

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*

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



Univerzitetni program Gradbeništvo,
Prometna smer

Kandidat:

Rok Lunar

Ocena prometne varnosti na dvopasovnih izvenmestnih cestah s programom IHSDM

Diplomska naloga št.: 2870

Mentor:

doc. dr. Alojzij Juvanc

Somentor:

viš. pred. dr. Peter Lipar

Ljubljana, 27. 2. 2006

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani **ROK LUNAR** izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom: »**OCENA PROMETNE VARNOSTI NA DVOPASOVNIH, IZVENMESTNIH CESTAH S PROGRAMOM IHSDM**«.

Izjavljam, da se odpovedujem vsem materialnim pravicam iz dela za potrebe elektronske separatoteke FGG.

Kranj, 02.02.06

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	004.42:656.1.08 (043.2)
Avtor:	Rok Lunar
Mentor:	doc. dr. Alojzij Juvanc, univ. dipl. inž.grad.
Somentor:	asist. dr. Peter Lipar, univ. dipl. inž.grad.
Naslov:	Ocena prometne varnosti na dvopasovnih, izvenmestnih cestah s programom IHSDM
Obseg in oprema:	113 str., 14 pregl., 19 sl., 3 pril.
Ključne besede:	projektiranje cest, prometna varnost, IHSDM, profil vozne hitrosti, realna vozna hitrost, V85, računalniški program

Izveček

Prometna varnost pa je čedalje pomembnejši dejavnik, ki mu v današnjem času javnost in mediji posvečajo zmeraj več pozornosti. K njenemu zvišanju pa ne doprinesejo le udeleženci v prometu, ampak se prometna varnost lahko izboljša že z skrbnim načrtovanjem in kvalitetno izvedbo. Predmet diplomske naloge je **analiza obstoječih in načrtovanih dvopasovnih izvenmestnih cest** s pomočjo **računalniškega programa IHSDM**. Omenjeni program je plod ameriške organizacije Federal Highway Administration (FHA) in je namenjen **avtomatizirani analizi dvopasovnih, izvenmestnih cest** na podlagi vnešenih podatkov. Sestavlja ga **5 samostojnih modulov**, ki sicer delujejo samostojno, a uporabljajo skupno bazo vhodnih podatkov. **Delovanje programa** sem s pomočjo obsežne priložene dokumentacije **preučil in opisal**. Za študijo realnosti rezultatov sem s programom naredil analizo **treh kratkih cestnih odsekov**. Eden od namenov diplomske naloge je bil tudi preizkus delovanja programa v praksi, zato sem z njim analiziral **daljši cestni odsek** med Ljutomerom in Pavlovci. Na podlagi **primerjave** dobljenih rezultatov **z rezultati**, izračunanimi **po sorodnih metodah** (Lamm, Köppel) ter podatkih **pridobljenih ob ogledu terena** in pri pristojnih organizacijah (prometne nesreče), sem **ocnil** vsakega od modulov in program kot celoto. Med **prednostmi** programa izstopa natančnost **izračunov realnih vozni hitrosti** v krožnih lokih in izris **profila vozne hitrosti**. Kot **zelo dobri** sta se pokazali tudi **analiza prepustnosti cestne trase** in **analiza križišč**. **Pomanjkljivosti** programa se kažejo predvsem v **neuporabnosti modula za analizo skladnosti geometrijskih podatkov s priporočili**, saj so le-ta prilagojena ameriškim razmeram. **Modul za napoved prometnih nesreč** se je izkazal za

nenatančnega, vendar bi s **kalibracijo** tega modula lahko **natančnost precej izboljšali**. Kljub pomanjkljivosti je končna **ocena programa zelo dobra**. Njegova **uporaba** pri analizi načrtovanih in obstoječih cest bi pomagala pri odkrivanju nepravilnosti, ki so nastale v fazah projektiranja in izvajanja, kar bi zmanjšalo število prometnih nesreč, ali vsaj tistega dela, ki je posledica napak projektanta oz. izvajalca.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC: 004.42:656.1.08 (043.2)
Author: Rok Lunar
Supervisor: assoc. prof. dr. Alojzij Juvanc
Co Supervisor: assist. dr. Peter Lipar
Title: Traffic safety evaluation on rural 2-lane highways using program IHSDM
Notes: 113p., 14 tab., 19 fig., 3 ann.
Key words: road planning, traffic safety, IHSDM, speed profile, software, V85

Abstract

Traffic safety is now days more important than ever. It does not involve just drivers, but also road-designers and builders. The **main goal** of this graduation thesis is **evaluation of the program IHSDM** (Interactive Highway Safety Design Model). Program is a **suite of software analysis tools for evaluating safety and operational effects of geometric design decisions on two-lane rural highways**. Federal Highway Administration (FHWA) on the Internet published it in 2004. IHSDM includes **five evaluation modules** (Crash Prediction, Design Consistency, Intersection Review, Policy Review, and Traffic Analysis). Program was analyzed with help of included **user's manuals** and **three short roads sections**. I also wanted to see **practical value** of this program. Therefore I performed **safety evaluation of road section from Ljutomer to Pavlovci**. The program results were **compared with results of others known methods** (by Lamm and Köppel) and other **collected information of analyzed road section** (crash history data). The **main features** of program IHSDM are **precision by estimating of 85th percentile, free-flow, passenger vehicle speeds, precision by estimating of traffic quality of service and quality of intersection analyses**. The program has also **imperfections** such as **use of American design policies** in Policy Review Module, **unreal speed profile graph** and **unreal traffic accidents prediction**. But still program is a **very useful tool** for automatic traffic safety evaluation of highways. Its use can radically reduce the number of traffic accidents, at least that ones, that are caused by failures in road design.

ZAHVALA

Za pomoč pri nastajanju diplomske naloge se iskreno zahvaljujem mentorju doc. dr. Alojziju Juvancu in somentorju asist. dr. Petru Liparju.

Zahvalil bi se tudi svojim staršema, ki sta mi skozi vsa leta študija nudila pomoč in mi stala ob strani. Na koncu naj se zahvalim še ženi, Poloni, ker mi je naredila vsak dan lepši.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
2	VPLIV TRASIRNIH ELEMENTOV NA PROMETNO VARNOST	4
2.1	Elementi cestne osi	4
2.2	Definicija vozne hitrosti	5
2.2.1	Fizikalne definicije	5
2.2.2	Definicija hitrosti v prometnem toku	6
2.3	Opis parametrov, ki vplivajo na realno vozno hitrost in prometno varnost	9
2.4	Opis postopkov za določitev realnih voznih hitrosti	14
2.5	Vpliv hitrosti na prometno varnost	17
3	OPIS PROGRAMSKEGA ORODJA IHSDM (INTERACTIVE HIGHWAY SAFETY DESIGN MODEL)	19
3.1	Hierarhija podatkov in načini vnašanja le-teh	20
3.2	Pregled modulov	21
3.3	Policy Review Module (PRM) – Kontrola trasirnih elementov	22
3.3.1	Funkcija (namen) modula	22
3.3.2	Vhodni podatki	22
3.3.3	Opis delovanja	26
3.3.4	Rezultati analiz	28
3.4	Crash Prediction Module (CPM) – Modul za napoved prometnih nesreč	28
3.4.1	Funkcija (namen) modula	28
3.4.2	Vhodni podatki	29
3.4.2.1	Podatki o analizi	29
3.4.2.2	Podatki o geometriji in kontroli prometa	29
3.4.2.3	Podatki o prometnih obremenitvah	35
3.4.2.4	Podatki o prometnih nesrečah iz preteklih let	36
3.4.3	Opis delovanja	36
3.4.4	Rezultati analiz	39

3.5	Design Consistency Module (DCM) – Modul za preverjanje skladnosti geometrijskih elementov oz. profil vozne hitrosti	40
3.5.1	Funkcija (namen) modula	40
3.5.2	Vhodni podatki	42
3.5.3	Opis delovanja	43
3.5.3.1	Algoritem za oceno profila vozne hitrosti (V85)	43
3.5.3.2	Ocena skladnosti geometrijskih elementov ceste	49
3.5.4	Rezultati analiz	51
3.6	Intersection Review Module (IRM) – Kontrola križišč	54
3.6.1	Funkcija (namen) modula	54
3.6.2	Vhodni podatki	54
3.6.3	Opis delovanja	55
3.6.3.1	Napake, ki se nanašajo na križišča, kot celoto	56
3.6.3.1.1	Nezadostna dolžina pasov za leve zavijalce med križišči, ki so locirana blizu vsaksebi.	56
3.6.3.1.2	Nezadostna dolžina dela za menjavo prometnih pasov na pasovih za leve zavijalce med križišči, ki so locirana blizu vsaksebi.	56
3.6.3.1.3	Merilo (indeks) konfliktnosti prometa (High Traffic Conflict Index)	56
3.6.3.1.4	Veliko utrjenih površin na križišču (Large Intersection Pavement Area)	57
3.6.3.2	Napake, ki se nanašajo na posamezne krake v križiščih	57
3.6.3.2.1	Nezadostna pregledna razdalja v križišču	57
3.6.3.2.2	Nezadostna pregledna razdalja v križiščih, ki se nahajajo na horizontalnih krivinah	58
3.6.3.2.3	Nezadostna pregledna razdalja v primeru majhnih horizontalnih krivin na priključnih krakih križišč	59
3.6.3.2.4	Nezadostna pregledna razdalja (za vozila na prednostni cesti) pred križišči, ki se nahajajo na vertikalnih zaokrožitvah	59
3.6.3.2.5	Nezadostna pregledna razdalja na križiščih, z večjim številom krakov	60
3.6.3.2.6	Nezadostna pregledna razdalja na križiščih, ki imajo več kot eno priključno cesto na isti strani glavne ceste	60
3.6.3.2.7	Nezadostna pregledna razdalja na križiščih, na katerih se kraki ne priključujejo pod pravim kotom	60

3.6.3.2.8	Nezadostna stop pregledna razdalja v primeru majhne konveksne vertikalne zaokrožitve na priključnem kraku	61
3.6.3.2.9	Nezadostna stop pregledna razdalja v primeru majhne horizontalne krivine na priključnem kraku križišča	61
3.6.3.2.10	Nezadostna vidljivost prometne signalizacije (razen znakov II-2 in II-1)	62
3.6.3.2.11	Nezadostna vidljivost znaka II-2 (»Ustavi!«)	62
3.6.3.2.12	Nezadostna vidljivost znaka II-1 (»križišče s prednostno cesto«)	62
3.6.3.2.13	Nezadostna dolžina za odločitev o ukrepanju v primeru majhne konveksne vertikalne zaokrožitve na priključnem kraku	63
3.6.3.2.14	Nezadostna dolžina za odločitev o ukrepanju v primeru majhne horizontalne krivine na priključnem kraku	63
3.6.3.2.15	Nezadostna dolžina za odločitev o ukrepanju v križiščih z več kot 4 kraki	64
3.6.3.2.16	Nezadostna dolžina za odločitev o ukrepanju v območju križišč, ki imajo več kot eno priključno cesto na isti strani glavne ceste	64
3.6.3.2.17	Dolga prevozna razdalja v križišču	64
3.6.3.2.18	Pas za leve zavijalce ni zagotovljen	65
3.6.3.2.19	Pas za desne zavijalce ni zagotovljen	66
3.6.3.2.20	Nekontinuiran potek prečnega profila stranske ceste preko križišča z glavno cesto	66
3.6.3.2.21	Razlika v priključnih kotih nasprotnih priključnih krakov	67
3.6.3.2.22	Nezadostna dolžina pasov za stoječa vozila	67
3.6.3.2.23	Zmanjšana zmožnost zaviranja v primeru v krožnem loku	68
3.6.4	Rezultati analiz	69
3.7	Traffic Analysis Module (TAM) – Izračun karakteristik prometnega toka s pomočjo TWOPAS mikrosimulacije (nivo uslug)	69
3.7.1	Funkcija (namen) modula	69
3.7.2	Opis delovanja	70
3.7.2.1	Zgodovina modela TWOPAS	70
3.7.2.2	Delovanje modela TWOPAS	71
3.7.2.3	Vhodni podatki	71
3.7.3	Rezultati analiz	73
3.7.3.1	Podatki o simulaciji	73
3.7.3.2	Vhodni podatki o prometu	73

3.7.3.3	Rezultati simulacije za celoten analizirani odsek	74
3.7.3.4	Rezultati simulacije na posamezni stacionaži obravnavanega odseka	76
3.7.3.5	Profil deleža vozil v koloni, prometnih obremenitev in voznih hitrosti	77
4	ZAGON IN UPORABA PROGRAMA	79
4.1	Nastavitve osnovnih parametrov	79
4.2	Vnašanje vhodnih podatkov	79
4.3	Zagon modulov in izpis podatkov	82
5	PRIMERI UPORABE IN OCENA REZULTATOV	83
5.1	Dvojna S-krivina z različno dolgimi vmesnimi prehodnicami	83
5.1.1	Uvod	83
5.1.2	Vhodni podatki	83
5.1.3	Rezultati	84
5.1.4	Primeriva rezultatov analize z rezultati dobljenimi po sorodnih metodah	87
5.1.5	Zaključki in ugotovitve	91
5.2	Cestni odsek regionalne ceste R1-230, odsek 1310 Ljutomer – Pavlovci	92
5.2.1	Uvod	92
5.2.2	Vhodni podatki	92
5.2.3	Vnos prometnih obremenitev	93
5.2.4	Zaključki in ugotovitve	95
5.2.4.1	Policy Review Module (PRM)	95
5.2.4.2	Crash Prediction Module (CPM)	95
5.2.4.3	Design Consistency Module (DCM)	96
5.2.4.4	Intersection Review Module (IRM)	100
5.2.4.5	Traffic Analysis Module (TAM)	103
6	OCENA REZULTATOV, POMANJKLJIVOSTI PROGRAMA IN PODROČJA UPORABE	106
6.1	Vrline in pomanjkljivosti programa	106
6.1.1	Modul PRM (Policy Review Module)	106
6.1.2	Modul CPM (Crash Predistion Module)	106
6.1.3	Modul DCM (Design Consistency Module)	107

6.1.4	Modul IRM (Intersection Review Module)	108
6.1.5	Modul TAM (Traffic Analysis Module)	108
6.2	Področja uporabe	109
7	ZAKLJUČEK	110
8	VIRI	111
9	PRILOGE	
	Priloga A: Rezultati analize dvojne s-krivine z različno dolgimi prehodnicami	
	Priloga B: Rezultati analize cestnega odseka regionalne ceste R1-230, odsek 1310	
	Ljutomer – Pavlovci	
	Priloga C: Podatki o prometnih nesrečah na R1-230, odsek 1310 Ljutomer - Pavlovci	

KAZALO SLIK

Slika 1:	Skica za pomoč pri določevanju kotov priključevanja krakov križišča	35
Slika 2:	Diagram poteka analize modula za napoved prometnih nesreč (koraki 1 do 4).	37
Slika 3:	Diagram poteka analize modula za napoved prometnih nesreč (koraki 5 do 16).	38
Slika 4:	Diagram poteka algoritma za oceno profila vozne hitrosti	43
Slika 5:	Profil vozne hitrosti na osnovi horizontalnih elementov ceste za primer »krožni lok – prema – krožni lok« (koraki 1 – 3)	45
Slika 6:	Profil vozne hitrosti na osnovi vertikalnih elementov ceste za primer »grebena« na ravnem odseku ceste (korak 4)	46
Slika 7:	Primerjava profilov vozne hitrosti na osnovi horizontalnih in vertikalnih elementov ceste (korak 5)	46
Slika 8:	Končni profil vozne hitrosti (V85) za obravnavani odsek ceste (korak 6)	47
Slika 9:	Profil vozne hitrosti (V85) za primer, če ni na voljo zadostne razdalje za zaviranje do prvega krožnega loka	48
Slika 10:	Profil vozne hitrosti (V85) za primer, ko uporabnik vnese začetno hitrost, ki je nižja od vozne hitrosti v nadaljevanju	48
Slika 11:	Profil vozne hitrosti (V85) za primer, ko razdalja od konca zadnjega krožnega loka do konca analiziranega cestnega odseka ne zadošča za pospeševanje na želeno hitrost	49
Slika 12:	Profil vozne hitrosti (V85) za primer, ko uporabnik vnese končno hitrost, ki je nižja od zelene	49
Slika 13:	Pogovorno okno za vnašanje in pregledovanje podatkov o cestni trasi	80
Slika 14:	Pogovorno okno za vnašanje križišč	81
Slika 15:	Graf primerjave vozne hitrosti po različnih metodah	90
Slika 16:	Pogovorno okno za prikaz in spreminjanje podatkov o posameznem križišču	94
Slika 17:	Skica križišča Podgradje (IHSDM)	100
Slika 18:	Skica križišča Radomerje (IHSDM)	101
Slika 19:	Skica križišča Ivanjkovci (IHSDM)	102

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1:	Vhodni podatki za kontrole prečnega prereza	23
Preglednica 2:	Vhodni podatki za kontrole horizontalnih elementov trase	24
Preglednica 3:	Vhodni podatki za kontrole vertikalnih elementov trase	25
Preglednica 4:	Vhodni podatki za kontrole pregledne razdalje	25
Preglednica 5:	Analiza sprememb hitrosti, izračunanih s programom IHSDM	84
Preglednica 6:	Vozne hitrosti po Lamm-u (krivinska karakteristika celotnega krožnega loka)	87
Preglednica 7:	Vozne hitrosti po Lamm-u (krivinska karakteristika na vplivnem območju)	87
Preglednica 8:	Izračun vozne hitrosti po Koppel-u	88
Preglednica 9:	Tabelarični prikaz hitrosti (v km/h) v odvisnosti od polmera krožnega loka	90
Preglednica 10:	PLDP za leta med letoma 2000 in 2004 na števnem mestu št. 354 Ivanjkovci	93
Preglednica 11:	Večja križišča in priključki na obravnavanem odseku regionalne ceste	94
Preglednica 12:	Pregled rezultatov analize spreminjanja vozne hitrosti s programom IHSDM	98
Preglednica 13:	Pregled rezultatov analize spreminjanja vozne hitrosti s pomočjo programa za urejanje preglednic	99
Preglednica 14:	Rezultati modula TAM	104

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

IHSDM	interactive highway safety design model (slo. interaktivni model varnega načrtovanja izvenmestnih cest)
FHA	federal highway administration (slo. ameriška zvezna uprava za izvenmestne državne in mestne ceste)
TWLT	two-way left turn lanes (slo. dvosmerni pasovi za leve zavijalce)
RSHR	road side hazard
PLDP	povprečni letni dnevni promet
AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials
ICI	Intersection Conflict Index

SLOVAR MANJ ZNANIH BESED IN TUJK

accommodate	(<i>with</i>) oskrbeti pomiriti spraviti; ugoditi; nastaniti, pod streho vzet
ack [<i>laek</i>] <i>n</i>	pomanjkanje, stiska, potreba
adequate	primeren, ustrezen, zadosten; skladen, razmeren; kos čemu
alignment [<i>*lainm*nt</i>] <i>n</i>	formacija; ravna črta; orientacija; uvrstitev; <i>techn</i> trasa za cesto ali železnico
application [<i>aeplikeiš*n</i>] <i>n</i>	(to za) uporaba; <i>med</i> nameščanje, polaganje obkladkov; obkladek, obveza; sredstvo; marljivost; (for) prošnja
arbitrary [<i>a:bitraeri</i>] <i>adj</i> (<i>arbitrarily adv</i>)	poljuben; samovoljen, neomejen; kontrasten
arterial road	glavna prometna žila
auxiliary lane data	podatki o dodatnih prometnih pasovih
awkward [<i>o'kw*d</i>] <i>adj</i> (<i>~ly adv</i>)	okoren, neroden, nespreten; <i>coll</i> nevljuden mučen; nevaren
concern	zadeva, posel; (<i>about, for</i>) skrb; (<i>at, over</i> zaradi) zaskrbljenost; žalost, užaloščenje, bol; (<i>in</i> za) zanimanje; delež; <i>com</i> tvrdka, podjetje, koncern; pomembnost, važnost; <i>coll</i> stavba
constraint [<i>k*nstreint</i>] <i>n</i>	sila, zadrega; siljenje, pritisk, napetost; zvezanost, omejenost
crest [<i>krest</i>] <i>n</i>	greben, roža, perjanica, čop, griva; fig pogum, ponos;
cross slope	prečni naklon vozišča
design consistency	skladnost pri načrtovanju, skladnost geometrijskih elementov trase
design speed	projektna hitrost
determine site-specific crash history	določi zgodovino prometnih nesreč v odvisnosti od smeri vožnje
differ [<i>dif*</i>] <i>vt</i> (<i>from</i>) <i>r</i>	razlikovati se; pričkati prepirati se, ne se strinjati, ne privolit
discontinuous [<i>disk*ntinju*s</i>] <i>adj</i> (<i>~ly adv</i>)	prekinjen, pretrgan, ustavljen, odpravljen, likvidiran
downgrade [<i>daungreid</i>] <i>n</i>	padeč, strmina, pobočje; on the ~ propadajoč
DSD stations	stacionaža mesta, kjer je potreben manever izogibanja
estimated 85th percentile operating speed profile algorithm	algoritem za oceno profila vozne hitrosti (V85)
exacerbate [<i>eksa'e's*beit</i>] <i>vt</i>	(po)slabšati, zaostriti; ogorčiti, razdražiti

examination [igzaemineiš*n] n	izpit; raziskava, preiskava, pregled; razmišljanje; <i>jur</i> zasliševanje;
examine [igzae'min] vt (in, on)	izpraševati; (<i>into</i>) preiskovati, pregledovati; (<i>on</i>) zasliševati
exceed [iksi:d] vt & vi (in)	prekoračiti, presegati, prekašati; pretiravati; odlikovati se
expectance [ikspekt*ns] n	čakanje, pričakovanje, upanje; uživanje vnaprej; verjetnost; <i>life</i> ~ pričakovana dolžina življenja
foresight [fo'sait] n	predvidevanje; previdnost
functional classification	funkcionalna klasifikacija (lokalna, zbirna, glavna)
headway [hedwei] n	napredovanje, uspeh; <i>naut</i> plovba ladje, hitrost plovbe; <i>archit</i> višina oboka; <i>E</i> glavni rov v rudniku; časovni presledek med vlak
highway terrain	teren po katerem poteka cesta, tip terena (ravninski, gričevnat, gorski)
horizontal alignment data	podatki o horizontalnem poteku trase
impede [impi:d] vt	ovirati, preprečiti, motiti
incorporated [inko:p*reitid]	<i>adj econ jur</i> inkorporiran, uradno vpisan, registriran (korporacija); <i>A</i> registriran kot delniška družba; združen, priključen
increase [inkri:s] n	rast, porast, povečanje, prirastek, povišanje, zvišanje; dobiček, donos, dobitok; poet potomstvo, potomec
inefficiency [inifiš*nsi] n	neučinkovitost, neuspešnost, nezmožnost, nesposobnost
inferable	sklepen, povzet
initial [iniš*l] adj (~ly adv)	začetni, prvotni
instantaneous	trenuten, nemuden; istočasen
lack [laek] n	pomanjkanje, stiska, potreba; <i>for</i> ~ <i>of</i> zaradi pomanjkanja česa; <i>no</i> ~ <i>of</i> dovolj česa, obilje česa
maximum superlevation	maksimalni prečni nagib v krivinah
mitigation [mitigeiš*n] n	ublažitev, olajšanje, popuščanje
necessitate [nisesiteit] vt	zahtevati, potrebovati, siliti, prisiliti, imeti za posledic
obstruction offset	oddaljenost ovir
obtain [*btein]	dobiti, doseči, pridobiti, preskrbeti si
pavement [peivm*nt] n	tlak; <i>E</i> pločnik
perceive [p'si:v] vt	zaznati, zaznavati
profile [proufi:l, -fail] n	profil, slika v profilu, obris; <i>techn</i> profil, prečni prerez
progress [prougres] n (<i>samo ednina</i>)	progres, napredek; razvoj, potek; <i>mil</i> napredovanje; <i>arch</i> potovanje, vožnja; <i>E hist</i> (tudi pl) službeno potovanje visoke osebnosti; <i>to make</i> ~ napredovati; <i>in</i> ~ v teku;
project type	tip projekta (rekonstrukcija ali novogradnja)

restrained [<i>ristreind</i>] <i>adv</i> (~ <i>ly</i>) [<i>ristreinidli</i>] <i>adv</i>)	obrzdán, obvládan; umerjen, zmeren, zadržán, preprost; ublažen, omiljen, pridušen
roadside slope	nagib obcestnega terena
sag	udrtost
shoulder definition	definicija bankine
sight distance checks	kontrola pregledne razdalje
surface type	tip površine (asfalrirana ali makadam)
sustained [<i>s*steind</i>] <i>adj</i>	nepretrgan, vztrajen, nepopustljiv; trajen
threshold [<i>*rešould</i>] <i>n</i> (<i>hišni</i>)	prag, vhod; <i>fig</i> zaitek; med meja
through lane cross slope	prečni prerez voznega pasu
through lane data	podatki o voznem pasu (naravnost)
through lane width	širina voznega pasu
through traveled way width	širina voznega pasu (brez dodatnih prometnih pasov)
to adjust	prilagoditi
type of avoidance maneuver	tip manevra pri izogibanju
uneven [<i>ani:vn</i>] <i>adj</i> (~ <i>ly adv</i>)	neraven; negladek (tla); neparen, lih (število); neenak, neenoličen;
use as a bike facility	souporaba kolesarjev
vertical alignment check	kontrola vertikalnih elementov trase
vertical alignment data	podatki o vertikalnem poteku trase
warranted [<i>wó`r*ntid</i>] <i>adj</i>	<i>econ</i> zajamčen, garantiran

1 UVOD

Življenja brez cest si v današnjem času ne moremo predstavljati. Ceste nam zagotavljajo bolj ali manj varno in udobno pot med skoraj poljubnima točkama na zemljevidu, saj se cestni sistem, v primerjavi z npr. železniškim, veliko bolj gosto razvejan in prilagodljiv.

Človek v cestnem prometu nastopa v različnih **vlogah**, in sicer kot:

- **uporabnik** cest (voznik),
- **ustvarjalec** in izdelovalec vozil in kot
- **načrtovalec, graditelj in vzdrževalec** cest.

Cilj človeka je (ne glede na vlogo, ki jo ima) enak, in to je **visoka raven prometne varnosti**.

Prometna varnost pa je čedalje pomembnejši dejavnik, ki mu v današnjem času javnost in mediji posvečajo zmeraj več pozornosti. Do zastavljenega cilja si človek v različnih vlogah pomaga z različnimi sredstvi:

- kot **uporabnik** cest z upoštevanjem cestnoprometnih predpisov in prilagoditvijo vožnje razmeram na cesti,
- kot **izdelovalec** vozil (z visoko ravno opreme za pasivno in aktivno varnost potnikov),
- kot **načrtovalec cest** (s prometnovarnim načrtovanjem prometnic – npr. z izbiro trasirnih elementov, zagotavljanjem zadostne preglednosti na cesti, uporabo primerne prometne signalizacije,...) ter
- kot **graditelj in vzdrževalec** cest (z vgradnjo kvalitetnih materialov in ustreznim vzdrževanjem v času uporabe).

Na prometno varnost pa vplivajo tudi **dejavniki narave**, kot sta **време in relief**. Človek na te dejavnike delno lahko vpliva s prilagoditvijo terena (zemeljska dela), postavitvijo ustrezne prometne signalizacije in z disciplinirano vožnjo ob neugodnih vremenskih in terenskih razmerah.

Z napredkom tehnologije se sicer **izboljšujejo naprave za pasivno in aktivno varnost** v vozilih, a se hkrati tudi **povečuje dejanska vozna hitrost** na naših cestah, ki je nemalokrat

tudi vzrok za prometne nesreče. Ker pa je **velika hitrost** povezana tudi z **veliko kinetično energijo**, so **posledice** takih nesreč nemalokrat **usodne za udeležence**.

Potrebno se je zavedati, da vsak od dejavnikov, ki vplivajo na varnost v prometu, nosi **svoj delež pri zaslugah** za zmanjšano število nesreč oz. svoj delež **pri krivdi** za povečano število nesreč.

V tej diplomski nalogi se bom osredotočil predvsem na to, kako lahko načrtovalci povečajo svoj delež k izboljšanju prometne varnosti.

Preverjanje ustreznosti trase iz vidika prometne varnosti precej zamudno opravilo. Poleg upoštevanja vseh pravilnikov in priporočil je potrebno preveriti tudi dejansko vozno hitrost vozil v posameznih krivinah in analizirati spreminjanje hitrosti med posameznimi krivinami – izdelati je potrebno t.i. **profil vozne hitrosti**. Ker zakonodaja, ki ureja to področje, profil vozne hitrosti ne navaja kot obvezni sestavni del projektne dokumentacije, ga projektanti večinoma ne izdelujejo. Drugi vzrok za to je pomanjkanje programske opreme, ki bi omogočala avtomatski izris profila vozne hitrosti iz podatkov o geometriji nove ali rekonstruirane ceste, strukturi in gostoti prometa ter o reliefu po katerem poteka cesta. Iz tega razloga se t.i. »**črne točke**« pokažejo šele ob pregledu statistike prometnih nesreč.

V Združenih državah Amerike kar 77% vseh cest predstavljajo izvenmestne, dvopasovne ceste in ker prometno varno projektiranje lahko znatno vpliva na število prometnih nesreč, se je **ameriška zvezna uprava za izvenmestne državne in mestne ceste** (Federal Highway Administration) določila, da bo dala programsko **orodje za oceno prometne varnosti v brezplačno** (javno) **uporabo**. Omenjena programska oprema se imenuje **IHSDM (Interactive Highway Safety Design Model = interaktivni model varnega načrtovanja izvenmestnih cest)** in služi za oceno varnosti na izvenmestnih dvosmernih cestah.

Cilji:

- podrobneje preučiti **namen in delovanje** programske opreme,

- na podlagi praktičnih primerov in teoretičnih podlag, na katerih bazira program, ugotoviti **natančnost** izračunov oz.
- ugotoviti **področja uporabe** programa.

Hipoteze:

- s pomočjo programskega orodja **IHSDM** iz podatkov o geometriji cestne trase, geometriji obcestnega sveta in podatkov o prometnih obremenitvah na določenem odseku **lahko določimo t.i. »črne točke«** na tem odseku,
- s pomočjo omenjenega programa in zgoraj opisanih vhodnih podatkov lahko **hitro in enostavno pridemo do profila vozne hitrosti** vozila v neoviranem prometnem toku,
- program **profil vozne hitrosti** določi **na podlagi detajlnega matematičnega** (fizikalnega) **modela** vožnje vozila v krožnem loku,
- program je **možno uporabiti za detajlno analizo prometne varnosti** obstoječega ali predvidenega cestnega odseka,
- s pomočjo obravnavanega programa je možno določiti **število prometnih nesreč** in njihovo strukturo,
- na podlagi podatkov o vozni hitrosti je mogoč **izračun potovalnega časa**,
- mogoča je **analiza vseh vrst križišč**.

2 VPLIV TRASIRNIH ELEMENTOV NA PROMETNO VARNOST

Vpliv projektanta (načrtovalca) ceste na **prometno varnost** se kaže v:

- izbiri primerne **velikosti in zaporedja trasirnih elementov** (postopno prehajanje iz večjih v manjše elemente),
- izbiri **ustrezne prometne signalizacije** (voznika je potrebno na prihajajočo nevarnost primerno opozoriti),
- oblikovanju **obcestnega sveta** in
- v primerni **umestitvi trase v prostor** (preglednost v krivini, vpliv obcestnega sveta na težavnost nesreče v primeru, ko vozilo zapusti vozišče).

Trasirni elementi lahko negativno vplivajo na prometno varnost, če je razlika med velikostmi sosednjih krožnih lokov tako velika, da »presenetijo«
voznika (še posebej če je prehod izveden s kratkimi prehodnicami).

2.1 Elementi cestne osi

Ker je cestna os tri-dimenzionalen (prostorski) element ga v načrtih prikazujemo kot:

- tlorisni pogled (**situacija**),
- prerez vzdolž osi (**vzdolžni profil**) in
- prerezi pravokotno na os (**prečni prerezi**).

V **situaciji** prikazujemo **horizontalne elemente**, ki so:

- **prema** (daljica),
- **krožni lok** in
- **prehodnica** (klotoida oz. vijačnica).

V vzdolžnem profilu so prikazani **vertikalni elementi**:

- **tangenta** (daljica) in
- **vertikalna zaokrožitev** (krožni lok).

V prečnem prerezu je prikazan **prečni nagib** vozišča in višinsko oblikovanje obcestnega sveta širina in naklon bankine, širina pregledne berme, naklon brežine.

2.2 Definicija vozne hitrosti

2.2.1 Fizikalne definicije

Hitrost je definirana kot kvocient premika $d\vec{s}$ in časovnega intervala dt , v katerem se premik zgodi. Hitrost točke (oz. togega telesa) \vec{v} je torej:

$$\vec{v} = \frac{d\vec{s}}{dt} \quad [\text{m/s ali km/h, } 1 \text{ km/h} = 3.6 \text{ m/s}] \quad (\text{Kladnik, 1985, str. 7})$$

Kakor premik $d\vec{s}$ ima tudi hitrost \vec{v} smer tangente na tirnico gibanja. Pri enakomernem gibanju se vektor \vec{v} spreminja po smeri in velikosti. Če se spreminja smer, je gibanje krivočrtno, če pa se spreminja velikost hitrosti, je gibanje pospešeno oz. pojemajoče (Kladnik, 1985).

Sprememba hitrosti \vec{v} je v zvezi s pospeškom \vec{a} . Pospešek je kvocient spremembe hitrosti in časovnega intervala, v katerem se sprememba zgodi; je merilo za spremembo hitrosti v časovni enoti.

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} \quad [\text{m/s}^2] \quad (\text{Kladnik, 1985, str. 8})$$

Ker je pospešek vektor, ga lahko razstavimo na komponente v treh, med seboj pravokotnih smereh (koordinatni sistem) oz. na projekcije vektorja na te tri smeri:

$$\vec{a} = \vec{a}_t + \vec{a}_r + \vec{a}_v \quad (\text{Kladnik, 1985, str. 8})$$

kjer so:

\vec{a}_t – vektor tangentialnega (vzdolžnega) pospeška, ki po definiciji kaže v smeri tangencialno na smer gibanja in ga zato lahko zapišemo kot skalar a_t ,

\vec{a}_r – vektor radialnega (bočnega) pospeška, ki po definiciji kaže v smeri normale na smer gibanja in ga zato lahko zapišemo kot skalar a_r ,

\vec{a}_v – vektor vertikalnega pospeška (sprememba gravitacijskega pospeška), ki po definiciji kaže v smeri normale na ravnino gibanja, ki jo določata \vec{a}_t ter \vec{a}_r , in ga zato lahko zapišemo kot skalar a_v ,

Velikost pospeška lahko torej zapišemo tudi kot:

$$a = \sqrt{a_t^2 + a_r^2 + a_v^2} \quad (\text{Kladnik, 1985, str. 8})$$

Pri ravninskem gibanju vertikalni pospešek lahko zanemarimo in zgornjo enačbo zapišemo v naslednji obliki:

$$a = \sqrt{a_t^2 + a_r^2} \quad (\text{Kladnik, 1985, str. 8})$$

Smer pospeška kaže na smer spremembe hitrosti – tirnica gibanja se zakrivlja v smer delovanja pospeškov.

Če se telo (oz. vozilo) giblje s **konstantnim tangentnim pospeškom**, je to **enakomerno pospešeno gibanje**. Telesu se hitrost linearno povečuje oz. zmanjšuje. Če pa se telo giblje s spremenljivim tangentnim pospeškom, je to **neenakomerno pospešeno gibanje**, ki se kaže v neenakomernem povečevanju oz. zmanjševanju hitrosti.

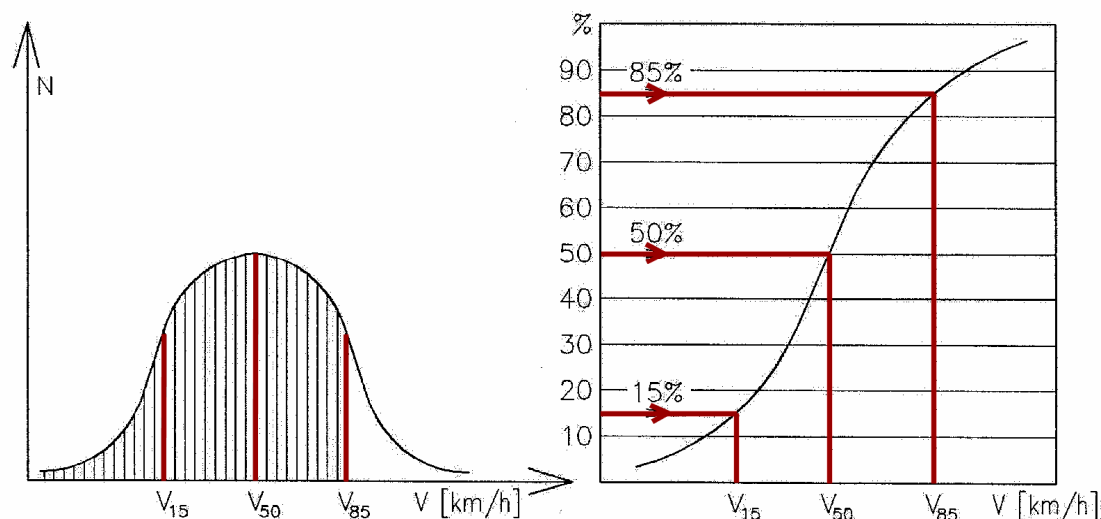
Podobno gre pri gibanju telesa s **konstantnim radialnim** (bočnim) **pospeškom** za **enakomerno kroženje** oz. neenakomerno kroženje, če se radialni pospešek spreminja.

Pri **vožnji** po cesti gre v glavnem za **enakomerno** ($a_t = \text{konst.}$) **ali neenakomerno** ($a_t \neq \text{konst.}$) **pospešeno gibanje** ter **enakomerno kroženje** ($a_r = \text{konst.}$).

2.2.2 Definicija hitrosti v prometnem toku

»**Hitrost prometnega toka**« se največkrat razlikuje od hitrosti posameznega vozila. Razlike med hitrostmi vozil so posledica **različnih lastnosti vozil** (moč motorja, tovorno vozilo, osebno vozilo,...) **in voznikov** (ofenzivna vožnja, »previdni« vozniki,...). Pod pojmom »hitrost prometnega toka« si največkrat predstavljamo neko srednjo vrednost hitrosti vozil, ki

»sestavljajo« prometni tok. **Bistveni vpliv** na hitrost prometnega toka ima **gostota prometa** (oz. gostota prometnega toka).



Prikaz statistične porazdelitve hitrosti in karakteristične vrednosti (Andjus, 1983, cit po Juvanc, A. 1991)

Hitrosti v prometnem toku glede na gostoto prometa in posledično glede na medsebojni vpliv (interakcija) med vozili delimo na:

- **hitrost v prostem prometnem toku** - vozila se med seboj ne ovirajo, zato je njihova hitrost enaka hitrosti s katero bi vozili, če bi bili na cesti sami,
- **hitrost v normalnem prometnem toku** – gibanje vozil je delno omejeno zaradi interakcije med vozili,
- **hitrost v zasičenem prometnem toku** – vsa vozila se zaradi popolne interakcije med njimi gibljejo s (približno) enako hitrostjo,
- **hitrost v prometnem toku, kjer je kapaciteta prekoračena** – vsa vozila se gibljejo z enako hitrostjo, ki variira do zaustavitve.

Za ugotavljanje **prometne varnosti** na cesti sta pomembni predvsem hitrost **v prostem in normalnem prometnem toku**. Definirani sta kot zgornji vrednosti hitrosti, ki jih dosega 85% (V_{85}) oz. 50% (V_{50}) vozil v prometnem toku. Prva je odvisna od geometrijskih elementov ceste in se zato uporablja za kontrolo le-teh (velikost posameznih elementov, skladnost med

sosednjimi elementi, pregledne razdalje, ...) na čistem, mokrem vozišču. Druga se uporablja za ugotavljanje pogojev za odvijanje prometa.

V cestno prometni tehniki poznamo tudi **osnovno hitrost** (V_0), ki naj omogoča, glede na gostoto prometnega toka, gospodarno in psihofizičnim lastnostim uporabnikov prirejeno vozno hitrost. V praksi je zelo **podobna ali enaka hitrosti** V_{50} . Iz nje **izhaja t.i. računska hitrost** (V_{rac}), ki se uporablja v procesu projektiranja za določevanje geometrijskih elementov bodoče nove oz. rekonstruirane cestne trase. Geometrijski in konstruktivni elementi morajo zagotavljati varno vožnjo pri planirani V_0 . V_{rac} je določena s pravili in običajno predstavlja 20km/h višjo vrednost od osnovne hitrosti, za pomembnejše ceste pa se ta razlika še poveča. Na to vpliva predvsem zvitost trase, ki jo predstavlja krivinska karakteristika (K_u).

V predlogu Temeljnih specifikacij za ceste (TSC 03/200, 2003) so za potrebe načrtovanja cest definirane naslednje vrste hitrosti:

- **vozna hitrost** (V_{voz}) je trenutna hitrost, s katero vozilo vozi po vozišču,
- **dovoljena hitrost** (V_{dov}) je hitrost, ki je z zakonom ali z upravno omejitvijo določena na cesti ali njenem odseku oz. pododseku,
- **potovalna hitrost** (V_{pot}) je povprečna hitrost vozila na posameznem cestnem odseku,
- **opredeljena potovalna hitrost** (V_{pot}) je povprečna hitrost, ki naj bi jo dosegala vozila na posameznem cestnem odseku na koncu planske dobe in je merodajna za dimenzioniranje NPP (normalnega prečnega prereza) ter geometrijskih in tehničnih elementov ceste,
- **računska hitrost** (V_{rac}) je vsaka hitrost, ki se uporablja za določitev ali izračun tehničnih elementov ceste,
- **zasovalna hitrost** (V_{zasn}) je računska hitrost, ki je za posamezno kategorijo ceste opredeljena glede na njeno prometno funkcijo in glede na pogoje prostora, po katerem poteka cesta,
- **projektna hitrost** (V_{proj}) je vozna hitrost vozila v prostem prometnem toku na čistem in mokrem vozišču, imenovana tudi V_{85} , ki jo omogočajo geometrijski in tehnični

elementi projektirane ali obstoječe ceste in se uporablja kot računsko hitrost za analize prometne varnosti ter korekcijo posameznih tehničnih elementov ceste,

- **hitrost v bočni smeri (V_{rad})** je hitrost, s katero vozila menjavajo prometne pasove.

2.3 Opis parametrov, ki vplivajo na realno vozno hitrost in prometno varnost

Že dolgo je znano, da so **realne hitrosti vozil** (izmerjene vrednosti) skozi posamezni geometrijski element cestne trase **višje od računske** hitrosti na osnovi katere je bil ta geometrijski element določen. To je v glavnem posledica tega, da za dimenzioniranje geometrijskih elementov, zaradi varnosti, upoštevamo nekoliko slabše karakteristike vozil in materialov (pnevmatike, obrabne plasti voziščne konstrukcije) od tistih, ki so na trgu. Svoj delež k temu prispevajo tudi hiter razvoj na področju avtomobilske, gumarske in cestogradbene industrije, ki je hitrejši od prilagajanja pravilnikov za projektiranje cest.

Na realno vozno hitrost vpliva **več dejavnikov**. Pri izdelavi matematičnega modela za določevanje le-te je **potrebno določiti tiste dejavnike, ki imajo največji vpliv** nanjo.

Razlika med računsko in realno hitrostjo ima tri značilnosti:

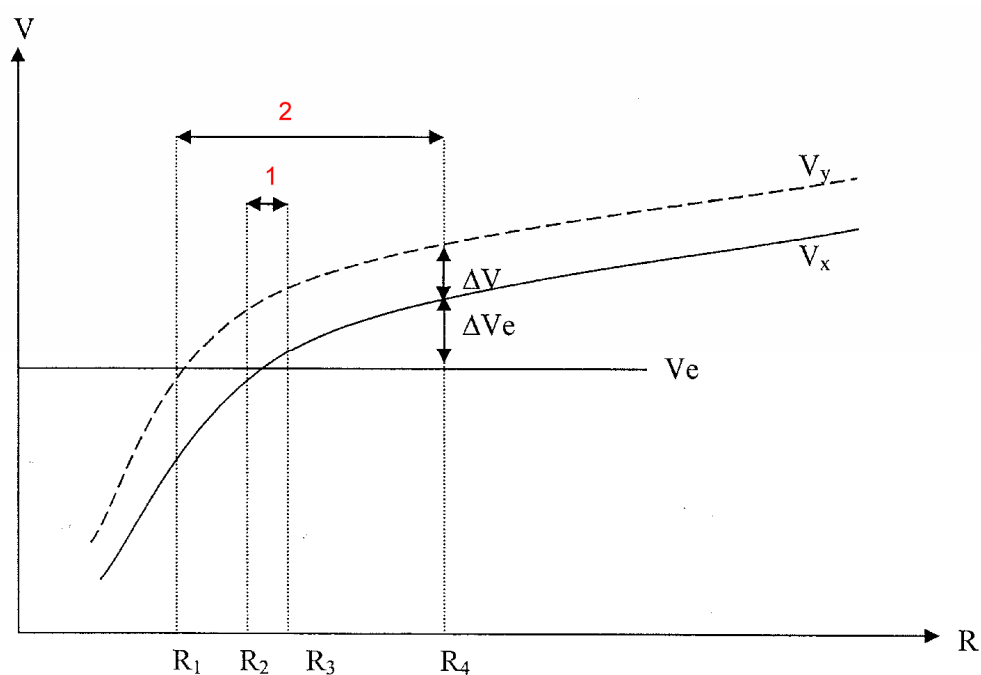
1. **z rastočo vrednostjo** velikosti **polmera** horizontalne krivine (R) **razlika narašča** in je praktično neodvisna od privzet računsko vrednosti,
2. za **različne vrednosti izbrane računske hitrosti** se **spreminja območje polmerov** (R_i), v katerih so zaradi realne hitrosti voznodinamične razmere enake (območje 1 na spodnji sliki) ali vsaj v mejah (območje 2 na spodnji sliki) tistih, ki so bile upoštevane pri dimenzioniranju elementov z izbrano računsko hitrostjo (V_e na spodnji sliki) in
3. **dispersija** hitrosti ima svojo **zgornjo in spodnjo mejo** (V_y in V_x), ki je **odvisna** predvsem od **širine vozišča**.

Naslednja slika prikazuje zgornje tri ugotovitve pri čemer so:

V – realna vozna hitrost,

R – polmer horizontalne krivine,

- V_x – spodnja meja izmerjenih vrednosti vozni hitrosti,
 V_y – zgornja meja izmerjenih vrednosti vozni hitrosti,
 ΔV – razlika med spodnjo in zgornjo mejo izmerjenih vozni hitrosti,
 V_e – računsko hitrost, ki je bila uporabljena za določevanje velikosti polmerov posameznih krožnih lokov,
 ΔV_e – razlika med računsko hitrostjo in spodnjo mejo izmerjenih vozni hitrosti v posameznem loku.



Graf odvisnosti realne vozne hitrosti skozi krožni lok od njegovega polmera (Köppel, 1984, str.8)

Glavni parametri, ki vplivajo na realno vozno hitrost in s tem posledično tudi na prometno varnost, so naslednji:

- **Velikost polmera krožnega loka (R)**

Pri vstopu vozila v krožni lok so vozilo in potniki (vključno z voznikom) izpostavljeni **bočnim silam** (radialni pospešek), ki pri potnikih vzbudijo nelagodne občutke. Če je nelagodje (predvsem voznika) premočno, voznik zmanjša hitrost vozila na tisto vrednost, ki

še zagotavlja udobno vožnjo. Meja bočnega pritiska, ki še zagotavlja tako vožnjo je v veliki meri odvisna od karakterja voznika (voznik, ki »ljubi bolj športno vožnjo« bo prenesel večje bočne pritiske). Na vozno hitrost delno vplivajo tudi vozne karakteristike vozil, saj vozila s slabšimi voznimi lastnostmi (mehko vzmetenje, slaba kvaliteta pnevmatik) povzročijo nelagodne občutke pri nižjih hitrostih, kot vozila z boljšimi voznimi karakteristikami.

Odvisnost vozne hitrosti od velikosti krožnega loka je bila dokazana tudi z meritvami. Nekateri znani strokovnjaki na področju prometne varnosti (Lamm, 1999) so ugotovili tudi to, da je z velikostjo polmera krožnega loka povezana tudi stopnja nesreč (ki je večja v krožnih lokih z manjšim polmerom).

- **Širina vozišča**

Je eden pomembnejših dejavnikov, ki vplivajo na vozno hitrost. Na ravnem cestnem odseku (ali krožnih lokih z velikim polmerom) ima **velika širina vozišča** za posledico **visoke vozne hitrosti**, ker pri voznikih vzbuja občutek varnosti. V krožnih lokih pa širok vozni pas dopušča izbiro samostojne vozne linije, ki ima večji (**nadomestni**) **polmer** kot os horizontalnega elementa in zato omogoča vožnjo z višjo vozno hitrostjo (pri enakih bočnih pritiskih).

- **Dolžina krožnega loka** (velikost središčnega kota) **in velikosti prehodnic**

Na izbiro **samostojne vozne linije skozi krožni lok** poleg velikosti krožnega loka in širine vozišča vpliva tudi dolžina krožnega loka. Vozilo na zelo dolgih krožnih lokih namreč ne more voziti po tirnici, ki bi mu omogočala hitrejšo vožnjo (nadomestni polmer), ampak vozi po tirnici, ki ima enak polmer krožnega loka (oz. za polovico širine voznega pasu manjšega) kot os ceste. Posledično se skozi kratko krivino vozi hitreje kot skozi dolgo.

- **Krivinska karakteristika cestne trase** (ukrivljenost)

Gre za enega od parametrov, ki najbolj vplivajo na vozno hitrost. V splošnem je definirana z naslednjo enačbo:

$$K_u = \frac{\tau}{L_i} \quad [\text{gon/km}] \quad (\text{Köppel, 1984, str.11})$$

pri čemer je:

-
- τ – vsota središčnih kotov na dolžini trase L_i [gon],
 - L_i – izbrana dolžina trase [km]

Razlike med avtorji, ki so skušali matematično določiti vozno hitrost skozi posamezno krivino so predvsem v **izbiri območja na katerem upoštevajo krivinsko karakteristiko**. Nekateri upoštevajo **dolžino krožnega loka**, drugi poleg te dolžine upoštevajo še **dolžine priključnih prehodnic**, tretji upoštevajo **pregledno razdaljo**, spet četrti upoštevajo druge, s predpisi določene razdalje...

V splošnem velja, da **krivinska karakteristika daljšega cestnega odseka** omogoča sicer **preprosto** določitev vozne hitrosti na tem odseku, vendar so rezultati **točnejši, če** določimo vozno hitrost **za vsak posamezen krožni lok** oz. za posamezen **krožni lok s priključnima prehodnicama**.

Ugotovljeno je tudi bilo, da **število prometnih nesreč z višanjem krivinske karakteristike** cestnega odseka **narašča** (Lamm, 1999, cit. po Juvanc, A., 1999).

- **Zaustavna preglednosti**

Preglednost je opredeljena kot **vidna razdalja, na kateri se sme nahajati ovira na cesti, zaradi katere mora voznik zaustaviti vozilo** (TSC 03.200, DRSC, 2003). Ta dolžina mora biti (vsaj) enaka tisti, ki jo potrebuje voznik, da lahko vozilo popolnoma ustavi (zaustavna dolžina).

V splošnem velja, da **ta parameter zelo malo vpliva na vozno hitrost**. Najbolj verjeten vzrok za to je, da večina voznikov pri vožnji ne prilagaja trenutne vozne hitrosti razpoložljivi pregledni razdalji (Damianoff, 1981, cit. po Juvanc, A., 1999). To je značilno predvsem za lokalne voznike, ki poznajo traso ceste tako dobro, da vozijo »na pamet«, torej pregledne razdalja sploh ne upoštevajo.

Raziskave (Lamm, 1999, cit. po Juvanc, A., 1999) kažejo, da je na cestnih odsekih, kjer je zagotovljena pregledna razdalja med 100m in 200m, nivo prometnih nesreč do 25% nižji od

odsekov, kjer je pregledna razdalja manjša od 200m. Povečevanje zagotovljene pregledne razdalje nad 200m bistveno ne vpliva na zmanjšanje prometnih nesreč.

- **Vzdolžni nagib ceste**

Vzdolžni nagib ceste ima **na osebna vozila zelo majhen vpliv**, saj so sodobna osebna vozila sposobna brez večjih težav premagovati vzpone do 15%. **Večji je vpliv** vzdolžnega nagiba ceste **na** (predvsem težka) **tovorna vozila**. Iz tega sledi, da je hitrost prometnega toka odvisna predvsem od njegove zasičenosti in strukture. Tem bolj je prometni tok gost in tem višji je delež tovornih vozil, tem večji je vpliv na vozno hitrost.

Vzdolžni nagib pa nima samo vpliva na vozno hitrost in kapaciteto določenega cestnega odseka, ampak ima **vpliv tudi na prometno varnost**. To se kaže predvsem v potrebni razdalji za prehitvanje počasnejših vozil (predvsem dolgih tovornih vozil), ki pa je na cesti s strmim vzdolžnim naklonom daljša (pri vožnji navkreber) kot pri vožnji po (relativno) ravnem cestnem odseku, kar vozniki včasih ne upoštevajo.

Lamm (1999) ugotavlja, da vzdolžni nakloni **do 6% nimajo občutnega vpliva na število prometnih nesreč**. Nivo prometnih nesreč se občutno poveča pri naklonih, ki so strmejši do 6%. Izkaže se tudi, da so nakloni med 0% in 2% najvarnejši.

- **Velikost polmera konveksne vertikalne zaokrožitve**

Je neposredno odvisna od zaustavne pregledne razdalje za posamezno hitrost, velja pa tudi obratno. Tako je možno določiti vozno hitrost na osnovi velikosti polmera vzdolžne zaokrožitve, vendar le kot $V_{50\%}$. Vzrok za to je dejstvo, da vozniki (predvsem tisti, ki spadajo v vzorec $V_{85\%}$) ne prilagajajo vozne hitrosti razpoložljivi preglednosti.

Za določevanje vozne hitrosti na osnovi velikosti polmera vertikalne zaokrožitve je bolj smiselna uporaba t.i. STOP pregledne dolžine, saj jo vozniki po večini upoštevajo.

Za vpliv velikosti polmera vertikalne, konveksne zaokrožitve na število (nivo) prometnih nesreč velja, da vpliva ni dokler je zagotovljena STOP pregledna dolžina.

- **Gostota prometa**

Z **višanjem gostote** prometnega toka se njen **vpliv na vozno hitrost večja**. Tako vozna hitrost posameznega vozila pri visokih gostotah prometnega toka ni več odvisna le od tehničnih elementov ceste, ampak predvsem od vožnje vozil, ki so pred njim (interakcija med vozili).

- **Človeški faktor**

Gre za enega izmed **najvplivnejših** parametrov, ko govorimo o realni vozni hitrosti. Pod pojmom človeški faktor so mišljene psihofizične sposobnosti voznika, voznikovo poznavanje cestne trase in njegov karakter. Te lastnosti so odvisne od starosti, spola in izkušenosti voznika, velik vpliv nanje pa imajo tudi vremenske razmere, utrujenost voznika in vožnja pod vplivom alkohola ali mamil.

Ker je človeški faktor **zelo težko matematično oz. fizikalno definirati**, ga je na žalost težko upoštevati pri določevanju realne vozne hitrosti.

2.4 Opis postopkov za določitev realnih vozniških hitrosti

Z mehanizmi za določanje realne vozne hitrosti se je v preteklosti ukvarjalo (in se še ukvarja) veliko avtorjev. Iz množice sem izbral dva. Vsak od njiju ima drugačen pristop k določanju hitrosti: Lamm-ova teorija temelji na **statistični obdelavi** dejansko izmerjenih hitrosti, Köppel-ova pa na **matematičnem opisu** fizikalnih količin gibajočega se vozila.

Lamm (1999) je definiral vozno hitrost kot funkcijo ukrivljenosti trase celotnega krožnega loka in polovice priključnih prehodnic. Enačba **krivinske karakteristike** se glasi:

$$CCR_s = \frac{\left[\frac{L_{p1}}{2R} + \frac{L_R}{R} + \frac{L_{p2}}{2R} \right] * 63700}{L} \quad [\text{gon/km}] \quad (\text{Lamm, 1999, cit. po Perme, D, 2004})$$

kjer je:

L_{pi} – dolžina prehodnice krožnega loka,

L_R – dolžina krožnega loka s polmerom R ,

L – vsota dolžin obeh prehodnic in krožnega loka.

Enačbe za realno vozno hitrost so bile izpeljane s pomočjo statistične obdelave podatkov o dejanskih, merjenih hitrostih. Meritve so potekale v več državah (Nemčija, ZDA, Grčija). Večjih odstopanj med meritvami iz posameznih držav ni bilo zaznati. Ker je poreklo obravnavanega programa ZDA, sem za račun voznih hitrosti izbral enačbo, ki je bila izpeljana na osnovi meritev v tej državi:

$$V_{85\%} = 103,04 - 0,053 * CCR_S \quad [\text{km/h}] \quad (\text{Lamm, 1999, cit. po Perme, D, 2004})$$

Köppel je razvil svojo teorijo o vplivih na realno vozno hitrost (Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, 1984), ki temelji na matematičnem oz. fizikalnem modelu gibanja vozila. Kot osnova prav tako služi krivinska karakteristika (enačba na prejšnji strani), ki zajema območje začetka krožnega loka, natančneje: območje, ki ga omejujeta točki, ki se nahajata L_Z pred začetkom krožnega loka in L_V za njim. Omenjeni dolžini sta definirani z naslednjimi enačbami:

$$L_Z = 400 \text{ m} \quad (\text{Köppel, 1984, str.14})$$

$$L_V = 100 \text{ m} \quad (\text{Köppel, 1984, str.14})$$

če je R večji od 500m in

$$L_Z = 0.3 R \quad (\text{Köppel, 1984, str.14})$$

$$L_V = 50 + (R/10) \quad (\text{Köppel, 1984, str.14})$$

če je R med 50m in 500m.

V vseh enačbah je R polmer krožnega loka.

Povprečna hitrost oz. hitrost, ki jo dosega vsaj 50% vseh voznikov med vožnjo skozi krožni lok s polmerom R je definirana kot:

$$V_{50\%} = 65,23 - 75,6 * K_U * 10^{-3} + 36,4 * K_U^2 * 10^{-6} + 4,293 * B \quad [\text{km/h}] \quad (\text{Köppel, 1984, str.13})$$

pri čemer so:

K_U – krivinska karakteristika [gon/km] (po enačbi na strani 11) in

B – širina voznega pasu [m].

Pri izračuni središčnih kotov krožnih lokov in prehodnic sem uporabil naslednje enačbe:

$$\alpha = \frac{63.622}{R} * L_V = \frac{3181.1}{R} + 6.3622 \quad [\text{gon}] \quad (\text{Köppel, 1984, str.18})$$

Če je $L_Z > L_{AI}$ velja:

$$\Delta \tau_1 = \frac{31.811}{R^2} * A_1^2 \quad [\text{gon}] \quad (\text{Köppel, 1984, str.17})$$

Če je $L_Z < L_{AI}$ velja:

$$\Delta \tau_1 = \frac{31.811}{R^2} * \left(A_1^2 - \frac{(A_1^2 - 0.3 * R^2)^2}{A_1^2} \right) \quad [\text{gon}] \quad (\text{Köppel, 1984, str.17})$$

Kjer so:

α – središčni kot krožnega loka na dolžini L_V [gon],

R – polmer krožnega loka [m],

L_{AI} – dolžina priključne prehodnice, ki se nahaja pred krožnim lokom [m],

AI – parameter priključne prehodnice, ki se nahaja pred krožnim lokom [m],

$\Delta \tau_1$ – sprememba središčnega kota na delu (če je $L_Z < L_{AI}$) oz. na celotni prehodnici (če je $L_Z > L_{AI}$) [gon].

Köppel je določil tudi povezavo med V_{50} in V_{85} . Enačba za pričakovane vozne hitrosti v posameznem krožnem loku (na mokrem vozišču), ki jih bo dosegalo vsaj 85% vseh vozil je naslednja:

$$V_{85\%,mokra} = 0,065 + 0,484 * V_{50\%} + 1,869 * V_{50\%}^2 * 10^{-2} - 1,349 * V_{50\%}^3 * 10^{-4} \quad [\text{km/h}]$$

(Köppel, 1984, str.14)

2.5 Vpliv hitrosti na prometno varnost

Prehitra vožnja je eden od najpogostejših vzrokov za nastanek prometnih nesreč, zlasti na cestah izven naselij. Za zmanjšanje števila tovrstnih prometnih nezgod lahko poleg agresivnejše politika na področju nadzora hitrosti na cestah (Policija) veliko naredimo že v fazi projektiranja. Sem spada predvsem izbira takih geometrijskih elementov, ki zagotavljajo voznodinamične pogoje za varno vožnjo in postavitev ustrezne prometne signalizacije in druge prometne opreme (varnostne ograje, smerniki,...).

Pri prometnih nezgodah obravnavamo tri faze (Schneider, 1982, cit. po Juvanc, A. 1991):

- **Pre-crash** (pred trčenjem)
- **Crash** (trčenje) in
- **Post-crash** (po trčenju).

Za ugotavljanje vzrokov za nastanek prometnih nezgod je pomembna predvsem podrobnejša analiza dogodkov, ki se odvijajo tik pred trkom (pre-crash faza). Vzroki za nastanek prometne nezgode so naslednji:

- **Neznan vzrok:** v tem primeru gre najpogosteje za preveliko vozno hitrost, saj je za to fazo značilno, da voznik sploh ni ukrepal oz. se sploh ni trudil izboljšati nastale kritične situacije (ker zaradi velike hitrosti ni uspel reagirati). Tovrstne nesreče se lahko zgodijo kjerkoli na cestni trasi.
- **Zaviranje:** je vzrok za nesrečo, če po zaviranju vozilo preide v nekontrolirano stanje. Vzrok za tovrstno reakcijo voznika je običajno nagla sprememba voznih pogojev, ki povzroči pri vozniku naglo oz. zapoznelo reakcijo (predvsem nenadno močno zaviranje). Tovrstne nesreče se najpogosteje pripetijo na vstopu v krožni lok (voznik ugotovi, da s trenutno vozno hitrostjo ne bo uspel varno zapustiti krivine, zato prične močno zavirati).

- **Menjava voznega pasu:** je praviloma pogojena z gostejšim prometnim tokom (prehitevanje) in hitrost pri tem ni odločilna. Če gre za menjavo voznega pasu v prostem prometnem toku, je najverjetnejši vzrok za to prevelika vozna hitrost. V desnih krivinah to pomeni prehod na nasprotni vozni pas, v levih krivinah pa prehod na obcestni svet.

Iz navedenega je razvidno, da je **neprimerna vozna hitrost na vstopu v krožni lok najpogostejši vzrok za nastanek prometne nezgode na dvopasovnih cestah izven naselja.**

Na osnovi realne vozne hitrosti ugotovljena hitrost V_{85} je tista, ki z ustrezno aplikacijo pri določitvi trasirnih elementov zagotovi skoraj idealno prometno varnost. Köppel (1980) je dokazal, da spremenljiva vozna hitrost ni zgolj naključna, ampak **obstajajo realni odnosi med vožno hitrostjo in tehničnimi elementi ceste.** Torej je konstantna vozna hitrost le zelo groba aproksimacija, ki samo v določeni meri ustreza razmeram na cesti. Zato z njo ne dosežemo osnovnega cilja, ki je zagotovitev voznodinamičnih pogojev za varno vožnjo.

Realna vozna hitrost je torej dejstvo, ki ga je potrebno pri voznodinamičnih analizah v polni meri upoštevati. Pomeni, da zaradi realno višjih hitrosti v posameznih krivinah prihaja do prekoračitve najvišje možne hitrosti v sosednjih krivinah in s tem do pogojev za nastanek prometnih nezgod.

3 OPIS PROGRAMSKEGA ORODJA IHSDM (Interactive Highway Safety Design Model)

Za določanje realne vozne hitrosti je na voljo več orodij, vendar večina zahteva precej ročnega računanja (s kalkulatorjem ali s pomočjo programov za upravljanje s tabelami – npr. MS Excel). Ni mi znano, da bi obstajal program, ki bi bil namenjen izključno za določanje vozne hitrosti.

V letu 2004 je ameriška zvezna uprava za izvenmestne državne in mestne ceste (Federal Highway Administration) **dala v brezplačno (javno) uporabo programsko opremo**, ki omogoča poleg določanja diagrama vozne hitrosti tudi številne druge analize cestne trase, ki vplivajo na prometno varnost. Omenjena programska oprema se imenuje **IHSDM (Interactive Highway Safety Design Model = interaktivni model varnega načrtovanja izvenmestnih cest) in služi za oceno varnosti na izvenmestnih dvosmernih cestah.**

Programskemu orodju IHSDM je priložena tudi **obsežna dokumentacija**, ki nam prikaže **teoretične osnove** na katerih program bazira. Iz nje lahko tudi razberemo kateri podatki so za določen modul potrebni, kako vnašati podatke in kako brati rezultate. Da bi bilo učenje čim lažje je priloženih tudi 7 praktičnih vaj (učitelj, angl. tutorial), ki nas naučijo rokovanja s programom.

Dokumentacija je razdeljena na **dva dela**:

- prvi del je namenjen **uporabnikom** (pove kako vnašati podatke in kako interpretirati rezultate),
- drugi pa **raziskovalcem** (tu so prikazane teoretične osnove na katerih bazira programsko orodje).

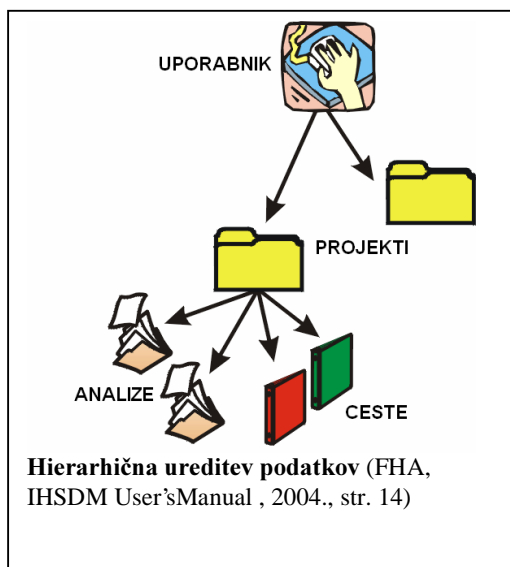
Poznavanje teoretičnih osnov in pravilne **nastavitve spremenljivk** je **zelo pomembno** za programe tega tipa, saj nam ob morebitnih **napakah** program vrne **napačne rezultate**.

3.1 Hierarhija podatkov in načini vnašanja le-teh

Podatki v IHSDM so **hierarhično razdeljeni** v obliki, ki je prikazana na sliki desno:

- uporabnik
- projekt
- ceste in analize

Podatki **o uporabniku** zajemajo poleg splošnih podatkov (ime, organizacija,...) predvsem podatke, ki so povezani z izpisom na ekranu (barve), načinom vnašanja podatkov in izgledom končnega poročila.



Podatki **o projektu** zajemajo ime projekta, kratek opis projekta, tip enot (metrični ali angleški) in oblika podane stacionaže (X.ZZZ, X+YY.ZZZ ali X+YYY.ZZZ).

Podatki **o cesti** zajemajo vse geometrijske podatke cestne trase, okoliškega terena in križišč, prometne podatke in še nekatere druge podatke. Natančnejši opis podatkov so sestavni del natančnejšega opisa modulov.

Podatki **o analizi** zajemajo ime in opis analize, maksimalni prečni naklon vozišča v krivini, privzeti prečni naklon normalnega prečnega prereza in leto analize.

Taka razporeditev **omogoča projektno obdelavo podatkov**, ki jo program tudi podpira. Možno je uporabljati polno različico ali le različico za uporabnike, ki tako (povezani v računalniško mrežo ali posamično) lahko istočasno sodelujejo pri istem projektu. Taka ureditev pripomore k skrajšanju časa obdelave večjih projektov oz. daljših odsekov.

Vnašanje podatkov v program IHSDM je mogoče izvesti na več načinov:

- s pomočjo **pogovornih oken** in **preglednic** za vnašanje podatkov,

- z že pripravljenimi **preglednicami v Excelu** (Data Entry Assistant),
- z uvozom tekstualnih datotek v ***.csv** formatu (s končnico *.csv ali s končnico *.txt) in
- z uvozom datotek v formatu ***.xml** (gre za format LandXML verzije 1.0, ki ga podpirajo tudi nekateri CAD programi, npr. Civil 3D 2005).

Vsi vhodni podatki, ki se vzdolž trase spreminjajo so vezani na stacionažo obravnavanega odseka.

V obravnavani različici je omogočen **le izvoz** podatkov v ***.csv** formatu, **v nadaljnjih** pa bo mogoče podatke (in rezultate) izvažati **tudi v *.xml** formatu.

3.2 Pregled modulov

Programsko orodje IHSDM sestavlja **paket samostojnih modulov**, ki skupaj omogočajo celostno analizo podane trase ceste, vključno z analizo varnosti križišč in prepustnostjo posameznih odsekov.

Moduli, ki sestavljajo obravnavano programsko orodje so:

1. **Policy Review Module (PRM)**– preveri **usklajenost geometrijskih elementov** trase s AASHTO design policy,
2. **Crash Prediction Module (CPM)** – poda predvidene **frekvence prometnih nesreč** (ločeno po posameznih tipih nesreč) na obravnavani trasi glede na geometrijske in prometne karakteristike,
3. **Design Consistency Module (DCM)** – določi **profil vozne hitrosti** (V_{85}) za več tipov vozil (osebni, tovorni, turistični) in označi problematična mesta na trasi,
4. **Intersection Review Module (IRM)** –oceni **varnost križišč** na podani trasi na podlagi geometrije križišč in trase cest (preglednost),
5. **Traffic Analysis Module (TAM)** – izračun potovalnih hitrosti, časa potovanja in zamud zaradi gostote prometa z uporabo TWOPAS prometne mikrosimulacije (**nivo uslug ceste**).

V naslednjih poglavjih sledi podrobnejši opis posameznih modulov.

3.3 Policy Review Module (PRM) – Kontrola trasirnih elementov

3.3.1 Funkcija (namen) modula

Glavni namen modula Policy Review je preverjanje **skladnosti trasirnih elementov podane ceste s priporočili AASHTO** (American Association of State Highway and Transportation Officials). Ta priporočila se nanašajo **na geometrijske elemente ceste in površine za kolesarje**. Ker ta priporočila **niso prilagojena našim razmeram**, se postavlja vprašanje smiselnosti izvajanja tega modula. Vseeno sem se odločil, da bom ta modul opisal za primer, če bi se pokazala možnost prilagoditve kontrol našim pravilnikom in tehničnim specifikacijam.

3.3.2 Vhodni podatki

Posebnost tega modula, glede na ostale je, de je za izvedbo vseh kontrol **potreben vnos vseh podatkov**. V primeru, da želimo preveriti le enega od geometrijskih podatkov cestne trase, nam ni potrebno vnašati vseh podatkov, ampak le tiste, ki jih določena kontrola potrebuje za izvajanje.

Potrebni podatki za izvedbo posameznih kontrol so prikazani v naslednjih preglednicah.

Preglednica 1: **Vhodni podatki za kontrole prečnega prereza**

KONTROLA\ VHODNI PODATKI	kontrola širine vozišča	kontrola širine dodatnih prometnih pasov	kontrola širina bankine	kontrola tipa bankine	kontrola prečnega nagiba	kontrola bankin v krivinah	kontrola širine mostov
tip projekta oz. študije	*		*				*
funkcionalna klasifikacija	*	*	*	*			*
vrsta terena	*		*				
projektna hitrost	*		*				*
merodajno vozilo	*						
prometne obremenitve	*		*				*
podatki o horizontalnem poteku trase	*	*	*	*	*	*	*
podatki o vertikalnem poteku trase	*	*	*	*	*	*	*
tipi pločnikov							
prečni prerez voznega pasu						*	
širne mostov							*
število prometnih pasov							*
podatki o prometnih pasovih							*
prečni prerez						*	
razširitve v krivinah	*		*				
širine voznih pasov	*	*	*				*

»se nadaljuje ...«

»... nadaljevanje«

podatki o dodatnih prometnih pasovih		*	*				
souporaba kolesarjev			*	*			*
definicija bankine			*	*	*		*
zaokrožitev bankine			*				
nagib obcestnega terena			*	*			*

Preglednica 2: Vhodni podatki za kontrole horizontalnih elementov trase

kontrola horizontalnih elementov trase/vhodni podatki	kontrola polmeri horizontalnih krivin	kontrola prečnega nagiba v krivini	dolžina krožnih lokov	kontrola razmerij med polmeri v sestavljenih krivinah
funkcionalna klasifikacija	*	*	*	
projektna hitrost	*	*	*	
maksimalni prečni sklon v krivini	*	*		
podatki o horizontalnem poteku trase	*	*	*	*
podatki o vertikalnem poteku trase	*	*	*	*
típ površine (asfaltirano, makadam)	*	*	*	
prečni naklon vozišča	*	*	*	
širina voznih pasov				*

Preglednica 3: Vhodni podatki za kontrole vertikalnih elementov trase

kontrola horizontalnih elementov trase /vhodni podatki	kontrola vzdolžnih naklonov	kontrola vertikalnih zaokrožitev
tip projekta (rekonstrukcija ali novogradnja)		*
funkcionalna klasifikacija (lokalna, zbirna, glavna)	*	
tip terena (ravninski, gričevnat, gorski)	*	
projektna hitrost	*	*
podatki o horizontalnem poteku trase	*	*
podatki o vertikalnem poteku trase	*	*

Preglednica 4: Vhodni podatki za kontrole pregledne razdalje

kontrole pregledne razdalje /vhodni podatki	kontrola stop pregledne razdalje	kontrola preglednosti pri prehitevanju	kontrola zagotavljanja dolžine izogibanja oviram
projektna hitrost	*	*	*
podatki o horizontalnem poteku trase	*	*	*
podatki o vertikalnem poteku trase	*	*	*
podatki o voznih pasovih	*	*	*
podatki o dodatnih prometnih pasovih	*	*	*
oddaljenost ovir (od cestne osi)	*	*	*
definicija bankine	*	*	*
stacionaža mesta, kjer je potreben manever izogibanja			*
tip manevra pri izogibanju			*

3.3.3 Opis delovanja

Kontrole, ki so vsebovane v obravnavanem modulu so naslednje:

- **kontrole prečnega prereza:**
 - kontrola **širine vozišča** (Through Traveled Way Width) – razširitve v krivinah,
 - kontrola **širine dodatnih prometnih pasov** (Auxiliary Lane Width) - pasovi za počasna vozila, prehitevalni pasovi, pasovi za leve in pasovi za desne zavijalce,
 - kontrola **širine bankine** (Shoulder Width) - možnost umika okvarjenih vozil iz voznih površin,
 - kontrola **tipa bankine** (Shoulder Type) - drobljenec, gramoz, bitumenska stabilizacija, cementna stabilizacija, bitumenski beton, cementni beton,
 - kontrola **prečnega nagiba** (Normal Cross Slope) - kontrola prečnega nagiba,
 - kontrola **naklona bankine** (Normal Shoulder Slope) - mora biti zadostna zaradi odtekanja vode iz bankine,
 - kontrola **nagiba bankin v krivinah** (Cross Slope Rollover Curves) - razlika med naklonom vozišča in naklonom bankine se kontrolira zaradi vozil, ki na zunanji strani krivine zaradi prevelike hitrosti zaidejo iz vozišča na bankino,
 - kontrola **širine mostov** (Bridge Width) - meri se širina med robnikoma oz. parapetnima zidcema, v širini pa niso zajeti hodniki za pešce oz. druge površine za pešce, ki niso namenjene prometu.

V nadaljnjih verzijah sta predvideni še dve kontroli, in sicer:

- kontrola **nagiba obcestnega terena** (Clear Zone Roadside Slope) v območju preglednosti, ki bo izračunal in kontroliral preglednost na obstoječih cestah in
 - kontrola **obcestnih jarkov** (Normal Ditch Design), ki bo ocenjevala primernost oblike in globine jarkov za potrebe odvodnjavanja vozišča.
-
- **kontrole horizontalnih elementov:**
 - kontrola **polmerov horizontalnih krivin** - Radius of curve is a basic design parameter (preverja, če je kakšen od polmerov manjši od minimalnega, kot ga

priporoča AASHTO za izbrano projektno hitrost, in maksimalni prečni nagib v krivinah),

- kontrola **prečnega nagiba v krivinah** - Superelevation (preverja, če je prečni nagib v posamezni krivini zadosten - izvaja se le v krivinah, katerih polmer je večji od minimalnega, kot je to določeno v zgornji kontroli),
- kontrola **dolžin krožnih lokov** - Length of Horizontal Curve (preverja, če je dolžina katerega od krožnih lokov krajša od priporočene),
- kontrola **razmerij med polmeri v sestavljenih krivinah** - Compound Curve Ratio (krivine, med katerimi ni vmesnih prem).

V **nadaljnjih verzijah** je predvidena še kontrola **spreminjanja prečnega nagiba** (Superelevation Transition), ki bo preverjala, ali se sprememba prečnega nagiba izvede na zadostni razdalji (kontrola rotacijske hitrosti).

- kontrole **vertikalnih elementov**:

- kontrola **vzdolžnega nagiba nivelete** (Vertical Tangent Grade) – preverja, če je kje na trasi presežen maksimalni vzdolžni nagib,
- kontrola **vertikalnih zaokrožitev** (Vertical Curvature) – preverja ukrivljenost vertikalnih krivin, ki se izračunajo iz polmera in dolžine vertikalne krivine.

- kontrole **pregledne razdalje**:

- kontrola **stop pregledne razdalje** (Stopping Sight Distance) – preveri, če je zagotovljena razdalja na kateri voznik, ki vozi s hitrostjo, ki ne presega projektne hitrosti, varno lahko ustavi svoje vozilo pred morebitno oviro na cesti (kontrola se izvrši za obe smeri vožnje).
- kontrola **preglednosti pri prehitevanju** (Passing Sight Distance),
- kontrola zagotavljanja **dolžine izogibanja oviram** (Decision Sight Distance) – v tej dolžini je zajeta pot, ki jo voznik prevozi v vseh fazah, ki potekajo, ko se vozilo približa oviri na cesti: a) zaznavanje ovire, b) ocena nevarnosti, ki jo ta ovira povzroča, c) izbira primerne ukrepa (ustavitev vozila ali vožnja mimo – ASSHTO loči 5 različnih manevrov, označenih s črkami od A do E) in d) izvedba načrtovanega manevra.

3.3.4 Rezultati analiz

Rezultat analize je **poročilo s prikazanimi rezultati vseh kontrol v tabelarični obliki** oz. v primeru kontrole stop pregledne razdalje in kontrole razdalje preglednosti pri prehitevanju tudi v obliki grafa. Izvleček iz poročila je priložen v **Prilogi A**.

Pri kontroli polmerov vertikalnih in horizontalnih krivin se izračuna tudi **efektivna** (maksimalna) **vozna hitrost**, ki se izračuna po naslednji enačbi :

$$V(eff) = (127 \times R[q+f]) \times 1/2 \quad [\text{km/h}] \quad (\text{FHA, IHSDM Engineer's Manual, 2004., str. 38})$$

kjer je:

R – polmer krožnega loka

q – prečni sklon vozišča v krivini (superelevation rate) in

f – koeficient trenja v prečni smeri (side friction).

3.4 Crash Prediction Module (CPM) – Modul za napoved prometnih nesreč

3.4.1 Funkcija (namen) modula

Glavna vrlina tega modula je zmožnost **napovedi frekvence določenega tipa** (telesne poškodbe, materialna škoda) **prometnih nesreč v planski dobi**. Pri tem **upoštevata tudi lokacijo in geometrijo križišč** na obravnavani cesti. Možen je tudi prikaz natančne distribucije tipov prometnih nesreč (divjad, kolo, trk s parkiranim vozilom, pešci, zdrs iz vozišča v krivini, naletno trčenje,...).

Obstaja tudi **možnost** izračuna frekvence prometnih nesreč **na podlagi vnesenih podatkov o prometnih nesrečah** za pretekla obdobja (na obstoječih cestnih odsekih).

Menim, da bi bil ta modul (v kolikor se izkaže, da je njegovo delovanje v zadostni meri korektno) **lahko zelo uporaben pri izdelavi študij upravičenosti** tako za nove ceste, kot tudi za rekonstrukcije obstoječih cest.

3.4.2 Vhodni podatki

Vhodne podatke, ki so potrebni za delovanje tega modula lahko razdelimo v **3 glavne skupine**:

- podatki o analizi,
- podatki o geometriji in kontroli prometa na cesti in
- podatki o prometnih nesrečah iz preteklih let.

3.4.2.1 Podatki o analizi

Zajemajo podatke o prostorski (stacionaži začetka in konca obravnavanega odseka) in časovni (leto začetka in konca analize) umestitvi analize.

3.4.2.2 Podatki o geometriji in kontroli prometa

Sem spadajo:

a) Podatki o geometriji in kontroli prometa na odprti trasi (izven križišč):

- širina voznega pasu (desno, levo),
- širina bankine (desno, levo),
- tip bankine (desno, levo),
- gostota prometnih poti (število prometnih poti / km),
- ocena nevarnosti (rizika) občestnega sveta za nesreče (definiranih je 7 razredov, ki so prikazani na spodnjih slikah),
- podatki o horizontalnem poteku trase (začetne in končne stacionaže krožnih lokov, polmeri krožnih lokov, prečni skloni vozišča v krivinah, projektna hitrost, prisotnost oz. odsotnost prehodnic, začetne in končne stacionaže prehodnic),
- naklon,
- pasovi za prehitevanje (levo, desno),

- center pasov za leve zavijalce na dvopasovni cesti (TWLTL= Two-Way Left-Turn Lanes).

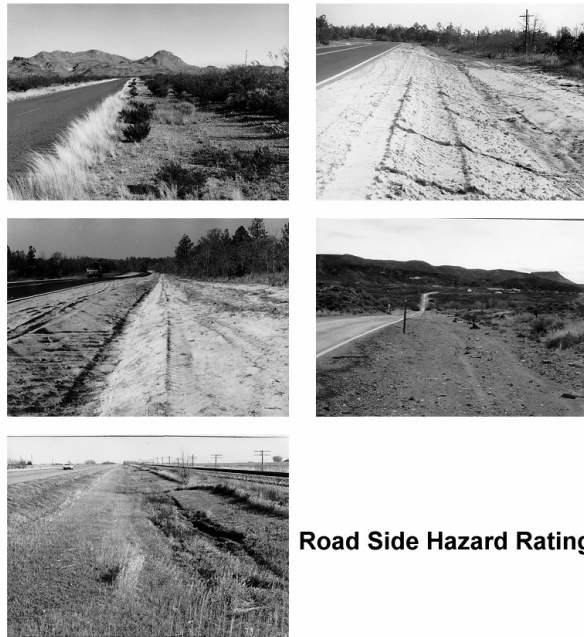
Nekateri podatki, kot so širina voznega pasu ali tip bankine, se lahko razlikujejo glede na to, na kateri strani ceste se nahajajo. V ta namen moramo **posebej** vnesti podatke **za desno stran** vozišča (v smeri stacionaže) in **levo stran** vozišča.

Ker za vnos nekaterih izmed zgoraj naštetih vhodnih podatkov potrebujemo določeno dodatno znanje, prilagam nekatera **dodatna navodila** za vnos le-teh.

Oceno nevarnosti (rizika) za nesreče (RSHR=Road Side Hazard Rating), ki jih povzroča način ureditve obcestnega sveta, delimo na **7 kategorij**. Pri določevanju kategorije obravnavane ceste so nam v pomoč spodnje slike, ki prikazujejo kakšne značilnosti ima določen tip ureditve obcestnega sveta.

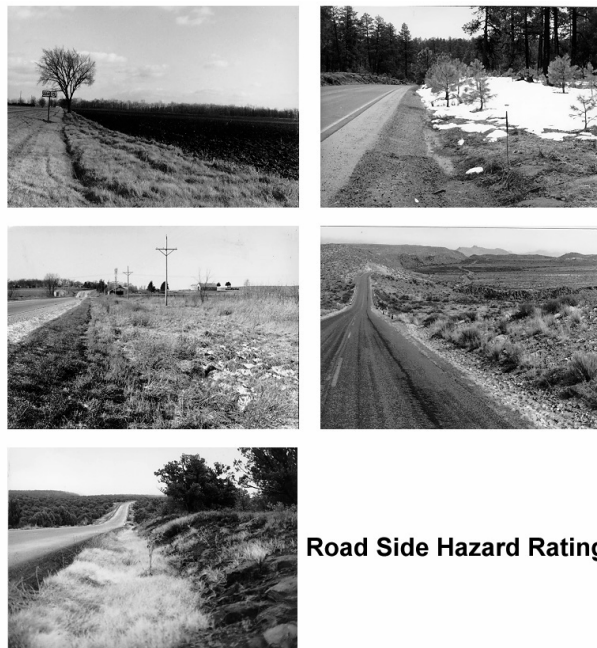


Primeri obcestnega sveta z oceno nevarnosti za nesreče 1 (FHA, 2004, Highway Model User's Manual, str. 43)



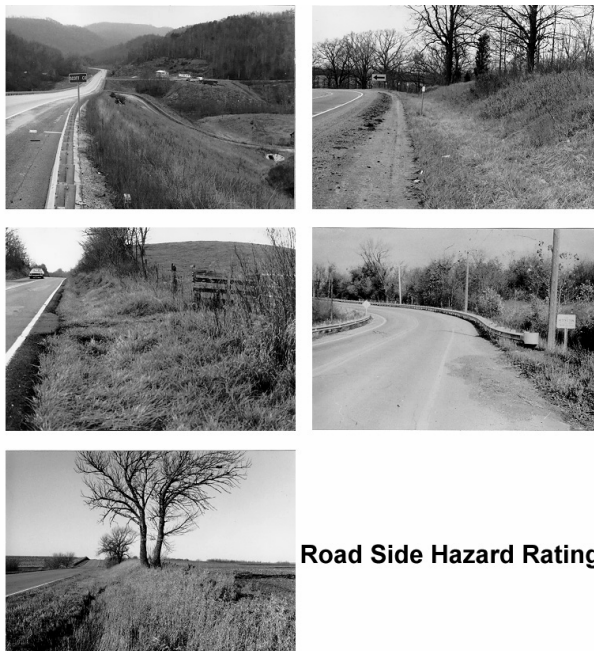
Road Side Hazard Rating 2

Primeri občestnega sveta z oceno nevarnosti za nesreče 2 (FHA. 2004. Highway Model User's Manual, str. 43)

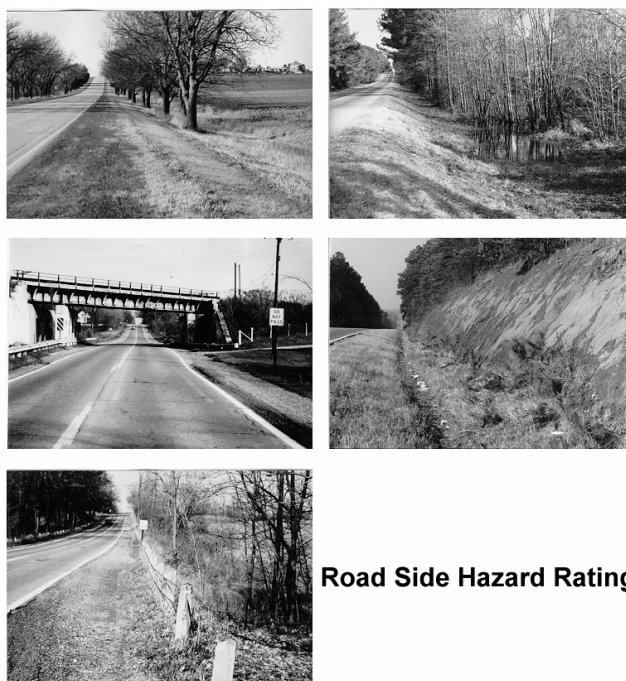


Road Side Hazard Rating 3

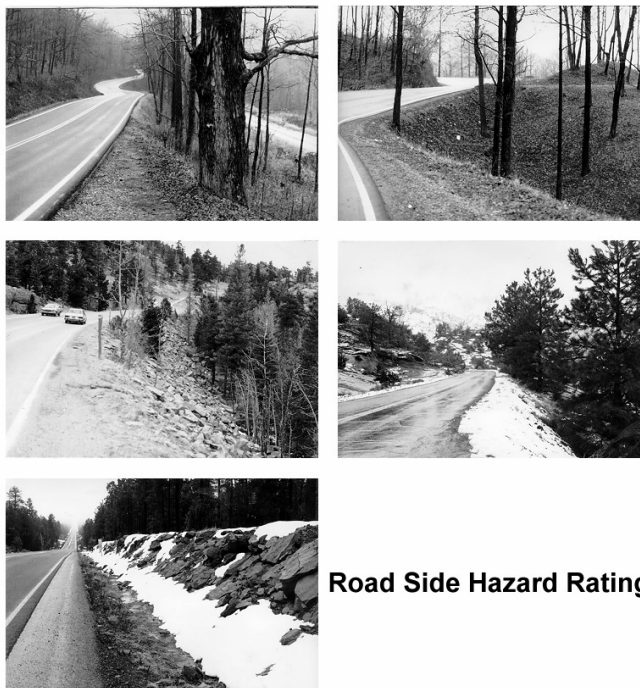
Primeri občestnega sveta z oceno nevarnosti za nesreče 3 (FHA. 2004. Highway Model User's Manual, str. 44)



Primeri občestnega sveta z oceno nevarnosti za nesreče 4 (FHA. 2004. Highway Model User's Manual, str. 44)



Primeri občestnega sveta z oceno nevarnosti za nesreče 5 (FHA. 2004. Highway Model User's Manual, str. 45)



Road Side Hazard Rating 6

Primeri občestnega sveta z oceno nevarnosti za nesreče 6 (FHA. 2004. Highway Model User's Manual, str. 46)



Road Side Hazard Rating 7

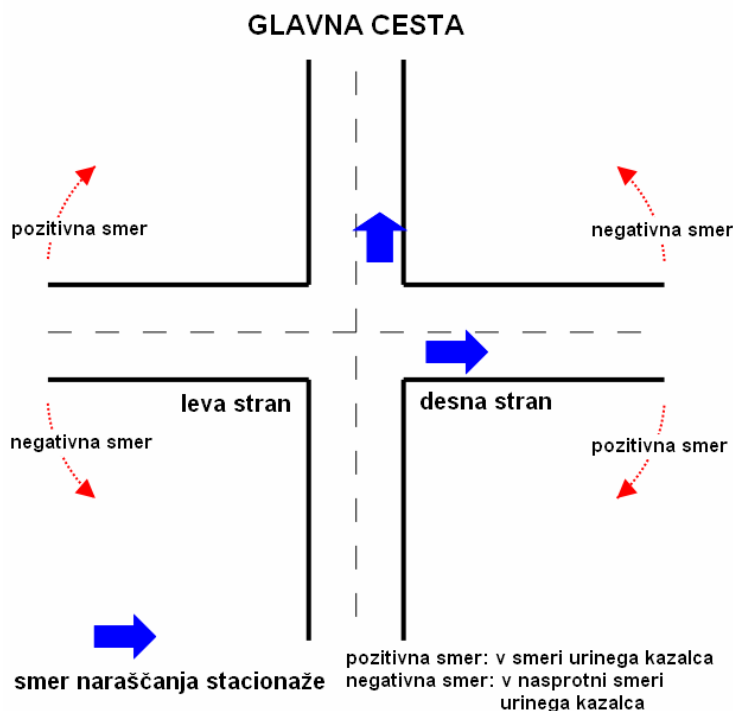
Primeri občestnega sveta z oceno nevarnosti za nesreče 7 (FHA. 2004. Highway Model User's Manual, str. 47)

Kot je razvidno iz zgornjih slik, je **nevarnost za nesreče, ki jo povzroča oblikovanje obcestnega sveta, odvisna od posledic, ki jih utrpijo potniki, če vozilo med vožnjo iz kakršnegakoli vzroka zapusti vozišče**. Če je ob vozišču npr. ravna, travnata površina, ki vozilo ustavi, ne da bi pri tem prišlo do trčenja, je to vsekakor bolj ugodno za voznika (ter tudi za potnike in vozilo), kot če prišlo do nesreče na mestu, kjer se tik ob vozišču nahaja skalnata stena, gozd, ali nezavarovana strma brežina. Ta faktor (RSHR=Road Side Hazard Rating) vsekakor pomembno vpliva na tip poškodbe voznika in potnikov.

b) Podatki o geometriji in kontroli prometa v križiščih.

- število krakov v križišču,
- tip kontrole prometa (znak II-1 »križišče s prednostno cesto« ali znak II-2 »Ustavi!«, križišče enakovrednih cest ali semaforizirano križišče),
- tip kraka (prednostna, neprednostna smer),
- kot priključevanja kraka - glej sliko 1, ki prikazuje kako se le-ta določi (leva stran, desna stran),
- število glavnih smeri, ki imajo urejen pas za leve zavijalce,
- število glavnih smeri, ki imajo urejen pas za desne zavijalce,
- število kvadrantov, ki imajo premajhno pregledno razdaljo.

K zadnji alinei naj dodam še to, da je kvadrant definiran kot prostor, ki ga omejujejo posamezni kraki (križišče s tremi kraki ima 3 kvadrante, križišče s štirimi kraki pa 4 kvadrante). Kot premajhna pregledna razdalja je določena razdalja, ki je krajša od tiste, ki jo predpisuje AASHTO za hitrost, ki je 16,09 km/h (10 milj/h) nižja od projektirane hitrosti na glavni trasi in temelji na časovnem razmaku 7.5s med vozili na glavni cesti. Pregledna razdalja se meri od presečišča osi glavne in stranskih cest.



Slika 1: Skica za pomoč pri določevanju kotov priključevanja krakov križišča

3.4.2.3 Podatki o prometnih obremenitvah

Prav tako, kot podatki o geometriji in kontroli prometa se tudi podatki o prometnih obremenitvah delijo na podatke, ki veljajo izven križišč in tiste za križišča.

Podatki o prometnih obremenitvah na cesti so za analizo **neizogibno potrebni**, če nimamo na voljo **podatkov o prometnih nesrečah** v preteklih letih. Če za katero izmed let v analiziranem obdobju nismo vnesli podatka o prometnih obremenitvah, bo program manjkajoče podatke pridobil z interpolacijo iz znanih podatkov. Za leta pred prvim znanim podatkom o prometnih obremenitvah je privzeta vrednost prometne obremenitve za prvo vneseno leto in analogno: za leta po letu za katerega imamo znan podatek o prometnih obremenitvah je privzeta vrednost zadnjega vnesenega leta (algoritem ne izvaja ekstrapolacije).

Tudi podatki o prometnih obremenitvah v križiščih so neizogibno potrebni za izvedbo analize le, če niso na voljo podatki o prometnih nesrečah v križiščih za pretekla obdobja. Potrebno je vnesti podatke za vsa križišča znotraj obdelave in to za vsa leta v analiziranem obdobju. Manjkajoči podatki se, podobno kot pri podatkih za območja izven križišč, lahko izračunajo s pomočjo interpolacije oz. privzetih vrednosti. Če so vneseni podatki na glavni (obravnavani) cesti v že sklopu prometnih podatkov na cesti, podatke za glavno smer v križišču ni potrebno vnašati (vnesejo se le podatki za stranske ceste).

3.4.2.4 Podatki o prometnih nesrečah iz preteklih let

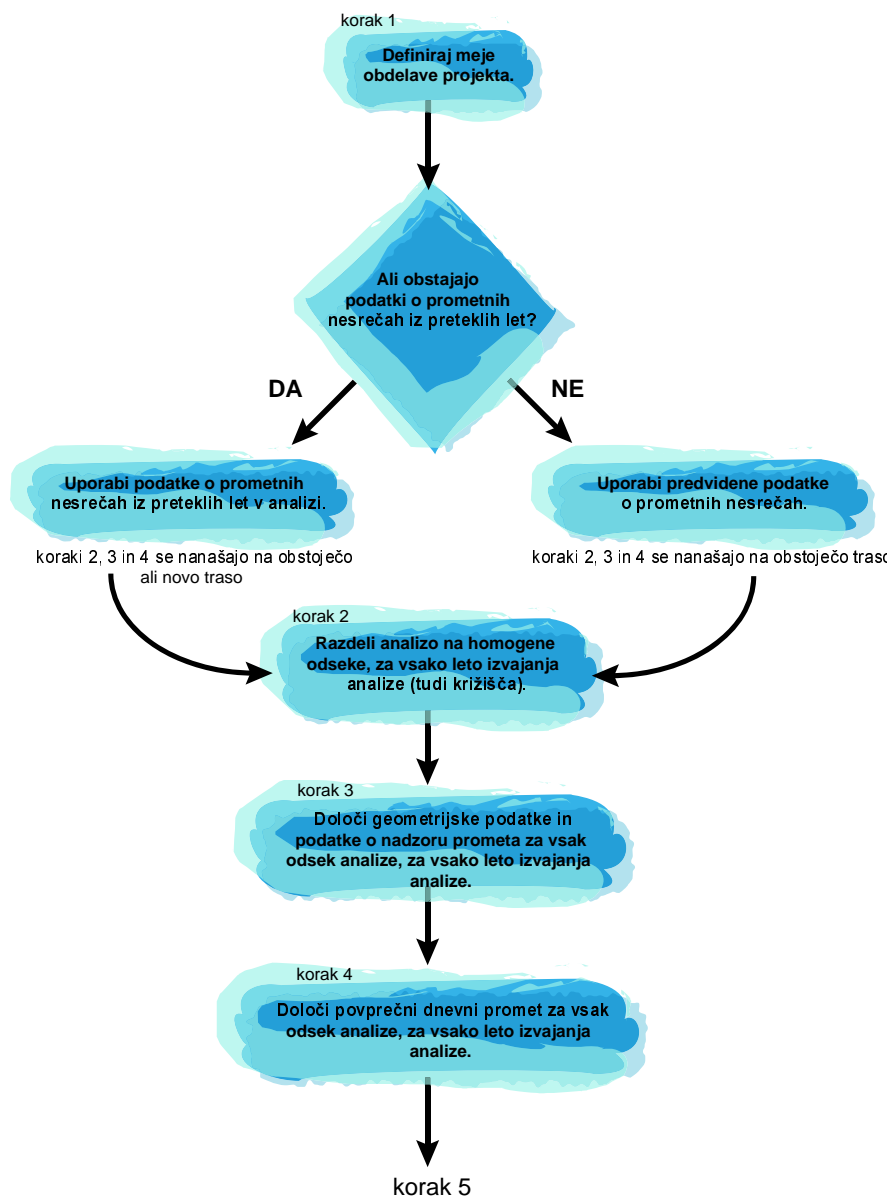
Zopet so podatki ločeni, glede na traso ceste in križišča, ki se na tej cesti nahajajo. Podatki o nesrečah zajemajo naslednje:

- leto nesreče,
- posledice prometne nesreče (severity level = stopnja resnosti; materialna škoda, telesna poškodba, smrtni izid),
- povezava s križiščem (povezano s križišče, nepovezano s križiščem, neznano),
- stacionaža mesta nesreče.

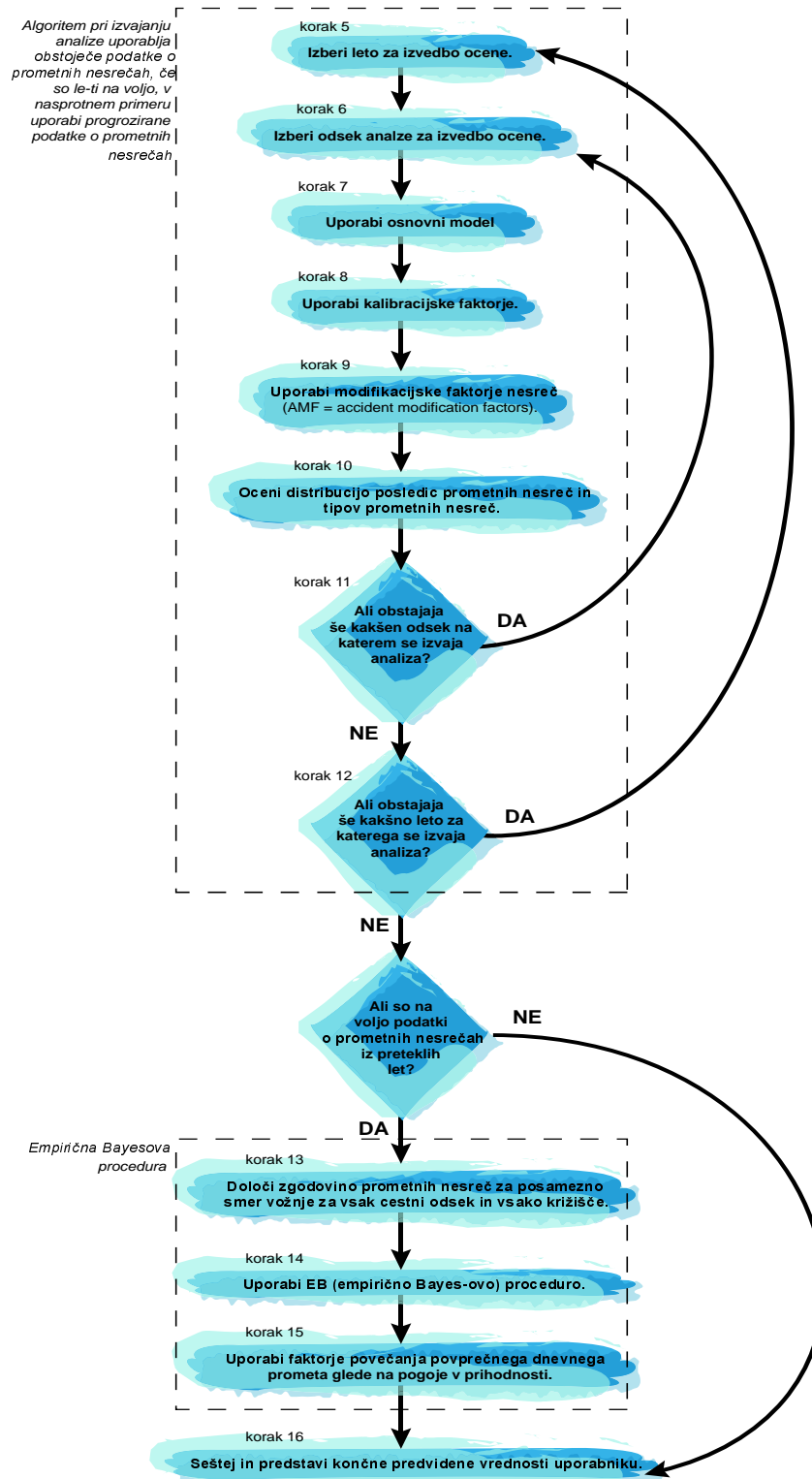
Določeno nesrečo lahko povežemo s križiščem ("intersection-related") ali ne ("non-intersection-related"). Tretja možnost je, da je povezava s križiščem neznan ("unknown"). V primeru, da je mesto nesreče središču križišča bližje kot 76m (250ft), je nesreča avtomatsko označena kot povezana s križiščem (intersection-related"). V primeru, da se 2 križišči nahajata bližje kot 151m, se nesreča poveže s križiščem kateremu je bližje mesto nesreče. Če je mesto nesreče od najbližjega križišča oddaljeno več kot 76m, se smatra kot nesreča izven križišč.

3.4.3 Opis delovanja

Po vnosu vseh potrebnih vhodnih podatkov se izvede diagram poteka, ki je prikazan na naslednji sliki.



Slika 2: Diagram poteka analize modula za napoved prometnih nesreč (koraki 1 do 4).



Slika 3: Diagram poteka analize modula za napoved prometnih nesreč (koraki 5 do 16)

Dodatna pojasnila korakov v diagramu poteka, kalibracijskih faktorjev so na voljo v priloženi dokumentaciji programa.

3.4.4 Rezultati analiz

V končnem poročilu, katerega izvleček je priložen v **Prilogi A**, so najprej prikazani vsi vhodni podatki v tabelarični obliki. Sledi preglednica, ki prikazuje rezultate analiz v obravnavanem modulu znotraj prostorskih in časovnih meja obdelave. V prvi preglednici (točka 1) je prikazano skupno število prometnih nesreč v naslednji obliki:

- število **vseh** prometnih nesreč,
- število nesreč s **telesnimi poškodbami ali smrtnim izidom**,
- število nesreč **z materialno škodo**,
- predvidena **prometna obremenitev** v prihodnjih letih,
- število **nesreč na kilometer** ceste v **enem letu**,
- število nesreč s **telesnimi poškodbami ali smrtnim izidom na kilometer** ceste v **enem letu**,
- **število** nesreč **z materialno škodo na kilometer** ceste v **enem letu**,
- **število** prevoženih **kilometrov** (v milijonih),
- število nesreč s **telesnimi poškodbami ali smrtnim izidom na milijon** prevoženih **kilometrov**,
- število nesreč **z materialno škodo na milijon** prevoženih **kilometrov**.

Naslednja preglednica (točka 2) prikazuje detajlnejšo distribucijo prometnih nesreč, glede na tip (in vzrok) nesreče. Poročilo deli tipe prometnih nesreč na naslednje:

- **nesreče z enim udeleženi vozilo:**
 - trk z divjadjo,
 - trk s kolesarjem,
 - trk s parkiranim vozilom,
 - trk s pešcem,
 - prevračanje vozila,

- vožnja iz vozišča na obcestni svet,
- ostale nesreče z enim udeležnim vozilom,
- **nesreče z večjim številom udeležnih vozil:**
 - trk vozil pod kotom,
 - čelno trčenje,
 - trk med zavijanjem levo,
 - trk med zavijanjem desno,
 - trk v zadnji del vozila,
 - bočni trk nasproti vozečega vozila,
 - bočni trk vozil, ki vozijo v isti smeri,
 - ostale nesreče z večjim številom udeležnih vozil.

Število nesreč je opredeljeno **tudi procentualno**, glede na število vseh nesreč. Za vsak tip nesreče je prikazano **ločeno** število nesreč, ki so se zgodila **v križiščih** in **izven njih**.

Naslednji preglednici (točki 3 in 4) vsebujeta ločeno **število in faktorje prometnih nesreč** (število nesreč na kilometer ceste v enem letu, število nesreč na milijon prevoženih kilometrov, število kilometrov na milijon vozil, ki uvozijo na obravnavani odsek ceste) za **vsak horizontalni element** in vsako **križišče** posebej.

3.5 Design Consistency Module (DCM) – Modul za preverjanje skladnosti geometrijskih elementov oz. profil vozne hitrosti

3.5.1 Funkcija (namen) modula

Dejanska hitrost vozil v neoviranem prometnem toku je zelo **pomemben dejavnik varnosti v cestnem prometu**. Največkrat se razlikuje od administrativno omejene oz. računske hitrosti, ki je bila uporabljena pri določevanju velikosti geometrijskih elementov cestne trase. Že leta 1965 (Blitz, 1996, cit. po Juvanc, A. 1991) je bilo z meritvami na cestah, ki so bile projektirane za $V_{proj}=80\text{km/h}$ ugotovljeno, da na suhem vozišču prekoračuje to hitrost med

25% in 50% vseh voznikov, na mokrem pa 20%. Danes je ta procent verjetno še višji, saj tehnika (na področju avtomobilske industrije) in uvajanje novih materialov (pnevmatike, vozne površina) omogočajo še višje hitrosti.

Ugotovljen je bilo, da je **najpogostejši vzrok prometnih nesreč** na cestah izven naselja **neprimerna hitrost ob vstopu v krožni lok**. Vzrok za tako situacijo je največkrat **neskladje geometrijskih elementov** (npr. horizontalna krivina z majhnim polmerom in minimalnimi prehodnicami med dvema horizontalnima krivinama z velikim polmerom »preseneti« voznika, ki vozi s vozno hitrostjo, ki mu jo omogočata sosednja večja krožna loka). **Z ustreznim zaporedjem in velikostjo geometrijskih elementov lahko že v fazi projektiranja v veliki meri zmanjšamo vzroke za nastanek prometnih nesreč tega tipa.**

Za odkrivanje takih »črnih točk« na trasi je potrebna določitev dejanske vozne hitrosti, ki je mogoča bodisi z:

- ustreznim **matematičnim modelom** (ki kar v največji možni meri upošteva vse vplive, ki vplivajo na dejansko vozno hitrost) ali
- **s pomočjo statistike** dejansko izmerjenih hitrosti na cestnih odsekih s podobnimi karakteristikami.

Prva metoda je **bolj natančna**, vendar tudi **bolj kompleksna**, kar je po mojem mnenju vzrok, da v obravnavanem programu ni uporabljena. Dejanske vozne hitrosti, ki so zajete v statističnih podatkih, so bile izmerjene na različnih dvopasovnih izvenmestnih cestah po celotnih Združenih državah Amerike.

Če dejansko vozno hitrost izračunamo na več mestih obravnavanega odseka ceste, lahko narišemo graf odvisnosti vozne hitrosti od poti oz. **profil vozne hitrosti**. Ta graf nam poleg **informacije o vozni hitrosti vozila** v prostem prometnem toku **na določeni stacionaži** cestne trase omogoča tudi **pregled nad spreminjanjem hitrosti vozila**. V kolikor je razdalja za spreminjanje (predvsem zmanjšanje) hitrosti prekratka (potreben prevelik pojemek), je to znak, da trasirni elementi niso usklajeni (gre za **kritično mesto**).

Glavni namen obravnavnega modula je **izris profila vozne hitrosti in označitev kritičnih mest na trasi**.

3.5.2 Vhodni podatki

Obseg vhodnih podatkov za obravnavani modul je glede na ostale module dokaj skromen, kar omogoča enostavno in hitro vnašanje podatkov. Potreben je vnos:

- **meja obdelave projekta** (začetna in končna stacionaža),
- **horizontalnih** geometrijskih elementov ceste (začetne in končne stacionaže tangent in krožnih lokov, ter polmeri krožnih lokov),
- **vertikalnih** geometrijskih elementov (stacionaža točk presečišč tangent, nakloni tangent, začetne in končne stacionaže vertikalnih zaokrožitev, tip zaokrožitve – konkavna ali konveksna),
- **projektna hitrost,**
- **želena vozna hitrost,**

Je hitrost na ravnem odseku, kjer vožnjo ne omejujejo geometrijski elementi ceste. Privzeta vrednost je 100km/h, kar je povprečna hitrost na dvopasovnih cestah izven naselja v ZDA.

- **hitrost na začetku** in **koncu** obravnavanega cestnega odseka,
Privzeta vrednost hitrosti na koncu in začetku analiziranega cestnega odseka je enaka željeni vozni hitrosti. Če program izračuna, da voznik pri privzetem pojemku ne bo mogel zmanjšati hitrost do tiste, ki bi mu omogočala varno vožnjo skozi prvo horizontalno krivino, se začetna hitrost avtomatsko zmanjša na tako, ki bo to omogočala. Podobna situacija je pri hitrosti na koncu, ki jo program avtomatsko zmanjša, če ugotovi, da iz zadnje horizontalne krivine voznik nikakor ne bo uspel pospešiti na hitrost, ki je predvidena na koncu analiziranega odseka.
- **tipično vozilo** (tip vozila),
Model mikrosimulacije prometa na izvenmestnih dvopasovnih cestah TWOPAS, ki se uporablja za izračun hitrosti vozil glede na vertikalne elemente ceste, loči **20 različnih tipov vozil**. Tipi vozil se med seboj ločijo po pospeških, pojemkih in najvišji možni hitrosti.

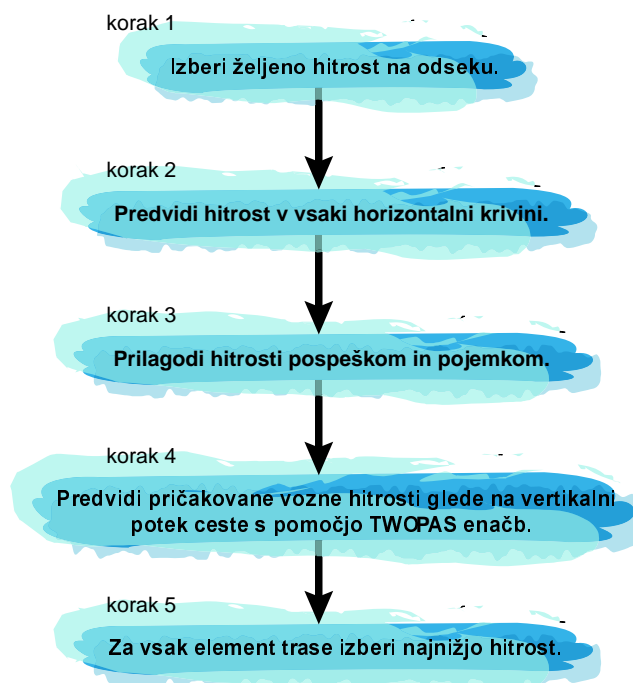
3.5.3 Opis delovanja

Kratek povzetek:

Profil vozne hitrosti se določa v več korakih: **najprej** se določi profil vozne hitrosti za **horizontalni potek** trase, **nato** se določi profil vozne hitrosti za **vertikalni potek** trase, s pomočjo obeh pa se določi profil vozne hitrosti celotne trase. Slednji se določi tako, da se za vsako točko na trasi ceste preveri katera od vrednosti (za vertikalni ali horizontalni potek) je **nižja** in ta se upošteva pri izrisu profila vozne hitrosti. Ker je profil vozne hitrosti vezan na smer vožnje, je potrebna izdelava **za obe smeri vožnje**.

3.5.3.1 Algoritem za oceno profila vozne hitrosti (V_{85})

Strnjen prikaz delovanja algoritma za oceno profila vozne hitrosti je prikazan na naslednjem diagramu poteka.



Slika 4: **Diagram poteka algoritma za oceno profila vozne hitrosti**

K zgoraj prikazanem diagramu poteka je potrebno dodati še nekatera **dodatna pojasnila**.

- **Korak 1**

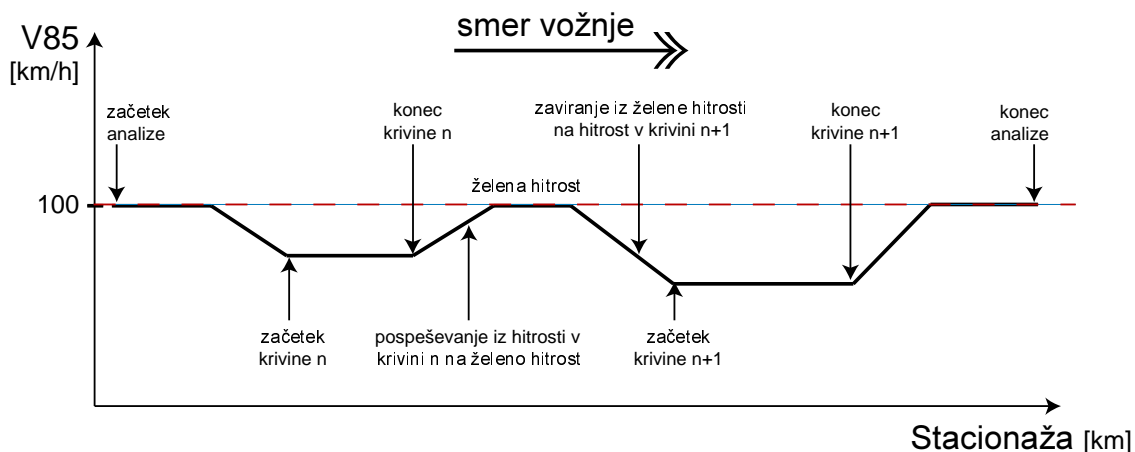
Želena hitrost (desired speed) **vnesemo**, kot vhodni podatek v programu ali z vnosom datoteke. Privzeta vrednost, ki velja za celotno traso v primeru, če ne vnesemo drugačne zelene hitrosti, je 100km/h. Ta hitrost je bila izbrana kot privzeta, ker so meritve hitrosti v ZDA pokazale, da je to povprečna hitrost, ki jo vozniki dosegajo na dvopasovnih cestah izven naselij in sicer na mestih, kjer vozna hitrost ni odvisna od geometrijskih elementov ceste. **Želena hitrost lahko določimo za poljuben odsek na obravnavani trasi. Če se trasa začne in/ali konča s križiščem**, na katerem mora vozilo, ki vozi po obravnavani cesti ustaviti, je potrebno zelena hitrost **na koncu oz. začetku trase omejiti na 0 km/h. Želena hitrost algoritem upošteva, kot maksimalno hitrost na trasi in jo voznik dosega na premah** (če dolžina preme zadostuje za pospeševanje iz hitrosti v predhodnem krožnem loku do zelene hitrosti). Program omogoča tudi vnos **odsekov z omejeno hitrostjo** (posted speed), ki pa jo **algoritem** pri določevanju profila vozne hitrosti **ne upošteva**.

- **Korak 2**

Za določitev **vozne hitrosti v horizontalnih krivinah** program uporablja **empirične enačbe**, ki so bile izdelane **na osnovi meritev hitrosti** v ZDA. Vozna hitrost je definirana **kot funkcija polmera** krožnega loka. Predpostavljeno je, da je hitrost **vzdolž krožnega loka konstantna**. Algoritem kot horizontalne elemente upošteva le preme in krožne loke. **Prehodnice** so upošteevane **kot deli prem**.

- **Korak 3**

V tem koraku se profil vozne hitrosti prilagodi glede na **pospeševanje in zaviranje vozil**. V primeru »krožni lok – prema – krožni lok«, gre za pospeševanje iz hitrosti v krožnem loku n do zelene hitrosti na premi in zaviranje iz zelene hitrosti na hitrost, ki jo omogoča krožni lok n+1. Če je vsota razdalj za pospeševanje in zaviranje manjša od razdalje med koncem krožnega loka n in začetkom krožnega loka n+1, vozilo med krožnima lokoma (na premi) ne more doseči zelene hitrosti.

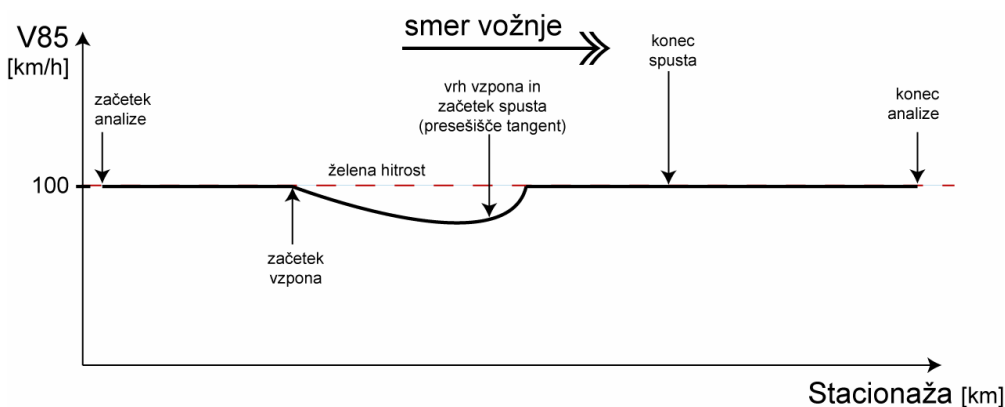


Slika 5: **Profil vozne hitrosti na osnovi horizontalnih elementov ceste za primer »krožni lok – prema – krožni lok« (koraki 1 – 3)**

- **Korak 4**

V tem koraku se določi nov profil vozne hitrosti, in sicer glede na **vertikalne elemente** ceste in **tip merodajnega vozila**. Model določi **vozno hitrost za vsako sekundo vožnje** vozil po obravnavanem cestnem odseku. Za izračun voznih hitrosti se uporablja model mikrosimulacije prometa na izvenmestnih, dvopasovnih cestah - **TWOPAS**. Omenjeni model je bil v osnovi namenjen preverjanju prepustnosti cest na vzponih (z dodanim pasom za počasna vozila). Kasneje se je izkazalo, da zelo uspešno **simulira** tudi **hitrosti prometnega toka**, zato so ga uporabili tudi za potrebe modela TAM (Traffic Analysis Module - modul za izračun nivoja uslug oz. prepustnosti ceste). Natančnejši opis modela TWOPAS je prikazan v opisu modela TAM (točka 3.7).

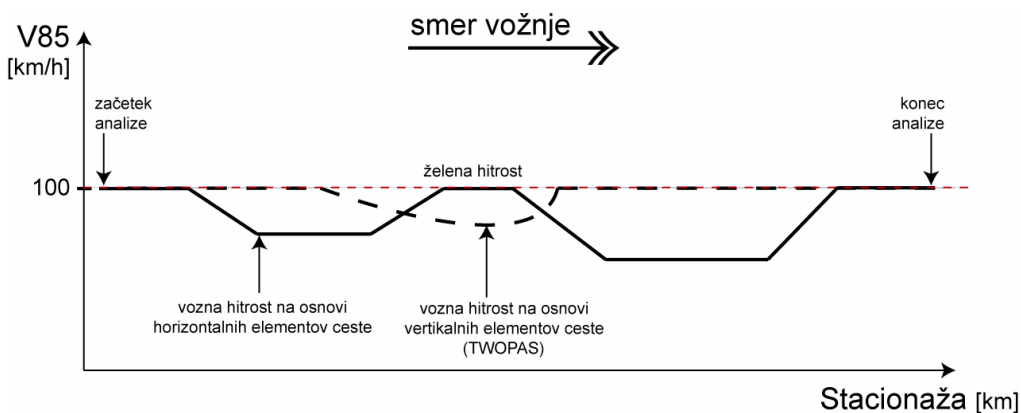
Primer izrisa profila hitrosti za primer »grebena« (vzpon in spust) na ravnem cestnem odseku je prikazan na naslednji sliki.



Slika 6: **Profil vozne hitrosti na osnovi vertikalnih elementov ceste za primer »grebena« na ravnem odseku ceste (korak 4)**

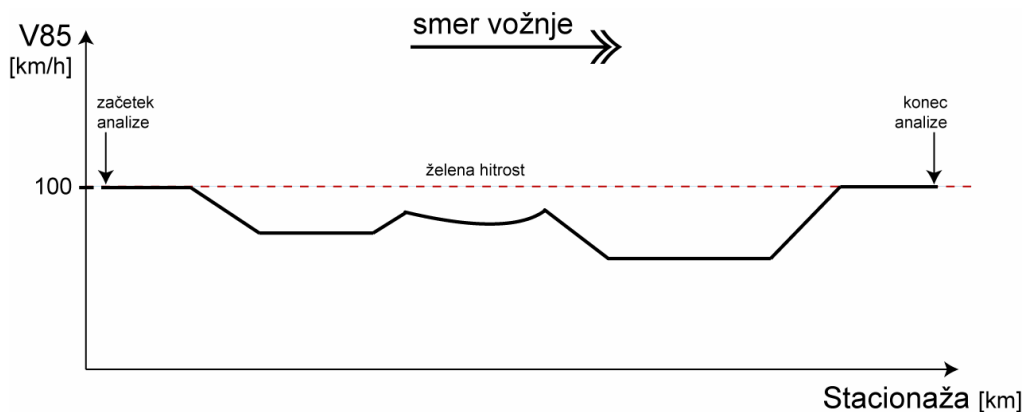
- **Korak 5**

Naslednji korak predstavlja **primerjavo med profiloma vozne hitrosti na podlagi horizontalnih in vertikalnih elementov ceste** (kot kaže slika 7). Primerjajo se točke z isto stacionažo.



Slika 7: **Primerjava profilov vozne hitrosti na osnovi horizontalnih in vertikalnih elementov ceste (korak 5)**

Končni profil vozne hitrosti se določi tako, da se za vsako točko na trasi izbere nižja od obeh hitrosti (iz profila vozne hitrosti za vertikalne elemente in profila vozne hitrosti za horizontalne elemente). Omenjeni profil je prikazan na naslednji sliki (slika 8).



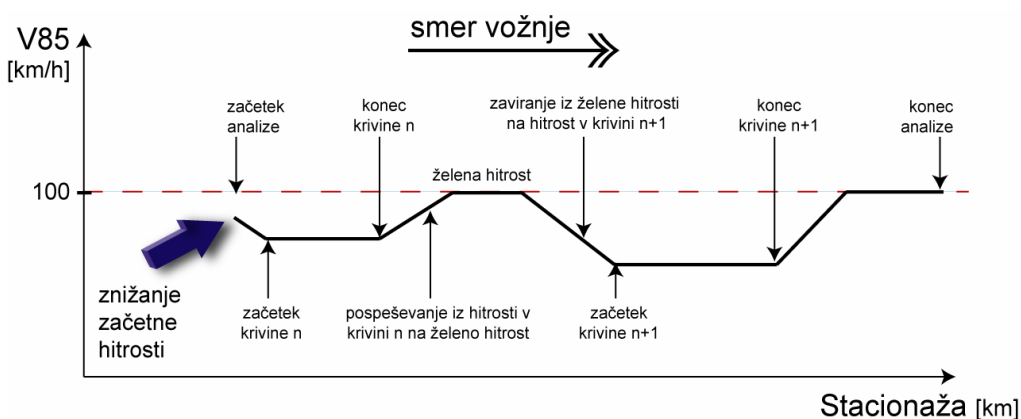
Slika 8: Končni profil vozne hitrosti (V_{85}) za obravnavani odsek ceste (korak 6)

Koraki 1 do 6 se ponovijo še v nasprotni smeri stacionaže, saj je za voznika, ki vozi v smeri padajoče stacionaže zaporedje geometrijskih elementov ceste drugačno.

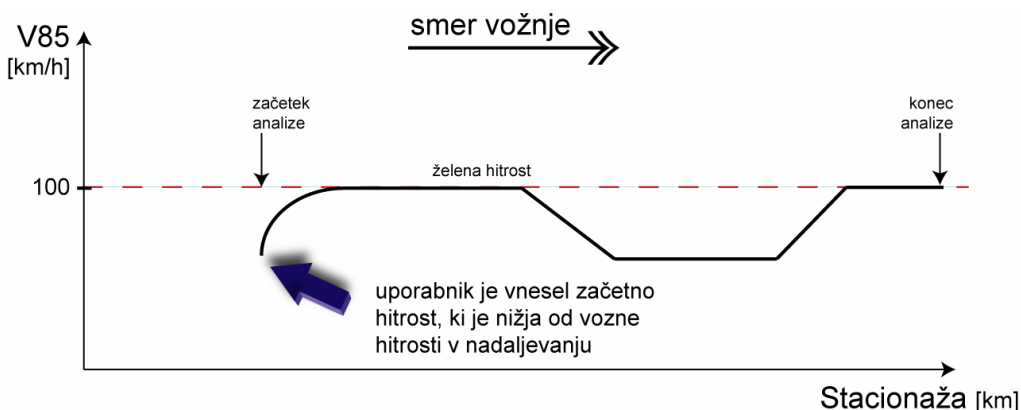
Pri določanju profila vozne hitrosti je potrebno omeniti še nekatere **posebne primere**, na katere lahko naletimo med delom s tem programom.

- Če se na trasi nahajajo **križišča**, jih **algoritem ne upošteva** pri izračunih. Upoštevana je predpostavka, da v kolikor je analizirana cesta prednostna, ni posebne razlike, kot če križišča sploh nebi bilo. Če se pojavijo semaforizirana križišča ali križišča kjer je analizirana cesta v podrejenem položaju (neprednostna), je potrebno cestni odsek razdeliti na več pododsekov (med posameznimi križišči).
- **Prehodnice** so upoštewane **kot deli prem**.
- Pri **sestavljenih krivinah** («S-krivina», košarasta krivina,...) se vozna hitrost izračuna tako, kot je prikazano v koraku 2. Med hitrostma je v profilu vozne hitrosti **viden skok**.
- V primeru, da **razdalja od začetka analiziranega odseka do začetka prvega krožnega loka ne zadošča** za zaviranje iz začetne hitrosti (če ni določeno drugače, gre za zeleno hitrost) na hitrost, ki jo omogoča prvi krožni lok, se **začetna hitrost avtomatično zmanjša** na tako, ki bo omogočala tak manever. Profil vozne hitrosti je spremenjen tako, kot kaže **slika 9**.

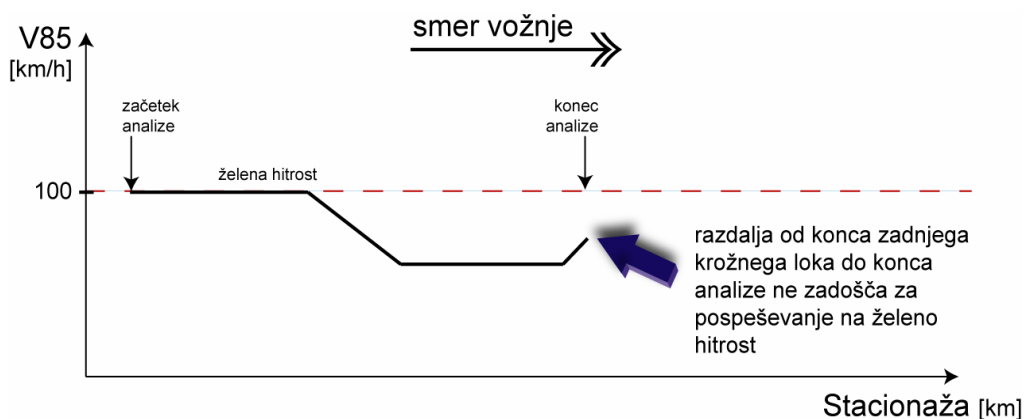
- Če uporabnik vnese začetno hitrost, ki je nižja od vozne hitrosti v nadaljevanju, program s pomočjo TWOPAS modela določi potek pospeševanja, kar je prikazano na **sliki 10**.
- Podobno kot na začetku, se tudi **na koncu** analiziranega odseka končna **hitrost zniža**, če ni na voljo zadostne dolžine za **pospeševanje** iz hitrosti, ki jo omogoča zadnji krožni lok na zeleno hitrost. Ta primer je prikazan na **sliki 11**.
- Če uporabnik vnese **končno hitrost**, ki je **manjša od zelene hitrosti**, je predpostavljeno, da vozilo na koncu zavira do končne hitrosti s pojemkom 2.5m/s^2 . Profil vozne hitrosti za ta primer je prikazan na **sliki 12**.



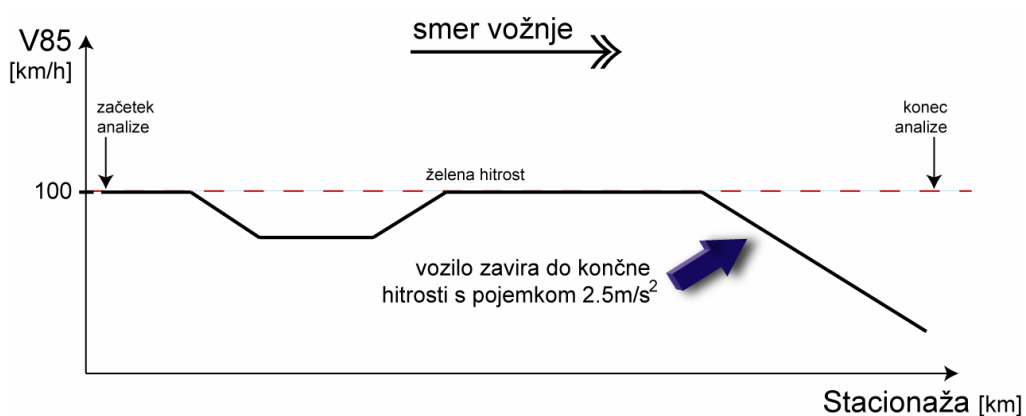
Slika 9: **Profil vozne hitrosti (V_{85}) za primer, če ni na voljo zadostne razdalje za zaviranje do prvega krožnega loka**



Slika 10: **Profil vozne hitrosti (V_{85}) za primer, ko uporabnik vnese začetno hitrost, ki je nižja od vozne hitrosti v nadaljevanju**



Slika 11: **Profil vozne hitrosti (V_{85}) za primer, ko razdalja od konca zadnjega krožnega loka do konca analiziranega cestnega odseka ne zadošča za pospeševanje na zeleno hitrost**



Slika 12: **Profil vozne hitrosti (V_{85}) za primer, ko uporabnik vnese končno hitrost, ki je nižja od zelene**

3.5.3.2 Ocena skladnosti geometrijskih elementov ceste

Naslednja faza pri odkrivanju potencialnih »črnih točk« je, da na podlagi profila vozne hitrosti določimo geometrijske elemente ceste, ki povzročajo večji padec vozne hitrosti. Te elemente nato korigiramo (ali pa korigiramo sosednje elemente), da bo **razlika v voznih hitrostih v premah in sosednjimi krožnimi loki oz. med projektno hitrostjo in vožno hitrostjo**, ki jo omogočajo geometrijski elementi čim manjša.

V ta namen sta v program vključene dve kontroli, in sicer:

- **kontrola razlike med projektno hitrostjo in predvideno vozno hitrostjo** in
- **kontrola razlik med predvidenimi voznimi hitrostmi na krožnih lokih in sosednjih premah.**

Kontrola razlike med projektno hitrostjo (design speed) **in predvideno vozno hitrostjo** (V_{85}) temelji na priporočilu »AASHTO's 2001« za geometrijske elemente cest (A Policy on Geometric Design of Highways and Streets suggests), ki pravi, da je potrebno projektno hitrost čimbolj približati pričakovani hitrosti vozil. Cesta naj bo oblikovana tako, da bo zadovoljila potovalne zahteve in navade večine voznikov.

Odstopanje predvidene vozne hitrosti od projektne hitrosti je razdeljeno v **3 kategorije**:

1. razlika je **manjša od 10 km/h** (zelena barva),
2. razlika je **med 10 km/h in 20 km/h** (rumena barva) in
3. razlika je **večja od 20 km/h** (rdeča barva).

Rezultati kontrole so v končnem poročilu prikazani kot **obarvane vrstice** v preglednici voznih hitrosti po posameznih geometrijskih elementih in kot **zastavice različnih barv** (glede na razliko hitrosti) v profilu vozne hitrosti.

Druga kontrola (**kontrola razlik med predvidenimi voznimi hitrostmi na krožnih lokih in sosednjih premah**) je bolj povezana s prometno varnostjo, saj se tu kontrolira razlika med hitrostmi v premah in sosednjimi krožnimi loki. Ta **razlika** mora biti **čim manjša**, da ne pride do situacije, ko voznik, ki pripelje po premi z zeleno hitrostjo do krožnega loka, **nima zadostne razdalje za zaviranje** na hitrost, s katero je še mogoča vožnja skozi krožni lok. Taka situacija bi se **morebiti lahko** prometnovarno uredila tudi že s pomočjo **zadostne dolžine prehodnice** med premo in krožnim lokom, a ker **algoritem prehodnic ne upošteva**, takega primera (s tem algoritmom) **ni možno rešiti** na tak način.

Tudi tukaj so **razlike voznih hitrosti** ločene na **3 kategorije**:

1. razlika je **manjša od 10 km/h** (zelena zastavica),

2. razlika je **med 10 km/h in 20 km/h (rumena zastavica)** in
3. razlika je **večja od 20 km/h (rdeča zastavica)**.

V dokumentu, na katerem bazira obravnavani modul (documented in Report No. FHWA-RD-99-171, Speed Prediction for Two-Lane Rural Highways) je zapisana ocena, da se na mestih, kjer je razlika med hitrostmi na sosednjih geometrijskih elementih **večja kot 20 km/h** zgodi **6-krat**, na mestu, kjer je ta razlika **med 10 km/h in 20 km/h** pa **3-krat več nesreč, kot na** mestih, kjer je razlika **manjša od 10 km/h**. Dodano je tudi, da te predpostavke nimajo podlage v katerem od pravilnikov ali standardov, ampak služijo zgolj za usmeritev.

Cesta na mestih, kjer se pojavijo velike razlike med hitrostmi v sosednjih geometrijskih elementih pogosto poteka po težavnem terenu zato potek nemalokrat narekuje oblika obstoječega terena in lokacija vodnih virov. Rešitev, ki je iz vidika prilagoditve obstoječemu terenu in zmanjšanja zemeljskih del popolnoma sprejemljiva, je lahko iz vidika prometne varnosti nesprejemljiva. V takih primerih je smiselno preveriti naslednje:

- (pri novogradnjah) ali je **možna izvedba z izboljšanimi kritičnimi elementi** oz. slabšimi sosednjimi elementi in kakšen je strošek izvedbe v primerjavi z obstoječo traso,
- (pri obstoječih cestah) ali je bilo na teh mestih zabeleženo **večje število prometnih nesreč** (zaradi prevelike hitrosti v krivini) in ali bi bila **rekonstrukcija** v ekonomskem smislu **upravičena**,
- ali je možno **korigirati naklon prečnega prereza** vozišča in (ali) **obcestnega sveta**, da bi omilili poškodbe, v primerih ko bi prišlo do izgube smeri vozila v krivini,
- ali je **preglednost** v krivini zadostna,
- ali je nameščena **ustrezna prometna oprema**, ki bi opozarjala na nevaren odsek.

3.5.4 Rezultati analiz

Rezultati analiz modula za preverjanje skladnosti geometrijskih elementov so prikazani tako **v grafični**, kot tudi **tekstualni obliki**.

Grafično predstavljene podatke si je možno ogledati v posebnem oknu, kjer lahko izbiramo med izrisom naslednjih kategorij:

- **križišča** (označitev mest križanj z drugimi cestnimi povezavami),
- pregledni **vzdolžni profil** celotne trase,
- **ukrivljenost vertikalnih zaokrožitvev** (K-vrednost, ki predstavlja razmerje med dolžino vertikalne zaokrožitve na procent razlike naklonov predhodne in naslednje tangente),
- **središčni koti horizontalnih krivin**,
- velikost **polmerov horizontalnih krožnih lokov**,
- **profil vozne hitrosti**.

Prikazi vseh zgoraj navedenih kategorij je možen **za obe smeri vožnje** (v smeri naraščajoče in padajoče stacionaže). Posebno pozornost velja posvetiti izrisu profila vozne hitrosti. Graf vozne hitrosti je izrisan **v več barvah**, ki so odvisne od razlike med projektno hitrostjo in predvideno vozno hitrostjo, kot je to opisano v prejšnji točki.

Rezultati kontrole razlik med predvidenimi voznimi hitrostmi na krožnih lokih in sosednjih premah so prikazani z **barvnimi zastavicami**, katerih barva je odvisna od odstopanja (zelena – odstopanje je manjše od 10 km/h, rumena – odstopanje je med 10 km/h in 20 km/h, rumena – odstopanje je večje od 20 km/h).

Kot je razvidno iz diagramov polmerov in središčnih kotov horizontalnih krivin ter profila vozne hitrosti, se kritične točke (rdeča zastavica) pojavljajo na mestih kjer imamo kratek (majhen središčni kot) krožni lok z majhnim polmerom.

Primer grafičnega izrisa rezultatov je prikazan na strani 54.

Končno poročilo vsebuje poleg zgoraj opisanega grafičnega prikaza **tudi tabelarični prikaz** naslednjih rezultatov:

- **stacionaže mest, kjer se spremeni naklon profila vozne hitrosti in pripadajoče vozne hitrosti** (v obeh smereh),

Na koncu tabele je posebej zapisano na katerih mestih je pojemek, ki je potreben za spremembo hitrosti, višji od tistega, ki je še udoben za potnike (1.25m/s^2). Pojemek je določena po naslednji enačbi

$$d = \frac{V_{n+1}^2 - V_n^2}{25.92(LSC_a)}$$

(FHA, Design Consistency Module Engineer's Manual, 2004, str. 17)

kjer so :

d = pojemek [m/s^2]

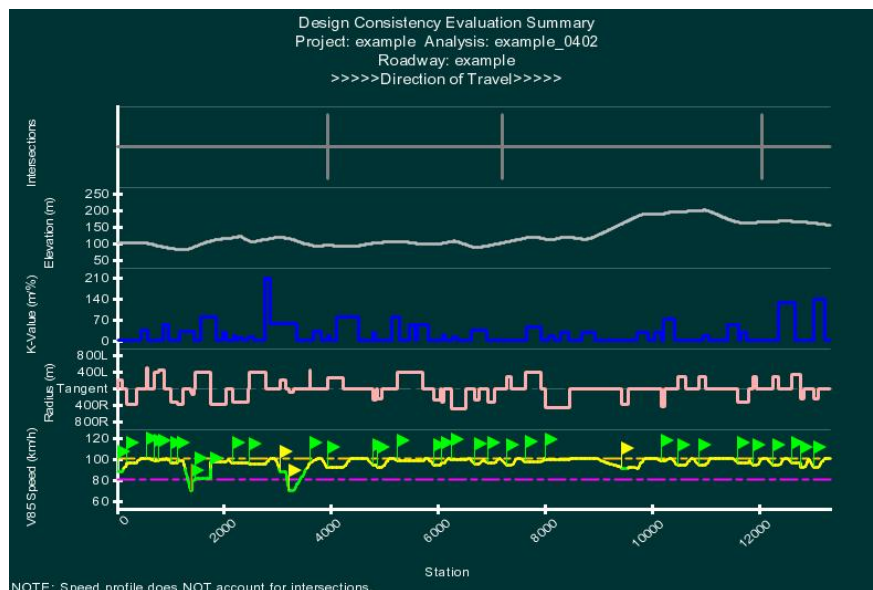
V_n = hitrost v krivini n [km/h]

V_{n+1} = hitrost v krivini n+1 [km/h]

LSC_a = razdalja med krivinama oz. razdalja tangente med krivinama [m]

Opazimo, da gre za znano enačbo za enakomerno pospešeno gibanje.

- **maksimalna in minimalna vozna hitrost na posameznih pododsekih in maksimalno odstopanje od projektne hitrosti** (v obeh smereh),
Posamezne vrste so obarvane glede na kategorijo odstopanja (glej točko 3.5.3.2).
- **hitrosti na premah in krožnih lokih ter razlike med njimi** (v obeh smereh),
Posamezne vrste so obarvane glede na kategorijo odstopanja (glej točko 3.5.3.2).



Primer grafičnega izrisa rezultatov DCM modula (FHA. 2004. Design Consistency Module Engineer's Manual, str. 15)

3.6 Intersection Review Module (IRM) – Kontrola križišč

3.6.1 Funkcija (namen) modula

Modul IRM je namenjen **diagnostiki obstoječih ali predvidenih križišč s poudarkom na elementih prometne varnosti.**

3.6.2 Vhodni podatki

Obravnavani modul za svoje delovanje načeloma potrebuje naslednje sklope vhodnih podatkov:

- **geometrijski podatki** o cestah, ki se stikajo v križišču,
- podatki o **prometnih obremenitvah** na teh cestah,
- podatki o **kontroli prometa** (prometna signalizacija) in
- lahko uporabi tudi **podatke o prometnih nesrečah** iz preteklih let.

Če kakšen od podatkov **manjka**, ga program **zahteva** med samim izvajanjem analize.

3.6.3 Opis delovanja

Modul je v bistvu **skupek analiz**, ki **analizirajo** posamezne **sklope podatkov o križišču** in odkrivajo napake, ki negativno vplivajo na prometno varnost v križišču.

Če kakšen od parametrov odstopa od zahtevanih vrednosti, program izpiše opozorilo, ki je lahko 1. ali 2. stopnje (level 1, level 2). Če so odstopanja taka, da je podano opozorilo **2. stopnje**, je naloga projektanta, da **še enkrat preveri ustreznost rešitve** oz. ustrezno korigira rešitev, če to ne pripelje do enormnega povečanja stroškov. Opozorilo **1. stopnje** opozarja na **kritične nepravilnosti**, ki **poslabšujejo prometno varnost** in jih je zato potrebno **obvezno odpraviti**.

Ena največjih vrlin tega modula je, da je **ob vsaki ugotovljeni pomanjkljivosti** naveden **eden ali več nasvetov za odpravljanje** le-te. Običajno sta na voljo **dve vrsti nasvetov**:

- nasveti, ki odpravijo napako **s posegom v geometrijo križišča** (običajno povzroči podražitev investicije) in
- nasveti, ki zahtevajo **minimalne posege** (bistveno ne podražijo investicije).

Za izračun najrazličnejših parametrov (npr. dolžina kolone vozil, pregledna razdalja, dolžina za izogibanje oviram,...) so potrebni različni **matematični modeli** (enačbe), ki so **podrobneje predstavljeni v dokumentaciji** (Intersection Diagnostic Review Engineer's Sub-manual, 5. IRM Models), ki je sestavni del programske opreme IHSDM. Zaradi **obsežnosti** te dokumentacije, bi bila po mojem mnenju **podrobnejša predstavitev** teh modelov na tem mestu **nesmiselna**.

Napake v geometriji križišč se delijo v dve skupini:

1. napake, ki se nanašajo **na križišča**, kot celoto in
2. napake, ki se nanašajo **na posamezne krake** v križiščih.

Opis analiz za odkrivanje napak v križiščih je dokaj obsežen, zato ga bom glede na namembnost pričujoče diplomske naloge nekoliko skrajšal.

3.6.3.1 Napake, ki se nanašajo na križišča, kot celoto

3.6.3.1.1 Ne zadostna dolžina pasov za leve zavijalce med križišči, ki so locirana blizu vsaksebi.

Če sta križišči, ki imata **veliko levih zavijalcev** oz. zelo obremenjene smeri, ki ovirajo leve zavijalce, locirani tako skupaj, da ni mogoče **zagotoviti zadostne dolžine pasov za leve zavijalce** lahko pride do **oviranja** naravnost vozečih vozil ali celo do **trkov** naravnost vozečega vozila v zadnji del vozila levega zavijalca.

3.6.3.1.2 Ne zadostna dolžina dela za menjavo prometnih pasov na pasovih za leve zavijalce med križišči, ki so locirana blizu vsaksebi.

Nemalokrat morajo levi zavijalci zaradi čakajočih vozil na pasu za leve zavijalce ali zaradi velike gostote prometa na smereh, ki jih ovirajo, popolnoma ustaviti svoje vozilo. Če v dolžini pasu za leve zavijalce **ni upoštevana dolžina za zaviranje vozil**, so levi zavijalci pogosto primorani zavirati svoje vozilo že na pasu, ki si ga delijo z naravnost vozečimi (in desnimi zavijalci). To lahko privede **do oviranja ostalih vozil** ali celo do prometnih nesreč.

3.6.3.1.3 Merilo (indeks) konfliktnosti prometa (High Traffic Conflict Index)

IRM za določevanje merila varnosti na večkrakih križiščih uporablja indeks konfliktnosti križišča (ICI - Intersection Conflict Index). **Konfliktnost križišča odraža njegovo prometno varnost.** Že pred uporabo znanstvenega pristopa k temu problemu je bilo znano, da je križišče s tremi kraki načeloma bolj varno od križišča s štirimi kraki. Razlog za to je v tem, da ima trikrako križišče manj konfliktnih točk, kot širikrako.

Konflikti imajo **različno pomembnost** na katero vpliva predvsem **težavnost nesreč**, ki se zgodijo na določeni konfliktni točki. **Verjetnost za nesrečo** na določeni konfliktni točki je tem večja, čim večja je **prometna obremenitev** konfliktnih poti.

3.6.3.1.4 Veliko utrjenih površin na križišču (Large Intersection Pavement Area)

Veliko utrjenih površin srečamo predvsem na križiščih z več kraki. Poleg tega da so **drage za izvedbo in vzdrževanje**, lahko privedejo tudi do naslednjih težav:

- velike površine je **težko kvalitetno odvodnjavati**, kar lahko povzroči »aqua planing« ali poledico (v zimskem času),
- lahko povzročajo **težave pri orientaciji** voznikov, ki niso dobro seznanjeni z ureditvijo križišča.

Kljub vsemu morajo utrjene površine v križišču **zagotavljati prevoznost merodajnemu vozilu**, saj daljše vozilo načeloma potrebuje večjo površino za izvedbo manevra zavijanja, kot krajše vozilo. Posebno pozornost temu problemu je potrebno posvetiti na križiščih, kjer kraki niso pravokotni eden na drugega.

3.6.3.2 Napake, ki se nanašajo na posamezne krake v križiščih

3.6.3.2.1 Nezdostna pregledna razdalja v križišču

Zadostna preglednost v križišču je **eden glavnih dejavnikov varnosti v križiščih**. Potrebno je zagotoviti zadostno pregledno razdaljo tako na glavni cesti (da voznik opazi križišče), kot tudi na stranski cesti. Na slednji je potrebno zagotoviti tudi zadostno pregledno razdaljo za vključevanje na prednostno cesto (preglednostni trikotniki).

Glavni elementi, ki vplivajo na preglednost v križišču so: prečni sklon vozišča glavne ceste, širina voznega pasu na prednostni cesti, naklon priključnih cest, kot priključevanja kraka in prometne obremenitve. **Tipi nesreč**, ki so najpogostejši pri nezadostni preglednosti so: trki v zadnji del avtomobila in trki pod kotom.

3.6.3.2.2 Nezagledna pregledna razdalja v križiščih, ki se nahajajo na horizontalnih krivinah

Lokacija križišča v horizontalni krivini ima dva glavna vpliva na preglednost v križišču:

- večja je možnost, da se **znotraj preglednostnih trikotnikov nahaja ovira** (iz priključnih krakov, ki so locirani na notranji strani krivine) in
- **manevri** zavijanja postanejo bolj **komplicirani** (npr. vožnja v desni ovinek, izvoz na priključno cesto, ki se na glavno priključuje iz leve).

Vpliv horizontalne krivine na preglednost v križišču je **tem večji, čim manjši je polmer** krivine.

Manever zavijanja iz krivine z usmeritvijo levo (oz. desno) na krak, ki je lociran na desni strani (oz. levi strani) ceste je težaven iz več razlogov.

- **Sile**, ki delujejo na potnike na glavni cesti, so povsem drugačne (delujejo v nasprotni smeri) od sil, ki nenadoma začnejo delovati nanje med zavijanjem na stransko cesto (zavijanje v drugo smer).
- Če je v **krivini** večji **prečni sklon** (praviloma je to v krivinah z majhnim polmerom), mora vozilo med zavijanjem na stransko cesto ta prečni sklon premagati. V primeru, da **lom** med prečnim naklonom glavne ceste in vzdolžnim sklonom priključne ceste **ni primerno zaokrožen**, je **vožnja lahko nevarna**. To velja še posebej za težka tovorna vozila in vozila z višjim težiščem.

Glavne karakteristike križišča, ki vplivajo na pregledno razdaljo na križiščih v horizontalnih krivinah so: prečni sklon utrjenih površin na glavni cesti, širina voznega pasu na prednostni cesti, naklon priključnih cest, kot priključevanja in prometne obremenitve. **Tipi nesreč**, ki so najpogostejši pri nezagledni preglednosti so: trki v zadnji del avtomobila, čelni trki in trki pod kotom.

3.6.3.2.3 Nezaostna pregledna razdalja v primeru majhnih horizontalnih krivin na priključnih krakih križišč

V splošnem je situacija podobna kot v prejšnjem primeru, le da je tokrat problematična preglednost na priključnih krakih. Če so na priključnih krakih prisotni krožni loki z majhnim polmerom in nezaostno pregledno bermo, voznik križišča morda sploh ne bo pravočasno opazil. Iz tega razloga lahko v primeru zastojev v križišču pride do naletnih trkov. Tudi tu je povečana verjetnost, da se bo znotraj preglednostnega trikotnika nahajala ovira.

Glavne karakteristike križišča, ki vplivajo na obravnavano pregledno razdaljo so: prečni sklon utrjenih površin na glavni cesti, širina voznega pasu na prednostni cesti, naklon priključnih cest, kot priključevanja in prometne obremenitve. **Tipi nesreč**, ki so najpogostejši pri nezaostni preglednosti so: trki v zadnji del avtomobila, čelni trki in trki pod kotom.

3.6.3.2.4 Nezaostna pregledna razdalja (za vozila na prednostni cesti) pred križišči, ki se nahajajo na vertikalnih zaokrožitvah

Lokacija križišča na (konveksni) vertikalni zaokrožitvi prinese, v primerjavi s križiščem na cesti s konstantnim vzdolžnim naklonom, dva dodatna faktorja, ki lahko zelo poslabšata prometno varnost v križišču:

- **preglednostna razdalja za vozila na stranski cesti** je zaradi vertikalne zaokrožitve glavne ceste zmanjšana do te mere, da pravočasno ne opazijo prihajajočih vozil na glavni cesti in
- **levi zavijalci na glavni cesti** utegnejo imeti zaradi premajhne vertikalne zaokrožitve nezaostno preglednost v smeri nasproti vozečih vozil.

Geometrijski elementi, ki vplivajo na obravnavano pregledno razdaljo so: lokalni vzdolžni skloni in velikost polmera vertikalne zaokrožitve. **Značilni tipi prometnih nesreč** pri nezaostni pregledni razdalji v križišču na vertikalni zaokrožitvi so: trki v zadnji del avtomobila, čelni trki in trki pod kotom.

3.6.3.2.5 Nezagledna pregledna razdalja na križiščih, z večjim številom krakov

Kot križišča z večjim številom krakov so obravnavana križišča z **več kot štirimi kraki**. Vsak krak, ki ga dodamo klasičnemu štirikrakemu križišču lahko **zmoti voznika**, ki je vajen vožnje v križiščih z manj kraki. Voznik porabi **več časa za proces odločanja** o primernem manevru, zaradi kompleksnosti križišča pa je možno, da predvidena pot vozila skozi križišče ni jasno označena. Vse to predstavlja dodatno **zmanjšanje prometne varnosti** v križišču.

Geometrijski elementi, ki vplivajo na obravnavano pregledno razdaljo so: lokalni vzdolžni skloni, dolžina vertikalne krivine, dolžina horizontalne krivine, polmer horizontalne krivine, širina voznega pasu in širina pregledne berme. **Značilni tipi prometnih nesreč** pri obravnavanem primeru so: trki v zadnji del avtomobila, čelni trki in trki pod kotom.

3.6.3.2.6 Nezagledna pregledna razdalja na križiščih, ki imajo več kot eno priključno cesto na isti strani glavne ceste

Več priključnih cest na isti strani glavne ceste lahko **zmede voznika** pri vožnji skozi križišče. Voznik porabi **več časa za razmislek** o prednostnih smereh v križišču in primernosti izbrane poti skozi križišče.

Geometrijski elementi, ki vplivajo na obravnavano pregledno razdaljo so: lokalni vzdolžni skloni, dolžina vertikalne krivine, dolžina horizontalne krivine, polmer horizontalne krivine, širina voznega pasu in širina pregledne berme. **Značilni tipi prometnih nesreč** pri obravnavanem primeru so: trki v zadnji del avtomobila, čelni trki in trki pod kotom.

3.6.3.2.7 Nezagledna pregledna razdalja na križiščih, na katerih se kraki ne priključujejo pod pravim kotom

Če se priključne ceste na glavno ne priključujejo pod pravim kotom, je vsaj eden od kotov med stransko cesto in glavno cesto oster. Tak kot pa **poslabšuje preglednost na glavno cesto**.

Geometrijski elementi, ki vplivajo na obravnavano pregledno razdaljo so: prečni sklon utrjenih površin na glavni cesti, širina voznega pasu na glavni cesti, vzdolžni naklon priključnih cest, kot priključevanja in prometne obremenitve. **Značilni tipi prometnih nesreč** pri obravnavanem primeru so: trki v zadnji del avtomobila, čelni trki in trki pod kotom.

Pregledni trikotniki so, glede na križišče, kjer so koti med kraki pravi (90°), manjši ali večji, kar program pri izračunih preglednosti tudi upošteva. Med zaganjanjem modula se v zgornjem, desnem kotu pogovornega okna prikaže skica križišča. Uporabnik mora za vsak preglednostni trikotnik (ki se sproti izrisuje na skici križišča) podati podatek, če je v njem kakšna ovira, ki bi zmanjševala preglednost).

3.6.3.2.8 Nezagledna stop pregledna razdalja v primeru majhne konveksne vertikalne zaokrožitve na priključnem kraku

Majhna konveksna vertikalna zaokrožitev na priključnem kraku (bodisi na glavni ali stranski cesti) lahko privede do situacije, ko je **križišče »skrito« pred voznikom** oz. ga **voznik opazi prepozno**, da bi hitrost vozila lahko temu prilagodil. Ta situacija je nevarna še posebej na stranskih (neprednostnih) cestah, kjer mora voznik pogosto popolnoma zaustaviti svoje vozilo pred nadaljevanjem vožnje skozi križišče.

Geometrijski elementi, ki vplivajo na obravnavano stop pregledno razdaljo so: lokalni vzdolžni nakloni priključnih krakov in dolžina vertikalne zaokrožitve. **Značilni tipi prometnih nesreč** pri obravnavanem primeru so: trki v zadnji del avtomobila, čelni trki in trki pod kotom.

3.6.3.2.9 Nezagledna stop pregledna razdalja v primeru majhne horizontalne krivine na priključnem kraku križišča

Problemi pri kontroliranju stop pregledne razdalje v primeru horizontalne krivine na priključnem kraku so **identični** tistim za kontrolo pregledne razdalje (**točka 3.6.3.2.3**). **Poteka izvedbe se razlikujeta le v izbiri modela** za izračun (stop) pregledne razdalje.

3.6.3.2.10 Ne zadostna vidljivost prometne signalizacije (razen znakov II-2 in II-1)

Prisotnost kakršnekoli ovire, ki bi zmanjševala vidljivost prometne signalizacije v križišču, bi lahko imela velik **vpliv na prometno varnost križišča**. Če namreč voznik pravočasno ne opazi npr. znaka za nevarnost, ni pripravljen na prihajajočo nevarnost, kar se odraža na njegovih reakcijah, ko pride do mesta nevarnosti, na katero je opozarjal znak. Znaka, ki omejujeta prednost vozila na cesti, ob kateri se nahajata (II-2 in II-1), sta zaradi svoje pomembnosti obravnavana posebej (uporabljene so druge enačbe).

Geometrijski elementi, ki vplivajo na vidljivost prometne signalizacije so: horizontalna krivina, vertikalna krivina in vzdolžni sklon. **Značilni tipi prometnih nesreč** pri obravnavanem primeru so: trki v zadnji del avtomobila, trki pod kotom.

3.6.3.2.11 Ne zadostna vidljivost znaka II-2 (»Ustavi!«)

Posebna pozornost je namenjena zagotavljanju znaka II-2 (»Ustavi!«) oz. »stop« znaka. Ta znak je **še posebno pomemben**, saj mora pri omenjenem znaku voznik **obvezno ustaviti** svoje vozilo. **Če mu to ne uspe so posledice lahko usodne**.

Za ta primer je narejen poseben (matematični) **model**, ki je prav tako kot ostali, predstavljen v dokumentaciji, ki je sestavni del programa IHSDM (Intersection Diagnostic Review Engineer's Sub-manual, 5. IRM Models).

3.6.3.2.12 Ne zadostna vidljivost znaka II-1 (»križišče s prednostno cesto«)

Tudi znaku II-1 oz. »križišče s prednostno cesto« je **namenjena posebna pozornost**. Tudi tu nezadostna razdalja od mesta, ko znak opazimo do samega znaka lahko privede do prometne nesreče v križišču.

Tud za ta primer je bil narejen poseben model, ki je opisan v v dokumentaciji, ki je sestavni del programa IHSDM (Intersection Diagnostic Review Engineer's Sub-manual, 5. IRM Models, znak II-1 v angleščini: Yield Sign).

3.6.3.2.13 Nezdostna dolžina za odločitev o ukrepanju v primeru majhne konveksne vertikalne zaokrožitve na priključnem kraku

Problemi, ki so povezani s horizontalnimi krivinami pred križiščem so opisani **že v točkah 3.6.3.2.4 in 3.6.3.2.8**, zato o njih tu ne bom podrobno pisal.

Geometrijski elementi, ki vplivajo na dolžino za izogibanje oviram v konveksnih vertikalnih krivinah so: vzdolžni nakloni stikovanih cest v območju križišča in polmeri konveksnih vertikalnih zaokrožitvev. **Značilni tipi prometnih nesreč** pri obravnavanem primeru so: trki v zadnji del avtomobila, trki pod kotom.

V **dolžini za izogibanje oviram** je zajeta pot, ki jo voznik prevozi v vseh fazah, ki potekajo, ko se vozilo približa oviri na cesti:

- a) **zaznavanje** ovire,
- b) **ocena nevarnosti**, ki jo ta ovira povzroča,
- c) izbira **primernege ukrepa** (ustavitev vozila ali vožnja mimo – ASSHTO loči 5 različnih manevrov, označenih s črkami od A do E) in
- d) **izvedba** načrtovanega manevra.

3.6.3.2.14 Nezdostna dolžina za odločitev o ukrepanju v primeru majhne horizontalne krivine na priključnem kraku

Problemi, ki so povezani s horizontalnimi krivinami pred križiščem **so opisani že v točkah 3.6.3.2.2, 3.6.3.2.3 in 3.6.3.2.9**, zato o njih tu ne bom podrobno pisal.

Geometrijski elementi, ki vplivajo na dolžino za izogibanje oviram v horizontalnih krivinah so: dolžina horizontalnih krivin, polmeri horizontalnih krivin, širina voznega pasu in

pregledne berme na notranji strani horizontalnih. **Značilni tipi prometnih nesreč** pri obravnavanem primeru so: trki v zadnji del avtomobila, trki pod kotom.

3.6.3.2.15 Ne zadostna dolžina za odločitev o ukrepanju v križiščih z več kot 4 kraki

Problemi, ki so povezani s križišči, ki jih sestavljajo več kot 4 kraki so **opisani že v točki 3.6.3.2.5**, zato o njih tu ne bom podrobno pisal.

Geometrijski elementi, ki vplivajo na dolžino za izogibanje oviram v križiščih z več kot 4 kraki so: lokalni vzdolžni skloni, dolžina vertikalne krivine, dolžina horizontalne krivine, polmer horizontalne krivine, širina voznega pasu in širina pregledne berme. **Značilni tipi prometnih nesreč** pri obravnavanem primeru so: trki v zadnji del avtomobila, čelni trki in trki pod kotom.

3.6.3.2.16 Ne zadostna dolžina za odločitev o ukrepanju v območju križišč, ki imajo več kot eno priključno cesto na isti strani glavne ceste

Problemi povezani s tako obliko križišča so predstavljeni **že v točki 3.6.3.2.6**, zato o njih tu ne bom podrobno pisal.

Geometrijski elementi, ki vplivajo na dolžino za izogibanje oviram v križiščih omenjene oblike so: lokalni vzdolžni skloni, dolžina vertikalne krivine, dolžina horizontalne krivine, polmer horizontalne krivine, širina voznega pasu in širina pregledne berme. **Značilni tipi prometnih nesreč** pri obravnavanem primeru so: trki v zadnji del avtomobila, čelni trki in trki pod kotom.

3.6.3.2.17 Dolga prevozna razdalja v križišču

Za **izračun dodatnega časa**, ki ga potrebujejo vozniki da prevozijo **križišče s poševno oblikovanimi priključnimi kraki v primerjavi s časom**, ki bi ga porabili za prevoz križišča z **kraki**, ki so si med seboj **pravokotni**, se uporablja poseben model (Model za določevanje

časa praznjenja križišča s poševno oblikovanimi priključnimi kraki), ki je opisan v priloženi dokumentaciji programa IHSDM (Intersection Diagnostic Review Engineer's Sub-manual, 5. IRM Models).

Dodatni čas za prevoz križišča (daljša prevozna razdalja) je v **nesemaforiziranih križiščih neposredno povezan s prometno varnostjo**. Razlog za to je v tem, da je vozilo, ki pripelje iz stranske ceste in želi nadaljevati vožnjo skozi križišče po drugi stranski cesti, zaradi daljše prevozne razdalje dalj časa izpostavljeno prometu na glavni cesti, kar povečuje verjetnost za nesrečo.

Povečana prevozna razdalja v **semaforiziranih križiščih ne igra pomembne vloge** pri analizi prometne varnosti križišča. Ima pa pomembno vlogo pri prometni prepustnosti križišča, saj podaljšuje čas za praznjenje križišča med fazami.

3.6.3.2.18 Pas za leve zavijalce ni zagotovljen

Za **nesemaforizirana križišča**, ki so locirana **izven naselij** je prisotnost pasov za leve zavijalce in njihova dolžina zelo pomemben faktor, ki **vpliva na prometno varnost** križišča. Vozila, ki vozijo po prednostni cesti morajo zaradi zavijanja upočasniti oz. popolnoma ustaviti svoje vozilo, kar pa **ovira** naravnost vozeče in desne zavijalce. V kombinaciji s **slabo preglednostjo** lahko pride do naletnih **trčenj**.

Za potrebe določevanja krakov v križiščih, ki morajo biti opremljeni s pasovi za leve zavijalce in zahtevano dolžino le teh, se uporablja poseben **matematični model** (Potreba po pasovih za leve zavijalce), ki je podrobno opisan v dokumentaciji, ki je sestavni del programa IHSDM (Intersection Diagnostic Review Engineer's Sub-manual, 5. IRM Models).

Glavni elementi, ki vplivajo na potrebo po pasovih za leve zavijalce in njihovo dolžino so: vzdolžna konveksna zaokrožitev na priključnem kraku, zamude oz. operativna neučinkovitost, sposobnost voznika, da pravočasno opazi križišče in neprisotnost pasov za zavijanje.

3.6.3.2.19 Pas za desne zavijalce ni zagotovljen

Desni zavijalci v križišču sicer **manj ovirajo prometni tok** kot levi, saj jim praviloma (razen v primeru, ko je oviran promet na izvozu) ni potrebno ustaviti. Ker pa krivine v križiščih ne dopuščajo vožnje s hitrostjo, ki jo imajo vozila v glavnem prometnem toku, morajo desni zavijalci pred zavijanjem svojo hitrost upočasniti. Tudi v teh primerih lahko pride do naletnih trčenj.

Pasovi za desne zavijalce pripomorejo k večji prometni varnosti v nesemaforiziranih križiščih, ker omogočajo, da desni zavijalec izvede **spremembo hitrosti na svojem pasu, ne da bi** pri tem **oviral** naravnost vozeče.

Za ugotavljanje potrebnosti pasu za desne zavijalce se uporablja matematični model, ki je podrobneje opisan v priloženi dokumentaciji programa IHSDM (Intersection Diagnostic Review Engineer's Sub-manual, 5.5.2, Right-Turn Lane Warrants ali Potreba po pasovih za desne zavijalce).

Glavna karakteristika na osnovi katere se določi potreba po pasu za desne zavijalce je **urna obremenitev** na vseh krakih prednostne ceste in urna obremenitev desnih zavijalcev na teh cestah.

3.6.3.2.20 Nekontinuiran potek prečnega profila stranske ceste preko križišča z glavno cesto

Običajno je pri oblikovanju križišča potrebno zagotoviti **kontinuiran potek** (v vzdolžni in prečni smeri) glavne ceste, medtem ko se na stranski cesti (še zlasti, če je malo obremenjena) temu problemu pogosto posveča premalo pozornosti. Pri oblikovanju poteka stranske ceste moramo biti pozorni predvsem na to, da je ugodeno naslednjim zahtevam:

- spreminjanje nivelete in načina odvodnjavanja pri prehodu stranske ceste čez križišče z glavno cesto mora biti urejeno tako, da v križišču **ne bo ravnih površin kjer bi lahko zastajala voda** (te se pogosto pojavijo na vogalih križišča),

- **razlika v vzdolžnih naklonih** pri prehodu čez križišče mora biti taka, da je še **udobna za vožnjo**,
- zagotovljen mora biti **plato** z dovolj majhnim prečnim naklonom,
- **lomi nivelete** morajo biti v primeru velikih razlik v naklonih tangent ustrezno **zaokroženi**.

Za kontrolo tega problema je bil narejen **matematični model**, ki je podrobneje predstavljen v priloženi dokumentaciji programa IHSDM (Intersection Diagnostic Review Engineer's Sub-manual, Minor Road Profile ali Profil stranske ceste). V omenjenem modelu nastopajo naslednje spremenljivke:

- **prisotnost platoja** s prečnim sklonom **2%** na območju predvidene dolžine kolone,
- **razlike v prečnem nagibu** na glavni in stranski cesti,
- **prečni skloni** vseh krakov v križišču.

3.6.3.2.21 Razlika v priključnih kotih nasprotnih priključnih krakov

Križišče predstavlja stičišče treh ali več krakov cest, ki imajo različne kote priključevanja. Vsaka **razlika v kotih** priključevanja nasproti lociranih krakov **povzroči spremembo smeri vozila**, ki pelje (naravnost) skozi križišče, kar lahko **vpliva na udobnost vožnje** (na voznika in potnike delujejo dodatne sile). **Dovoljene razlike** v kotih, ki so še sprejemljive so **odvisne od vozne hitrosti vozila**.

Model, ki išče pomanjkljivosti na tem področju je podrobneje opisan v priloženi dokumentaciji programa IHSDM (Intersection Diagnostic Review Engineer's Sub-manual, **5.6.4 Change in Approach Alignment Between Opposing Approaches** ali Razlika v priključnih kotih nasprotnih priključnih krakov).

3.6.3.2.22 Ne zadostna dolžina pasov za stoječa vozila

V **točka 3.6.3.2.18 in 3.6.3.2.19** so bila prikazni kriteriji za potrebnost pasov za leve in desne zavijalce. Za zagotavljanje visoke ravni prometne varnosti pogosto ni dovolj, če so le izvedeni

pasovi za zavijalce, ampak morajo biti le-ti tudi **ustrezne dolžine**. Ta dolžina, se določi na osnovi prometnih obremenitev na posameznih smereh v križišču.

Ker za pas desnih zavijalcev običajno zadostuje že minimalna dolžina pasu (ker ni problemov z izvažanjem iz križišča), je pod drobnogled vzeta le dolžina pasu za leve zavijalce.

Predvidena dolžina kolone levih zavijalcev se določi na osnovi matematičnega modela, opisanega v priloženi dokumentaciji programa IHSDM (Intersection Diagnostic Review Engineer's Sub-manual, 5.6.5 Queue Length Prediction oz. Predvidevanje dolžine kolone).

3.6.3.2.23 Zmanjšana zmožnost zaviranja v primeru v krožnem loku

Znano je, da je **trenje** (sila, ki deluje med podlago in pnevmatiko) **vektorska količina**, ki se lahko **razdeli na vzdolžno** (transverzalno) **in prečno** (radialno) **komponento**. V krivinah se poveča izraba radialne komponente, kar povzroči **zmanjšanje trenjske sile v vzdolžni smeri**. Slednja se izrablja **za zaviranje**, zato je zmožnost zaviranja v krivinah z majhnim polmerom (večja izraba radialne komponente trenjske sile) zmanjšana.

Če se križišče nahaja v horizontalni krivini ali če priključne krake sestavljajo majhne horizontalne krivine, je to potrebno upoštevati pri zagotavljanju potrebne pregledne razdalje.

Model, ki opisuje dogajanje ob zdrsuh vozila je opisan v priloženi dokumentaciji programa IHSDM (Intersection Diagnostic Review Engineer's Sub-manual, 5.6.6 Horizontal Curve Design for Braking and Cornering oz. Zaviranje med vožnjo v horizontalni krivini). Ta model vsebuje enačbe s katerimi izračuna hitrost pri kateri voznik še lahko ustavi vozilo (na pregledni razdalji) med vožnjo po posamezni horizontalni krivini. **Rezultat** modela predstavlja **razlika** med to hitrostjo (V_{skid}) in dejansko vozno hitrostjo (V_{85}), ki je označen kot V_{ms} (ms = margin of safety, kar pomeni: meja varnosti).

3.6.4 Rezultati analiz

Tako kot pri ostalih modulih, tudi ta modul rezultate vseh analiz prikaže v **končnem poročilu**. Če je analiziranih hkrati več križišč, si poročila o posameznem križišču sledijo eno za drugo. Za vsako križišče so najprej v zgoščeni obliki prikazani **podatki o priključnih krakih**, sledi pa jim **skica križišča**. Nato so prikazani podatki o ovirah v preglednostnih trikotnikih, ki jih je podal uporabnik med izvajanjem analiz.

Preglednica, ki sledi, vsebuje naslednje:

- **sklop** (scope) – tu je opisano ali se opozorilo nanaša na križišče, kot celoto ali na določen krak,
- **stopnja opozorila** – 1., 2. stopnja ali pa, da opozorilo ni potrebno,
- **nepravilnost**, na katero se nanaša opozorilo (opozorila so opisana v točkah 3.6.3.2),
- **kategorija nepravilnosti**, na katero se nanaša opozorilo (pregledna razdalja, razdalja pri izogibanju oviram,...),
- **vrednost** količine (spremenljivke), ki je značilna za posamezno nepravilnost,
- **meja** za določanje stopnje opozorila, ki velja za to vrednost,
- **komentar** k prekoračeni vrednosti,
- **rešitev problema** s spremembo geometrije (ne glede na finančne posledice za investicijo),
- (delna) **rešitev problema z minimalnimi dodatnimi stroški** izvedbe (običajno s spremembo prometne signalizacije).

3.7 Traffic Analysis Module (TAM) – Izračun karakteristik prometnega toka s pomočjo TWOPAS mikrosimulacije (nivo uslug)

3.7.1 Funkcija (namen) modula

Modul TAM je namenjen **preverjanju nivoja uslug izvenmestnih dvopasovnih cest**. Lahko se uporablja za **študij ukrepov na obstoječih cestah** (npr. uvedba pasu za počasna vozila na

daljših vzponih, sprememba trase obstoječe ceste, uvedba prehitevalnih pasov ipd.) **ali** pa za **določanje kapacitete predvidene cestne povezave**.

3.7.2 Opis delovanja

Jedro modula TAM predstavlja **model mikrosimulacije prometa na izvenmestnih dvopasovnih cestah TWOPAS**.

3.7.2.1 Zgodovina modela TWOPAS

Model mikrosimulacije prometa na dvopasovnih, izvenmestnih cestah TWOPAS je v letih med 1971 in 1974 razvil Srednje-zahodni raziskovalni inštitut (Midwest Research Institute ali MRI). **Originalno ime** programa je bilo **TWOWAF**, njegova **prvotna naloga** pa je bila določanje **kapacitete** in stabilnosti prometnega toka **na vzponih** dvopasovnih cest. Program je bil narejen za velike računalnike (mainframe).

Z leti je program razvijalo **veliko različnih institucij** in vsaka od njih je programu dodala še kakšno dodatno funkcijo. V letu 1988 je bil program prirejen tudi za delo z vse bolj razširjenimi osebnimi računalniki.

V letu **1990** je Kalifornijska univerza Barkeley (University of California Berkeley) po naročilu Kalifornijske katedere za transport (California Department of Transportation) model TWOPAS vključila v **grafični vmesnik**, imenovan TRARR simulacijski model. Rezultat te združitve je bil program **UCBRURAL**. Hkrati s to združitvijo je zelo poenostavila način vnašanja podatkov, ki je v precejšni meri zmanjšalo možnost napak pri vnosu podatkov.

Za določitev **ključnih vhodnih podatkov** in **zanesljivosti** modela TWOPAS v različnih pogojih je bilo narejenih **preko 2300 simulacij**.

Največje spremembe je model doživel v projektu Kapaciteta in kvaliteta uslug (nivo uslug) na dvopasovnih cestah izven naselij (Capacity and Quality of Service on Two-Lane Highways), ki ga je v letu 1998 financiralo ameriško zvezno ministrstvo za državne ceste (Federal

Highway Administration). Izboljšan model, znan pod imenom **TWOPAS98** je bil uporabljen za določitev analitičnih procedur za izvenmestne dvopasovne ceste v **HCM2000** (Highway Capacity Manual).

3.7.2.2 Delovanje modela TWOPAS

Model TWOPAS simulira odvijanje prometa na dvopasovnih cestah (izven naselij) na osnovi določanja **pozicije, hitrosti in pospeševanja** (in zaviranja) **posameznega vozila** na obravnavani trasi. Kalkulacije ponavlja v **1-sekundnih intervalih**.

Model pri določanju zgoraj navedenih količin upošteva:

- **lastnosti voznika,**
- **velikost vozila,**
- **karakteristike vozil in**
- **oviranje drugih vozil,** ki vozijo v isti in nasprotni smeri (oviran prometni tok).

Vanj je vključena tudi metoda **odločitve voznikov o prehitevanju** počasnejših vozil na območju dovoljenega prehitevanja. Že od vsega začetka je v model vključena **simulacija prometa na vzponih**.

Model simulira tudi **vpliv dodatnih pasov za počasna vozila in prehitevalnih pasov** v eni ali obeh smereh vožnje. Pri tem so upoštevane tudi:

- **operacije na začetku in koncu dodatnih pasov** (razširitve in zožitve),
- določitev **medsebojne oddaljenosti** med vozili in
- **vplivi med vozili** (ovirani prometni tok).

Pomanjkljivosti modela se pokažejo le **pri zavijanju iz ceste oz. na cesto** v križiščih, vendar bodo po napovedih izdelovalca tudi te kmalu odpravljene.

3.7.2.3 Vhodni podatki

Za kvalitetno izvajanje programa moramo vnesti vse potrebne podatke, ki obsegajo naslednje kategorije:

-
- **Geometrijski podatki**
 - vzdolžni skloni,
 - horizontalne krivine,
 - širina voznih pasov in bankin,
 - pregledna razdalja pri prehitevanju,
 - podatki o pasovih za počasna vozila in prehitevalnih pasovih,
 - **Podatki o kontroli prometa**
 - območja, kjer je dovoljeno prehitevanje in območja, kjer je prehitevanje prepovedano,
 - območja omejitev hitrosti,
 - **Karakteristike vozil**
 - sposobnosti pospeševanja in najvišje vozne hitrosti vozila,
 - dolžina vozila,
 - **Lastnosti in sposobnosti voznikov**
 - želena hitrost,
 - želena intenzivnost (razred) pospeševanja,
 - omejitve pri nepretrgani uporabi maksimalne moči vozila,
 - odločitve o prehitevanju vozil,
 - realistično obnašanje na prehitevalnih pasovih in pasovih za počasna vozila,
 - **Podatki o prometu na začetku izvajanja simulacije**
 - rang prometne obremenitve,
 - raznolikost v strukturi prometa,
 - podatki o odstotku vozil, ki vozijo v skupinah (vožnja za počasnejšim vozilom),
 - maksimalna začetna hitrost za posamezen tip vozila.

Pri vnašanju podatkov moramo paziti, da je vsak vneseni podatek znotraj dovoljenega intervala. V primeru, da vnesemo vrednost, ki se nahaja izven mejnih vrednosti (odvisno od tipa podatka), program v nekaterih primerih javi napako, v drugih pa vrednost avtomatsko prilagodi tako, da se nahaja na dovoljenem intervalu.

3.7.3 Rezultati analiz

Končno poročilo nam postreže z naslednjimi kategorijami:

- **podatki o simulaciji,**
- **vhodni podatki o prometu,**
- **rezultati** simulacije za **celoten analizirani odsek,**
- **rezultati** simulacije na **posamezni stacionaži** obravnavanega odseka,
- izris **profila deleža vozil v koloni,**
- izris **profila prometnih obremenitev,**
- izris **profilov vozne hitrosti** za posamezen tip vozila (osebno, tovorno in rekreacijsko vozilo).

3.7.3.1 Podatki o simulaciji

So izpisani v **dveh preglednicah**. V **prvi** se nahajajo splošni podatki o simulaciji:

- **čas potekanja** simulacije,
- **predhodni čas** oz. »ogrevalni« čas (Je čas simulacije, ki je potreben, da se prometni tok ustali. Rezultati simulacije v tem času niso upoštevani v končnih rezultatih simulacije.),
- **skupen čas** (ogrevalni čas + čas simulacije),
- **čas**, ki ga je računalnik porabil **za izvedbo** simulacije,
- **dolžina** analiziranega **odseka**.

Druga preglednica vsebuje **števila**, ki predstavljajo **osnovo za generacijo naključnih vrednosti**, ki so uporabljene v analizi.

3.7.3.2 Vhodni podatki o prometu

Za lažjo kontrolo pravilnosti vnesenih podatkov o prometu, so le-ti izpisani v obliki preglednice. Preglednica vsebuje podatke za vsako smer vožnje posebej:

- urna **prometna obremenitev**,

- **delež osebnih vozil,**
- **delež tovornih vozil,**
- **delež rekreacijskih vozil,**
- **želena hitrost osebnih vozil,**
- **želena hitrost tovornih vozil,**
- **želena hitrost rekreacijskih vozil,**
- **delež vozil, ki vozijo v kolonah** (na začetku izvajanja simulacije – ta podatek lahko izračuna program iz ostalih podatkov o prometu),
- **delež območij, kjer je prepovedano prehitvanje.**

3.7.3.3 Rezultati simulacije za celoten analizirani odsek

V tem poglavju so predstavljene povprečne vrednosti rezultatov simulacije za celoten analizirani odsek. Podane so vrednosti za smer vožnje v smeri naraščajoče stacionaže, v nasprotni smeri in povprečje za celoten odsek.

- **Dejanski prometni tok** (vozil/uro) je bil izračunan s pomočjo naslednje enačbe

$$FR = \frac{VKT}{RL} \times \frac{60}{ST} \quad (\text{FHA, 2004, Traffic Analysis Module Engineer's Manual, str. 29})$$

-

kjer so: FR – (flow rate) prometni tok v vozil/uro,

VKT – (vehicle km travel) celotna prevožena dolžina vozil v km,

RL – (road length) dolžina obravnavanega odseka v km,

ST – (simulation time) čas simulacije v min.

- **Delež vozil, ki vozijo v koloni (%)**
Se določi na osnovi vgrajenih algoritmov v modelu TWOPAS in se delno razlikuje od vrednosti, ki so navedene v HCM2000. Razlika med vrednostmi v HCM2000 in rezultati simulacije je minimalna, če je časovni razmak med vozili večji od 3s.
- **Povprečna vozna hitrost (km/h)**
Je količnik celotne poti vseh vozil in časa potovanja vseh vozil.
- **Čas potovanja (min/vozilo)**

Je povprečni čas, ki ga porabi vozilo, da prevozi analizirani odsek. Izračuna se kot količnik potovalnega časa vseh vozil in števila vseh vozil, ki v času simulacije prepeljejo določeno kontrolno točko na trasi.

- **Zamuda vozil zaradi prometnih obremenitev (min/vozilo)**

Predstavlja razliko v povprečnem izmerjenem potovalnem času na osnovi podanih podatkov o prometnih obremenitvah in povprečnim potovalnim časom vozil brez oviranih vozil (le eno vozilo na cesti).

- **Zamuda vozil zaradi geometrijskih elementov ceste (min/vozilo)**

Vozilo pri vožnji poleg ostalih vozil omejujejo tudi horizontalni in vertikalni elementi ceste. Obravnavana zamuda torej predstavlja časovno razliko med časom vožnje enega vozila po vneseni trasi in časom vožnje po enako dolgi popolnoma ravni cesti.

- **Skupna zamuda vozil (min/vozilo)**

Je dejanska zamuda vozil na analiziranem odseku in predstavlja vsoto zamud zaradi prometnih obremenitev in geometrijskih elementov ceste.

- **Število prehitevanj**

To je število prehitevanj vseh vozil na analiziranem odseku v času simulacije. Kot prehitevanje je označen manever, ko vozilo prehiti eno ali več vozil hkrati. Na delih ceste, kjer je urejen »prehitevalni« pas ali pas za počasna vozila, se kot eno prehitevanje šteje vsak premik vozila na enem pasu (prehitevalnem, voznem) pred vozilo na drugem pasu (pasu za počasna vozila, voznem pasu).

- **Skupna prevožena razdalja vseh vozil v času simulacije (km)**

Gre za vsoto vseh potovanj, ki so se zgodila v času poteka simulacije. Približno število skupne prevožene razdalje vseh vozil dobimo, če pomnožimo dolžino odseka s prometno obremenitvijo (število vozil) v času simulacije.

- **Skupni čas potovanja vseh vozil v času simulacije (ure)**

Podobno kot v prejšnjem primeru se tudi tu upoštevajo vsa vozila, ki prevozijo analizirani odsek v času simulacije, le da se tokrat seštevajo časi, ki jih potrebuje posamezno vozilo, da prevozi analizirani odsek.

3.7.3.4 Rezultati simulacije na posamezni stacionaži obravnavanega odseka

Pogosto v primeru slabših rezultatov simulacije (predvsem, če so le-ti slabi) želimo odkriti kje na trasi se nahaja ozko grlo. Za hitro (globalno) določitev tega mesta nam služijo profili, ki so predstavljeni v naslednjih točkah, za bolj natančno pozicijo (stacionažo) pa služijo preglednice z naslednjimi rubrikami:

- **Številka pododseka**

Je zaporedna številka pododseka na katere se razdeli analizirani odsek v odvisnosti od dolžine pododseka, ki ga poda uporabnik pred začetkom izvajanja simulacije.

- **Stacionaža (m)**

Predstavlja stacionažo na meji med dvema pododsekoma.

- **Število prometnih pasov**

Potrebno je poudariti le to, da gre za število prometnih pasov v posamezni smeri.

- **Prometna obremenitev posameznega pododseka (vozil/uro)**

To število se izračuna tako, da se število vozil, ki prevozijo mejo med dvema pododsekoma v času trajanja simulacije (v minutah) deli s 60 (minut).

- **Vozna hitrost vozil (km/h)**

Za vsak pododsek posebej je prikazana vozna hitrost osebnih vozil, tovornih vozil in avtobusov, rekreacijskih vozil ter vozna hitrost vozil z mešano strukturo.

- **Delež vozil v koloni (%)**

Iz podatkov o deležu vozil, ki vozijo v koloni lahko hitro vidimo, kje prihaja do najdaljših zastojev. Če se tako »ozko grlo« pojavi na vzponu, kjer hitrost težkih pade, je smiselno preizkusiti varianto s pasom za počasna vozila.

- **Število vozil v koloni**

Prav tako določa kolono, le da tokrat v obliki števila vozil v koloni.

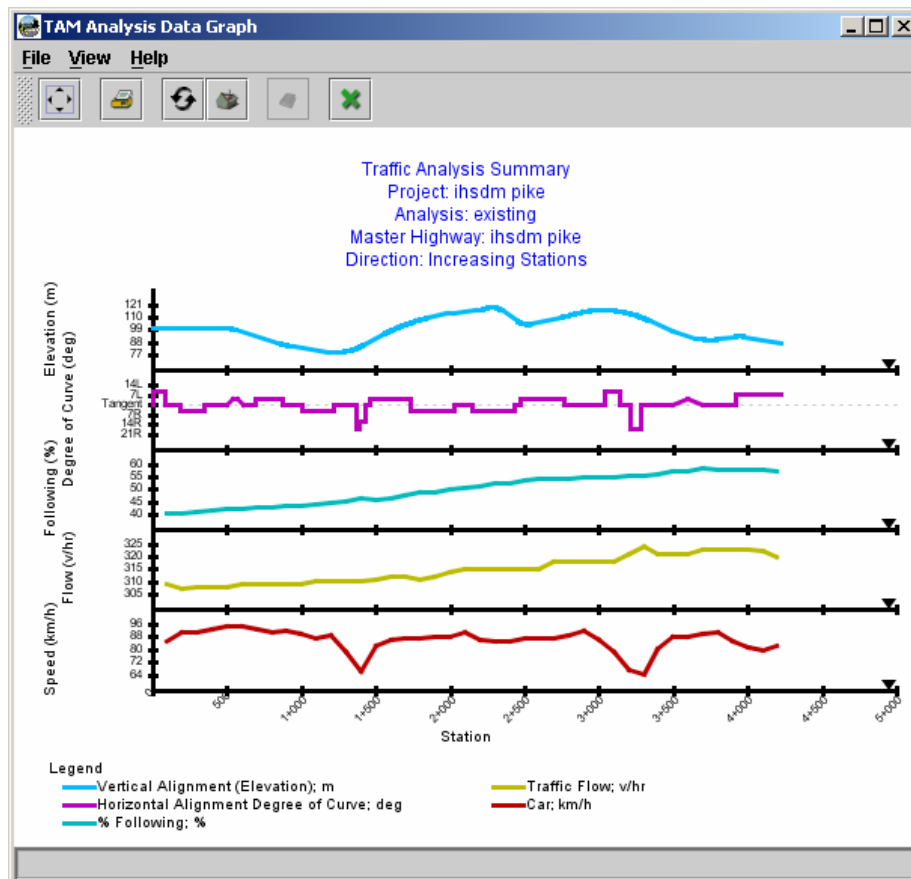
- **Število prehitevanj**

Na podlagi števila prehitevanj po posameznem pododseku lahko hitro ugotovimo, če je na območjih dovoljenega prehitevanja zadostna preglednost, da bodo vozila dejansko lahko prehitevala.

Izpisani sta **dve preglednici**, in sicer **vsaka za drugo stran vožnje**.

3.7.3.5 Profil deleža vozil v koloni, prometnih obremenitev in voznih hitrosti

Podatki o deležu vozil, ki vozijo v koloni, prometnih obremenitvah in voznih hitrostih, ki so opisani v prejšnji točki so prikazani tudi v obliki grafa (na horizontalni osi so nanesene stacionaže, na vertikalni pa vrednosti spremenljivk).



Primer grafičnega izrisa rezultatov TAM modula (FHA. 2004. TrafficAnalysis Module Engineer'sManual, str. 33)

Profil deleža vozil, ki vozijo v koloni in profil prometnih obremenitev ne potrebujeta posebnega komentarja.

V zvezi s **profilom vozne hitrosti** pa je potrebno opozoriti na to, da so **na enem grafu** nanesene vozne hitrosti **osebnih vozil, tovornih vozil in rekreacijskih vozil.**

Kot vidimo iz primerjave vseh profilov na **zgornji sliki**, sta na zgoraj prikazani trasi vidni **dve večji ozki grli**, in sicer velik vzdolžni naklon ceste med km cca. 1.300 in km cca. 2.500, ter kratek horizontalni krožni lok z majhnim polmerom v km cca. 3.250.

Opaziti je tudi to, da **delež vozil v koloni narašča** takrat, ko je hitrost tovornih in rekreacijskih vozil **nižja od hitrosti osebnih vozil**.

4 ZAGON IN UPORABA PROGRAMA

4.1 Nastavitve osnovnih parametrov

Ob prvem zagonu programa se avtomatsko zažene »čarovnik« (wizard), ki uporabnika vodi skozi osnovne nastavitve, kot so **merski sitem, format zapisa stacionaže, maksimalni prečno sklon** ipd. Vse te nastavitve je skupaj s preostalimi možno naknadno popravljati tudi v samem programu (Edit – Edit User properties, Edit – Edit Module Defaults). **Načeloma privzete vrednosti parametrov**, ki se nanašajo na delovanje posameznih modulov in parametrov, ki se nanašajo na posameznega uporabnik **omogočajo takojšnje delo, brez posegov uporabnika.**

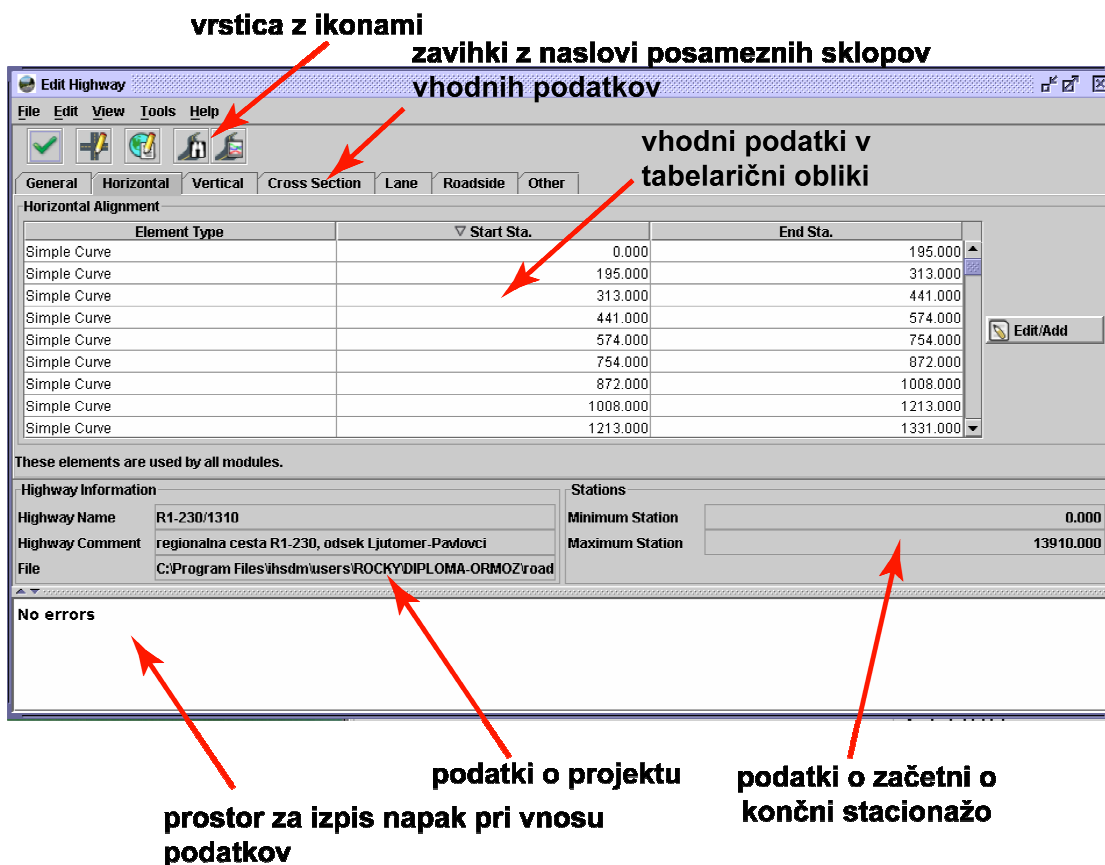
4.2 Vnašanje vhodnih podatkov

Kot je opisano v točki 3.1 tega diplomskega dela, je vhodne **podatke** moč **vnašati na več načinov** (ročno, z vnašanjem v obrazec, prenosom iz programa za urejanje preglednic,...)

Vhodni podatki so razdeljeni v logične skupine:

- »**General**« – podatki o terenu, po katerem poteka cesta, funkciji ceste, hitrostih in prometnih obremenitvah,
- »**Horizontal**« – podatki o horizontalnih geometrijskih elementih,
- »**Vertikal**« – podatki o vertikalnih geometrijskih elementih,
- »**Cross Section**« – podatki o prečnih sklonih vozišča, tipu vozne površine in podatkih o bankinah,
- »**Lane**« – podatki o širini voznih pasov, o dodatnih prometnih pasovih, podatki o odmiku vozišča od osi ceste in podatki o razširitvah vozišča,
- »**Roadside**« - gre za skupino podatkov, ki opisujejo obcestni svet in
- »**Other**« - tu pa lahko vnašamo podatke o prometnih nesrečah iz preteklih let, mostovih in potrebnih zaustavnih razdaljah.

Za lažjo predstavo je na spodnji sliki prikazan primer forme za vnašanje podatkov.



Slika 13: Pogovorno okno za vnašanje in pregledovanje podatkov o cestni trasi

Pri vnašanju podatkov sem ugotovil, da je ena od večjih **pomanjkljivosti** programa skromen nabor **možnosti uvažanja podatkov** iz drugih programov (npr. iz programa ACAD). Na srečo se da na tem področju še veliko postoriti, saj je struktura tekstovne vhodne datoteke dobro razložena, kar omogoča izdelavo samostojnega programa, ki bi podatke o geometrijskih elementih (prema, krožni lok, prehodnica) izvozil v tekstovno datoteko.

Preizkusil sem tudi možnost **uvoza podatkov v formatu XML**. Vhodno datoteko sem naredil s programom za projektiranje cest **Plateia 2006a**, ki omogoča pretvorbo iz datotek o cestni trasi v format LandXML, pri čemer sem uporabil datoteke tipov *.os, *.tan in *.vp. Pri uvozu datoteke v program IHSDM sem ugotovil, da program lahko uvozi le podatke o horizontalnih

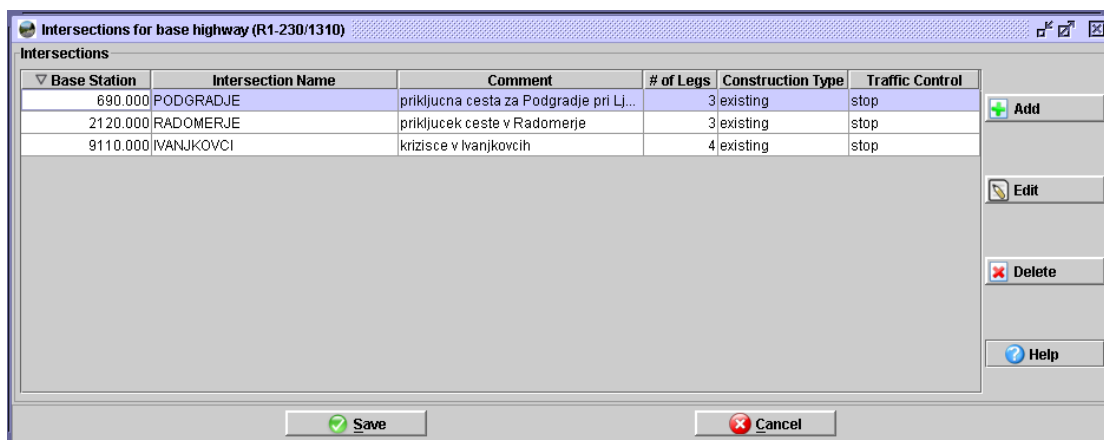
in vertikalnih elementih, kar pa je glede na to, da gre (poleg vnašanja prečnih sklonov) za najbolj zamuden del vnašanja, vseeno dobrodošel pripomoček.

Ugotovil sem tudi, da se da **podatke o geometrijskih** (vertikalnih in horizontalnih) **elementih** trase, kot jih ima Direkcija Republike Slovenije za ceste (**DRSC**), **z delnim preoblikovanjem uporabiti** v programu IHSDM. To nedvomno poenostavi postopek in skrajša čas obdelave.

Naj omenim še to, da se poleg podatkov o cesti lahko vnesejo tudi **podatki o križiščih**. Ti podatki zajemajo:

- stacionažo križišča
- število krakov,
- obliko prometne ureditve v križišču,
- kot priključevanja posameznega kraka,
- ...

Za lažjo predstavo prilagam še sliko pogovornega okna za vnašanje podatkov o križišču. Več podatkov o posameznem križišču lahko izvemo s klikom na gumb »Edit«.



Slika 14: Pogovorno okno za vnašanje križišč

4.3 Zagon modulov in izpis podatkov

Po vnosu podatkov se preselimo v zavihek z moduli. Zaženemo lahko poljubno število modulov s preprostim klikom na gumb »Run...«.

Med izvajanjem procedur nas program (odvisno od modula) **opozori na morebitne nepravilnosti** v podatkih in zahteva vnos zahtevanih podatkov, ki niso bili vneseni. Odločimo se lahko, da bomo podatke **vnesli ali** pa da naj program **izvede procedure brez manjkajočih podatkov**. Če gre za tako **pomembne podatke**, da procedure brez njih ni mogoče izvesti program konča z izvajanjem le-teh in na ekranu se izpiše sporočilo, da **procedur ni bilo mogoče izvesti**. V drugih primerih, torej, če gre za **podatke, ki niso kritični za izvajanje operacij**, program manjkajoče podatke nadomesti s **privzetimi vrednostmi**. V tem primeru je potrebno **dobro poznavanje delovanja programa** iz strani uporabnika, da lahko oceni kakšen **učinek** bo to imelo **na končne rezultate**.

Rezultate je (odvisno od posameznega modula) moč gledati **v obliki grafa**, ali pa se izvozijo v html obliko in jih lahko pogledamo **v internetnem brskalniku**, kjer so poleg grafov prikazani še vhodni podatki (odvisno od posameznega modula) in rezultati v tabelarični obliki.

5 PRIMERI UPORABE IN OCENA REZULTATOV

5.1 Dvojna S-krivina z različno dolgimi vmesnimi prehodnicami

5.1.1 Uvod

Za analizo modela za izris profila vozne hitrosti sem v program najprej vnesel **dvojno S-krivino**. Analiziral sem **3 primere**, pri čemer so bili v vseh primerih **polmeri krožnih lokov enaki**, **vmesne prehodnice** pa so se **spreminjale**. Namen izvajanja takih testov je ugotavljanje natančnosti določanja realne vozne hitrosti in načina spreminjanja hitrosti (pospeševanje, zaviranje).

5.1.2 Vhodni podatki

Vhodne podatke za testne trase sem vnesel **ročno**, s pomočjo tabel, ki so sestavni del forme za vnašanje podatkov.

Horizontalni geometrijski elementi so naslednji:

- primer 1: $R=350$ m, $A=150$ m, $R=250$ m, $A=120$ m in $R=300$ m,
- primer 2: $R=350$ m, $A=100$ m, $R=250$ m, $A=80$ m in $R=300$ m,
- primer 1: $R=350$ m, $A=300$ m, $R=250$ m, $A=250$ m in $R=300$ m.

Privzeti **vzdolžni nagib** v zgornjih treh primerih je 0% (na celotni trasi). Ceste potekajo po **ravninskem terenu**. Vse ceste so kategorizirane kot **glavne cestne**. Računska hitrost je konstantna in znaša **90km/h**, želena hitrost, ki je prav tako konstantna pa **100km/h**.

Podatkov o **prečnih sklonih** za modul DCM (Design Consistency Module) ni potrebno vnašati.

5.1.3 Rezultati

Celotno poročilo in rezultati so priloženi v **Prilogi B** tega diplomskega dela. Za obravnavano analizo so pomembni **podatki o voznih hitrostih skozi posamezne krožne loke in dolžina, na kateri se hitrost spremeni** (pospešek). Naredil sem analizo rezultatov in poizkušal ugotoviti kakšni so bili uporabljeni pospeški in od česa so odvisni.

Za izračun pospeškov sem uporabil naslednjo enačbo:

$$a = \frac{V_K^2 - V_Z^2}{2 * \Delta s} \quad [\text{m/s}^2] \quad (\text{Kladnik, 1985, str. 13})$$

kjer je:

V_Z – začetna hitrost,

V_K – končna hitrost,

Δs – sprememba poti od točke, kjer je imelo telo (vozilo) hitrost V_Z do točke, kjer je imelo hitrost V_K .

Preglednica 5: **Analiza sprememb hitrosti, izračunanih s programom IHSDM**

PRIMER 1					
V SMERI STACIONAŽE					
stacionaža [m]	V [km/h]	V [m/s]	a [m/s ²]	ΔV [km/h]	Δs [m]
0	94.6	26.278			
200	94.6	26.278	0.00	0.0	200
261.376	98.2	27.278	0.44	3.6	61
354.3	90.5	25.139	-0.60	-7.7	93
454.3	90.5	25.139	0.00	0.0	100
517.848	95.3	26.472	0.54	4.8	64
559.9	92.9	25.806	-0.41	-2.4	42
760	92.9	25.806	0.00	0.0	200

»se nadaljuje ...«

»... nadaljevanje«

V NASPORTNI SMERI STACIONAŽE					
stacionaža [m]	V [km/h]	V [m/s]	a [m/s ²]	Δ V [km/h]	Δ s [m]
760	92.9	25.806			
559.9	92.9	25.806	0.00	0.0	200
514.875	95.6	26.556	0.44	2.7	45
454.3	90.5	25.139	-0.60	-5.1	61
354.3	90.5	25.139	0.00	0.0	100
264.101	97.2	27.000	0.54	6.7	90
200	94.6	26.278	-0.30	-2.6	64
0	94.6	26.278	0.00	0.0	200
PRIMER 2					
V SMERI STACIONAŽE					
stacionaža [m]	V [km/h]	V [m/s]	a [m/s ²]	Δ V [km/h]	Δ s [m]
0	94.6	26.278			
200	94.6	26.278	0.00	0.0	200
211.523	95.3	26.472	0.45	0.7	12
268.6	90.5	25.139	-0.60	-4.8	57
368.6	90.5	25.139	0.00	0.0	100
415.5	92.9	25.806	0.36	2.4	47
615.5	92.9	25.806	0.00	0.0	200
V NASPORTNI SMERI STACIONAŽE					
stacionaža [m]	V [km/h]	V [m/s]	a [m/s ²]	Δ V [km/h]	Δ s [m]
615.5	92.9	25.806			
415.5	92.9	25.806	0.00	0.0	200
404.622	93.6	26.000	0.46	0.7	11
393.277	92.6	25.722	-0.63	-1.0	11
368.6	90.5	25.139	-0.60	-2.1	25
268.6	90.5	25.139	0.00	0.0	100
200	94.6	26.278	0.43	4.1	69
0	94.6	26.278	0.00	0.0	200

»se nadaljuje ...«

»... nadaljevanje«

PRIMER 3					
V SMERI STACIONAŽE					
stacionaža [m]	V [km/h]	V [m/s]	a [m/s ²]	ΔV [km/h]	Δs [m]
0	94.6	26.278			
200	94.6	26.278	0.00	0.0	200
294.162	100	27.778	0.43	5.4	94
700.601	100	27.778	0.00	0.0	406
817.1	90.5	25.139	-0.60	-9.5	116
917.1	90.5	25.139	0.00	0.0	100
1046.113	100	27.778	0.54	9.5	129
1247.868	100	27.778	0.00	0.0	202
1375.1	92.9	25.806	-0.42	-7.1	127
1575.1	92.9	25.806	0.00	0.0	200

V NASPORTNI SMERI STACIONAŽE					
stacionaža [m]	V [km/h]	V [m/s]	a [m/s ²]	ΔV [km/h]	Δs [m]
1575.1	92.9	25.806			
1375.1	92.9	25.806	0.00	0.0	200
1252.301	100	27.778	0.43	7.1	123
1033.599	100	27.778	0.00	0.0	219
917.1	90.5	25.139	-0.60	-9.5	116
817.1	90.5	25.139	0.00	0.0	100
688.087	100	27.778	0.54	9.5	129
332.893	100	27.778	0.00	0.0	355
200	94.6	26.278	-0.31	-5.4	133
0	94.6	26.278	0.00	0.0	200

V zgornji preglednici so uporabljene naslednje spremenljivke:

V – vozna hitrost vozil,

a – pospešek oz. pojemek vozila med sosednjima krožnima lokoma,

ΔV – sprememba hitrosti med sosednjima krožnima lokoma,

Δs – razdalja na kateri se spremeni hitrost za ΔV .

5.1.4 Primeriva rezultatov analize z rezultati dobljenimi po sorodnih metodah

Ker je bil **eden od ciljev** diplomske naloge tudi **ocena natančnosti izračuna vozne hitrosti**, sem rezultate programa primerjal z rezultati, dobljenimi z uporabo uveljavljenih metod za izračun realnih vozni hitrosti. Pri tem mi je bila v veliko **pomoč** doktorska disertacija z naslovom Voznodinamična karakteristika cestne trase kot osnova za definiranje neustreznih elementov in oceno voznodinamične kvalitete ceste (Juvanc, 1991) v kateri sta podrobno opisana fizikalni model gibanja vozila v krivini in mehanizem spreminjanja hitrosti pred vstopom v krivino. Za primerjavo sem izbral **metodo Lamma (1999) in Köppela (1984)**. Vse **enačbe**, ki so povezane z izračunom vozni hitrosti, so **prikazane že v točkah 2.3 in 2.4**, zato jih na tem mestu ne bom podrobneje opisoval.

Zaradi **boljše preglednosti** sem rezultate izračunov prikazal **tabelarično**.

Preglednica 6: **Vozne hitrosti po Lamm-u (krivinska karakteristika celotnega krožnega loka)**

R [m]	CCR_S [gon/km]	$V_{85} (ZDA)$ [km/h]
250.00	254.80	89.54
300.00	212.33	91.79
350.00	182.00	93.39

Preglednica 7: **Vozne hitrosti po Lamm-u (krivinska karakteristika na vplivnem območju)**

PRIMER 1							
L_{A1} [m]	A_1 [m]	L_r [m]	A_2 [m]	L_{A2} [m]	R [m]	CCR_S [gon/km]	$V_{85} (ZDA)$ [km/h]
64.28	120	200.00	120	64.28	350.00	146.39	95.28
90.00	120	100.00	150	57.60	250.00	178.85	93.56
48.00	150	200.00	150	48.00	300.00	177.90	93.61

»se nadaljuje ...«

»... nadaljevanje«

PRIMER 2							
L_{A1} [m]	A_1 [m]	L_r [m]	A_2 [m]	L_{A2} [m]	R [m]	CCR_S [gon/km]	V_{85} (ZDA) [km/h]
28.60	100	200.00	100	28.60	350.00	161.76	94.47
40.00	100	100.00	80	25.60	250.00	204.33	92.21
21.30	80	200.00	80	21.30	300.00	193.69	92.77

PRIMER 3							
L_{A1} [m]	A_1 [m]	L_r [m]	A_2 [m]	L_{A2} [m]	R [m]	CCR_S [gon/km]	V_{85} (ZDA) [km/h]
257.14	300	200.00	300	257.14	350.00	116.48	96.87
360.00	300	100.00	250	250.00	250.00	145.34	95.34
208.30	250	200.00	250	208.30	300.00	140.60	95.59

Preglednica 8: **Izračun vozne hitrosti po Koppel-u**

PRIMER 1								
B [m]	L_Z [m]	L_V [m]	L [m]	α [gon]	$\Delta \tau I$ [gon]	Ku [gon/km]	V_{50} [km/h]	V_{85} [km/h]
7.00	105	85	190	15.45	3.74	101.002	88.017	95.472
7.00	75	75	150	19.09	10.95	200.277	81.600	90.712
7.00	90	80	170	16.97	7.95	146.580	84.982	93.381
PRIMER 2								
B [m]	L_Z [m]	L_V [m]	L [m]	α [gon]	$\Delta \tau I$ [gon]	Ku [gon/km]	V_{50} [km/h]	V_{85} [km/h]
7.00	105	85	190	15.45	2.60	94.989	88.428	95.733
7.00	75	75	150	19.09	5.09	161.176	84.042	92.674
7.00	90	80	170	16.97	2.26	113.106	87.196	94.937
PRIMER 3								
B [m]	L_Z [m]	L_V [m]	L [m]	α [gon]	$\Delta \tau I$ [gon]	Ku [gon/km]	V_{50} [km/h]	V_{85} [km/h]
7.00	105	85	190	15.45	15.19	161.268	84.036	92.669
7.00	75	75	150	19.09	17.10	241.233	79.162	88.582
7.00	90	80	170	16.97	14.96	187.825	82.366	91.346

Vrednosti v zgornjih preglednicah so:

R – polmer krožnega loka,

CCR_S – krivinska karakteristika krožnega loka oz. krožnega loka in priključnih prehodnic,

V_{85} – vozna hitrost, ki jo dosega vsaj 85% vseh vozil,

V_{50} – vozna hitrost, ki jo dosega vsaj 50% vseh vozil,

L_{A1} , L_{A2} – dolžine priključnih prehodnic,

A_1 – parameter prehodnice, ki se nahaja pred krožnim lokom,

A_2 – parameter prehodnice, ki se nahaja za krožnim lokom,

L_R – dolžina krožnega loka,

L_Z – razdalja med začetkom krožnega loka in začetkom območja na katerem se določa krivinska karakteristika,

L_V – razdalja med začetkom krožnega loka in koncem območja na katerem se določa krivinska karakteristika,

L – dolžina območja na katerem se določa krivinska karakteristika ($L=L_Z+L_V$),

α – središčni kot krožnega loka s polmerom R in dolžino L_R (v gonih),

$\Delta\mathcal{T}_1$ – središčni kot dela ali celotne prehodnice, ki se nahaja pred krožnim lokom,

K_U – krivinska karakteristika oz. ukrivljenost trase na vplivnem območju dolžine L ,

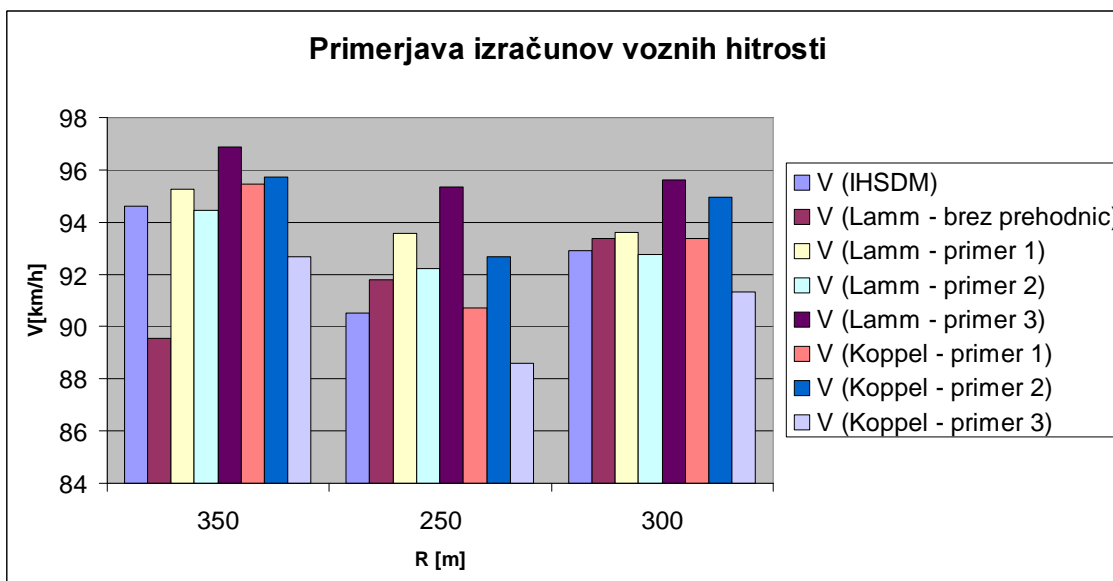
Rdeče obarvane vrednosti L_Z v preglednici 8 so tiste, ki so krajše od dolžine priključne prehodnice, zato sem za izračun $\Delta\mathcal{T}_1$ uporabil enačbo na strani 16. Vrednosti L_V so bile v vseh primerih krajše od dolžine krožnega loka, zato se središčni kot priključne prehodnice, ki se nahaja za krožnim lokom ($\Delta\mathcal{T}_2$) ni upošteval pri izračuni krivinske karakteristike (K_U).

V naslednji preglednici so zbrane računске hitrosti izračunane s programom IHSDM in po obeh računskih metodah.

Preglednica 9: **Tabelarni prikaz hitrosti (v km/h) v odvisnosti od polmera krožnega loka**

R [m]	V (IHSDM) [km/h]	V (Lamm - brez prehodnic) [km/h]	V (Lamm - primer 1) [km/h]	V (Lamm - primer 2) [km/h]	V (Lamm - primer 3) [km/h]	V (Koppel - primer 1) [km/h]	V (Koppel - primer 2) [km/h]	V (Koppel - primer 3) [km/h]
350	94.6	89.54	95.28	94.47	96.87	95.472	95.733	92.669
250	90.5	91.79	93.56	92.21	95.34	90.712	92.674	88.582
300	92.9	93.39	93.61	92.77	95.59	93.381	94.937	91.346

Za boljšo predstavo sem podatke iz zgornje tabel prikazal tudi v obliki grafa.



Slika 15: **Graf primerjave vozne hitrosti po različnih metodah**

Iz zgornjega grafa se jasno vidi, da **vozna hitrost**, ki jo je izračunal obravnavani **program** (IHSDM), **še najmanj odstopa od vozne hitrosti, izračunane po Köppel-u** v računskem primeru 1 (normalna dolžina prehodnic). Odstopanje v testiranih krožnih lokih ($R=250$ m, $R=300$ m in $R=350$ m) ne presega 0.5 km/h.

5.1.5 Zaključki in ugotovitve

Poročila, ki jih program avtomatsko generira so priložena (Priloga A) tej diplomski nalogi. Iz rezultatov sem prišel do naslednjih zaključkov:

- **Vozna hitrost v posameznem krožnem loku ostaja v vseh testnih primerih enaka, torej ni odvisna od dolžine priključnih prehodnic.**
- Kljub temu, da je **maksimalni pospešek** za vozilo tipa »Passenger Car - Type 5« 4.3m/s^2 , izračunani pospeški kažejo, da le-ta v nobenem od primerov **ni bil uporabljen** (glej Preglednico 5).
- Tudi **pojemek** v nobenem od testnih primerov **ni dosegel mejne vrednosti** (2.5m/s^2), ki je navedena v priloženi dokumentaciji (glej Preglednico 5).
- Program **ne upošteva** katerega od **logičnih, vzrokov za začetek zaviranja** oz. konec pospeševanja. Najbolj logičen vzrok za prenehanje pospeševanja oz. pričetek zaviranja je preglednost v območju začetka krožnega loka (Juvanc, 1991), ko voznik oceni, če je njegova hitrost primerna za vožnjo v prihajajoči krožni lok. Glede na to, da program izračuna tudi pregledne razdalje, bi le-te lahko vključili v algoritem spreminjanja vozni hitrosti pred vstopom v krožni lok.
- **Izbira pospeška** (pojemka) v primeru, da vozilo **preneha s pospeševanjem** še preden doseže zeleno hitrost **je nejasna**. Odvisnosti velikosti izbranega pospeška od katerega od vozni parametrov, nisem uspel ugotoviti, v priloženi dokumentaciji pa je zapisano, da je le-ta odvisen od polmera krožnega loka (pri pospeševanju od n-tega krožnega loka, pri zaviranju pa od (n+1)-tega krožnega loka).
- **Izračunane vozne hitrosti**, v posameznih krožnih lokih, ki jih izračuna program se (vsaj v krožnih lokih, ki so vsebovani v testnih trasah) praktično **ne razlikuje** (odstopanje je manj kot 0.5 km/h) od tistih, ki sem jih izračunal **po Köppel-ovi metodi** (primer s prehodnicami normalne dolžine).

5.2 Cestni odsek regionalne ceste R1-230, odsek 1310 Ljutomer – Pavlovci

5.2.1 Uvod

V drugem delu preizkušanja obravnavanega programa sem izvedel analizo konkretnega cestnega odseka. Izbral sem si odsek regionalne ceste R1-230 med Ljutomerom in Pavlovci (št. odseka 1310). Omenjena cesta predstavlja del **pomembne prometne povezave med Ljutomerskim in Ormoškim okolišem**. V osrednjem delu poteka trasa ceste po gričevnatem terenu Slovenskih goric, kar ima velik vpliv na izbiro geometrijskih elementov. Ker je **program namenjen analizi izvenmestnih cest**, je pomemben tudi podatek, da **poteka trasa le skozi dve manjši naselji** (Ivanjkovci in Libanja).

5.2.2 Vhodni podatki

Pri vnašanju vhodnih podatkov za izbrani odsek državne ceste sem izkoristil **podatke o geometrijskih elementih državnih cest**, ki jih hrani Direkcija RS za ceste (DRSC) in možnost **vnašanja podatkov iz programov za urejanje preglednic**. Tako sem lahko z nekaj preprostimi spremembami v programu za urejevanje preglednic pretvoril format vhodnih podatkov, kot jih hrani DRSC v format, ki je primeren za vnos v program IHSDM. Tak način dela mi je seveda prihranil veliko časa.

V elektronski obliki sem imel naslednje podatke:

- **vzdolžni nagib** (tangente),
- **horizontalni elementi** (krožni loki, preme) in
- **širina voznega pasu**.

Za izbrani **cestni odsek med Pavlovci in Ljutomerom** sem na osnovi temeljnega topografskega načrta v merilu 1:5000 ocenil, da trasa ceste **do km 2.000** poteka po **ravninskem terenu**, od tu **dalje** pa po **gričevnatem** terenu Slovenskih Goric. Tudi v tem primeru sem upošteval računsko hitrost **90km/h** in zeleno hitrost **100km/h**.

Ker je za delovanje nekaterih modulov nujno potrebno vnesti tudi **podatke o prečnih sklonih**, sem s pomočjo Tehničnih specifikacij za ceste 03.300 (slika 24: Soodvisnost $V_i - R_i - q_i$ za tehnično skupino cest A) določil prečne sklone v vseh krožnih lokih.

5.2.3 Vnos prometnih obremenitev

Iz publikacij Promet 2000 do Promet 2004 sem povzel **podatke o prometnih obremenitvah** obravnavanega odseka v letih od 2000 do 2004. Podatki so zajeti iz avtomatskega števca na števnem mestu št. 354 Ivanjkovci. V preglednici so prikazani podatki o *PLDP*-ju (povprečnem letnem dnevnem prometu) za posamezno leto.

Preglednica 10: **PLDP za leta med letoma 2000 in 2004 na števnem mestu št. 354**

Ivanjkovci:

leto	PLDP	faktor rasti
2000	3,158	
2001	3,092	-2.09%
2002	3,276	5.95%
2003	3,106	-5.19%
2004	3,216	3.54%

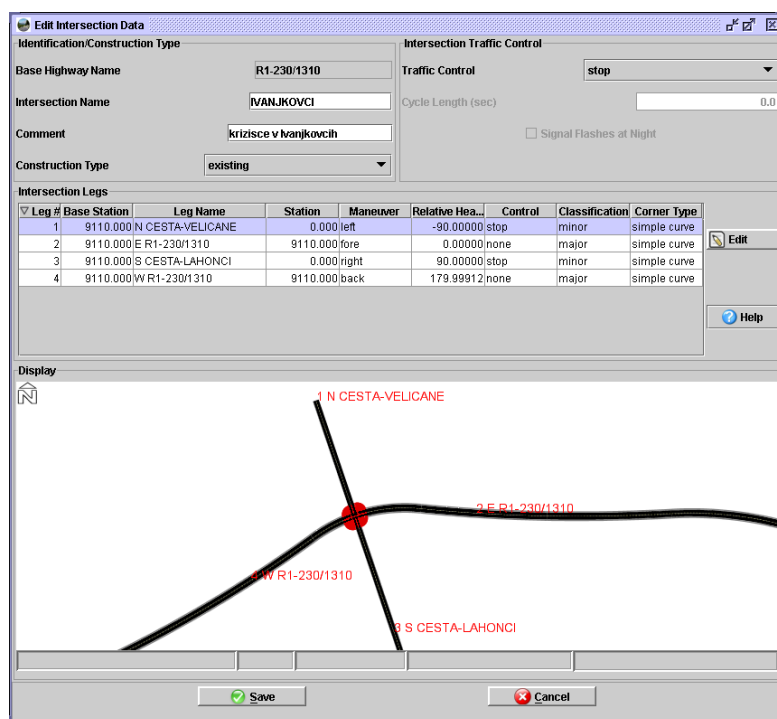
Iz zgornjih podatkov je razvidno, da **letna prometna obremenitev** precej **niha**, zato je precej **težko** z zadovoljivo natančnostjo **napovedati rast prometa** v prihodnjih letih. Za uporabo v programu sem privzel od leta 2004 dalje **3%** letno rast prometa (povprečna vrednost je 0.55%). Ker obravnavani odsek regionalne ceste ne predstavlja pomembnejše tranzitne poti, spremembe v cestnem sistemu (npr. izgradnja avtoceste Maribor – Pince) v prihodnjih letih ne bodo bistveno vplivale na prometne obremenitve.

Na odseku 1310 regionalne ceste R1-230 so poleg priključkov manj obremenjenih cest locirani tudi nekateri **pomembnejši priključki**. Slednje sem tudi vnesel v program. Podatki o vnesenih križiščih so prikazani v naslednji preglednici:

Preglednica 11: Večja križišča in priključki na obravnavanem odseku regionalne ceste

ime križišča	stacionaža	število krakov
Podgradje	km 0.690	3
Radomerje	km 2.120	3
Ivanjkovci	km 9.110	4

Kote priključevanja krakov priključnih cest sem ocenil na podlagi temeljnega topografskega načrta v merilu 1:5000. Na spodnji sliki je prikazan primer okna za vnašanje podatkov o posameznem križišču.



Slika 16: Pogovorno okno za prikaz in spreminjanje podatkov o posameznem križišču

5.2.4 Zaključki in ugotovitve

Celoten niz poročil modulov obravnavanega programa obsega preko 150 strani, zato ga temu diplomskemu delu ne prilagam v celoti. V prilogi B so priloženi le deli končnega poročila vseh modulov.

Na podlagi rezultatov analiz obravnavanega programa sem prišel do zaključkov, katere sem zaradi boljše preglednosti razvrstil po modulih.

5.2.4.1 Policy Review Module (PRM)

Kot sem v tem diplomskem delu že zapisal, omenjeni modul **vhodne podatke primerja s priporočenimi vrednostmi** in opozori na odstopanja. **Viri podatkov za priporočene vrednosti** so dokumenti ameriške zveze uradov za izvenmestne ceste in transport (Association of State Highway and Transportation Officials oz. AASHTO):

- A Policy on Geometric Design of Highways and Streets (leta izdaje 1990, 1994 in 2001),
- Roadside Design Guide (leto izdaje 1996) in
- Guide for the Development of Bicycle Facilities (leto izdaje 1999).

Ker v ZDA veljajo drugačni standardi kot v Evropi, so temu primerno tudi priporočeni elementi v splošnem »**bogatejši**« (npr. minimalna širina vozišča izvenmestne ceste je 7.20m, minimalna širina bankine pa 2.40m). Zaradi **neusklajenih kriterijev** z našimi ima modul PRM za naše razmere **omejeno uporabo**.

5.2.4.2 Crash Prediction Module (CPM)

Modul CPM skrbi za **napoved števila prometnih nesreč** v obdobju analize. Zaradi ocene realnosti napovedi sem za obdobje izbral leta **med 2000 in 2004**, saj sem tako lahko **primerjal napovedane vrednosti z evidentiranimi** podatki o prometnih nesrečah v istem časovnem obdobju.

Po napovedih naj bi se na obravnavanem odseku med letoma **2000 in 2004** zgodilo **48 prometnih nesreč**. Med tipi prometnih nesreč naj bi prevladovale nesreče, ki so imele za vzrok trčenje z divjadjo (29%) in nesreče zaradi zdrsa vozila iz ceste (26%). Glede števila prometnih udeležencev v posameznih nesrečah naj bi bile pogostejše nesreče, v katerih je bilo udeleženo le eno vozilo (63%).

Po podatkih Dikercije RS za ceste se je na obravnavanem cestnem odseku v istem obdobju zgodilo kar **220 prometnih nesreč**. Prevladujoč tip nesreče je bilo bočno trčenje (24%), najpogostejši vzrok za nesreče pa sta bila nepravilna stran/smer vožnje (28%) in neustrezna varnostna razdalja (18%) oz. neprilagojena hitrost (prav tako 18%).

Kot je razvidno iz zgornjih podatkov, je dejansko število prometnih nesreč približno 5-krat večje od števila, ki ga je izračunal program (dejansko: 220, program: 48).

V mojem primeru se je sicer algoritem za določanje števila prometnih nesreč izkazal za nerealnega, a menim, da neuporabnost modula s tem še ni dokazana. Ena od vrlin modula je tudi njegova kalibracija na podlagi podatkov o prometnih nesrečah iz preteklih let, česar pa zaradi spodaj navedenih razlogov nisem uspel preizkusiti.

Podatki o prometnih nesrečah se vnašajo po principu »posamezna nesreča na določeni stacionaži«. Ker nisem imel podatkov, ki bi prikazovali posamezne nesreče po stacionažah za vsako od let posebej, te možnosti nisem uspel preizkusiti. Glede na to, da je struktura tabele za vnos podatkov o prometnih nesrečah podobna tisti, ki se uporablja za prikaz podatkov o prometnih nesrečah (DRSC) in da program omogoča preprost prenos podatkov iz programov za urejanje preglednic menim, da bi bilo vnašanje podatkov o nesrečah hitro in enostavno.

5.2.4.3 Design Consistency Module (DCM)

Srž te diplomske naloge je testiranje programa IHSDM v smislu določanja realnih vozniških hitrosti. Na trasi med Ljutomerom in Pavlovci **povprečna hitrost** znaša **93 km/h** (94 km/h z

upoštevanjem razdalj, ki so bile prevožene z določeno hitrostjo – po sistemu »uteži«, kar je za 3 km več kot znaša omejitev hitrosti oz. 13 km/h več, kot je bila (predvidevam) računaska hitrost pri določanju trasirnih elementov. Omenjena povprečna hitrost nam (dolžina trase je 1.391 km) tudi pove povprečen **potovalni čas** (vozila v **neoviranem prometnem toku**) med Ljutomerom in Pavlovci, ki znaša cca **9 min**.

Pomemben adut obravnavanega modula je tudi **analiza spreminjanja hitrost** oz. **analiza sosledja geometrijskih elementov**. Program je opozoril na preveliko odstopanje vozne hitrosti od projektne hitrosti na območjih treh naselij, kjer je projektna hitrost omejena na 50 km/h:

- km 0.000 do km 0.388 – območje mesta Ljutomer,
- km 8.840 do km 9.220 – območje naselja Ivanjkovci in
- km 12.210 do km 12.570 – območje naselja Libanja.

Glede na to, da so geometrijski elementi skozi omenjena naselja v primerjavi z geometrijskimi elementi zunaj naselji dokaj skromni, bi program javil preveliko odstopanje od projektne hitrosti tudi v primeru, če bi na celotni trasi definiral projektno hitrost 90 km/h. Opozorila nakazujejo na to, da bosta naselji Ivanjkovci in Libanja **»ozko grlo«**, zato je **smotno predvideti obvozne ceste** za omenjeni naselji.

Zelo koristna je tudi analiza razlik voznih hitrosti v sosednjih horizontalnih geometrijskih elementih. Razlike v hitrostih, ki niso večje od 10 km/h so obarvane zeleno. Rumeno so obarvane razlike med 10 km/h in 20 km/h, v primeru pa, ko znaša razlika več kot 20 km/h, se vrstica, ki vsebuje kritično vrednost, obarva rdeče. Seveda so v analizi zajete le negativne razlike hitrosti (zaviranje), saj pri pospeševanju le-te ne ogrožajo prometne varnosti. Vrednosti, ki so bile označene kot kritične so izpisane v spodnji tabeli.

Preglednica 12: **Pregled rezultatov analize spreminjanja vozne hitrosti s programom IHSDM**

polmer predhodne krivine [m]	polmer krožnega loka [m]	stacionaža začetka krožnega loka [m]	razlika hitrosti [km/h]	stopnja opozorila
600	130	5,272	- 22.7	3.
1100	130	9,071	- 16.2	2.
200	100	12,568	- 21.1	3.
110	250	12,055	- 20.0	2.
100	110	12,118	- 37,7	3.
500	150	12,775	- 16,7	2.

Ko sem primerjal razlike v velikostih krožnih lokov in razlike v voznih hitrostih sem opazil, da niso premosorazmerne (večja razlika v polmeru ne pomeni večje razlike v voznih hitrostih). Vzrok za to je v tem, da program na podlagi profila vozne hitrosti določi maksimalno vozno hitrost na območju stacionaž predhodnega elementa. Ker sta stacionaži konca predhodnega in začetka naslednjega elementa enaki, program v primeru stikovanja dveh krožnih lokov (brez vmesne preme ali prehodnice) upošteva minimalno hitrost predhodnih **dveh** elementov. Po mojem mnenju gre za napako v programu, ki bi jo bilo potrebno odpraviti.

Iz podatkov o voznih hitrostih sem s pomočjo programa za urejanje preglednic sam naredil kontrolo spreminjanja hitrosti. Rezultati moje analize so v spodnji preglednici.

Preglednica 13: **Pregled rezultatov analize spreminjanja vozne hitrosti s pomočjo programa za urejanje preglednic**

V SMERI STACIONAŽE			V NASPORTNI SMERI STACIONAŽE		
stacionaža	hitrost	razlika hitrosti	stacionaža	hitrost	razlika hitrosti
574	86.9	- 13.1	12921	81.2	- 16.8
1631	86.9	- 13.1	12634	69.1	-30.9
1849	81	- 19	12429	75	-15.5
5272	77.3	- 22.7	12055	79.5	- 11.6
6104	85.6	- 11.3	11156	81	- 16.7
9071	77.4	-22.6	9545	77.3	- 10.1
9471	77.3	-15.6	9165	77.3	-22.7
11060	81	- 19	5360	77.3	- 22.7
11351	86.9	- 12.3	1943	81	- 17.9
12005	79.3	- 17.6	1702	87.4	- 12.6
12118	72.3	- 18.2	754	87.4	- 10.3
12568	69.1	-18.3			
12775	81	- 19			
13799	60	-40			

K zgornjim rezultatom je potrebno dodati še to, da se na trasi nahajajo tudi tri naselja, in sicer:

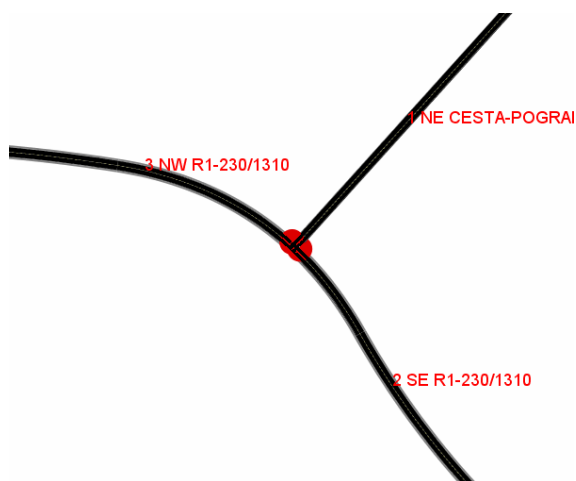
- Ljutomer (od km 0.000 do km 0.400),
- Ivanjkovci (od km 8.840 do km 9.230),
- Libanja (od km 12.200 do km 12.600).

Zato je potrebno iz zgornje preglednice izvzeti vsa opozorila, ki se nanašajo na območja naselij, saj so odstopanja znotraj naselij zaradi nižje omejitve hitrosti lahko večja. Poleg tega se na mejah naselij spremeni zelena hitrost (iz 100 km/h na 60 km/h) kar bi tudi na idealni trasi povzročilo razlike v hitrosti 40 km/h. Na koncu izvzamem še spremembe hitrosti na začetnem in končnem elementu, saj gre za križišči. Mesta na trasi, na katere program opozarja je potrebno podrobneje preučiti, ugotoviti razloge za skok vozne hitrosti in predvideti ustrezno korekcijo.

5.2.4.4 Intersection Review Module (IRM)

Modula za analizo križišč žal nisem uspel preizkusiti do obisti zato je možno, da nisem uvidel vseh njegovih vrtilin.

Analiza vnesenih križišč je pokazala nekaj pomanjkljivosti geometrije križišč oz. priključnih krakov, ki so opisane v naslednjih odstavkih.



Slika 17: Skica križišča Podgradje (IHSDM)

Pomanjkljivosti križišča Podgradje (km 0.690) in predlogi ukrepov za odpravo le-teh:

- Na priključku dovozne ceste za Podgradje je v smeri proti Pavlovcem **pregledna razdalja prekratka**. Predvidi naj se odstranitev ovir znotraj preglednostnega trikotnika oz. omejitev hitrosti na glavni cesti
- Priključek se nahaja v **horizontalni krivini** ($R=200\text{m}$) zato je pri določanju **zavornih poti** potrebno upoštevati zmanjšani količnik trenja. Pomanjkljivost je možno odpraviti s povečanjem prečnega sklona (če že sedaj ne dosega maksimalne vrednosti), korekcijo horizontalnih elementov glavne ceste, spremembo lokacije priključka, ...
- **Zaznavnost** priključka (na regionalni cesti) je zaradi ostre horizontalne krivine **zmanjšana**. Možne rešitve: povečanje horizontalne krivine, odstranitev ovir v pregledni bermi (če temu še ni tako), izgradnja pasov za zavijalce, ...

- **Dolžina za odločitev** o ukrepanju (decision sight distance) na krakih R1-230 **ni zagotovljena**. Pomanjkljivost se odpravi s podobnimi ukrepi kot za povečanje zaznavnosti križišča.

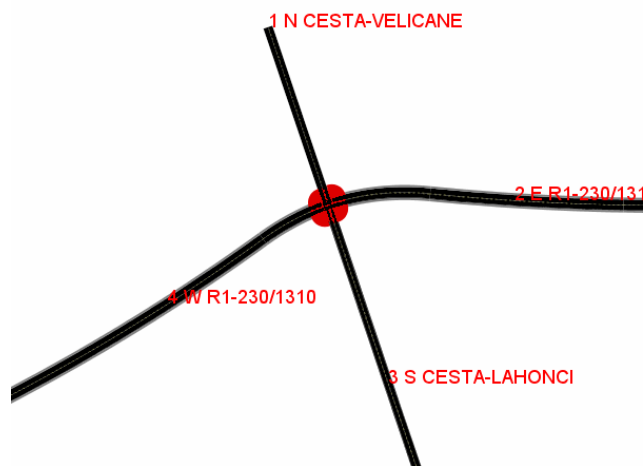


Slika 18: Skica križišča Radomerje (IHSDM)

Pomanjkljivosti križišča Radomerje (km 2.120) in predlogi ukrepov za odpravo le-teh:

- **Kot priključevanja** priključne ceste (58°) je minimalno presežen (60°), zato je pričakovati preveč asfaltiranih površin, ki ne kanalizirajo prometa. Posledica tega so tudi daljše poti pri prevozu vozil in ovirana preglednost na priključku (postavitev čakajočega vozila). Pomanjkljivost je možno odpraviti s tako deviacijo priključka, ki bi povečala kot priključevanja, z vgradnjo prometnega otoka, ...
- **Zmanjšana je zaznavnost križišča** na regionalni cesti zaradi lege v krivini. Možne rešitve: povečanje horizontalne krivine, odstranitev ovir v pregledni bermi (če temu še ni tako), izgradnja pasov za zavijalce, ...
- **Dolžina za odločitev** o ukrepanju (decision sight distance) na krakih R1-230 **ni zagotovljena**. Pomanjkljivost se odpravi s podobnimi ukrepi kot za povečanje zaznavnosti križišča.
- Manjka **pas za leve zavijalce**.
- Priključek se nahaja **v horizontalni krivini** ($R=750\text{m}$) zato je pri določanju **zavornih poti** potrebno upoštevati zmanjšan količnik trenja. Pomanjkljivost je možno odpraviti

s povečanjem prečnega sklona (če že sedaj ne dosega maksimalne vrednosti), korekcijo horizontalnih elementov glavne ceste, spremembo lokacije priključka, ...



Slika 19: Skica križišča Ivanjковci (IHSDM)

Pomanjkljivosti **križišča Ivanjковci** (km 9.110) in predlogi ukrepov za odpravo le-teh:

- Ovirana je **preglednost na priključku** v obeh smereh.
- Na regionalni cesti **ni pasov za leve zavijalce**.
- Ker so priključni kraki regionalne ceste oblikovani s premajhnimi horizontalnimi krivinami (iz smeri Pavlovcev $R=130\text{m}$ in $R=300\text{m}$, iz smeri Ljutomera pa $R=300\text{m}$ in $R=200\text{m}$) je pri določanju **zavornih poti** potrebno upoštevati zmanjšan količnik trenja.
- **Zaznavnost** priključka (na obeh priključnih krakih regionalne ceste) je zaradi ostre horizontalne krivine **zmanjšana**.
- **Nezadostna dolžina za odločitev** o ukrepanju (decision sight distance) na krakih R1-230.
- **Rešitve** zgoraj opisanih pomanjkljivosti so bile opisane že **pri predhodnih križiščih**.

5.2.4.5 Traffic Analysis Module (TAM)

Če smo v prejšnjih modulih v glavnem obravnavali vozla v neoviranem prometnem toku, nam da zadnji od modulov podatke o tem kako deluje analizirana cesta pri **dejanski prometni obremenitvi**.

Kot je opisano že v točki 3.7, modul TAM temelji na **TWOPAS** mikrosimulaciji. V poročilu, ki je priloženo temu diplomskemu delu, so najprej predstavljeni vhodni podatki in vrednosti, ki so bile izbrane naključno (zato so rezultati simulacije ob vsakem zagonu drugačni).

Nadalje so v tabelarični obliki predstavljeni tekoči podatki simulacije:

- **stacionaža** (interval se vnese kot vreden podatek – v mojem primeru 100m),
- **število voznih pasov** (ker nisem imel podatka, da bi na obravnavani trasi obstajali pasovi za počasna vozila, je vzdolž cele trase prisoten le en vozni pas za vsako smer),
- **jakost prometnega toka** (vozil/uro, v posamezni stacionaži),
- **vozna hitrost** v oviranem prometnem toku (za osebna vozila, tovorna vozila, rekreacijska vozila in vsa vozila),
- **delež sledenja** (odstotek vozil, ki vozijo v koloni),
- **dolžina kolone** (se je gibala od 2.7 m do 7.3 m),
- **število prehitevanj** (dolžine odsekov za prehitevanje, ki jih določi program, so bile določene na osnovi vektorjev preglednosti).

Rezultati analize so povzeti v naslednji preglednici.

Preglednica 14: Rezultati modula TAM

Rezultati modula TAM	Smer vožnje		
	v smeri naraščajoče stacionaže	v smeri padajoče stacionaže	kombinacija
Prometna obremenitev (vozil/uro)	254	254	508
Delež časa vožnje v koloni (%)	65.1	62.8	63.9
Povprečna hitrost (km/h)	71.0	72.9	71.9
Čas potovanja (min/vozilo)	11.8	11.4	11.6
Zamude zaradi prometa (min/ vozilo)	1.74	1.41	1.58
Zamude zaradi geometrije (min/ vozilo)	0.52	0.50	0.51
Skupne zamude (min/ vozilo)	2.26	1.91	2.09
Število prehitevanj	6	3	9
Prepotovana pot vseh vozil	3,541	3,532	7,073
Potovalni čas vseh vozil (h)	49.8	48.4	98.3

K zgornji preglednici dodajam še nekaj komentarjev:

- Povprečna vozna hitrost v oviranem prometnem toku se od tiste, ki smo jo izračunali za neoviran prometni tok (modul DCM) **razlikuje za 21 km/h**.
- Čeprav je delež vozil, ki so ovirana, dokaj velik, **dolžina kolone** ni presegla **7m**.
- **Prehitevanj** je bilo zaradi kratke kolone vozil in pomanjkanja odsekov, ki bi omogočali varno prehitevanje, **malo**.
- **Povprečen čas potovanja** posameznega vozila (11.6 min) je v primerjavi s potovalnim časom posameznega vozila v prostem prometnem toku (cca 9 min) **daljši za dobre dve minuti**, kar na 1.3 km dolgem odseku ni veliko.
- **Zamude zaradi gostote prometa** predstavljajo **24%** celotnih zamud iz česar lahko sklepamo, da kapaciteta ceste še zdaleč ni dosežena.

- **Zamuda zaradi geometrije cestne trase** predstavlja visok delež v skupni zamudi (**76 %**), kar je zaradi razgibanosti trase tudi pričakovan rezultat.
- **Skupne zamude** predstavljajo **18% potovalnega časa**, kar je po mojem še vedno mnenju ugoden rezultat.

6 OCENA REZULTATOV, POMANJKLJIVOSTI PROGRAMA IN PODROČJA UPORABE

6.1 Vrline in pomanjkljivosti programa

V splošnem se program izkaže kot **zelo koristen** pripomoček pri analiziranju obstoječe ali nove cestne povezave iz vidika **prometne varnosti**. **Vnos podatkov** je dokaj **enostaven**. Za naše razmere je zelo pomembno tudi to, da je možen **prenos podatkov iz baze cestnih podatkov** (BCP) in to brez večjih modifikacij. To odpira možnost za hitro in učinkovito analizo obstoječih cestnih odsekov. Kot **zelo uporabna** se je izkazala tudi **modularna sestava** programa, ki omogoča **uporabo posameznega modula ali vseh modulov hkrati**, pri čemer **ni potreben vnos podatkov za vsak modul posebej**.

Večjih pomanjkljivosti pri uporabniškem vmesniku nisem zasledil. Omenil bi le naslednje:

- pri **vnašanju podatkov** bila lahko bilo podprtih **več formatov**,
- pri **izrisu grafov na zaslonu** bi bila dobrodošla možnost **izvoza v program za urejanje preglednic** ali možnost **izvoza kot vektorske slike** (povečave).

6.1.1 Modul PRM (Policy Review Module)

Ideja modula, ki preveri skladnost vnesenih podatkov s priporočenimi vrednostmi je zelo dobrodošla in koristna. Modul ima v bistvu **eno samo slabost**, ki pa je tako velika, da **pod vprašaj postavlja uporabnost modula**. **Kriteriji** za kontrolo vhodnih podatkov so namreč povzeti iz priporočil za **področje ZDA**, ki pa se v večini postavk **močno razlikujejo od tistih, ki veljajo pri nas**.

6.1.2 Modul CPM (Crash Predistion Module)

Ideja določitve števila prometnih nesreč na podlagi podatkov o geometriji ceste in podatkov o prometni obremenitvi je vredna vse pohvale. **Izračunano število prometnih nesreč** se je v mojem, testnem primeru **močno (za 5-krat) razlikovalo od** (dejanskih) **podatkov o**

prometnih nesrečah iz preteklih let, zato se modlu **v mojem primeru ni izkazal za uporabnega**. Funkcije, ki **na podlagi podatkov o prometnih nesrečah** iz preteklih let korigira faktorje za določanje števila prometnih nesreč zaradi pomanjkanja podatkov žal **nisem uspel preizkusiti**.

6.1.3 Modul DCM (Design Consistency Module)

Modul DCM se je izkazal za zelo koristnega in natančnega pri določanju realne vozne hitrosti skozi krožni lok. Kljub temu ima še nekatere pomanjkljivosti.

Vrline:

- Algoritem za **določanje realne vozne hitrosti** se je izkazal kot **zelo natančen** (vsaj v mojih testnih primerih). Odstopanje od izračuna po metodi Köppel-a je bilo minimalno. Omenjena metoda, namreč, temelji na fizikalnem modelu gibanja vozila in velja za enega najbolj točnih na področju določanja realne vozne hitrosti. Za zanesljivejše trditve o točnosti algoritma bi bila potrebna dodatna testiranja (sam sem preveril izračune le za tri krožne loke z različnim polmerom).
- Za delovanje modula je potrebno vnesti **malo podatkov o cestni trasi**. Torej hitro pridemo do želenih rezultatov.

Pomanjkljivosti:

- Izračunana **vozna hitrost** je **odvisna le od polmera krožnega loka in vzdolžnega nagiba**, ne pa tudi od velikosti priključnih prehodnic, prečnega sklona v krivinah, preglednosti v krivinah ipd.
- **Kriteriji za začetek zaviranja** (oz. konec pospeševanja, če voznik še ni dosegel zelene hitrosti) niso jasno določeni.
- Sistem izbiranja **pospeškov in pojemkov** ni jasno **definiran**.
- **Zaviranje ni ločeno** na pasivno (z motorjem) in aktivno (z zavorami).
- Pri določanju vozne hitrosti se **prehodnice upoštevajo kot preme**.
- Pri določanju kritičnih mest na osnovi razlike vozni hitrosti v sosednjih horizontalnih elementih program **ni zajel pravilnega podatka o vozni hitrosti na predhodnem elementu**.

6.1.4 Modul IRM (Intersection Review Module)

Nad modulom IRM sem bil **prijetno presenečen**, saj nisem pričakoval tolikšne natančnosti pri analizi križišč (priključkov). V mojem primeru je **deloval odlično**, saj je **navedel večino meni znanih problemov**, ki se lahko pojavijo, če projektant ni pozoren na nekatere detajle. Prijetno sem bil presenečen tudi nad zmožnostjo programa, da oceni potrebnost pasov za zavijanje. Kriterije za njihovo potrebnost bi bilo potrebno preveriti s katerim od programov za dimenzioniranje križišč.

Kot edino večjo **pomanjkljivost** modula naj omenim le pomanjkanje **podpore za krožna križišča**. Vendar pa je tudi res, da krožna križišča običajno (ob zadostni zaznavnosti) ne predstavljajo mest na cestnem odseku, kjer bi prihajalo do težjih prometnih nesreč.

Ker natančna analiza opisovanega modula presega okvirje te diplomske naloge, bi bilo za končno oceno potrebno vnesti podatke o značilnih križiščih in opazovati, če bo program opozoril na vse napake ali vsaj večino od njih.

6.1.5 Modul TAM (Traffic Analysis Module)

Tudi na tem modulu bi moral izvesti še nekaj testiranj, da bi lahko podal končno oceno njegovega delovanja. Zanimiva bi bila primerjava rezultatov modula z rezultati simulacije v katerem od drugih programov.

Po prvih ocenah je **simulacija odvijanja prometa dokaj realna**. Sam sem med testno vožnjo po omenjenem odseku približno polovico poti vozil v koloni (za tovornjakom), dolgi cca 15m, kar je zelo blizu rezultatom simulacije. Program se izkaže za zelo **uporabnega** tudi pri določanju **lokacij in potrebnih dolžin pasov za počasna vozila**.

Med rezultati izstopa mogoče le **število prehitevanj**, saj je po moji oceni na analizirani trasi več mest kjer bi bilo prehitevanje možno.

6.2 Področja uporabe

Obravnavani program ima zelo **široko področje uporabe**, saj poda **celovito poročilo o prometni varnosti** vnesene cestne trase. Z **večanjem natančnosti in obsega** analiz se žal povečuje tudi količina **vnesenih podatkov**.

Zaradi pomanjkljivosti oz. nekaterih nenatančnosti pri izračunih ocenjujem, da program **ni ustrezen za izvedbo detajlnih analiz**. Izjema pri tem je določanje vozni hitrosti v krožnem loku, ki se je izkazalo za zelo natančno v primerjavi z nekaterimi drugimi, primerljivimi metodami.

Uporabo programa priporočam za:

- izdelave **študij prometne varnosti** obstoječih in novih cestnih odsekov,
- iskanje **geometrijskih elementov** ceste, ki najbolj **vplivajo na varnost in prepustnost** (zvišanje nivoja uslug),
- določanje **realnih vozni hitrosti v krožnih lokih**,
- **iskanje nevarnih mest** (črnih točk) na odprti cestni trasi (rezultate je potrebno preveriti s pomočjo tabelaričnega izpisa vozni hitrosti po posameznih elementih),
- določanje **števila prometnih nesreč** na obstoječih trasah (na osnovi podatkov o prometnih nesrečah iz preteklih let – to opcijo je potrebno še testirati),
- **iskanje potencialno kritičnih križišč** (priključkov) na cestah izven naselij,
- izdelavo **študije vplivov korekcije geometrijskih elementov** na vozno hitrost in prepustnost,
- izdelavo **študije vpliva strukture prometa na prepustnost ceste**.

7 ZAKLJUČEK

Obravnavani program se je kljub prisotnosti napak in nenatančnosti nekaterih algoritmov izkazal za zelo uporabnega, zlasti pri izdelavi različnih študij in analiz. Menim, da sem izpolnil vse cilje, ki sem si jih zadal v uvodnem poglavju, kar pa nebi mogel reči za hipoteze:

- **določitev »črnih točk«** na vneseni trasi **je res možna**, a je zanesljiva le ob dodatni analizi voznih hitrosti s programom za urejanje preglednic,
- **profil voznih hitrosti je res mogoče dobiti hitro in enostavno**, toda zaradi nekaterih pomanjkljivosti pri mehanizmu za spreminjanje hitrosti in neupoštevanja prehodnic **ni uporaben za detajlne analize**,
- realne vozne hitrosti se **ne določajo na osnovi fizikalnega** (matematičnega) **modela**, ampak na podlagi statističnih podatkov,
- **kljub temu**, da določitev realnih voznih hitrostih temelji na statističnih podatkih o izmerjenih voznih hitrostih v ZDA, **so se izračunane vrednosti** v mojih primerih **izkazale za zelo natančne** (v primerjavi z Köppel-ovim modelom),
- določitev števila prometnih nesreč s programom se je izkazala kot zelo nezanesljiva,
- res je bilo mogoče izračunati **potovalni čas**, in sicer **v oviranem in prostem prometnem toku**,
- **analiza križišč** je sicer **možna** in po moji oceni je mehanizem za določanje kritičnih točk zelo dodelan, vendar pa **ni mogoča analiza krožnih križišč**.

Končni zaključek ob pregledu programa IHSDM je, da gre za zelo uporaben program z nekaj pomanjkljivostmi. Za dokončno oceno modulov, ki niso bili podrobneje analizirani v okviru tega diplomskega dela, je potrebno izvesti še nekaj testiranj programa.

8 VIRI

Kladnik, R. 1985. Visokošolska fizika, 1. del. 1. Gibanje (kinematika).

Juvanc, A. 1991. Voznodinamična karakteristika cestne trase kot osnova za definiranje neustreznih elementov in oceno voznodinamične kvalitete ceste. Doktorska disertacija.

Ljubljana, Univerza v Ljubljani, FGG: 166 f.

Schneider, J. 1982. Unfallanalytische und fahrdynamische Beurteilung der negativen Querneigung, Universitet Karlsruhe, Heft 27

Bitzl, L. 1966, Die Auswirkungen ueberhoehter Verkergereschwindigkeiten fuer den Landstrassen, Neue Folge, Kirschbaum Verlag, Bad Godesberg, Heft 65

Lamm, R., Psarianos, B., Mailaender T. 1999. Highway Design and Traffic Safety Engineering Handbook, SAFETY CRITERIA I AND II, New York NY, McGaw-Hill, str. 9.1 – 9.76.

Lamm, R., Psarianos, B., Mailaender T. 1999. Highway Design and Traffic Safety Engineering Handbook, DRIVING DYNAMICS AND SAFETY CRITERION III, New York NY, McGaw-Hill, str. 10.1 – 10.69.

Lamm, R., Psarianos, B., Mailaender T. 1999. Highway Design and Traffic Safety Engineering Handbook, HORIZONTAL ALIGNMET, New York NY, McGaw-Hill, str. 12.1 – 12.74.

Lamm, R., Herring, H. E. 1970. Der radiale Kraftschlussbeiwert in Abhaengigkeit von der Geschwingkeit, Strasse und Autobahn, Heft 2

Lamm, R. 1973. Fahrdynamik und Strassencharakteristik, Universitaet Karlsruhe, Heft 11

Adnjus, V. 1983. Kriterijumi za oceno uskladjenosti i homogenosti elemenata plana i profila puta u finkciji vozno-dinamičkik karakteritika merodavnog vozila, Doktorska disertacija. Beograd, Univerzitet u Beogradu, Gradjevinski fakultet

Grad, Škerlj, Vitorovič. 1994. Veliki angleško-slovenski slovar, elektronska izdaja, verzija 1.0, DZS d.d.

PRAVILNIKI IN ZAKONI

Tehnične specifikacije za ceste, TSC 03.200: Temeljni pogoji za določanje cestnih elementov v odvisnosti od voznodinamičnih pogojev, ekonomike cest, prometne obremenitve in prometne varnosti ter preglednosti (osnutek 17. februar 2003), Direkcija RS za ceste

Tehnične specifikacije za ceste, TSC 03.300: Geometrijski elementi cestne osi in vozišča (osnutek 17. februar 2003), Direkcija RS za ceste

ELEKTRONSKI VIRI

Federal Highway Administration. 2004. IHSDM User'sManual, http://www.ihsdm.org/ihsdm_public/index.html (03.02.2006),

Federal Highway Administration. 2004. IHSDM Engeneer'sManual, http://www.ihsdm.org/ihsdm_public/index.html (03.02.2006),

Federal Highway Administration. 2004. IHSDM Crash Prediction Module Engineer'sManual, http://www.ihsdm.org/ihsdm_public/index.html (03.02.2006),

Federal Highway Administration. 2004. IHSDM Design Consistency Module Engineer'sManual, http://www.ihsdm.org/ihsdm_public/index.html (03.02.2006),

Federal Highway Administration. 2004. IHSDM Highway Elements Manual,
http://www.ihsdm.org/ihsdm_public/index.html (03.02.2006),

Federal Highway Administration. 2004. IHSDM Intersection Diagnostic Review Engineer's
Sub-manual, http://www.ihsdm.org/ihsdm_public/index.html (03.02.2006),

Federal Highway Administration. 2004. IHSDM Intersection Review Module Engineer's
Manual, http://www.ihsdm.org/ihsdm_public/index.html (03.02.2006),

Federal Highway Administration. 2004. IHSDM Policy Review Module Engineer's Manual,
http://www.ihsdm.org/ihsdm_public/index.html (03.02.2006),

Federal Highway Administration. 2004. IHSDM Highway Model User's Manual,
http://www.ihsdm.org/ihsdm_public/index.html (03.02.2006),

Federal Highway Administration. 2004. IHSDM Traffic Analysis Module Engineer's Manual,
http://www.ihsdm.org/ihsdm_public/index.html (03.02.2006),

IHSDM Analysis Report – Primer 1

IHSDM Version: 2.08; Sep 30, 2004 (12:56) on P5040059

Date: Jan 22, 2006 4:44:52 PM

Name: (ROCKY)

Organization: PBL d.o.o.

Telephone:

E-Mail:

Project: JUVANC-FGG (unspecified)

Analysis: Primer 1 (R350-A150-R250-A120-R300)

Highway Information: TESTNA-TRASA1-POPRAVLJENA, chain: none (R350-A150-R250-A120-R300, file: C:\Program Files\ih sdm\users\ROCKY\JUVANC-FGG\roadway.TESTNA-TRASA1-POPRAVLJENA.blob)

Table of Contents

[\[Analysis Report Index\]](#)

[1. Design Consistency Module](#)

[\[Design Consistency Module Engineer's Manual\]](#)

Graph: [Design Consistency Results \(in the direction of increasing stations\)](#)

Graph: [Design Consistency Results \(in the direction of decreasing stations\)](#)

Table: [V85 Speed Profile Coordinates \(in the direction of increasing stations\)](#)

Table: [V85 Speed Profile Coordinates \(in the direction of decreasing stations\)](#)

Table: [Design Speed Assumption Check \(in the direction of increasing stations\)](#)

Table: [Design Speed Assumption Check \(in the direction of decreasing stations\)](#)

Table: [Speed Differential of Adjacent Design Elements Check \(in the direction of increasing stations\)](#)

Table: [Speed Differential of Adjacent Design Elements Check \(in the direction of decreasing stations\)](#)

[\[Table of Contents\]](#)

1. Design Consistency Module

Design Consistency Module Version: 2.02 (DCM Sep 30, 2004)

DCM Analysis Vehicle: Passenger Car - Type 5

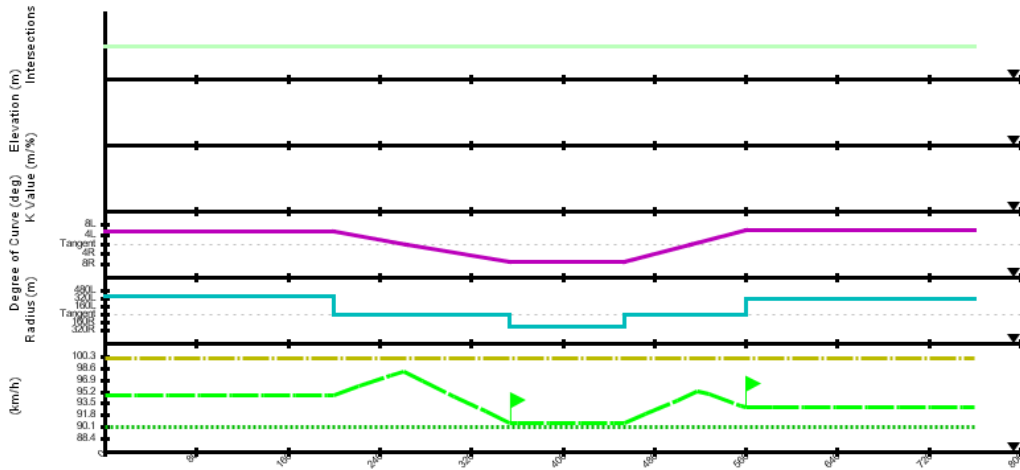
Vehicle Start Speed: 100

Vehicle End Speed: 100

[\[DCM Graphical Output in the Design Consistency Module Engineer's Manual\]](#)

Graph: Design Consistency Results (in the direction of increasing stations)

Design Consistency Evaluation Summary
 Project: JUVANC-FGG
 Analysis: Primer 1
 Highway: TESTNA-TRASA1
 >>>> Direction of Travel >>>>

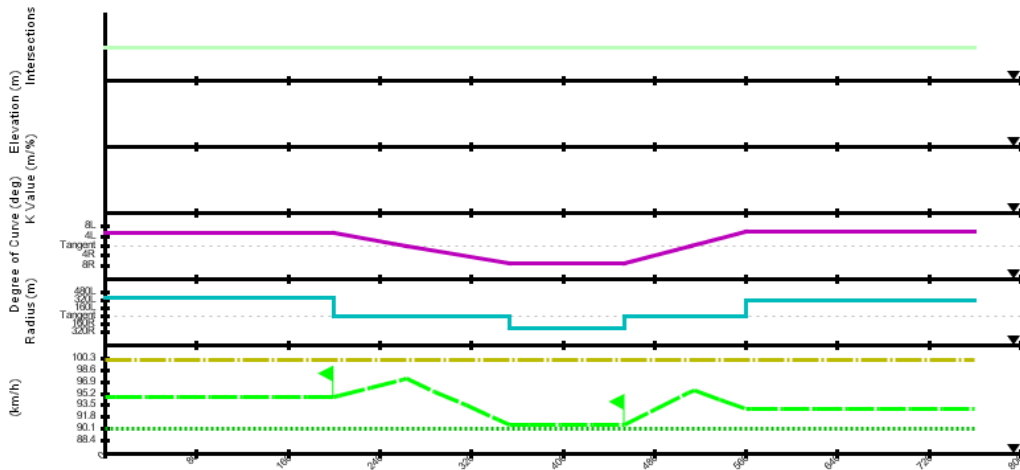


NOTE: Speed profile does NOT account for intersections.

- Legend
- Intersections
 - Vertical Alignment (Elevation); m
 - Vertical Alignment Curvature K Value; m/%
 - Horizontal Alignment Degree of Curve; deg
 - Horizontal Alignment Radius; m
 - Desired Speed; km/h
 - Design Speed; km/h
 - V85 Speed; km/h; differential between design and V85 speed <= 10 km/h
 - V85 Speed; km/h; differential between design and V85 speed > 10 km/h, <= 20 km/h
 - V85 Speed; km/h; differential between design and V85 speed > 20 km/h
 - Criteria 2; V85 speed differential of adjacent horizontal elements <= 10 km/h
 - Criteria 2; V85 speed differential of adjacent horizontal elements > 10 km/h, <= 20 km/h
 - Criteria 2; V85 speed differential of adjacent horizontal elements > 20 km/h

Graph: Design Consistency Results (in the direction of decreasing stations)

Design Consistency Evaluation Summary
 Project: JUVANC-FGG
 Analysis: Primer 1
 Highway: TESTNA-TRASA1
 <<<< Direction of Travel <<<<



NOTE: Speed profile does NOT account for intersections.

- Legend
- Intersections
 - Vertical Alignment (Elevation); m
 - Vertical Alignment Curvature K Value; m/%
 - Horizontal Alignment Degree of Curve; deg
 - Horizontal Alignment Radius; m
 - Desired Speed; km/h
 - Design Speed; km/h
 - V85 Speed; km/h; differential between design and V85 speed <= 10 km/h
 - V85 Speed; km/h; differential between design and V85 speed > 10 km/h, <= 20 km/h
 - V85 Speed; km/h; differential between design and V85 speed > 20 km/h
 - Criteria 2; V85 speed differential of adjacent horizontal elements <= 10 km/h
 - Criteria 2; V85 speed differential of adjacent horizontal elements > 10 km/h, <= 20 km/h
 - Criteria 2; V85 speed differential of adjacent horizontal elements > 20 km/h

[\[V85 Speed Profile Coordinates in the Design Consistency Module Engineer's Manual\]](#)

V85 Speed Profile Coordinates (in the direction of increasing stations)	
Station	Speed (km/h)
0.000	94.6
200.000	94.6
261.376	98.2
354.300	90.5
454.300	90.5
517.848	95.3
559.900	92.9
760.000	92.9

V85 Speed Profile Coordinates (in the direction of decreasing stations)	
Station	Speed (km/h)
760.000	92.9
559.900	92.9
514.875	95.6
454.300	90.5
354.300	90.5
264.101	97.2
200.000	94.6
0.000	94.6

[\[Design Speed Assumption Check Results in the Design Consistency Module Engineer's Manual\]](#)

Design Speed Assumption Check (in the direction of increasing stations)				
Station		V85 - Vdesign Speed (km/h)		Condition
From	To	Min	Max	
0.000	760.000	0.5	8.2	1

Design Speed Assumption Check (in the direction of decreasing stations)				
Station		V85 - Vdesign Speed (km/h)		Condition
From	To	Min	Max	
760.000	0.000	0.5	7.2	1

Design Speed Assumption Check Conditions Key
 Condition 1: $0 \text{ km/h} \leq (V85 - V_{\text{design}}) \leq 10 \text{ km/h}$
 Condition 2: $10 \text{ km/h} < (V85 - V_{\text{design}}) \leq 20 \text{ km/h}$
 Condition 3: $20 \text{ km/h} < (V85 - V_{\text{design}})$
 Condition 4: $(V85 - V_{\text{design}}) < 0 \text{ km/h}$

where:
 V85 = estimated 85th percentile operating speed (km/h)
 Vdesign = design speed (km/h)

[\[Speed Differential of Adjacent Design Elements Check Results in the Design Consistency Module Engineer's Manual\]](#)

Speed Differential of Adjacent Design Elements Check (in the direction of increasing stations)					
Station of max speed on preceding element	Max speed on preceding element (km/h)	Start Station of curve	Speed on curve (km/h)	Speed Differential (km/h)	Condition
277.778	96.8	354.300	90.5	6.3	1
517.848	95.3	559.900	92.9	2.4	1

Speed Differential of Adjacent Design Elements Check (in the direction of decreasing stations)					
Station of max speed on preceding element	Max speed on preceding element (km/h)	Start Station of curve	Speed on curve (km/h)	Speed Differential (km/h)	Condition
509.999	95.2	454.300	90.5	4.6	1
264.101	97.2	200.000	94.6	2.6	1

Speed Differential of Adjacent Design Elements Check Conditions Key

Condition 1: $(V_{85Tangent} - V_{85Curve}) \leq 10$ km/h

Condition 2: $10 \text{ km/h} < (V_{85Tangent} - V_{85Curve}) \leq 20$ km/h

Condition 3: $20 \text{ km/h} < (V_{85Tangent} - V_{85Curve})$

where:

$V_{85Tangent}$ = estimated 85th percentile operating speed on tangent (km/h)

$V_{85Curve}$ = estimated 85th percentile operating speed at the beginning of the curve (km/h)

IHSDM Analysis Report – Primer 2

IHSDM Version: 2.08; Sep 30, 2004 (12:56) on P5040059

Date: Jan 22, 2006 5:11:58 PM

Name: (ROCKY)

Organization: PBL d.o.o.

Telephone:

E-Mail:

Project: JUVANC-FGG (unspecified)

Analysis: Primer 2 (kratke prehodnice)

Highway Information: TESTNA-TRASA2-POPRAVLJENA, chain: none (R350-A100-R250-A80-R300, file: C:\Program Files\ihsdm\users\ROCKY\JUVANC-FGG\roadway.TESTNA-TRASA2-POPRAVLJENA.blob)

Table of Contents

[\[Analysis Report Index\]](#)

[1. Design Consistency Module](#)

[\[Design Consistency Module Engineer's Manual\]](#)

Graph: [Design Consistency Results \(in the direction of increasing stations\)](#)

Graph: [Design Consistency Results \(in the direction of decreasing stations\)](#)

Table: [V85 Speed Profile Coordinates \(in the direction of increasing stations\)](#)

Table: [V85 Speed Profile Coordinates \(in the direction of decreasing stations\)](#)

Table: [Design Speed Assumption Check \(in the direction of increasing stations\)](#)

Table: [Design Speed Assumption Check \(in the direction of decreasing stations\)](#)

Table: [Speed Differential of Adjacent Design Elements Check \(in the direction of increasing stations\)](#)

Table: [Speed Differential of Adjacent Design Elements Check \(in the direction of decreasing stations\)](#)

[\[Table of Contents\]](#)

1. Design Consistency Module

Design Consistency Module Version: 2.02 (DCM Sep 30, 2004)

DCM Analysis Vehicle: Passenger Car - Type 5

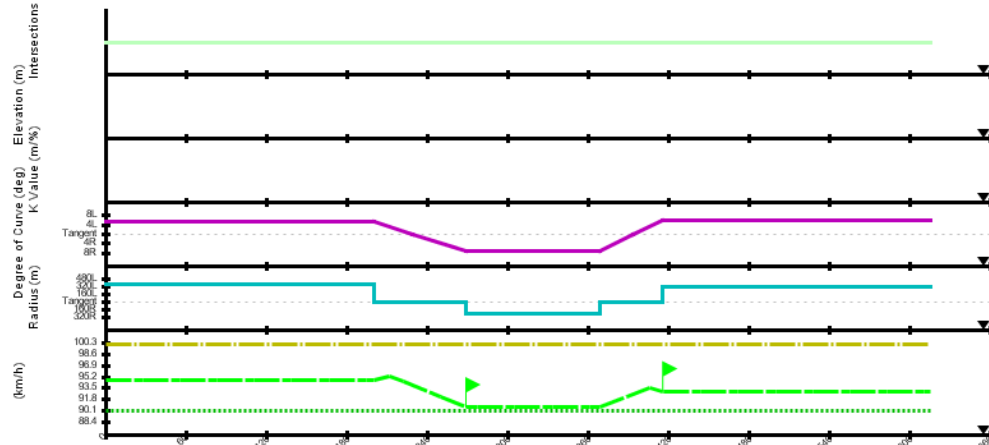
Vehicle Start Speed: 100

Vehicle End Speed: 100

[\[DCM Graphical Output in the Design Consistency Module Engineer's Manual\]](#)

Graph: Design Consistency Results (in the direction of increasing stations)

Design Consistency Evaluation Summary
 Project: JUVANC-FGG
 Analysis: Primer 2
 Highway: TESTNA-TRASA2
 >>>> Direction of Travel >>>>

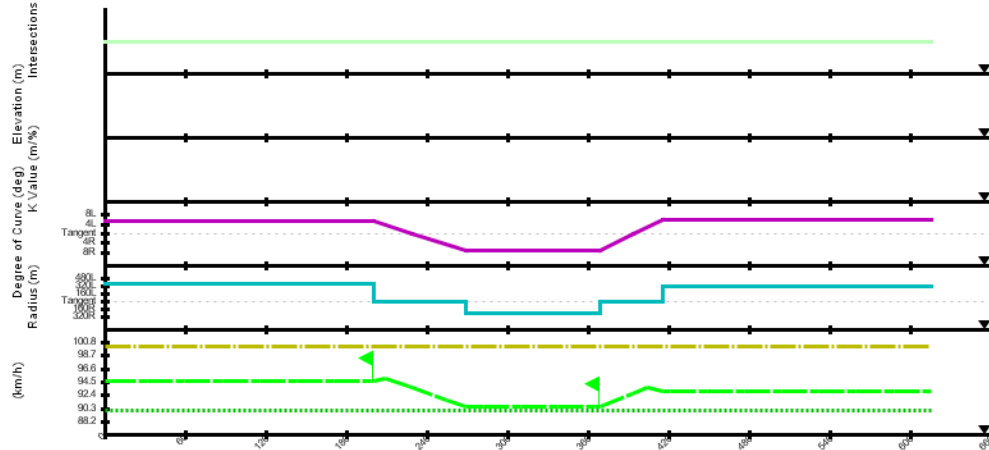


NOTE: Speed profile does NOT account for intersections.

- Legend
- Intersections
 - Vertical Alignment (Elevation); m
 - Vertical Alignment Curvature K Value; m/%
 - Horizontal Alignment Degree of Curve; deg
 - Horizontal Alignment Radius; m
 - Desired Speed; km/h
 - Design Speed; km/h
 - V85 Speed; km/h; differential between design and V85 speed <= 10 km/h
 - V85 Speed; km/h; differential between design and V85 speed > 10 km/h, <= 20 km/h
 - V85 Speed; km/h; differential between design and V85 speed > 20 km/h
 - Criteria 2; V85 speed differential of adjacent horizontal elements <= 10 km/h
 - Criteria 2; V85 speed differential of adjacent horizontal elements > 10 km/h, <= 20 km/h
 - Criteria 2; V85 speed differential of adjacent horizontal elements > 20 km/h

Graph: Design Consistency Results (in the direction of decreasing stations)

Design Consistency Evaluation Summary
 Project: JUVANC-FGG
 Analysis: Primer 2
 Highway: TESTNA-TRASA2
 <<<< Direction of Travel <<<<



NOTE: Speed profile does NOT account for intersections.

- Legend
- Intersections
 - Vertical Alignment (Elevation); m
 - Vertical Alignment Curvature K Value; m/%
 - Horizontal Alignment Degree of Curve; deg
 - Horizontal Alignment Radius; m
 - Desired Speed; km/h
 - Design Speed; km/h
 - V85 Speed; km/h; differential between design and V85 speed <= 10 km/h
 - V85 Speed; km/h; differential between design and V85 speed > 10 km/h, <= 20 km/h
 - V85 Speed; km/h; differential between design and V85 speed > 20 km/h
 - Criteria 2; V85 speed differential of adjacent horizontal elements <= 10 km/h
 - Criteria 2; V85 speed differential of adjacent horizontal elements > 10 km/h, <= 20 km/h
 - Criteria 2; V85 speed differential of adjacent horizontal elements > 20 km/h

[\[V85 Speed Profile Coordinates in the Design Consistency Module Engineer’s Manual\]](#)

V85 Speed Profile Coordinates (in the direction of increasing stations)	
Station	Speed (km/h)
0.000	94.6
200.000	94.6
211.523	95.3
268.600	90.5
368.600	90.5
415.500	92.9
615.500	92.9

V85 Speed Profile Coordinates (in the direction of decreasing stations)	
Station	Speed (km/h)
615.500	92.9
415.500	92.9
404.622	93.6
393.277	92.6
368.600	90.5
268.600	90.5
200.000	94.6
0.000	94.6

[\[Design Speed Assumption Check Results in the Design Consistency Module Engineer's Manual\]](#)

Design Speed Assumption Check (in the direction of increasing stations)				
Station		V85 - Vdesign Speed (km/h)		Condition
From	To	Min	Max	
0.000	615.500	0.5	5.3	1

Design Speed Assumption Check (in the direction of decreasing stations)				
Station		V85 - Vdesign Speed (km/h)		Condition
From	To	Min	Max	
615.500	0.000	0.5	5.0	1

Design Speed Assumption Check Conditions Key
 Condition 1: $0 \text{ km/h} \leq (V85 - V_{\text{design}}) \leq 10 \text{ km/h}$
 Condition 2: $10 \text{ km/h} < (V85 - V_{\text{design}}) \leq 20 \text{ km/h}$
 Condition 3: $20 \text{ km/h} < (V85 - V_{\text{design}})$
 Condition 4: $(V85 - V_{\text{design}}) < 0 \text{ km/h}$

where:
 V85 = estimated 85th percentile operating speed (km/h)
 Vdesign = design speed (km/h)

[\[Speed Differential of Adjacent Design Elements Check Results in the Design Consistency Module Engineer's Manual\]](#)

Speed Differential of Adjacent Design Elements Check (in the direction of increasing stations)					
Station of max speed on preceding element	Max speed on preceding element (km/h)	Start Station of curve	Speed on curve (km/h)	Speed Differential (km/h)	Condition
250.000	92.1	268.600	90.5	1.6	1
406.639	93.4	415.500	92.9	0.5	1

Speed Differential of Adjacent Design Elements Check (in the direction of decreasing stations)					
Station of max speed on preceding element	Max speed on preceding element (km/h)	Start Station of curve	Speed on curve (km/h)	Speed Differential (km/h)	Condition
393.277	92.6	368.600	90.5	2.1	1
209.313	95.0	200.000	94.6	0.4	1

Speed Differential of Adjacent Design Elements Check Conditions Key
 Condition 1: $(V85_{\text{Tangent}} - V85_{\text{Curve}}) \leq 10 \text{ km/h}$
 Condition 2: $10 \text{ km/h} < (V85_{\text{Tangent}} - V85_{\text{Curve}}) \leq 20 \text{ km/h}$

Condition 3: $20 \text{ km/h} < (V_{85\text{Tangent}} - V_{85\text{Curve}})$

where:

$V_{85\text{Tangent}}$ = estimated 85th percentile operating speed on tangent (km/h)

$V_{85\text{Curve}}$ = estimated 85th percentile operating speed at the beginning of the curve (km/h)

IHSDM Analysis Report – Primer 3

IHSDM Version: 2.08; Sep 30, 2004 (12:56) on P5040059

Date: Jan 22, 2006 5:11:58 PM

Name: (ROCKY)

Organization: PBL d.o.o.

Telephone:

E-Mail:

Project: JUVANC-FGG (unspecified)

Analysis: Primer 2 (kratke prehodnice)

Highway Information: TESTNA-TRASA2-POPRAVLJENA, chain: none (R350-A100-R250-A80-R300, file: C:\Program Files\ihsdm\users\ROCKY\JUVANC-FGG\roadway.TESTNA-TRASA2-POPRAVLJENA.blob)

Table of Contents

[\[Analysis Report Index\]](#)

[1. Design Consistency Module](#)

[\[Design Consistency Module Engineer's Manual\]](#)

Graph: [Design Consistency Results \(in the direction of increasing stations\)](#)

Graph: [Design Consistency Results \(in the direction of decreasing stations\)](#)

Table: [V85 Speed Profile Coordinates \(in the direction of increasing stations\)](#)

Table: [V85 Speed Profile Coordinates \(in the direction of decreasing stations\)](#)

Table: [Design Speed Assumption Check \(in the direction of increasing stations\)](#)

Table: [Design Speed Assumption Check \(in the direction of decreasing stations\)](#)

Table: [Speed Differential of Adjacent Design Elements Check \(in the direction of increasing stations\)](#)

Table: [Speed Differential of Adjacent Design Elements Check \(in the direction of decreasing stations\)](#)

[\[Table of Contents\]](#)

1. Design Consistency Module

Design Consistency Module Version: 2.02 (DCM Sep 30, 2004)

DCM Analysis Vehicle: Passenger Car - Type 5

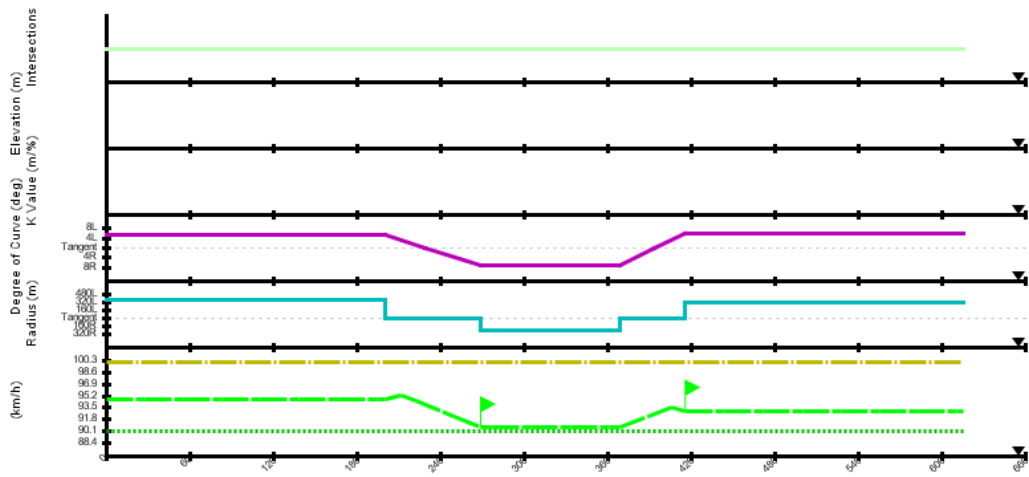
Vehicle Start Speed: 100

Vehicle End Speed: 100

[\[DCM Graphical Output in the Design Consistency Module Engineer's Manual\]](#)

Graph: Design Consistency Results (in the direction of increasing stations)

Design Consistency Evaluation Summary
 Project: JUVANC-FGG
 Analysis: Primer 2
 Highway: TESTNA-TRASA2
 >>>> Direction of Travel >>>>

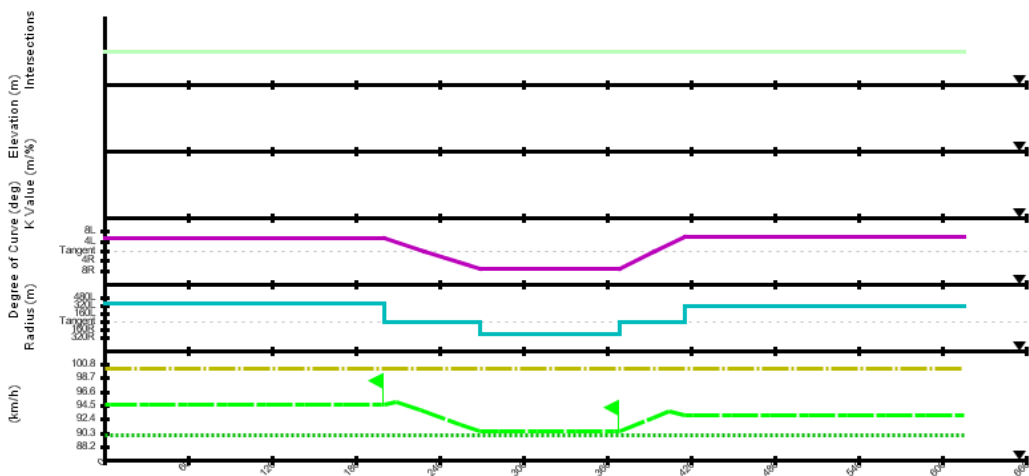


NOTE: Speed profile does NOT account for intersections.

- Legend
- Intersections
 - Vertical Alignment (Elevation); m
 - Vertical Alignment Curvature K Value; m/%
 - Horizontal Alignment Degree of Curve; deg
 - Horizontal Alignment Radius; m
 - Desired Speed; km/h
 - Design Speed; km/h
 - V85 Speed; km/h; differential between design and V85 speed <= 10 km/h
 - V85 Speed; km/h; differential between design and V85 speed > 10 km/h, <= 20 km/h
 - V85 Speed; km/h; differential between design and V85 speed > 20 km/h
 - Criteria 2; V85 speed differential of adjacent horizontal elements <= 10 km/h
 - Criteria 2; V85 speed differential of adjacent horizontal elements > 10 km/h, <= 20 km/h
 - Criteria 2; V85 speed differential of adjacent horizontal elements > 20 km/h

Graph: Design Consistency Results (in the direction of decreasing stations)

Design Consistency Evaluation Summary
 Project: JUVANC-FGG
 Analysis: Primer 2
 Highway: TESTNA-TRASA2
 <<<< Direction of Travel <<<<



NOTE: Speed profile does NOT account for intersections.

- Legend
- Intersections
 - Vertical Alignment (Elevation); m
 - Vertical Alignment Curvature K Value; m/%
 - Horizontal Alignment Degree of Curve; deg
 - Horizontal Alignment Radius; m
 - Desired Speed; km/h
 - Design Speed; km/h
 - V85 Speed; km/h; differential between design and V85 speed <= 10 km/h
 - V85 Speed; km/h; differential between design and V85 speed > 10 km/h, <= 20 km/h
 - V85 Speed; km/h; differential between design and V85 speed > 20 km/h
 - Criteria 2; V85 speed differential of adjacent horizontal elements <= 10 km/h
 - Criteria 2; V85 speed differential of adjacent horizontal elements > 10 km/h, <= 20 km/h
 - Criteria 2; V85 speed differential of adjacent horizontal elements > 20 km/h

[\[V85 Speed Profile Coordinates in the Design Consistency Module Engineer's Manual\]](#)

V85 Speed Profile Coordinates (in the direction of increasing stations)	
Station	Speed (km/h)
0.000	94.6
200.000	94.6
211.523	95.3
268.600	90.5
368.600	90.5
415.500	92.9
615.500	92.9

V85 Speed Profile Coordinates (in the direction of decreasing stations)	
Station	Speed (km/h)
615.500	92.9
415.500	92.9
404.622	93.6
393.277	92.6
368.600	90.5
268.600	90.5
200.000	94.6
0.000	94.6

[\[Design Speed Assumption Check Results in the Design Consistency Module Engineer's Manual\]](#)

Design Speed Assumption Check (in the direction of increasing stations)				
Station		V85 - Vdesign Speed (km/h)		Condition
From	To	Min	Max	
0.000	615.500	0.5	5.3	1

Design Speed Assumption Check (in the direction of decreasing stations)				
Station		V85 - Vdesign Speed (km/h)		Condition
From	To	Min	Max	
615.500	0.000	0.5	5.0	1

Design Speed Assumption Check Conditions Key
Condition 1: $0 \text{ km/h} \leq (V85 - V_{\text{design}}) \leq 10 \text{ km/h}$
Condition 2: $10 \text{ km/h} < (V85 - V_{\text{design}}) \leq 20 \text{ km/h}$
Condition 3: $20 \text{ km/h} < (V85 - V_{\text{design}})$
Condition 4: $(V85 - V_{\text{design}}) < 0 \text{ km/h}$

where:
V85 = estimated 85th percentile operating speed (km/h)
Vdesign = design speed (km/h)

[\[Speed Differential of Adjacent Design Elements Check Results in the Design Consistency Module Engineer's Manual\]](#)

Speed Differential of Adjacent Design Elements Check (in the direction of increasing stations)					
Station of max speed on preceding element	Max speed on preceding element (km/h)	Start Station of curve	Speed on curve (km/h)	Speed Differential (km/h)	Condition
250.000	92.1	268.600	90.5	1.6	1
406.639	93.4	415.500	92.9	0.5	1

Speed Differential of Adjacent Design Elements Check (in the direction of decreasing stations)					
Station of max speed on preceding element	Max speed on preceding element (km/h)	Start Station of curve	Speed on curve (km/h)	Speed Differential (km/h)	Condition
393.277	92.6	368.600	90.5	2.1	1
209.313	95.0	200.000	94.6	0.4	1

Speed Differential of Adjacent Design Elements Check Conditions Key
Condition 1: $(V85_{\text{Tangent}} - V85_{\text{Curve}}) \leq 10 \text{ km/h}$
Condition 2: $10 \text{ km/h} < (V85_{\text{Tangent}} - V85_{\text{Curve}}) \leq 20 \text{ km/h}$

Condition 3: $20 \text{ km/h} < (V_{85\text{Tangent}} - V_{85\text{Curve}})$

where:

$V_{85\text{Tangent}}$ = estimated 85th percentile operating speed on tangent (km/h)

$V_{85\text{Curve}}$ = estimated 85th percentile operating speed at the beginning of the curve (km/h)

IHSDM Analysis Report

IHSDM Version: 2.08; Sep 30, 2004 (12:56) on P5040059

Date: Jan 21, 2006 7:40:58 PM

Name: (ROCKY)

Organization: PBL d.o.o.

Telephone:

E-Mail:

Project: DIPLOMA-ORMOZ (R1-230/1310)

Analysis: ORMOZ-ANALIZA-VARIANTA1 (VARIANTA 1 - OBSTOJE?A TRASA)

Highway Information: R1-230/1310, chain: none (regionalna cesta R1-230, odsek Ljutomer-Pavlovci,
file: C:\Program Files\ihsdm\users\ROCKY\DIPLOMA-ORMOZ\roadway.R1-230_1310.blob)

Table of Contents

[\[Analysis Report Index\]](#)

[1. Policy Review Module](#)

[1.1 Traveled Way Width Policy Check](#)

Table: [Traveled Way Width and Widening](#)

[1.2 Auxiliary Lane Width Policy Check](#)

[1.3 Shoulder Width Policy Check](#)

Table: [Shoulder Width](#)

[1.4 Shoulder Type Policy Check](#)

Table: [Shoulder Type](#)

[1.5 Normal Shoulder Slope Policy Check](#)

[1.6 Cross Slope Roll Over Policy Check](#)

Table: [Cross Slope Rollover](#)

[1.7 Bridge Width Policy Check](#)

[1.8 Radius of Curve Policy Check](#)

Table: [Radius of Curve](#)

[1.9 Superelevation Policy Check](#)

Table: [Superelevation](#)

[1.10 Curve Length Policy Check](#)

Table: [Computed Curve Length](#)

[1.11 Compound Curve Policy Check](#)

Table: [Compound Curve Ratio](#)

[1.12 Tangent Grade Policy Check](#)

Table: [Tangent Grade](#)

[1.13 Vertical Curve Policy Check](#)

Table: [K value](#)

[1.14 Stopping Sight Distance Policy Check](#)

Graph: [Stopping Sight Distance](#)

Table: [Stopping Sight Distance](#)

[1.15 Passing Sight Distance Policy Check](#)

Graph: [Passing Sight Distance](#)

Table: [Passing Sight Distance](#)

[1.16 Decision Sight Distance Policy Check](#)

Table: [Decision Sight Distance](#)

[2. Crash Prediction Module](#)

[\[Crash Prediction Module Engineer's Manual\]](#)

[2.1 Segment Summary](#)

Table: [Proposed Highway Segment Data](#)

Table: [Proposed Horizontal Curve Data](#)

Table: [Proposed Intersection Data](#)

Table: [Proposed Segment Traffic Volume](#)

Table: [Proposed Intersecting Highway Traffic Volume](#)

[2.2 Expected Crash Rates and Frequencies](#)

Table: [Expected Crash Frequencies and Rates \(Summary\)](#)

[2.3 Expected Crash Type Distribution](#)

Table: [Expected Crash Type Distribution](#)

[2.4 Expected Crash Rates and Frequencies](#)

Table: [Expected Crash Frequencies and Rates \(Segment\)](#)

Table: [Expected Crash Frequencies and Rates by Horizontal Design Element](#)

[2.5 Crash Rate Plots](#)

Graph: [Crash Rates](#)

[3. Design Consistency Module](#)

[\[Design Consistency Module Engineer's Manual\]](#)

Graph: [Design Consistency Results \(in the direction of increasing stations\)](#)

Graph: [Design Consistency Results \(in the direction of decreasing stations\)](#)

Table: [V85 Speed Profile Coordinates \(in the direction of increasing stations\)](#)

Table: [V85 Speed Profile Coordinates \(in the direction of decreasing stations\)](#)

Table: [Design Speed Assumption Check \(in the direction of increasing stations\)](#)

Table: [Design Speed Assumption Check \(in the direction of decreasing stations\)](#)

Table: [Speed Differential of Adjacent Design Elements Check \(in the direction of increasing stations\)](#)

Table: [Speed Differential of Adjacent Design Elements Check \(in the direction of decreasing stations\)](#)

[4. Intersection Review Module](#)

[4.1 Diagnostic Review for PODGRADJE \(at 690.000 on R1-230/1310\)](#)

[4.1.1 Summary: PODGRADJE](#)

Graph: [Intersection Diagram for PODGRADJE](#)

[4.1.2 Queried Values](#)

[4.1.3 Diagnostic Summary](#)

Table: [Diagnostic Review Summary - PODGRADJE](#)

[5. Intersection Review Module](#)

[5.1 Diagnostic Review for RADOMERJE \(at 2120.000 on R1-230/1310\)](#)

[5.1.1 Summary: RADOMERJE](#)

Graph: [Intersection Diagram for RADOMERJE](#)

[5.1.2 Queried Values](#)

[5.1.3 Diagnostic Summary](#)

Table: [Diagnostic Review Summary - RADOMERJE](#)

[6. Intersection Review Module](#)

[6.1 Diagnostic Review for IVANJKOVCI \(at 9110.000 on R1-230/1310\)](#)

[6.1.1 Summary: IVANJKOVCI](#)

Graph: [Intersection Diagram for IVANJKOVCI](#)

[6.1.2 Queried Values](#)

[6.1.3 Diagnostic Summary](#)

Table: [Diagnostic Review Summary - IVANJKOVCI](#)

[7. Traffic Analysis Module](#)

Table: [Simulation Data](#)

Table: [Random Number Seeds](#)

Table: [Traffic Input Data](#)

[7.1 Section Summary](#)

Table: [Traffic Output Data / Main Section \(5.000 to 13905.000 increasing; 13905.000 to 5.000 decreasing\)](#)

[7.2 Station Summary](#)

Table: [Station Summary \(direction of increasing stations\)](#)

Table: [Station Summary \(direction of decreasing stations\)](#)

[7.3 Graphs](#)

Graph: [Traffic Analysis - Increasing Stations](#)

Graph: [Traffic Analysis - Decreasing Stations](#)

[\[Table of Contents\]](#)

1. Policy Review Module

Policy Review Module Version: 2.04 (PRM Sep 30, 2004)

Policy: AASHTO 2001 Metric

Highway Information: R1-230/1310, chain: none (regionalna cesta R1-230, odsek Ljutomer-Pavlovci, file: C:\Program Files\ihsdm\users\ROCKY\DIPLOMA-ORMOZ\roadway.R1-230_1310.blob)

1.1 Traveled Way Width Policy Check

[\[Through Traveled Way Width in the Policy Review Module Engineer's Manual\]](#)

Processing Limits: 0.000 to 13910.000

Traffic Volume Year: 2005

Design Vehicle: SU

Type Of Project: reconstruction

Traveled Way Width and Widening					
Stations		Traveled Way Width and Widening (meters)		Comment	Attributes
Start	End	Road (width+widening)	Policy (width+widening)		
0.000	60.000	7.00 + 0.00	7.20 + 0.00	Road value varies from controlling criteria, may be acceptable for reconstruction if the crash history at this location is satisfactory.	Speed: 50 (km/h); class: arterial; terrain: level; DHV: 134 (v/hr); ADT: 3,330 (v/day); radius: 1,400.00 (m); TWW:7.20 (m)
60.000	195.000	6.00 + 0.00	7.20 + 0.00	Road value varies from controlling criteria	Speed: 50 (km/h); class: arterial; terrain: level; DHV: 134 (v/hr); ADT: 3,330 (v/day); radius: 1,400.00 (m); TWW:7.20 (m)
195.000	313.000	6.00 + 0.00	7.20 + 0.00	Road value varies from controlling criteria	Speed: 50 (km/h); class: arterial; terrain: level; DHV: 134 (v/hr); ADT: 3,330 (v/day); radius: 850.00 (m); TWW:7.20 (m)

-
-

1.2 Auxiliary Lane Width Policy Check

[\[Auxiliary Lane Width in the Policy Review Module Engineer's Manual\]](#)

Processing Limits: 0.000 to 13910.000

No critical points found: 0.000 to 13910.000

1.3 Shoulder Width Policy Check

[\[Shoulder Width in the Policy Review Module Engineer's Manual\]](#)

Processing Limits: 0.000 to 13910.000

Traffic Volume Year: 2005

Shoulder Width					
Station	Side of Road	Shoulder Width (meters)		Comment	Attributes
		Road	Policy		
0.000	left	1.00	2.40	Road value may vary from recommended values. Where volumes are low or a narrow section is needed to reduce construction impacts, the paved should may be reduced to 0.60 (m)	Functional class=arterial; ADT=3,330 (v/day) terrain=level; material=gravel
400.000	left	1.00	2.40	Road value may vary from recommended values. Where volumes are low or a narrow section is needed to reduce construction impacts, the paved should may be reduced to 0.60 (m)	Functional class=arterial; ADT=3,330 (v/day) terrain=level; material=gravel
2000.000	left	1.00	2.40	Road value may vary from recommended values. Where volumes are low or a narrow section is needed to reduce construction impacts, the paved should may be reduced to 0.60 (m)	Functional class=arterial; ADT=3,330 (v/day) terrain=rolling; material=gravel
8840.000	left	1.00	2.40	Road value may vary from recommended values. Where volumes are low or a narrow section is needed to reduce construction impacts, the paved should may be reduced to 0.60 (m)	Functional class=arterial; ADT=3,330 (v/day) terrain=rolling; material=gravel

- -
 -
-

1.4 Shoulder Type Policy Check

[\[Shoulder Type in the Policy Review Module Engineer's Manual\]](#)

Processing Limits: 0.000 to 13910.000

Shoulder Type						
Stations		Side of Road	Shoulder Type		Comment	Attributes
Start	End		Road	Policy		
0.000	13910.000	left	gravel	paved	Road value varies from recommended values	Functional class=arterial; bike facility=no
0.000	13910.000	right	gravel	paved	Road value varies from recommended values	Functional class=arterial; bike facility=no

1.5 Normal Shoulder Slope Policy Check

[\[Normal Shoulder Slope in the Policy Review Module Engineer's Manual\]](#)

Processing Limits: 0.000 to 13910.000

1.6 Cross Slope Roll Over Policy Check

[\[Cross Slope Rollover on Curves in the Policy Review Module Engineer's Manual\]](#)

Processing Limits: 0.000 to 13910.000

Cross Slope Rollover						
Stations		Side of Road	Cross Slope Rollover (percent)		Comment	Attributes
Start	End		Road	Policy		
0.000	195.000	left	10.86	0.00 to 8.00	Road value varies from recommended values	High side; shoulder cross slope=-6.00 (%); traveled way cross slope=4.86 (%)
195.000	313.000	left	10.86	0.00 to 8.00	Road value varies from recommended values	High side; shoulder cross slope=-6.00 (%); traveled way cross slope=4.86 (%)
313.000	441.000	left	0.36	0.00 to 0.10	Road value varies from recommended values	Low side; shoulder cross slope=-6.00 (%); traveled way cross slope=-6.36 (%)
441.000	574.000	left	13.00	0.00 to 8.00	Road value varies from recommended values	High side; shoulder cross slope=-6.00 (%); traveled way cross slope=7.00 (%)

-
-
-

1.7 Bridge Width Policy Check

[\[Bridge Width in the Policy Review Module Engineer's Manual\]](#)

Processing Limits: 0.000 to 13910.000

Traffic Volume Year: 2005

No critical points found: 0.000 to 13910.000

1.8 Radius of Curve Policy Check

[\[Radius of Curve in the Policy Review Module Engineer's Manual\]](#)

Processing Limits: 0.000 to 13910.000

Maximum superelevation: 8.00 (%)

Policy Table Bounds: 20 (km/h) to 130 (km/h)

Radius of Curve						
Stations		Radius of Curve (meters)		Effective design speed	Comment	Attributes
Start	End	Road	Policy	kilometers/hour		
574.000	754.000	200.00	305.00	73	Road value varies from controlling criteria	Superelevation=7.00 (%); design speed=90 (km/h)
1631.000	1702.000	200.00	305.00	73	Road value varies from controlling criteria	Superelevation=7.00 (%); design speed=90 (km/h)
1849.000	1943.000	150.00	305.00	63	Road value varies from controlling criteria	Superelevation=7.00 (%); design speed=90 (km/h)

- -
 -
-

1.9 Superelevation Policy Check

[\[Superelevation in the Policy Review Module Engineer's Manual\]](#)

Processing Limits: 0.000 to 13910.000

Maximum superelevation: 8.00 (%)

Policy Table Bounds: 20 (km/h) to 130 (km/h)

Superelevation					
Stations		Superelevation (percent)		Comment	Attributes
Start	End	Road	Policy		
0.000	195.000	4.86	NC	Road value varies from controlling criteria	E _{max} =8.00 (%); design speed=50 (km/h); radius=1,400.00 (m)
195.000	313.000	4.86	RC	Road value varies from controlling criteria. [Special Conditions in the Policy Review Module Engineer's Manual]	E _{max} =8.00 (%); design speed=50 (km/h); radius=850.00 (m)
313.000	441.000	6.36	3.00	Road value varies from controlling criteria	E _{max} =8.00 (%); design speed=50 (km/h); radius=500.00 (m)
441.000	574.000	7.00	4.00	Road value varies from controlling criteria	E _{max} =8.00 (%); design speed=90 (km/h); radius=1,000.00 (m)
574.000	754.000	7.00		No policy values in AASHTO 2001 Metric: road radius: 200.00 (m); minimum policy radius: 305.00 (m)	E _{max} =8.00 (%); design speed=90 (km/h)

-
-
-

Notation: **NC** is normal crown, **RC** is remove adverse crown, superelevate at normal crown slope.

1.10 Curve Length Policy Check

[[Length of Horizontal Curve in the Policy Review Module Engineer's Manual](#)]

Processing Limits: 0.000 to 13910.000

Computed Curve Length					
Stations		Computed Curve Length (meters)		Comment	Attributes
Start	End	Road	Policy		
313.000	441.000	128.00	150.00	Road value varies from recommended values	Functional classification=arterial; design speed=50 (km/h); Central angle=14.67 (deg)
754.000	1008.000	254.00	270.00	Road value varies from recommended values	Functional classification=arterial; design speed=90 (km/h); Central angle=33.0 (deg)
1331.000	1427.000	96.00	270.00	Road value varies from recommended values	Functional classification=arterial; design speed=90 (km/h); Central angle=4.58 (deg)
1427.000	1524.000	97.00	270.00	Road value varies from recommended values	Functional classification=arterial; design speed=90 (km/h); Central angle=6.95 (deg)

-
-
-

1.11 Compound Curve Policy Check

[\[Compound Curve Ratio in the Policy Review Module Engineer's Manual\]](#)

Processing Limits: 0.000 to 13910.000

Compound Curve Ratio					
Stations		Compound Curve Ratio		Comment	Attributes
Start	End	Road	Policy		
0.000	313.000	1.65	1.5	Road value varies from recommended values	0.000 to 195.000/195.000 to 313.000
441.000	754.000	5.0	1.5	Road value varies from recommended values	441.000 to 574.000/574.000 to 754.000
1008.000	1331.000	2.0	1.5	Road value varies from recommended values	1213.000 to 1331.000/1008.000 to 1213.000
1524.000	1702.000	9.0	1.5	Road value varies from recommended values	1524.000 to 1631.000/1631.000 to 1702.000
1631.000	1849.000	10.0	1.5	Road value varies from recommended values	1702.000 to 1849.000/1631.000 to 1702.000
1849.000	2048.000	4.0	1.5	Road value varies from recommended values	1943.000 to 2048.000/1849.000 to 1943.000
2934.000	3440.000	5.2	1.5	Road value varies from recommended values	2934.000 to 3119.000/3119.000 to 3440.000

-
-
-

1.12 Tangent Grade Policy Check

[\[Vertical Tangent Grade in the Policy Review Module Engineer's Manual\]](#)

Processing Limits: 0.000 to 13910.000

Tangent Grade					
Stations		Tangent Grade (percent)		Comment	Attributes
Start	End	Road	Policy		
313.000	400.000	0.00	0.30 to 6.00	Road value may vary from recommended values, check drainage	Functional classification=arterial; design speed=50 (km/h); length=128.00 (m); ADT=3,448 (v/day); additional policy allowance=1.00 (%)
400.000	441.000	0.00	0.30 to 5.00	Road value may vary from recommended values, check drainage	Functional classification=arterial; design speed=90 (km/h); length=128.00 (m); ADT=3,448 (v/day); additional policy allowance=1.00 (%)
872.000	1008.000	0.00	0.30 to 5.00	Road value may vary from recommended values, check drainage	Functional classification=arterial; design speed=90 (km/h); length=136.00 (m); ADT=3,448 (v/day); additional policy allowance=1.00 (%)

-
-
-

1.13 Vertical Curve Policy Check

[\[Vertical Curvature in the Policy Review Module Engineer's Manual\]](#)

Processing Limits: 0.000 to 13910.000

Type of Project: reconstruction

Policy Table Bounds: 20 (km/h) to 130 (km/h)

No critical points found: 0.000 to 13910.000

K value						
Stations		K value (meters/%)		effective design speed kilometers/hour	Comment	Attributes
Start	End	Road	Policy			
0.000	313.000				Road value varies from controlling criteria, grade break without a curve	0.000 to 195.000, grade=2.56 (%); 195.000 to 313.000, grade=2.54 (%)
195.000	441.000				Road value varies from controlling criteria, grade break without a curve	195.000 to 313.000, grade=2.54 (%); 313.000 to 441.000, grade=0.00 (%)
313.000	574.000				Road value varies from controlling criteria, grade break without a curve	313.000 to 441.000, grade=0.00 (%); 441.000 to 574.000, grade=-2.26 (%)

-
-

1.14 Stopping Sight Distance Policy Check

[[Stopping Sight Distance in the Policy Review Module Engineer's Manual](#)]

Processing Limits: 0.000 to 13910.000

Type of Project: reconstruction

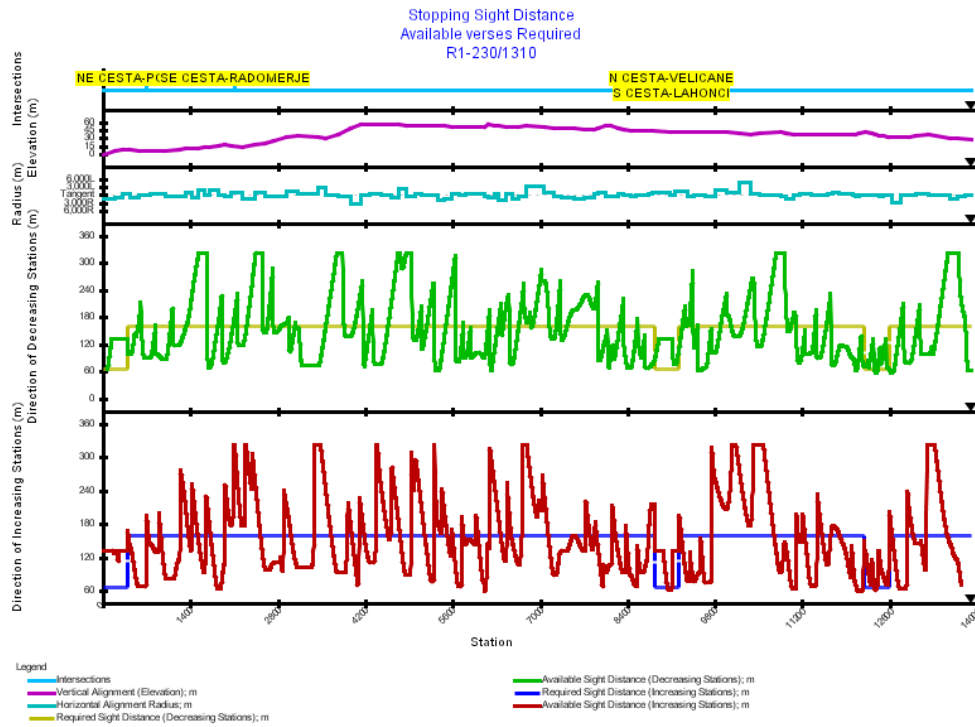
Policy Table Bounds: 20 (km/h) to 130 (km/h)

Object height: 600.0 millimeters

Driver eye height: 1,080.0 millimeters

Driver Increment: 2.00 meters

Graph: Stopping Sight Distance



Stopping Sight Distance						
Stations		Direction of Travel	Stopping Sight Distance (meters)		Comment	Attributes
Start	End		Road (minimum)	Policy		
0.000	66.000	Decreasing Stations			Can't calculate available vertical SD	Design speed=50 (km/h)
400.000	560.000	Decreasing Stations	98.00	160.00	Road value may vary from recommended values, check	Design speed=90

					obstructions beyond shoulder; source of SD limitation is horizontal alignment	(km/h)
618.000	842.000	Decreasing Stations	92.00	160.00	Road value may vary from recommended values, check obstructions beyond shoulder; source of SD limitation is horizontal alignment	Design speed=90 (km/h)

-
-
-

1.15 Passing Sight Distance Policy Check

[\[Passing Sight Distance in the Policy Review Module Engineer's Manual\]](#)

Processing Limits: 0.000 to 13910.000

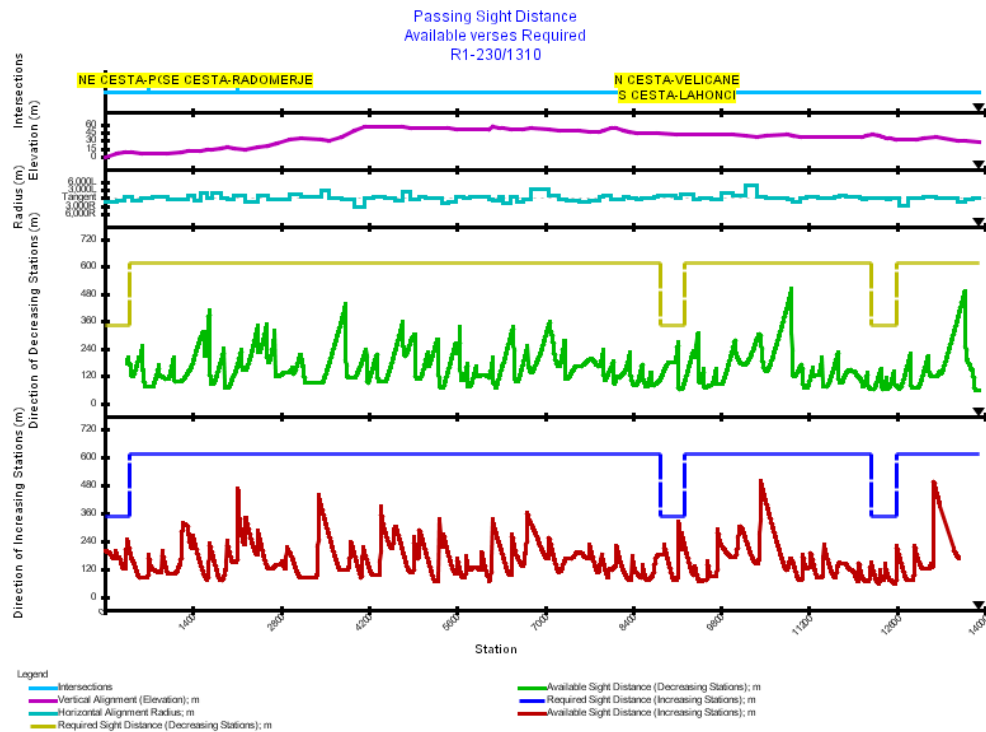
Object height: 1,080.0 millimeters

Driver eye height: 1,080.0 millimeters

Driver Increment: 2.00 meters

Policy Table Bounds: 30 (km/h) to 130 (km/h)

Graph: Passing Sight Distance



Percent of highway with available PSD > required PSD, in direction of increasing stations: 0.00 (%)
 Percent of highway with available PSD > required PSD, in direction of decreasing stations: 0.00 (%)

Passing Sight Distance						
Stations		Direction of Travel	Passing Sight Distance (meters)		Comment	Attributes
Start	End		Road (minimum)	Policy		
0.000	346.000	Decreasing Stations			Can't calculate available vertical SD	Design speed=50 (km/h)
348.000	398.000	Decreasing Stations	170.00	345.00	Road value may vary from recommended values, check obstructions beyond shoulder; source of SD limitation is horizontal alignment	Design speed=90 (km/h)
400.000	8838.000	Decreasing Stations	68.00	615.00	Road value varies from recommended values; source of SD limitation is vertical alignment	Design speed=50 (km/h)
8840.000	9228.000	Decreasing Stations	66.00	345.00	Road value may vary from recommended values, check obstructions beyond shoulder; source of SD limitation is horizontal alignment	Design speed=90 (km/h)

-
-
-

Percent of highway with available PSD > required PSD, in direction of increasing stations: 0.00 (%)
 Percent of highway with available PSD > required PSD, in direction of decreasing stations: 0.00 (%)

1.16 Decision Sight Distance Policy Check

[\[Decision Sight Distance in the Policy Review Module Engineer's Manual\]](#)

Processing Limits: 0.000 to 13910.000

Decision Sight Distance						
Stations		Direction of Travel	Decision Sight Distance (meters)		Comment	Attributes
Object	Eye		Road	Policy		
0.000	13910.000				No data: no decision sight distance points	

[\[Table of Contents\]](#)

2. Crash Prediction Module

Crash Prediction Module Version: 1.02 (CPM Sep 30, 2004)

1 Segment Summary

Proposed Highway: R1-230/1310, chain none(regionalna cesta R1-230, odsek Ljutomer-Pavlovci, blob C:\Program Files\ihsdm\users\ROCKY\DIPLOMA-ORMOZ\roadway.R1-230_1310.blob)

Proposed Highway Segment Data																
Segment #	Station		Length (m)	Lane Width (m)		Shoulder Width (m)		Shoulder Type		Driveway Density (dwys/km)	Roadside Hazard Rating	Horizontal Curve Number	Grade (%)	Passing Lane		Center TWLTL
	Start	End		Right	Left	Right	Left	Right	Left					Right	Left	
1	0.000	60.000	60.00	3.50	3.50	1.00	1.00	gravel	gravel	1.0	2	1	2.56	no	no	no
2	60.000	195.000	135.00	3.00	3.00	1.00	1.00	gravel	gravel	1.0	2	1	2.56	no	no	no
3	195.000	313.000	118.00	3.00	3.00	1.00	1.00	gravel	gravel	1.0	2	2	2.54	no	no	no
4	313.000	441.000	128.00	3.00	3.00	1.00	1.00	gravel	gravel	1.0	2	3	0.00	no	no	no
5	441.000	574.000	133.00	3.00	3.00	1.00	1.00	gravel	gravel	1.0	2	4	-2.26	no	no	no
6	574.000	613.800	39.80	3.00	3.00	1.00	1.00	gravel	gravel	1.0	2	5	0.56	no	no	no

-
-
-

[Highway Segment Data from the CPM Engineer's Manual](#)

Proposed Horizontal Curve Data							
Horizontal Curve Number	Station		Length of Curve (m)	Radius (m)	Superelevation (%)	Design Speed (km/h)	Spiral Transition
	Start	End					
1	0.000	195.000	195.00	1,400.00	3.68	50	none
2	195.000	313.000	118.00	850.00	4.86	50	none
3	313.000	441.000	128.00	500.00	6.36	50	none
4	441.000	574.000	133.00	1,000.00	5.60	90	none
5	574.000	754.000	180.00	200.00	7.00	90	none

-
-

[Horizontal Curve Data from the CPM Engineer's Manual](#)

Proposed Intersection Data									
Intersection #	Title	Station	No. of Legs	Traffic Control	Skew Angle (deg)		Major Legs w/Exclusive LTLs	Major Legs w/Exclusive RTLs	Quadrants with Limited ISD
					Right	Left			
1	PODGRADJE	690.000	3	minor stop-controlled		0.00057	0	0	0
2	RADOMERJE	2120.000	3	minor stop-controlled		31.99984	0	0	1
3	IVANJKOVCI	9110.000	4	minor stop-controlled	0.00088	0.00088	0	0	0

[Intersection Data from the CPM Engineer's Manual
About the Intersection Skew Angle](#)

Proposed Segment Traffic Volume							
Segment #	Station		Analysis Period – ADT (v/day)				
	Start	End	2000	2001	2002	2003	2004
1 to 121	0.000	13910.000	3,158	3,092	3,276	3,106	3,216

[Segment Traffic Volume from the CPM Engineer's Manual](#)

Proposed Intersecting Highway Traffic Volume								
Intersection #	Station	Intersecting Highway		Year	Leg			
		Name	Major/Minor		MJ1	MJ2	MN1	MN2
1	690.000	PODGRADJE	Minor	2000	3,158	3,158	-	300
				2001	3,092	3,092	-	309
				2002	3,276	3,276	-	318
				2003	3,106	3,106	-	328
				2004	3,216	3,216	-	338
2	2120.000	RADOMERJE	Minor	2000	3,158	3,158	-	250
				2001	3,092	3,092	-	258
				2002	3,276	3,276	-	265
				2003	3,106	3,106	-	273
				2004	3,216	3,216	-	281
3	9110.000	IVANJKOVCI	Minor	2000	3,158	3,158	200	200
				2001	3,092	3,092	206	206
				2002	3,276	3,276	212	212
				2003	3,106	3,106	219	219
				2004	3,216	3,216	225	225

Note:

- MJ1 is major-road leg 1 (lower station)
- MJ2 is major-road leg 2 (higher station)
- MN1 is minor-road leg 1 (to right in direction of increasing station)
- MN2 is minor-road leg 2 (to left in direction of increasing station)

Interpolated values rendered in blue font.

2.2 Expected Crash Rates and Frequencies

Analysis Date: Jan 21, 2006
Project Name: DIPLOMA-ORMOZ
Project Comment: R1-230/1310
Analysis Name: ORMOZ-ANALIZA-VARIANTA1
Analysis Comment: VARIANTA 1 – OBSTOJE?A TRASA
Proposed Highway: R1-230/1310

Chain: none
Comment: regionalna cesta R1-230, odsek Ljutomer-Pavlovci
Analysis Limits: 0.000 to 13910.000
Analysis Length: 13.9100 kilometers
Analysis Period: 2000 to 2004 (5 years)
Crash History Data: None
Unit System: Metric

Expected Crash Frequencies and Rates (Summary)	
Total Crashes	47.7
Fatal and Injury Crashes (33%)	15.6
Property-damage-only Crashes (67%)	32.1
Average Future Road ADT (vehicles/day)	3170.0
Crash Rate per kilometers per year	0.69
Fatal and Injury Crash Rate per kilometers per year	0.22
Property-damage-only Crash Rate per kilometers per year	0.46
Total travel (million vehicle-kilometers)	80.46
Crash Rate per million vehicle-kilometers	0.59
Fatal and Injury Crash Rate per million vehicle-kilometers	0.19
Property-damage-only Crash Rate per million vehicle-kilometers	0.4

[Expected Crash Frequencies and Rate from the CPM Engineer's Manual](#)

2.3 Expected Crash Type Distribution

Analysis Date: Jan 21, 2006
Project Name: DIPLOMA-ORMOZ
Project Comment: R1-230/1310
Analysis Name: ORMOZ-ANALIZA-VARIANTA1
Analysis Comment: VARIANTA 1 – OBSTOJE?A TRASA
Proposed Highway: R1-230/1310
Chain: none
Comment: regionalna cesta R1-230, odsek Ljutomer-Pavlovci
Analysis Limits: 0.000 to 13910.000
Analysis Length: 13.9100 kilometers
Analysis Period: 2000 to 2004 (5 years)
Crash History Data: None
Unit System: Metric

Expected Crash Type Distribution			
Crash Type	Highway Segments	Intersections	Total
Single-vehicle accidents			
Collision with animal	13.7 (28.73%)	0.0 (0.1%)	13.8 (28.83%)
Collision with bicycle	0.1 (0.28%)	0.0 (0.04%)	0.2 (0.32%)
Collision with parked vehicle	0.3 (0.65%)	0.0 (0.01%)	0.3 (0.66%)
Collision with pedestrian	0.2 (0.46%)	0.0 (0.02%)	0.2 (0.49%)
Overturned	1.0 (2.14%)	0.0 (0.1%)	1.1 (2.24%)
Ran off road	12.5 (26.13%)	0.3 (0.55%)	12.7 (26.68%)
Other single-vehicle accident	1.6 (3.35%)	0.1 (0.2%)	1.7 (3.54%)
Total single-vehicle accidents	29.5 (61.74%)	0.5 (1.02%)	30.0 (62.76%)
Multiple-vehicle accidents			
Angle collision	1.7 (3.63%)	1.3 (2.75%)	3.0 (6.38%)
Head-on collision	0.8 (1.77%)	0.1 (0.12%)	0.9 (1.89%)
Left-turn collision	1.9 (3.91%)	0.2 (0.43%)	2.1 (4.34%)
Right-turn collision	0.3 (0.56%)	0.0 (0.02%)	0.3 (0.58%)
Rear-end collision	6.2 (12.92%)	0.7 (1.56%)	6.9 (14.49%)
Sideswipe opposite-direction	1.1 (2.23%)	0.1 (0.17%)	1.1 (2.4%)
Sideswipe same-direction	1.2 (2.42%)	0.1 (0.31%)	1.3 (2.73%)
Other multiple-vehicle collision	1.8 (3.81%)	0.3 (0.63%)	2.1 (4.44%)
Total multiple-vehicle collisions	14.9 (31.24%)	2.9 (6.0%)	17.8 (37.24%)
Total accidents	44.4 (92.98%)	3.4 (7.02%)	47.7 (100.0%)

[Expected Crash Type Distributions from the CPM Engineer's Manual](#)

2.4 Expected Crash Rates and Frequencies

Analysis Date: Jan 21, 2006
Project Name: DIPLOMA-ORMOZ
Project Comment: R1-230/1310
Analysis Name: ORMOZ-ANALIZA-VARIANTA1
Analysis Comment: VARIANTA 1 – OBSTOJE?A TRASA
Proposed Highway: R1-230/1310
Chain: none
Comment: regionalna cesta R1-230, odsek Ljutomer-Pavlovci
Analysis Limits: 0.000 to 13910.000
Analysis Length: 13.9100 kilometers
Analysis Period: 2000 to 2004 (5 years)
Crash History Data: None
Unit System: Metric

Expected Crash Frequencies and Rates (Segment)								
Intersection Name/Cross Road	Stations		Length (km)	Expected no. of Crashes for analysis period	Expected Crash Rate			Expected no. of crashes/year for intersection
	From	To			/km/yr	/million-veh-km	/million entering veh	
	0.000	60.000	0.0600	0.1287	0.4289	0.3708		
	60.000	195.000	0.1350	0.3202	0.4744	0.4101		
	195.000	313.000	0.1180	0.2897	0.4911	0.4245		
	313.000	441.000	0.1280	0.3849	0.6014	0.5198		
	441.000	574.000	0.1330	0.3209	0.4825	0.4171		
	574.000	613.800	0.0398	0.1255	0.6308	0.5453		
	613.800	690.000	0.0762	0.2403	0.6308	0.5453		
PODGRADJE	690.000			0.9067			0.1492	0.1813
	690.000	754.000	0.0640	0.2019	0.6308	0.5453		
	754.000	766.200	0.0122	0.0319	0.5237	0.4526		

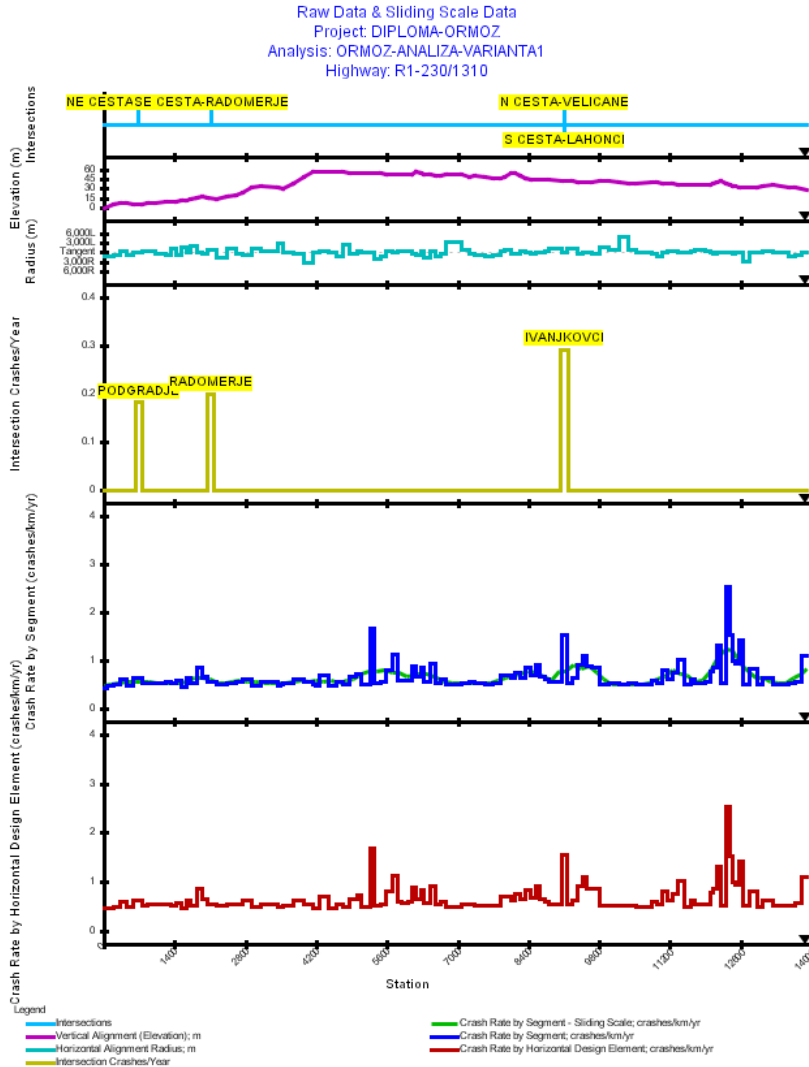
-
-
-

Expected Crash Frequencies and Rates by Horizontal Design Element							
Design Element (Horizontal Curve Number or Tangent)	Stations		Length (km)	Expected no. of Crashes for analysis period	Expected Crash Rate		
	From	To			/km/yr	/million-veh-km	
Curve 1	0.000	195.000	0.1950	0.4489	0.4604	0.3980	
Curve 2	195.000	313.000	0.1180	0.2897	0.4911	0.4245	
Curve 3	313.000	441.000	0.1280	0.3849	0.6014	0.5198	
Curve 4	441.000	574.000	0.1330	0.3209	0.4825	0.4171	
Curve 5	574.000	754.000	0.1800	0.5677	0.6308	0.5453	

[Results by Homogeneous Analysis Sections from the CPM Engineer's Manual](#)

2.5 Crash Rate Plots

Graph: Crash Rates



[Expected Crash Rate Plots from the CPM Engineer's Manual](#)

[\[Table of Contents\]](#)

3. Design Consistency Module

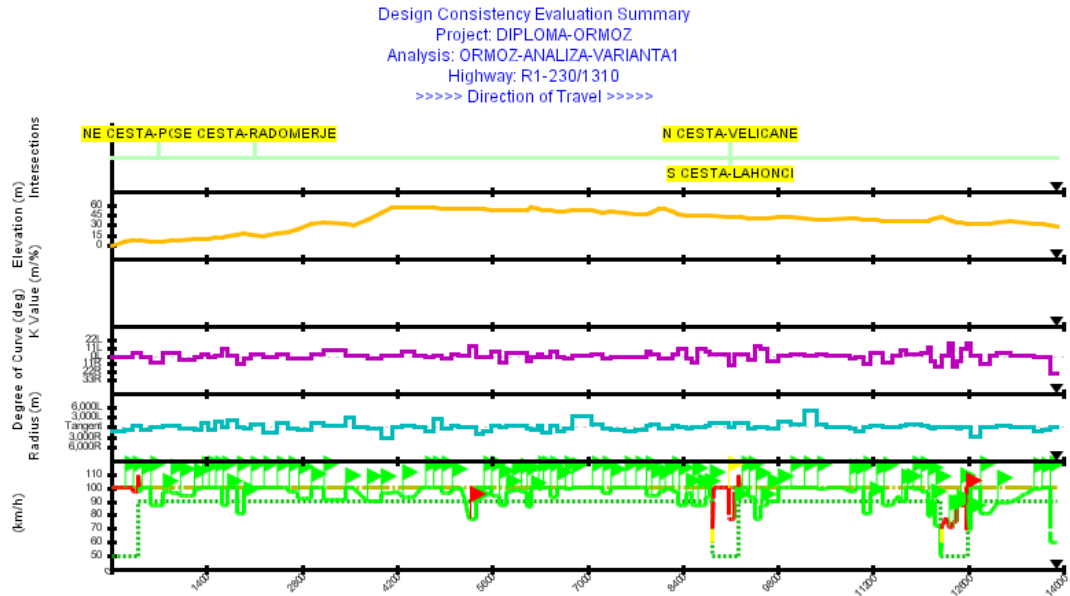
Design Consistency Module Version: 2.02 (DCM Sep 30, 2004)

DCM Analysis Vehicle: Passenger Car - Type 5

Vehicle Start Speed: 100

Vehicle End Speed: 100

Graph: Design Consistency Results (in the direction of increasing stations)



NOTE: Speed profile does NOT account for intersections.

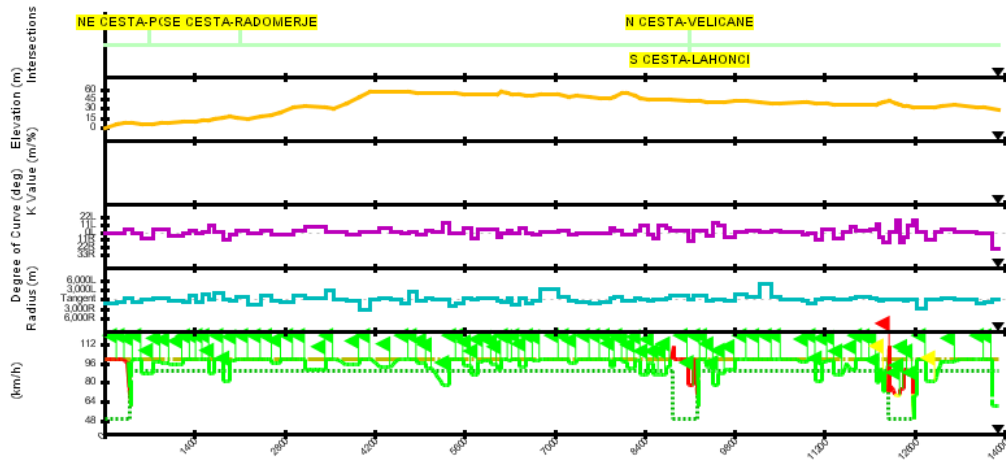
Legend

- Intersections
- Vertical Alignment (Elevation); m
- Vertical Alignment Curvature K Value; m%
- Horizontal Alignment Degree of Curve; deg
- Horizontal Alignment Radius; m
- Desired Speed; km/h
- Design Speed; km/h

- V85 Speed; km/h; differential between design and V85 speed ≤ 10 km/h
- V85 Speed; km/h; differential between design and V85 speed > 10 km/h, ≤ 20 km/h
- V85 Speed; km/h; differential between design and V85 speed > 20 km/h
- Criteria 2; V85 speed differential of adjacent horizontal elements ≤ 10 km/h
- Criteria 2; V85 speed differential of adjacent horizontal elements > 10 km/h, ≤ 20 km/h
- Criteria 2; V85 speed differential of adjacent horizontal elements > 20 km/h

Graph: Design Consistency Results (in the direction of decreasing stations)

Design Consistency Evaluation Summary
 Project: DIPLOMA-ORMOZ
 Analysis: ORMOZ-ANALIZA-VARIANTA1
 Highway: R1-230/1310
 <<<<< Direction of Travel <<<<<<



NOTE: Speed profile does NOT account for intersections.

- Legend
- Intersections
 - Vertical Alignment (Elevation); m
 - Vertical Alignment Curvature K Value; m/%
 - Horizontal Alignment Degree of Curve; deg
 - Horizontal Alignment Radius; m
 - Desired Speed; km/h
 - Design Speed; km/h
 - V85 Speed; km/h; differential between design and V85 speed <= 10 km/h
 - V85 Speed; km/h; differential between design and V85 speed > 10 km/h, <= 20 km/h
 - V85 Speed; km/h; differential between design and V85 speed > 20 km/h
 - Criteria 1; V85 speed differential of adjacent horizontal elements <= 10 km/h
 - Criteria 2; V85 speed differential of adjacent horizontal elements > 10 km/h, <= 20 km/h
 - Criteria 3; V85 speed differential of adjacent horizontal elements > 20 km/h

[V85 Speed Profile Coordinates in the Design Consistency Module Engineer’s Manual]

V85 Speed Profile Coordinates (in the direction of increasing stations)	
Station	Speed (km/h)
0.000	100.0
195.000	100.0
313.000	100.0
313.000	97.7
441.000	97.7
441.000	100.0

-
-
-

* The deceleration rate predicted from 3557.000 to Station 3758.000 (in the direction of increasing stations) is greater than the approximated comfortable deceleration rate, as determined by data collected to develop the Design Consistency Module (as referenced in FHWA Report FHWA-RD-99-171, “Speed prediction for Two-Lane Rural Highways”). See [V85 Speed Profile Coordinates in the Design Consistency Module Engineer’s Manual](#) for additional information.

V85 Speed Profile Coordinates (in the direction of decreasing stations)	
Station	Speed (km/h)
13910.000	60.0
13799.000	60.0
13799.000	99.7
13680.000	99.7
13680.000	100.0

-
-
-

[\[Design Speed Assumption Check Results in the Design Consistency Module Engineer's Manual\]](#)

Design Speed Assumption Check (in the direction of increasing stations)				
Station		V85 - Vdesign Speed (km/h)		Condition
From	To	Min	Max	
0.000	388.889	47.7	60.0	3
388.889	411.419	10.0	10.0	2
411.419	574.000	0.0	10.0	1
574.000	754.000	(-3.1)	0.0	4
754.000	1631.000	0.0	10.0	1
1631.000	1702.000	(-3.1)	0.0	4
1702.000	1849.000	0.0	10.0	1
1849.000	1943.000	(-9.0)	0.0	4

-
-
-

Design Speed Assumption Check (in the direction of decreasing stations)				
Station		V85 - Vdesign Speed (km/h)		Condition
From	To	Min	Max	
13910.000	13799.000	(-30.0)	0.0	4
13799.000	12969.413	0.0	10.0	1
12969.413	12775.000	(-8.8)	0.0	4
12775.000	12634.000	0.0	10.0	1
12634.000	12604.443	(-40.0)	0.0	4
12604.443	12585.338	10.0	10.0	1
12585.338	12568.000	10.0	20.0	2
12568.000	12379.000	20.0	40.5	3

12379.000	12302.372	19.1	20.0	2
12302.372	12214.000	20.0	60.0	3
12214.000	12199.667	10.0	10.0	2
12199.667	12175.297	0.0	10.0	1
12175.297	12118.000	(-17.7)	0.0	4

-
-
-

Design Speed Assumption Check Conditions Key
Condition 1: $0 \text{ km/h} \leq (V_{85} - V_{\text{design}}) \leq 10 \text{ km/h}$
Condition 2: $10 \text{ km/h} < (V_{85} - V_{\text{design}}) \leq 20 \text{ km/h}$
Condition 3: $20 \text{ km/h} < (V_{85} - V_{\text{design}})$
Condition 4: $(V_{85} - V_{\text{design}}) < 0 \text{ km/h}$

where:

V_{85} = estimated 85th percentile operating speed (km/h)
 V_{design} = design speed (km/h)

[\[Speed Differential of Adjacent Design Elements Check Results in the Design Consistency Module Engineer's Manual\]](#)

Speed Differential of Adjacent Design Elements Check (in the direction of increasing stations)					
Station of max speed on preceding element	Max speed on preceding element (km/h)	Start Station of curve	Speed on curve (km/h)	Speed Differential (km/h)	Condition
0.000	100.0	195.000	100.0	0.0	1
195.000	100.0	313.000	97.7	2.3	1
313.000	100.0	441.000	100.0	0.0	1
441.000	97.7	574.000	90.0	7.7	1
574.000	100.0	754.000	90.0	10.0	1
754.000	86.9	872.000	95.9	-8.9	1

-
-
-

Speed Differential of Adjacent Design Elements Check (in the direction of decreasing stations)					
Station of max speed on preceding element	Max speed on preceding element (km/h)	Start Station of curve	Speed on curve (km/h)	Speed Differential (km/h)	Condition
13910.000	60.0	13799.000	90.0	-30.0	1
13799.000	99.7	13680.000	99.7	0.0	1
13349.327	100.0	13230.000	97.7	2.3	1
13013.464	98.0	12921.000	81.2	16.7	2

12921.000	81.2	12775.000	90.0	-8.8	1
-----------	------	-----------	------	------	---

-
-
-

Speed Differential of Adjacent Design Elements Check Conditions Key

Condition 1: $(V85Tangent - V85Curve) \leq 10$ km/h

Condition 2: $10 \text{ km/h} < (V85Tangent - V85Curve) \leq 20$ km/h

Condition 3: $20 \text{ km/h} < (V85Tangent - V85Curve)$

where:

V85Tangent = estimated 85th percentile operating speed on tangent (km/h)

V85Curve = estimated 85th percentile operating speed at the beginning of the curve (km/h)

[\[Table of Contents\]](#)

4. Intersection Review Module

Intersection Review Module Version: 1.01 (IRM Sep 30, 2004)

4.1 Diagnostic Review for PODGRADJE (at 690.000 on R1-230/1310)

Intersection: PODGRADJE (at 690.000 on R1-230/1310)

Analysis vehicle: P - Passenger Car

Design vehicle: SU - Single Unit Truck

Checking 23 potential concerns

4.1.1 Summary: PODGRADJE

Intersection Name: PODGRADJE; **Base Highway:** R1-230/1310 at 690.000

Traffic Control: stop; **Construction Type:** existing

Leg #1: NE CESTA-POGRADJE; **PI:** CESTA-POGRADJE at 0.000

Relative Heading: -90.0 deg.; **Classification:** minor

Control: stop; **Control position:** side at 3.600

Corner: simple curve; radius=15.00 (m); turn angle=90.0 (deg); turn speed=20 (km/h)

Leg #2: SE R1-230/1310; **PI:** R1-230/1310 at 690.000

Relative Heading: 0.0 deg.; **Classification:** major

Control: none; **Control position:** side at 693.600

Corner: simple curve; radius=15.00 (m); turn angle=90.0 (deg); turn speed=20 (km/h)

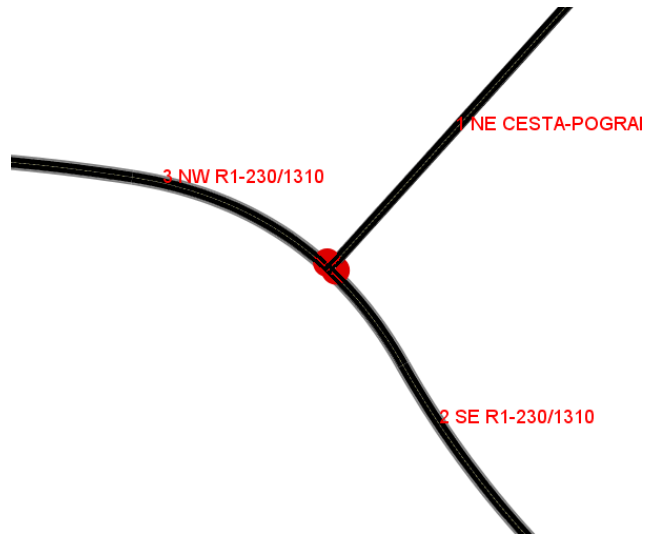
Leg #3: NW R1-230/1310; **PI:** R1-230/1310 at 690.000

Relative Heading: 180.0 deg.; **Classification:** major

Control: none; **Control position:** side at 686.400

Corner: none

Graph: Intersection Diagram for PODGRADJE



4.1.2 Queried Values

NE CESTA-POGRADJE/NW R1-230/1310 - Clear of sight obstructions, right of intersection Case B1(level 2) [yes]

NW R1-230/1310/SE R1-230/1310 - Clear of sight obstructions, opposing direction Case F(level 2) [yes]

4.1.3 Diagnostic Summary

Diagnostic Review Summary - PODGRADJE								
Scope	Status	Concern	Feature			Comment	Treatment	
			Category	Road	Threshold		Design Improvement	Mitigation Measures
Leg #1 - NE CESTA- POGRADJE	Level 1	Insufficient ISD to left (Case B2)	ISD(vertical)	12.00 meters	135.52 meters	The required time for the maneuver used in the ISD calculations are for passenger cars only ; crest vertical curve	<ol style="list-style-type: none"> 1. Remove roadside obstacles within sight triangle. 2. Signalize intersection. 3. Convert to all-way STOP. 4. Post advisory speed on major road. 5. Review speed limit on major road. 6. Install warning sign on major road. 7. Install flashing beacons. 8. Prohibit right turn. 9. Provide intersection lighting. 10. Restripe shoulder as right-turn acceleration lane. 	
	No data	Uneven, discontinuous minor-road profile through intersection				No design hourly volume available for leg NE CESTA-POGRADJE at 1.000		
	Undeterminable	Insufficient SSD on horizontal curve Insufficient SSD on vertical curve Insufficient DSD on horizontal curve Insufficient DSD on vertical curve Insufficient visibility to stop sign				Highway data set for CESTA-POGRADJE is truncated, data required at station 400.000		

5. Traffic Analysis Module

Traffic Analysis Module Version: 1.01 (TAM Sep 30, 2004)

Highway Information: R1-230/1310, chain: none (regionalna cesta R1-230, odsek Ljutomer-Pavlovci, file: C:\Program Files\ihsdm\users\ROCKY\DIPLOMA-ORMOZ\roadway.R1-230_1310.blob)

Processing Limits: 0.000 to 13910.000

Simulation Data			
Simulation Time (min)	60	Test Road Length (km)	13.91
Warm-up Time (min)	16		
Total Time (min)	76		
Computer Time (sec)	2.2		

Random Number Seeds			
Entering Traffic in Platoons / Direction of Increasing Stations	81,250,132	Desired Speed / Direction of Increasing Stations	70,867,724
Entering Traffic in Platoons / Direction of Decreasing Stations	33,333,334	Desired Speed / Direction of Decreasing Stations	16,532,240
Passing Decisions	52,338,126		

Traffic Input Data		
Traffic Input Data	Direction of Travel	
	Increasing Station	Decreasing Station
Flow Rate (v/hr)	250	250
Distribution (%) CARS	90.0	90.0
Distribution (%) TRUCKS	5.00	5.00
Distribution (%) RVs	5.00	5.00
Mean Desired Speed (km/h) CARS	90.00	90.00
Mean Desired Speed (km/h) TRUCKS	76.00	76.00
Mean Desired Speed (km/h) RVs	76.00	76.00
Desired Speed Standard Speed Deviation (km/h) CARS	8.00	8.00
Desired Speed Standard Speed Deviation (km/h) TRUCKS	8.00	8.00
Desired Speed Standard Speed Deviation (km/h) RVs	12.00	12.00
Entering Traffic in Platoons (%)	33.00	33.00
No Passing Zone (%)	0.00	0.00

5.1 Section Summary

Traffic Output Data / Main Section (5.000 to 13905.000 increasing; 13905.000 to 5.000 decreasing)			
Traffic Output Data	Direction of Travel		
	Increasing Station	Decreasing Station	Combined
Flow Rate from Simulation (v/hr)	254	254	508
Percent Time Spent Following (%)	65.1	62.8	63.9
Average Travel Speed (km/h)	71.0	72.9	71.9
Trip Time (min/veh)	11.8	11.4	11.6
Traffic Delay (min/veh)	1.74	1.41	1.58
Geometric Delay (min/veh)	0.52	0.50	0.51
Total Delay (minutes/vehicle)	2.26	1.91	2.09
Number of Passes	6	3	9
Vehicle km Traveled	3,541	3,532	7,073
Total Travel Time (veh-hrs)	49.8	48.4	98.3

5.2 Station Summary

Station Summary (direction of increasing stations)										
Station Number	Station	Number of Lanes	Traffic Volume (v/hr)	Simulation Speed Characteristic Mean (km/h)				Percent Following (%)	Platoon Size	Number of Passes
				CARS	TRUCKS	RVs	ALL			
1	5.000	1	243	90	89	89	90	30.00	2.9	0.0
2	105.000	1	243	90	83	84	89	30.00	2.9	0.0
3	205.000	1	242	89	79	80	88	29.80	3.0	0.0
4	305.000	1	242	88	75	75	87	29.80	3.0	0.0
5	405.000	1	243	87	74	71	86	30.50	2.9	0.0
6	505.000	1	244	86	73	70	85	29.90	2.7	0.0

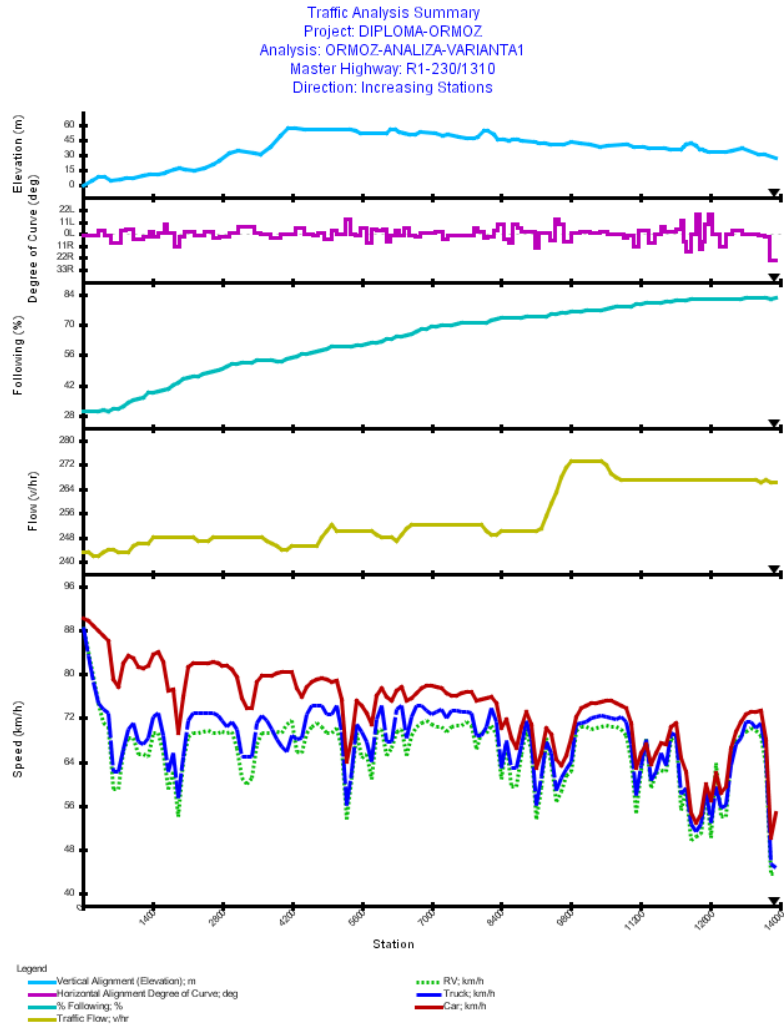
-
-
-

Station Summary (direction of decreasing stations)										
Station Number	Station	Number of Lanes	Traffic Volume (v/hr)	Simulation Speed Characteristic Mean (km/h)				Percent Following (%)	Platoon Size	Number of Passes
				CARS	TRUCKS	RVs	ALL			
1	13905.000	1	251	86	89	88	87	33.10	3.2	0.0
2	13805.000	1	251	71	81	79	72	33.10	3.2	0.0
3	13705.000	1	252	80	77	78	79	29.40	2.9	0.0
4	13605.000	1	252	87	75	79	86	32.10	3.0	0.0

5	13505.000	1	252	89	75	78	88	34.10	3.2	0.0
---	-----------	---	-----	----	----	----	----	-------	-----	-----

5.3 Graphs

Graph: Traffic Analysis - Increasing Stations



Graph: Traffic Analysis - Decreasing Stations

Traffic Analysis Summary
 Project: DIPLOMA-ORMOZ
 Analysis: ORMOZ-ANALIZA-VARIANTA1
 Master Highway: R1-230/1310
 Direction: Decreasing Stations

