v območju predora v primeru izrednega dogodka je sistem predorskega ozvočenja, preko katerega nadzornik prometa v RNC obvešča udeležence v prometu o trenutnem stanju in jim posreduje navodila za evakuacijo, največkrat preko predposnetih sporočil. Trenutno v predorih Golo rebro, Pletovarje, Cenkova, Podmilj in Golovec sistema predorskega ozvočenja ni. Trenutna direktiva in smernice narekujejo namestitev sistema predorskega ozvočenja v predorih, ki so daljši od 1000 m, hkrati pa se v tujini poraja vprašanje o njihovi učinkovitosti v primeru izrednega dogodka. V Švici je ozvočenje predorov celo strogo prepovedano. Fizikalno dejstvo je, da se zvoki v predoru odbijajo in krepijo, težavna je tudi zakasnitev zvoka iz enega segmenta predora v drugega ter hrup prometa in panika ob izrednem dogodku, ki doprinesejo k nerazločnosti kratkih predposnetih sporočil v slovenščini [19]. Z ozvočenjem ali brez njega mora biti tendenca pri evakuaciji udeležencev pri izrednem dogodku vselej na vidnem vodenju in optičnih znakih.

V preglednica 5 je prikazana prisotnost predorskega ozvočenja in njegova lokacija v analiziranih predorih.

OZVOČENJE	Vstopni portal	Izstopni portal	Odstavne niše	Nikjer
Predor Trojane	X	X		
Predor Kastelec	X	X	X	
Predor Dekani	X	X	X	
Predor Karavanke	X	X		
Predor Jasovnik	X			
Predor Šentvid	X	X	X	
Predor Ločica		X		
Predor Golo rebro				X
Predor Pletovarje				X
Predor Cenkova				X
Predor Podmilj				X
Predor Golovec				X
Predor Podnanos	X	X		

Preglednica 5: Ozvočenje v predorih.

Tudi na področju svetlobnih signalnih naprav v analiziranih predorih se kažejo velike razlike, predvsem pri prostorski umestitvi naprav in koncentraciji naprav na določenem odseku. Težavna je tudi sama dimenzioniranost enodelnih in tridelnih semaforjev, ki so bili primarno razviti za urbane sredine. Dokazano je namreč, da večina voznikov ne zazna rdeče luči na semaforju pri vstopanju v predor. Modernejša in varnejša rešitev slednjega problema je opisana v naslednjem odstavku. V preglednica 6 je prikazana prisotnost in umestitev enodelnih in tridelnih semaforjev v območju analiziranih predorov.

SSN	Utripalci pred predorom	Utripalci skozi predor	Tridelni semaforji na portalu	Tridelni semaforji pred portalom	Tridelni semaforji skozi predor
Predor Trojane		X	X	X	X
Predor Kastelec	X	X	X		X
Predor Dekani	X	X	X		X
Predor Karavanke	X	X		X	X
Predor Jasovnik		X		X	X
Predor Šentvid		X		X	X
Predor Ločica		X		X	
Predor Golo rebro		X		X	
Predor Pletovarje		X		X	
Predor Cenkova	X	X		X	
Predor Podmilj		X	X		
Predor Golovec		X	X		
Predor Podnanos	X	X		X	

Preglednica 6: SSN v območju predorov.

Fizične prepreke in ovire so najbolj učinkovite pri zaustavljanju prometa tik pred predorom v primeru izrednega dogodka, zato bi bilo smotno kljub prisotnosti sistemov za zaustavljanje vozil pred predorom razmisliti o možnosti namestitve polzapornic pred vsemi analiziranimi predori, razen pred predorom Šentvid in Karavanke, ki sta že opremljena s polzapornicami. Nekateri predori (npr. Podnanos) imajo sistem polzapornic nameščen na začetku niza predorov in viaduktov, kar pa za doseganje višjega nivoja varnosti v dotičnih predorih ni dovolj, saj se zlahka zgodi, da se določena količina vozil znajde znotraj sistema predorov tudi po zapori prvega predora v sistemu predorov. Bolj moderna različica fizične zaustavitve pred predorom je Soft Stop Laser vision, ki je že uveljavljen v Sidneyu. Gre za holografsko kapljevinsko bariero na vstopnem portalu predora. Sistem v primeru izrednega dogodka projicira znak »stop« na vodno zaveso, ki se sproži na vstopnem portalu. Največja prednost sistema je, da dejansko ne gre za fizično prepreko in v primeru nenadnega zaprtja predora ni nevarnosti naleta ali ignoriranja ukaza [19].



Slika 9: Sistem Soft Stop Laser vision za zaustavitev prometa pred predorom [19].

Trenutno so pred predori nameščene raznolike kombinacije tridelnih semaforjev, utripalcev, spremenljivih prometnih znakov, smernih puščic, SPIS portalov in polzapornic. Veliko bolj učinkoviti elementi zaustavitve prometa pred predorom od premnogokrat zanemarjenih tridelnih semaforjev so tudi SPIS portali in svetlobne smerne puščice in križi na stropu portalov. Podrobneje so sistemi za zaustavitev vozil pred predori opisani v posamičnih poglavjih s pregledom stanja.

V preglednici 7 je prikazana prisotnost polzapornic pred vstopnimi portali analiziranih predorov.

ZAUSTAVITEV VOZIL PRED PREDOROM	Semaforji, spremenljivi prometni znaki,...	Polzapornice
Predor Trojane	X	
Predor Kastelec	X	
Predor Dekani	X	
Predor Karavanke	X	X
Predor Jasovnik	X	
Predor Šentvid	X	X
Predor Ločica	X	
Predor Golo rebro	X	
Predor Pletovarje	X	
Predor Cenkova	X	
Predor Podmilj	X	
Predor Golovec	X	
Predor Podnanos	X	X

Preglednica 7: Sistemi za zaustavitev vozil pred predorom.

Cestni predori so nedvomno območja, ki zahtevajo večjo pozornost na varnostnem področju, kot je to zahtevano na odprti trasi, zato bi bilo smiselno tudi v bodoče investirati v opremo in sisteme, ki dvigujejo raven varnosti uporabnikov naših predorov. V nadaljevanju so predstavljene nekatere novitete s tega področja, ki so v tujini že uveljavljene.

Zastajanje meteorne vode na področju vstopnih in izstopnih predorskih preportalov ni redkost niti pri naših predorih. Poleg tega so lahko vremenski pogoji na vstopnem in izstopnem portalu gorskih predorov dokaj različni, kar lahko privede do neugodnega presenečenja v obliki ledu ali snega pri uporabnikih. V mnogih primerih so najboljčutiljivejši odseki naših cest tekom zimskega obdobja nadvozi, mostovi in gorski predori, kjer voziščna površina pogosto poledeni, priklopne voziščne konstrukcije pa ne. Nepričakovana poledica na vozišču je sama po sebi nevarna, nevarnost pa se povečuje s slabo vidljivostjo, padavinami in občasnimi vzdrževalnimi deli. Odstranjevanje ledu z voziščnih konstrukcij izvajamo z mehanskimi metodami, kot je npr. pluženje. Bolj napredne tehnike pa so dovajanje toplote in nanašanje suhih in tekočih kemikalij, ki znižujejo mejo zmrzovanja vode (sol, glikol, alkohol). V kombinaciji z elektro optičnimi senzorji, ki zaznavajo poledico in avtomatskimi fiksnimi pršilnimi sistemi, posebnimi ogrevanimi betoni ali polietilensko napeljavo, napeljšano iz toplotnih črpalk skozi telo voziščne konstrukcije, lahko v zimskem obdobju kvalitetno kontroliramo poledico na naših cestah.

Temperaturni skenerji so novost, v katero je bilo na avstrijski strani za predor Karavanke vloženi 1,3 milijonov €. Komplicirana tehnologija v obliki portalov, daleč pred vhomom v predor skenira vsa težka vozila nad 7,5 ton s pomočjo petih laserskih skenerjev in dveh infrardečih kamer in ob ugotovitvi, da je vozilo pregreto, slednjega razvrsti na posebno območje, do ohladitve. Namen laserskih skenerjev je zajem podatkov in izris tridimenzionalnega modela, med tem ko infrardeči kameri zajameta temperaturne podatke z obeh strani vozila. Približek temu edinstvenemu sistemu, ki je bil v predor Karavanke vgrajen maja 2012, je nameščen pred predorom Gotthard v Švici. V nasprotju s sistemom v predoru Karavanke, slednji omogoča samo termalno skeniranje ene strani vozila [20].

Nenadno ali nepričakovano menjavanje prometnih pasov predstavlja v predorih veliko nevarnost. Za izboljšanje varnosti na tem področju se na cestiščih že od leta 1952 (prvič v New Jersey-ju) uporabljajo ropotne črte. Poleg vzdolžnih robnih in vmesnih ropotnih črt iz vroče plastike, ki se nanaša v debelinah do 8 mm, poznamo še prečne in vdolbljene bodisi v svež asfalt bodisi v strjenega. Raster nanosa se lahko razlikuje, učinek pa je vselej enak. Ropotne črte ob kontaktu s kolesom vozila povzročajo ropot slišen vzniku vozila in okolici, poleg zvočnega učinka povzročajo tudi vibracije, ki v kombinaciji z ropotom voznika opozarjajo na vožnjo preblizu roba ali sosednjega voznega pasu [21].

Za vzpostavitev višjega nivoja varnosti se lahko poleg že naštetega poslužujemo tudi:

- namestitve blažilnikov trkov, ki so po aktualnih raziskavah nepogrešljivi elementi v območjih odstavnih niš z ravnimi stenami, kjer obstaja nevarnost čelnega naleta,
- namestitve LED razsvetljave na stene predora, na medsebojni razdalji 100 m – 150 m, ki neprestano opozarjajo na medsebojno varnostno razdaljo vozil v predoru,
- namestitve opozorilnih znakov v kombinaciji s stacionarnimi radarji pred predori,
- namestitve prikazovalnikov hitrosti z vgrajenimi merilniki hitrosti v območju predorov.

Največji vpliv na varno vožnjo skozi predor ima nedvomno odgovorno ravnanje posameznika. Za izboljšanje trenutne situacije pa lahko poskrbimo preko mnogih nivojev, npr. preko pravosodja, izobraževalnih institucij, medijev, civilne družbe, gospodarskih družb in ne nazadnje preko napredne poenotene opreme in sistemov za upravljanje prometa. Prvi korak v to smer bi bil zagotovo

vzpostavitev zakonodaje, ki bi do potankosti urejala področje opremljenosti predorov, s čimer bi eliminirali trenutne razlike. Na nacionalnem nivoju bi morale biti urejene tehnične specifikacije in navodila za opremo predorov, s katerimi bi uskladili tudi najmanjše, a še zdaleč ne najmanj pomembne razlike med predori, kot npr. uporaba enovrstičnih oz. dvovrstičnih LED smernikov na robnikih predorov.

VIRI

- [1] Resolucija Nacionalnega programa varnosti cestnega prometa za obdobje 2013 do 2022 (Skupaj za večjo varnost) 2,3.
http://www.avp-rs.si/en/images/nacionalni_nacrt/nacionalni_program_2013_2022.pdf
(Pridobljeno 03.05.2014.)
- [2] Družba za avtoceste Republike Slovenije – DARS d.d. 2014. Predori.
https://www.dars.si/Dokumenti/O_avtocestah/Objekti_na_avtocestah/Predori_85.aspx
(Pridobljeno 03.05.2014.)
- [3] Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo Ljubljana. Analiza prometnih nesreč v predorih na slovenskih avtocesta in hitrih cestah ter predlogi za njihovo odpravo. Sara Kocjančič.
http://drugg.fgg.uni-lj.si/1849/1/GRU_3146_Kocjancic.pdf (Pridobljeno 18.07.2014.)
- [4] Uredba o tehničnih normativih in pogojih za projektiranje cestnih predorov v Republiki Sloveniji. Uradni list RS št. 48/06, 54/09, 109/10 – Zces – 1.
- [5] Direktiva Evropskega parlamenta in Sveta 2004/54/ES, z dne 29. april 2004, o minimalnih zahtevah za predore v vseevropskem cestnem omrežju. Uradni list L 167, 30/04/2004 str. 0039-0091.
- [6] International Road Transport Union. 2014. Bus and coach road safety handbook.
<http://iru.org/cms-filesystem-action?file=mix-publications/SM-buscoach.E.pdf> (Pridobljeno 03.06.2014.)
- [7] Klun Kešeljević, M. 2014. Prošnja za posredovanje podatkov DARS d.d., Dodatki k obratnemu načrtu zaščite in reševanja ob nesrečah v predorih Trojane in Podmilj, junij 2010. Dodatek D-01, verzija 2.0. Sporočilo za: Hamzić, D. 15.07.2014. Osebna komunikacija.
- [8] Klun Kešeljević, M. 2014. Prošnja za posredovanje podatkov DARS d.d., Priloge k načrtu zaščite in reševanja ob nesrečah v predoru Kastelec, februar 2010. Dodatek D-01, verzija 2.0. Sporočilo za: Hamzić, D. 15.07.2014. Osebna komunikacija.
- [9] Klun Kešeljević, M. 2014. Prošnja za posredovanje podatkov DARS d.d., Priloge k načrtu zaščite in reševanja ob nesrečah v predoru Dekani, april 2010. Dodatek D-01, verzija 2.0. Sporočilo za: Hamzić, D. 15.07.2014. Osebna komunikacija.
- [10] Klun Kešeljević, M. 2014. Prošnja za posredovanje podatkov DARS d.d., Dodatki k obratnemu načrtu zaščite in reševanja ob nesrečah v predoru Karavanke, marec 2010. Dodatek D-05, verzija 3.0. Sporočilo za: Hamzić, D. 15.07.2014. Osebna komunikacija.
- [11] Klun Kešeljević, M. 2014. Prošnja za posredovanje podatkov DARS d.d., Dodatki k obratnemu načrtu zaščite in reševanja ob nesrečah v predorih Ločica in Jasovnik, april 2010. Dodatek D-05, verzija 2.0. Sporočilo za: Hamzić, D. 15.07.2014. Osebna komunikacija.

- [12] Klun Kešeljević, M. 2014. Prošnja za posredovanje podatkov DARS d.d., Dodatki k obratnemu načrtu zaščite in reševanja ob nesrečah v predoru Šentvid, junij 2010. Dodatek D-05, verzija 2.0. Sporočilo za: Hamzić, D. 15.07.2014. Osebna komunikacija.
- [13] Klun Kešeljević, M. 2014. Prošnja za posredovanje podatkov DARS d.d., Dodatki k obratnemu načrtu zaščite in reševanja ob nesrečah v pokritem vkopu in predoru Cenkova, februar 2010. Dodatek D-05, verzija 2.0. Sporočilo za: Hamzić, D. 15.07.2014. Osebna komunikacija.
- [14] Klun Kešeljević, M. 2014. Prošnja za posredovanje podatkov DARS d.d., Dodatki k obratnemu načrtu zaščite in reševanja ob nesrečah v predoru Golovec, junij 2010. Dodatek D-05, verzija 2.0. Sporočilo za: Hamzić, D. 15.07.2014. Osebna komunikacija.
- [15] Klun Kešeljević, M. 2014. Prošnja za posredovanje podatkov DARS d.d., Dodatki k obratnemu načrtu zaščite in reševanja ob nesrečah v pokritih vkopih Rebernice I in Rebernice II ter predorih Barnica in Podnanos, junij 2010. Dodatek D-05, verzija 1.0. Sporočilo za: Hamzić, D. 15.07.2014. Osebna komunikacija.
- [16] ITS International. 2014. Monitoring, detection and control systems inside tunnels can do much to improve traveller safety.
<http://www.itsinternational.com/categories/detection-monitoring-machine-vision/features/monitoring-detection-and-control-systems-inside-tunnels-can-do-much-to-improve-traveller-safety/> (Pridobljeno 29.06.2014.)
- [17] Mit Grnjak d.o.o. . 2014. Znaki za obvestila.
http://www.mit-grnjak.com/znaki_za_obvestila (Pridobljeno 20.08.2014.)
- [18] Enterprise Europe network. 2014. Innovative solutions in the field of Tunnel light signaling, using the latest LED tehnology and photoluminescent elements (TO.018).
<http://trafic2011.blogspot.com/2011/09/innovative-solutions-in-field-of-tunnel.html>
(Pridobljeno 15.07.2014.)
- [19] Orbipark. 2014. Predori/ Varnost.
<http://www.orbipark.si/-predori.html> (Pridobljeno 05.07.2014.)
- [20] ASFINAG. 2014. Tunnel safety.
<http://www.asfinag.at/en/unterwegs/verkehrssicherheit/sicherheitsmassnahmen/tunnelsicherheit>
(Pridobljeno 15.04.2014.)
- [21] Wikipedia. 2014. Rumble strips.
http://en.wikipedia.org/wiki/Rumble_strip (Pridobljeno 15.06.2014.)

PRILOGA A: PREGLEDNICA ZA PREGLED STANJA V PREDORIH NA SLOVENSKEM SVTOCESTNEM KRIŽU

		D A	N E
Sistem oskrbe z električno energijo			
Razsvetljava predora			
	Vzdolžna razsvetljava		
	Barva RAL 9001 na stenah, do višine 4 m		
	Oznake z notranjo osvetlitvijo na višini 1,0-1,5 m, na 50 m		
	Sijalke na območju odstavnih niš		
	Led diode na pločnikih, na 15 m oz. 25 m		
Prezračevanje predora			
	Vzdolžno prezračevanje		
	Polprečno prezračevanje		
	Prečno prezračevanje		
	Kombinirano prezračevanje		
	Merilnik za merjenje CO/odsek		
	Merilnik za vidljivost/odsek		
	Merilnik za merjenje hitrosti in smeri zraka v predoru/odsek		
Sistem klica v sili			
	Pred portalom predora		
	Prva niša 200 m od vstopnega portala/predori daljši od 500 m		
	V notranjosti na 150 m/predori daljši od 500 m		
	Pri enosmernem prometu namestitvev na desni strani v smeri vožnje		
	V notranjosti predora niše, ki se zapirajo z vrati		
	Ob portalih garnitura na stebričku		
	Ob cesti zunaj predora garnitura na stebričku		
	Jasno označene niše z vsaj po dvema gasilnima aparatoma		
Videonadzor			
	Na vstopnem portalu/vsi predori		
	Skozi predor/vsi predori		
	Na izstopnem portalu/vsi predori		
Sistem samodejnega zaznavanja izrednih dogodkov			
	obvezno za predore daljše od 1000 m		
Predorske radijske naprave			
	Enoten radijski sistem za intervencijske službe, z ločenimi frekvencami		
	Znak na vhodu v predor		
	Znak na vsakih 1000 m/predori daljši od 1000 m		
Ozvočenje			

	Zvočniki na portalih/predori daljši od 1000 m		
	Zvočniki na odstavnih nišah/predori daljši od 1000 m		
	Zvočniki na drugih lokacijah/predori daljši od 1000 m		
Varnostni objekti - poti umika in zasilni izhodi			
	Izhodi na prosto		
	Prečne povezave v drugo cev		
	Izhodi v varnostne rove/pilotno galerijo/raziskovalno galerijo		
	Reševalne poti, ločene od glavne cevi		
	Označbe razdalje do dveh najbližjih izhodov v sili na stenah, na višini 1,1-1,5 m, na 25 m		
	Enak znak na vhodu neposrednega izhoda na prosto,		
	skladen s piktogramom ISO6309 ali SIST EN 12899		
Varnostni objekti - odstavne niše			
	Na vsaj 1000 m/predori daljši od 1000 m		
	Dostop do klica v sili in dveh gasilnih aparatov		
Varnostni objekti - vmesni prečni prehodi za pešce			
	Na max 500 m, s svetlo odprtino min 1m x 2m/predori daljši od 1000 m		
Varnostni objekti - vmesni prečni prehodi za vozila			
	Ob vsaki odstavni niši, s svetlo odprtino 3,5 m x 3,6 m/predori daljši od 2000 m		
Varnostni objekti - niše za klic v sili			
	Na max 150 m in vsaj 200 m v notranjost od portalov oz vhodov		
	V vsaki niši po dva gasilna aparata in besedilo v večih jezikih, da prostor ni namenjen zaščiti		
Sistemi za upravljanje prometa - prometni znaki			
	Znak "predor"		
	Znak "ime predora"		
	Znak "dolžina do konca predora" na 1000 m/predori daljši od 3000 m		
	Znak "omejitev hitrosti"/pri dolgih predorih v notranjosti ponovitev znaka na 500 m		
	Znak " prepovedano prehitevanje vseh motornih vozil razen enoslednih" po potrebi in		
	pri dolgih predorih v notranjosti ponovitev znaka na 500 m		
	Znak "prepovedano prehitevanje za tovorna vozila" po potrebi in pri dolgih predorih		
	v notranjosti ponovitev znaka na 500 m		
	Znak "prepoved prometa za vozila, ki prevažajo eksplozivne ali		
	lahko vnetljive snovi" po potrebi		
	Znak "prepovedan promet za vozila, ki prevažajo		

	nevarno blago" po potrebi		
	Znak "prepovedan promet za vozila, pri katerih skupna višina		
	presega določeno višino" po potrebi		
	Znak "najmanjša razdalja med vozili" po potrebi		
	Znak "prenehanje vseh prepovedi in omejitev" za predorom		
	Drugi znaki za izrecne odredbe za predorom		
Sistemi za upravljanje prometa - neprometni			
(informativni) znaki			
Sistemi za upravljanje prometa - SSN enodelni			
semaforji (utripalci)			
Sistemi za upravljanje prometa - SSN tridelni semaforji			
Sistemi za upravljanje prometa - spremenljivi			
prometni znaki (večpomenski)			
Sistemi za upravljanje prometa - spremenljiva			
prometnoinformacijska signalizacija (večpomenska)			
	Sistem za zaustavitev vozil pred predorom za dolge predore/ predori daljši		
	od 3000 m še v predoru na 1000 m		
	Ekvivalentno zgornji omejitvi so polzapornice		
	Obvezno na vhodu v predor/pri dolgih predorih tudi skozi predor		
	Priporočljivo pred predorom/pri dolgih predorih tudi skozi predor		
Sistemi za upravljanje prometa - nadzorno-krmilni			
sistem t.j. Merilniki in naprave za krmiljenje			
Merilniki za zajem promernih podatkov			
Merilniki za zajem okoljskih podatkov			
	Merilniki za požarno javljanje v predoru		
	Merilniki vsebnosti CO in vidljivosti v predoru		
	Merilniki vzdolžne hitrosti zraka v predoru		
	Merilniki za zajem vremenskih podatkov pred predorom		