

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*



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

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

To je izvirna različica zaključnega dela.

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

Jurgele, M. 2013. Analiza cene življenjskega cikla voziščne konstrukcije. Magistrska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Žmavc, J.): 125 str.

University
of Ljubljana

Faculty of
*Civil and Geodetic
Engineering*



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

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

This is original version of final thesis.

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

Jurgele, M. 2013. Analiza cene življenjskega cikla voziščne konstrukcije. M.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Žmavc, J.): 125 pp.

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*

*Jamova 2, p.p. 3422
1115 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si*



**MAGISTRSKI ŠTUDIJ
GRADBENIŠTVA
PROMETNA SMER**

Kandidat:

MITJA JURGELE, univ. dipl. inž. grad.

**ANALIZA CENE ŽIVLJENJSKEGA CIKLA VOZIŠČNE
KONSTRUKCIJE**

Magistrsko delo štev.: 234

LIFE CYCLE COST ANALYSIS IN PAVEMENT DESIGN

Master of Science Thesis No.: 234

Mentor:
prof. dr. Janez Žmavc

Predsednik komisije:
izr. prof. dr. Marijan Žura

Člana komisije:
doc. dr. Tomaž Maher
doc. dr. Alojzij Juvanc

Ljubljana, 13. marec 2013

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani Mitja Jurgele izjavljam, da sem avtor magistrskega dela z naslovom: »**ANALIZA CENE ŽIVLJENJSKEGA CIKLA VOZIŠČNE KONSTRUKCIJE**«.

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

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

Ljubljana, 10.1.2013

Mitja Jurgele

»Ta stran je namenoma prazna.«

BIBLIOGRAFSKO - DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK: 005:625.7.003:656.004(043.3)
Avtor: Mitja Jurgele
Mentor: Prof. dr. Janez Žmavc
Naslov: Analiza cene življenjskega cikla voziščne konstrukcije
Tip dokumenta: magistrsko delo
Obseg in oprema: 125 st., 23 sl., 17 pregl.
Ključne besede: gospodarjenje, cestna infrastruktura, dimenzioniranje voziščnih konstrukcij, analiza življenjskega cikla, kapaciteta gradbiščne cone, izračun stroškov uporabnikov

Izvleček

Pri načrtovanju in vzdrževanju infrastrukture se soočamo na eni strani z vedno večjimi prometnimi obremenitvami, na drugi strani pa z vedno manjšimi razpoložljivimi finančnimi sredstvi.

V magistrskem delu je izvedena raziskava, ali je v slovenskem prostoru mogoče zbrati dovolj podatkov za izvedbo analize cene življenjskega cikla. Pregledani so modeli za modeliranje propadanja voziščne konstrukcije, programi za izračun stroškov uporabnikov zaradi oviranja prometa ter modeli za modeliranje kapacitete gradbiščne cone.

Na podlagi prednosti in slabosti pregledanih modelov in programov ter dostopnih vhodnih podatkov je predlagan modela za modeliranje propadanja voziščne konstrukcije, program za izračun stroškov uporabnikov ter model za izračun kapacitete gradbiščnega odseka.

Z uporabo izbranih modelov je izvedena analiza življenjskega cikla voziščne konstrukcije na poskusnem primeru obnove voziščne konstrukcije na avtocestnem odseku. Za poskusni projekt je bil izbran projekt obnove voziščne konstrukcije na odseku AC A3/0668 Gabrk – Sežana V, AC A3/0669 Sežana V – Sežana Z in AC A1/0156 Razcep Gabrk.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC:	005:625.7.003:656.004(043.3)
Author:	Mitja Jurgele
Supervisor:	Prof. dr. Janez Žmavc
Title:	Life cycle cost analysis in pavement design
Document type:	M. Sc. Thesis
Scope and tools:	125 p., 23 pic., 17 tab.
Keywords:	road infrastructure management, pavement design , deterioration model, life cycle cost analysis, construction zone capacity, user cost calculation

Abstract

When planning and maintaining the infrastructure one needs to take into account the increasing traffic loads as well as the decreasing financial means available.

The goal of this Master's thesis is to establish whether it is possible to gather enough input data to perform a life cycle analysis in Slovenia. The thesis also deals with the selection of the appropriate models for modelling pavement deterioration and user costs due to road works.

Based on advantages and disadvantages of the models and on the accessibility of the input data, a model for pavement deterioration and user cost calculation is proposed.

With the selected models and input data, a life cycle cost analysis is performed on a pilot project, e.i. the reconstruction off the Motorway A3 section 0668 Gabrk – Sežana E, section 0669 Sežana E – Sežana W and Motorway A1 section 0156 Junction Gabrk.

ZAHVALA

Za pomoč pri izdelavi magistrskega dela bi se rad zahvalil sodelavcem v Sektorju za tehnično podporo projektov in razvoj na DRI upravljanje investicij ter mentorju prof. dr. Janezu Žmavcu.

Ta stran je namenoma prazna.«

VSEBINA:

IZJAVA O AVTORSTVU	III
BIBLIOGRAFSKO - DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK	V
BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION	VI
ZAHVALA.....	VII
KAZALO PREGLEDNIC.....	XI
KAZALO GRAFIKONOV.....	XII
KAZALO SLIK.....	XIII
KAZALO ENAČB	XIV
LIST OF TABLES	XV
LIST OF CHARTS	XVI
LIST OF FIGURES	XVII
LIST OF EQUATIONS	XVIII
SEZNAM PRILOG	XIX
SEZNAM UPORABLJENIH OZNAK	XX
1 UVOD.....	23
1.1 Problem in predmet raziskovanja.....	23
1.2 Namen in cilji magistrskega dela	25
1.3 Teze magistrskega dela	26
1.4 Struktura magistrskega dela	26
2 PREGLED OBSTOJEČIH RAZISKAV.....	28
2.1 Potek analize življenjskega cikla voziščne konstrukcije.....	28
2.1.1 Določitev in opredelitev alternativ za izbrani ukrep	28
2.1.2 Določitev razporeda posameznih ukrepov znotraj alternative	29
2.1.3 Ocena stroškov	29
2.1.4 Izračun cen življenjskega cikla.....	30
2.1.5 Analiza rezultatov	32

2.2	Modeliranje propadanja voziščne konstrukcije	33
2.2.1	Dejavniki, ki vplivajo na propadanje voziščnih konstrukcij.....	34
2.2.2	Empirični modeli	40
2.2.3	Mehanistično – empirični modeli	47
2.2.4	Primerjava pregledanih modelov	70
2.3	Modeliranje stroškov uporabnikov zaradi oviranja prometa	72
2.3.1	Dejavniki, ki vplivajo na stroške uporabnikov	72
2.3.2	Splošno o orodjih za modeliranje zamud in stroškov uporabnikov	73
2.3.3	Pregled posameznih orodij za modeliranje zamud in stroškov uporabnikov	74
2.3.4	Primerjava pregledanih programov	77
2.3.5	Pregled modelov za izračun kapacitete.....	80
2.3.6	Predlagan izračun stroškov uporabnikov	82
3	POSKUS IZVEDBE ANALIZE ŽIVLJENJSKEGA CIKLA VOZIŠČNE	
	KONSTRUKCIJE NA PRIMERU IZ SLOVENSKEGA PROSTORA.....	86
3.1	Izbira primerne modela za modeliranje propadanja voziščne konstrukcije in stroškov uporabnikov na podlagi natančnosti modela ter možnosti pridobitve vhodnih podatkov	86
3.1.1	Propadanje voziščne konstrukcije.....	86
3.1.2	Modeliranje stroškov uporabnikov	87
3.2	Pridobitev vhodnih podatkov za primer obnove voziščne konstrukcije na avtocestnem odseku v Republiki Sloveniji.....	87
3.2.1	Pridobitev podatkov za pripravo strategij načrtovanja voziščne konstrukcije.....	90
3.2.2	Za izračun stroškov uporabnikov pridobljeni podatki	91
3.3	Izvedba analize življenjskega cikla voziščne konstrukcije.....	95
4	UGOTOVITVE RAZISKOVANJA.....	103
4.1	Prikaz rezultatov raziskovanja.....	103
4.2	Preverjanje postavljenih tez.....	111
4.3	Usmeritve za nadaljnje raziskovanje	111
5	POVZETEK.....	113
6	ABSTRACT	115
7	VIRI	117
	PRILOGE	121

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Osnove za oceno uporabnosti vozišča pri AASHO testu	42
Preglednica 2: Povprečne vrednosti faktorjev ekvivalentnosti za reprezentativna vozila (TSC-06-511-2009: str. 7).....	44
Preglednica 3: Obdobja po avstrijski metodi	65
Preglednica 4: Elastični moduli $[MN/m^2]$, uporabljeni za določitev paketov VK	66
Preglednica 5: Primerjava pregledanih metodologij in modelov	71
Preglednica 6: Primerjava pregledanih orodij za modeliranje zamud in stroškov uporabnikov	79
Preglednica 7: Prometne obremenitve na odseku AC A3 0668 Gabrk – Sežana V (DRSC. 2010)	89
Preglednica 8: Prometne obremenitve na odseku AC A3 0668 Gabrk – Sežana V (DRSC. 2010)	91
Preglednica 9: Urna distribucija prometnih obremenitev za odsek AC A3 0068 Gabrk - Sežana V za mesec julij 2011	92
Preglednica 10: Vrednost časa za posamezne udeležence v prometu (Žura et. al. 2007: str. 37)	93
Preglednica 11: Preračun vrednost časa za leto 2011.....	94
Preglednica 12: Izračun kapacitete gradbiščne cone (voz/uro)	95
Preglednica 13: Strategije načrtovanja VK za AC A3 0668/0669/0156 Gabrk – Sežana V – Sežana Z	100
Preglednica 14: Trajanje zapor prometa zaradi posameznih ukrepov	101
Preglednica 15: Rezultati deterministične analize življenjskega cikla voziščne konstrukcije	104
Preglednica 16: Tabelarni prikaz stroškov pri posamezni strategiji načrtovanja voziščne konstrukcije	106
Preglednica 17: Pregled strukture stroškov uporabnikov po za posamezne alternative ter ukrepe.....	108

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Nepričakovano velika rast prometnih obremenitev na slovenskem avtocestnem omrežju	45
Grafikon 2: Planirano število prometnih obremenitev na AC A1 odsek 0043 Vransko – Trojane v 20 letnem planskem obdobju je bilo doseženo že v 10ih letih	46
Grafikon 3: Dvakrat prenizka prognoza prometnih obremenitev na AC A1	46
Grafikon 4: Primerjava neto sedanjih vrednosti	104
Grafikon 5: Tok stroškov investitorja.....	105
Grafikon 6: Tok stroškov uporabnikov	105

KAZALO SLIK

Slika 1: Strategija načrtovanja voziščne konstrukcije	29
Slika 2: Diagram toka stroškov	31
Slika 3: Primer probabilističnega podajanja življenjske dobe preplastitve	32
Slika 4: Napetosti v voziščni konstrukciji zaradi prometne obtežbe (shematsko) (Blab, 2001: str. 21).....	35
Slika 5: Deformacije v asfaltni plasti zaradi prometne obtežbe (shematsko) (Blab, 2009: str. 35)	36
Slika 6: Shematski prikaz vpliva klimatskih obremenitev na voziščno konstrukcijo	37
Slika 7: Vpliv temperature na obnašanje asfaltnih plasti (Blab, 2009: str. 43)	38
Slika 8: Vpliv zmrzali na elastični modul nevezanih nosilnih plasti (Fredrickson 1963: str.: 43).....	39
Slika 9: Zmrzlini dvizki (Wistuba et al., 2000)	39
Slika 10: Shematski prikaz - učinek, odziv (Blab 2001: str. 12).....	47
Slika 11: Shematski prikaz mehanistično - empiričnega postopka dimenzioniranja (Blab 2001: str. 13).....	48
Slika 12: Glavna krivulja (Blab, 2007: str. 81)	53
Slika 13: Faktor pomika (NHCRP. 2004: str. 2.2.10)	53
Slika 14: a) Tlačno/natezni preskus togosti; b) Preskus togosti s štiritočkovnim upogibom; c) Modul togosti E^* , fazni kot ϕ (Wistuba, 2003: str. 49)	54
Slika 15: Nomogram von Bonnaure-ja (Bonaure et al. 1977).....	55
Slika 16: Vpliv klimatskih dejavnikov na spreminjanje temperature v voziščni konstrukciji, shematsko (Wistuba 1998).	56
Slika 17: Vhodni podatki za model EICM za vremensko postajo Ljubljana Bežigrad.....	58
Slika 18: Pregledna karta sinoptičnih postaj (ARSO 2012)	59
Slika 19: Avstrijski model (Wistuba 2003: str. 15).....	60
Slika 20: Postopek dimenzioniranja po metodologiji ME-PDG (NCHRP, 2004: str 1.1.12)	67
Slika 21: Zahtevnost posameznih orodij za modeliranje obnašanja prometa (FHWA, 2009: str. 3)	74
Slika 22: Pregledna situacija za projekt obnove voziščne konstrukcije Gabrk – Sežana V – Sežana Z	88
Slika 23: Voziščna konstrukcija na AC A3 0668/0669/0156 Gabrk – Sežana V – Sežana Z (SCT, 1992: str. 31).....	89

KAZALO ENAČB

Enačba 1: Izračun neto sedanje vrednosti.....	31
Enačba 2: Enačba za določitev indeksa uporabnosti vozišč.....	42
Enačba 3: Določitev merodajne prometne obremenitve vozila (TSC-06-511-2009: str. 10).....	45
Enačba 4: Minerjevo pravilo	51
Enačba 5: Definicija hitrosti propadanja	51
Enačba 6: Letna povprečna hitrost propadanja VK zaradi osnih obremenitev skupine i	51
Enačba 7: Skupna iztrošenost VK	52
Enačba 8: Vsota vseh toplotnih tokov v voziščni konstrukciji.....	57
Enačbe 9: Odvisnost napetosti in pomikov	61
Enačba 10: Enačba Nijboer-a	62
Enačba 11: Nastavek za izračun dovoljenega števila prehodov nominalne osne obremenitve	63
Enačba 12: Enačba za določitev enoosne deformacije v odvisnosti od enoosne primerjalne napetosti.....	63
Enačba 13: Funkcija utrujanja	63
Enačba 14: Hitrost propadanja	64
Enačba 15: Letna povprečna hitrost propadanja VK zaradi osnih obremenitev skupine	64
Enačba 16: Skupna iztrošenost VK	65
Enačbe 17: Odvisnost parametrov funkcije utrujanja od temperature.....	66
Enačba 18: Odvisnost elastičnega modula asfaltnih plasti od temperature	66
Enačba 19: Izračun kapacitete prometnega toka po HCM 1993	80
Enačba 20: Izračun kapacitete prometnega toka po HCM 2010	81
Enačba 21: Model za oceno kapacitete gradbiščne cone po HCM 2000.....	81
Enačba 22: Model za oceno kapacitete gradbiščne cone po Al-Kaisy and Hall.....	81
Enačba 23: Model za oceno kapacitete gradbiščne cone po Abrams in Wand.....	82
Enačba 24: Model za oceno kapacitete gradbiščne cone po Kim et al.	82
Enačba 25: Izračun prometnih obremenitev v letu i	83

LIST OF TABLES

Table 1: Basics for the serviceability evaluation by AASHO test (Žmavc 2007: p. 248).....	42
Table 2: Average values of equivalency factors for representative vehicles (TSC-06-511-2009: p. 7).....	44
Table 3: Periods according to the Austrian method (Wistuba 2003: p. 41)	65
Table 4: Elastic modulus [MN/m^2] used for the calculation of standardised pavement constructions (Wistuba 2003: p. 64).....	66
Table 5: Comparison of reviewed methodologies.....	71
Table 6: Comparison of reviewed tools for user delays and cost simulation.....	79
Table 7: Traffic loads on motorway A3 section 0668 Gabrk – Sežana V (DRSC. 2010).....	89
Table 8: Traffic loads on motorway A3 section 0668 Gabrk – Sežana V (DRSC. 2010).....	91
Table 9: Hourly distribution of traffic loads on motorway A3 section 0668 Gabrk – Sežana V	92
Table 10: Value of time for individual user groups (Žura et. al. 2007: p. 37)	93
Table 11: Calculation of the value of time for the individual user groups for year 2011	94
Table 12: Calculation of work zone capacity (veh/h)	95
Table 13: Pavement design strategies for AC A3 0668/0669/0156 Gabrk – Sežana V – Sežana Z ...	100
Table 14: Traffic hindrances due to specific measures	101
Table 15: Results of the deterministic analysis of the life cycle analysis	104
Table 16: Tabular presentation of cost for pavement design strategies	106
Table 17: User cost structure review for individual alternatives and measures	108

LIST OF CHARTS

Chart 1: Unexpectedly high traffic growth on the Slovenian motorway network.....	45
Chart 2: Planned number of traffic loads on the AC A1 section 0043 Vransko - Trojane for the 20- year plan period that has been achieved already in 10 years	46
Chart 3: Traffic loads forecast on the AC A1 was underestimated by a factor of 2.....	46
Chart 4: Net present value comparison.....	104
Chart 5: Timeline of investor costs.....	105
Chart 6: Timeline of user costs.....	105

LIST OF FIGURES

Figure 1: Pavement design strategy (U.S. Department of Transportation, 2002: p. 12)	29
Figure 2: Cost flow chart (U.S. Department of Transportation, 2002: p. 14)	31
Figure 3: Probabilistic design life presentation of an overlay (FHWA. 1998: p. 104)	32
Figure 4: Stresses in pavement construction caused by traffic loadings (schematic) (Blab, 2001: p. 21).....	35
Figure 5: Deformations in asphalt layer caused by traffic loadings (schematic) (Blab, 2009: p. 35)...	36
Figure 6: Climate influences on a pavement construction – schematic (Blab, 2009: p. 43)	37
Figure 7: Temperature influence on asphalt layers performance (Blab, 2009: p. 43).....	38
Figure 8: Influence of frost on elasticity module of unbound wearing layers (Fredrickson 1963: p.: 43).....	39
Figure 9: Frost heaves (Wistuba et al., 2000).....	39
Figure 10: Performance – response, schematic (Blab 2001: str. 12).....	47
Figure 11: Schematic presentation of mechanistic - empirical design process (Blab 2001: p. 13).....	48
Figure 12: Master curve (Blab, 2007: str. 81)	53
Figure 13: Shift factor (NHCRP. 2004: p. 2.2.10)	53
Figure 14: a) Compression/Tension stiffness test; b) 4 point bending stiffness test; c) Stiffness module E^* , phase angle ϕ (Wistuba, 2003: p. 49).....	54
Figure 15: Von Bonnaure nomogramme (Bonnaure et al. 1977).....	55
Figure 16: The impact of climatic factors on the temperature change in the pavement construction, schematic (Wistuba 1998).....	56
Figure 17: The input data for the model EICM for the climate station Ljubljana Bežigrad	58
Figure 18: Map of synoptic stations (ARSO 2012).....	59
Figure 19: Austrian model (Wistuba 2003: p. 15).....	60
Figure 20: Pavement design procedure according to ME-PDG methodology (NCHRP, 2004: p. 1.1.12)	67
Figure 21: Complexity of different traffic analysis tools (FHWA, 2009: p. 3).....	74
Figure 22: Synoptic situation for pavement construction renewal Gabrk – Sežana V – Sežana Z	88
Figure 23: Pavement construction on AC A3 066//0669/0156 Gabrk – Sežana V – Sežana Z (SCT, 1992: p. 31)	89

LIST OF EQUATIONS

Equation 1: Equation for net present value calculation.....	31
Equation 2: Equation for serviceability index calculation.....	42
Equation 3: Determination of relevant traffic loads (TSC-06-511-2009: p. 10)	45
Equation 4: Miner law	51
Equation 5: Definition of the deterioration rate.....	51
Equation 6: Annual average deterioration rate of pavement construction due to axle load group i.....	51
Equation 7: Overall deterioration of a pavement construction.....	52
Equation 8: The sum of all heat flows in pavement construction.....	57
Equation 9: Stress/strain dependency	61
Equation 10: Nijboer equation.....	62
Equation 11: Calculation of permissible nominal axle passes.....	63
Equation 12: Equation for the calculation of uniaxial deformation from uniaxial comparative stress .	63
Equation 13: Fatigue function	63
Equation 14: Fatigue rate.....	64
Equation 15: Annual average fatigue rate caused by specific traffic loadings group.....	64
Equation 16: Total fatigue of pavement construction.....	65
Equation 17: Dependency of fatigue function parameters from temperature.....	66
Equation 18: Dependency of asphalt layers asphalt modulus from temperature.....	66
Equation 19: Calculation of free flow capacity according to HCM 1993	80
Equation 20: Calculation of free flow capacity according to HCM 2010	81
Equation 21: Work zone estimation model according to HCM 2000.....	81
Equation 22: Work zone estimation model according to Al-Kaisy and Hall	81
Equation 23: Work zone estimation model according to Abrams and Wang.....	82
Equation 24: Work zone estimation model according to Kim et al.....	82
Equation 25: Calculation of traffic loads in year i.....	83

SEZNAM PRILOG

Priloga A: Popis del za določitev cene posameznega ukrepa, alternativa 1, poseg 1.....	A
Priloga B: Dimenzioniranje voziščne konstrukcije, alternativa 1, poseg 1.....	B
Priloga C: Generacija urne distribucije prometa.....	C
Priloga D: Izračun stroškov uporabnikov, alternativa 1, poseg 1.....	D

SEZNAM UPORABLJENIH OZNAK

Okrajšava	Opis
AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials – Ameriško združenje državnih avtocestnih in transportnih uradov
AC	Avtocesta
ACŽC	Analiza cene življenjskega cikla
BCP	Banka cestnih podatkov
BDP	Bruto družbeni proizvod
DARS	Družba za avtoceste Republike Slovenije
DRSC	Direkcija Republike Slovenije za ceste
dTIMS	Deighton Total Infrastructure Management System – ekspertni sistem za upravljanje z infrastrukturo
EICM	Enhanced Integrated Climatic Model
FGSV	Die Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Družba raziskave v cestni in prometni stroki)
HCM	Highway Capacity Manual (Avtocestni priporočnik za kapacitete)
IRI	International Roughness Index (Mednarodni indeks ravnosti)
JVO	Jeklena varnostna ograja
ME-PDG	Mechanistic Empirical Pavement Design Guide (Mehanistično-empirični priročnik za načrtovanje vozišč)
MSI	Modificirani švicarski indeks
NOO	Nominalna osna obremenitev
NPIA	Nacionalni program izgradnje avtocest
PLDP	Povprečni letni dnevni promet

PMS	Pavement Management System (Sistem za gospodarjenje z vozišči)
RVS	Richtlinien und Vorschriften für das Straßenwesen (Smernice in predpisi za cestno stroko – avstrijske tehnične specifikacije za ceste)
TSC	Tehnične specifikacije za ceste
VK	Voziščna konstrukcija

1 UVOD

1.1 Problem in predmet raziskovanja

Pri gradnji in vzdrževanju cestne infrastrukture se na eni strani soočamo z vedno večjimi prometnimi obremenitvami, po drugi strani pa z vedno manjšimi razpoložljivimi finančnimi sredstvi ter zaradi večjih prometnih omejitev vedno bolj omejenimi možnostmi prometnih zapor.

Kot odgovor na omenjene izzive se razvija različne metode optimiziranja ukrepov, ki običajno delujejo na eni naslednjih treh ravni:

- optimizacija vrste, obsega, časa in lokacije ukrepov na mrežnem nivoju
- optimizacija vrste, obsega, časa in lokacije ukrepov na projektnem nivoju
- optimizacija voziščnih konstrukcij: boljše poznavanje mehanizmov v voziščnih konstrukcijah, boljša izraba materialov, upoštevanje lastnosti materialov v postopkih dimenzioniranja, uvajanje novih materialov.

Optimizacija ukrepov na mrežnem nivoju v je v Republiki Sloveniji že vpeljana v prakso in sicer za cestno omrežje v upravljanju DARS-a. Optimizacija poteka z ekspertnim sistemom dTIMS, ki nam omogoča oceno potrebnih sredstev za vzdrževanje cest v želenem stanju, prikaz bodočega stanja cestnega omrežja v odvisnosti od vloženih sredstev, vpogled v posledice premajhnega vlaganja v vzdrževanje ter pripravo planov vzdrževanja za analizirano obdobje z upoštevanjem omejitve proračuna. Sistem za svoje delovanje potrebuje stalno posodabljanje stanja omrežja, poleg tega pa se zaradi vedno večjega poudarka na gospodarnosti sistem neprestano nadgrajuje.

Za optimizacijo ukrepov na projektnem nivoju je na podlagi tujih izkušenj najbolj uporabna metoda analize cene življenjskega cikla voziščne konstrukcije. Namen metode je, na projektnem nivoju izbrati serijo ukrepov, ki v izbranem obdobju z najnižjimi stroški zadovoljujejo funkcionalne zahteve za voziščne konstrukcije, kot so ravnost, torna sposobnost, nosilnost,... V srednjeevropskem prostoru metoda do nedavnega ni bila najbolj razširjena, v ZDA pa je metoda v uporabi že vrsto let in je med tem doživela vrsto sprememb in dopolnitev, najpomembnejša od njih pa je bila uvedba probabilističnega načina analize.

Analiza cene življenjskega cikla – ACŽC (life-cycle cost analysis – LCCA) je inženirsko-ekonomsko orodje za ugotavljanje prednosti in slabosti različnih gradbenih ukrepov oziroma izvedb, namenjeno lažjemu odločanju med različnimi investicijskimi ukrepi.

Glavna ideja za analiziranje cen življenjskega cikla pri investicijah v infrastrukturo je, da se morajo pri sprejemanju investicijskih odločitev upoštevati vsi stroški, ki se pojavljajo v obravnavanem obdobju.

Cilj analize je z vrednotenjem stroškov investitorja in uporabnikov najti varianto, ki v celotni življenjski dobi z najnižjimi skupnimi stroški izpolnjuje zahtevane pogoje, kot so na primer uporabnost, varnost, trajnost ter odprava tveganj, povezanih z nenatančnostjo vhodnih podatkov ter modeliranja. Analizo je mogoče izvajati tako za novogradnje kot za obnove.

Analize lahko izvajamo kot pomoč pri odločanju za:

- vrsto konstrukcije (npr. tip voziščne konstrukcije, tip mosta)
- vrsto konstrukcijskega sklopa (npr. tip dilatacije).

V analizi sta združena:

- inženirsko znanje in izkušnje, potrebne za določitev različnih variant, njihove življenjske dobe ter stroškov, povezanih z vzdrževanjem in obnovami
- splošno sprejete ekonomske tehnike za dolgoročno vrednotenje stroškov in koristi.

Rezultat analize je določitev ukrepa, ki v izbranem življenjskem obdobju prinaša najnižje stroške oziroma kombinacijo najnižjih stroškov in tveganja.

V ekonomskem smislu je analiza cene življenjskega cikla podvrsta analize stroškov in koristi, od katere pa se razlikuje po tem, da ne vrednoti koristi. Analiza cene življenjskega cikla se zato vedno izvaja v fazi, ko je bila odločitev za izvedbo nekega ukrepa že sprejeta in je namenjena določitvi stroškovno najbolj učinkovitega ukrepa za doseg zastavljenega nivoja uslug in koristi za uporabnike.

Dodatna prednost izvajanja analiz cen življenjskega cikla je tudi opravičenje sprejetih odločitev pred javnostmi, še posebej zaradi vedno večjega zanimanja le teh za načine in stroškovno učinkovitost upravljanja državnega premoženja.

Za uspešno izvedbo analize je potrebno oceniti:

- stroške investitorja, ki zajemajo predvsem gradbene stroške ukrepa, za kar je potrebno poznati življenjsko dobo in obnašanje voziščne konstrukcije v življenjski dobi. To lahko določimo na podlagi empiričnih, empirično-mehanističnih in analitičnih modelov. Zaradi kompleksnosti problema modeliranja voziščnih konstrukcij se obnašanje voziščnih konstrukcij običajno določa na podlagi metodologij, v katere so združeni izsledki raziskav z več področij. Zaradi kompleksnosti morajo biti namreč uporabljeni modeli medsebojno usklajeni, primerno kalibrirani in validirani. Obstaja več metodologij, kot so na primer:
 - o 1993 AASHTO Flexible Pavement Structural Design, ASHTOO ZDA 1993: metodologija, ki temelji na izsledkih empiričnega AASHTO testa

- Guide for Mechanistic-Empirical Design of New and Rehabilitated Pavement Structures, HCHRP, ZDA 2004 (mehanistično-empirična)
- Avstrijski model, Litzka et. al, 1996 (mehanistično-empirična)
- Nemški model: Richtlinien für die rechnerische Dimensionierung des Oberbaus von Verkehrsflächen mit Asphaltdeckschicht, FGSV, 2009 (mehanistično-empirična)
- stroške uporabnikov, ki se jih lahko izračuna z različnimi modeli (oziroma računalniškimi programi. Največkrat se za izračun za potrebe analize življenjskega cikla voziščne konstrukcije uporablja modele/programme temelječe na metodologiji Highway Capacity Manual (Federal Highway Administration, ZDA), za uporabo katere pa je potrebno:
 - določiti stroške obratovanja vozila
 - vrednost časa uporabnikov.

Iz navedenega je razvidno, da je za analizo življenjskega cikla voziščne konstrukcije moč uporabiti več različnih metod, ki pa se med seboj zelo razlikujejo glede na zahtevnost vhodnih podatkov. Za vhodne podatke ni nujno, da so na voljo v slovenskem prostoru.

1.2 Namen in cilji magistrskega dela

V gradbeništvu se konstrukcije običajno dimenzionira za obdobje daljše od 50 let. Pri tem se zahteva, da v življenjski dobi konstrukcije ne pride do njene porušitve.

Samo dimenzioniranje konstrukcij je tako bolj tehnični problem, saj je glavna zahteva, da so konstrukcijski elementi zadostnih dimenzij, da do porušitve konstrukcije ne pride. V ospredju je zato predvsem tehnični vidik.

Pri gradnji voziščnih konstrukcij je skoraj nemogoče doseči, da v nekem daljšem časovnem obdobju niso potrebni posegi v voziščno konstrukcijo. Obdobje, za katero se običajno dimenzionira voziščne konstrukcije, tako običajno znaša 20 – 40 let. V Sloveniji se po trenutno veljavni tehnični regulativi (TSC 06.520:2009 PROJEKTIRANJE: Dimenzioniranje novih asfaltnih voziščnih konstrukcij) voziščne konstrukcije dimenzionira na odpornost proti porušitvi zaradi utrujanja materiala in sicer za računsko obdobje 20 let.

Zaradi tega je po definiciji idealna voziščna konstrukcija tista, ki v daljšem časovnem obdobju (40 – 50 let) izpolnjuje zahteve (nosilnost, uporabnost, varnost,...) z najnižjimi stroški za investitorja kot tudi najnižjimi stroški, ki jih imajo uporabniki zaradi oviranja prometa, ki je posledica posegov v voziščno konstrukcijo. Metoda, ki to vrednoti, se imenuje analiza cene življenjskega cikla voziščne konstrukcije.

Pri načrtovanju voziščnih konstrukcij sta zato v ospredju tako tehnični kot tudi ekonomski vidik.

Namen magistrskega dela je poiskati, uskladiti in povezati metode, ki bodo omogočile izvajanje analize cene življenjskega cikla voziščne konstrukcije v slovenskem prostoru ter na podlagi v našem prostoru dosegljivih vhodnih podatkov.

Cilj magistrskega dela je razvijanje sistema, ki bi omogočal izvajanje analiz cen življenjskega cikla voziščnih konstrukcij pri novogradnjah in obnovah voziščnih konstrukcij v Republiki Sloveniji. Z izbiro optimalnih ukrepov ter njihovega časovnega redosleda bi namreč lahko dosegli prihranke pri gradnji in vzdrževanju cestne infrastrukture tako za investitorja kot za uporabnike.

1.3 Teze magistrskega dela

Hipoteza, ki jo bom skušal v delu dokazati, je:

Analiza cene življenjskega cikla voziščne konstrukcije omogoča bolj učinkovito načrtovanje voziščnih konstrukcij. Z izbiro pravih ukrepov ter redosleda ukrepov lahko na dolgi rok dosežemo prihranke, saj lahko z iskanjem optimalnega razmerja med obsegom ukrepa ter predvidenim terminom aktiviranja ukrepa dosežemo prihranke tako za investitorja kot za uporabnike. Poleg tega nas modeliranje življenjskega cikla sili v razmislek o vrsti in časovnem poteku ukrepov v prihodnosti, zaradi česar lahko opazimo probleme, ki bi drugače v fazi načrtovanja ostali skriti.

Kljub temu, da za izvedbo analize potrebujemo več modelov, ki niso nujno med seboj kompatibilni, oziroma zanje v slovenskem prostoru ni mogoče dobiti dovolj kakovostnih vhodnih podatkov, bi rad dokazal, da je mogoče s primerno izbiro modelov analizirati ceno življenjskega cikla voziščne konstrukcije (za voziščno konstrukcijo) na avtocestnem odseku v Sloveniji.

1.4 Struktura magistrskega dela

V magistrskem delu so obravnavani:

- modeli za modeliranje življenjske dobe voziščnih konstrukcij: Izbor modelov temelji na modelih, aplikativnih v praksi. Modeli so primerjani s stališča enostavnosti uporabe, načina podajanja rezultatov ter možnosti uporabe z vhodnimi podatki, ki so trenutno na voljo v slovenskem prostoru. Izmed razpoložljivih modelov je izbran model, ki zadostno modelira življenjsko dobo voziščnih konstrukcij, hkrati pa omogoča pridobivanje vhodnih podatkov v slovenskem prostoru

- programi in modeli za modeliranje stroškov uporabnikov: pregledanih je več programov in modelov, predlagana sta za izvedbo v slovenskem prostoru najprimernejša program in model za izračun kapacitete gradbiščne cone.

Za preveritev hipoteze je s pomočjo predlaganih modelov izvedena analiza življenjskega cikla voziščne konstrukcije na primeru sanacije voziščne konstrukcije v Republiki Sloveniji. Ugotavljala se je izvedljivost analize, njena skladnost z dosedanja prakso ter morebitna priporočila oziroma dopolnila k sedanji praksi.

Magistrsko delo vsebuje 4 poglavja.

- V prvem poglavju je opredeljen problem in predmet raziskovanja, predstavljene so teze, namen in cilj, podana je ocena dosedanje prakse ter opisana struktura magistrskega dela.
- V drugem poglavju so analizirane obstoječe raziskave na obravnavanem področju. Pregledani so:
 - modeli za modeliranje življenjske dobe voziščne konstrukcije. Modeli so primerjani s stališča enostavnosti uporabe, načina podajanja rezultatov ter možnosti uporabe z vhodnimi podatki, ki so trenutno na voljo v slovenskem prostoru. Izmed razpoložljivih modelov je izbran model, ki zadovoljivo modelira življenjsko dobo voziščnih konstrukcij, hkrati pa so vhodni podatki, potrebni za modeliranje, dosegljivi
 - programi in modeli za modeliranje stroškov uporabnikov. Predlagan je za slovenski prostor najprimernejši model.
- V tretjem poglavju je na podlagi poznanih modelov preverjeno ali je s pomočjo dostopnih podatkov mogoče izvesti analizo cene življenjskega cikla voziščne konstrukcije na dejanskem projektu obnove voziščne konstrukcije na avtocesti v Republiki Sloveniji.
- V četrtem poglavju so predstavljeni rezultati raziskovanja, preverjene postavljene teze in podane usmeritve za nadaljnje raziskovanje.

2 PREGLED OBSTOJEČIH RAZISKAV

2.1 Potek analize življenjskega cikla voziščne konstrukcije

Analiza cene življenjskega cikla se izvaja v fazi, ko je bila odločitev za izvedbo nekega ukrepa že sprejeta. Cilj analize je določitev stroškovno najbolj učinkovitega ukrepa, ki dosega zahtevan nivo uslug ter koristi za uporabnike.

V splošnem poznamo dva osnovna tipa analiz:

- Deterministična analiza – vhodni podatki so podani deterministično, zato je izračun relativno preprost, ne omogoča pa upoštevanja negotovosti pri vhodnih podatkih, kar bistveno oteži analiziranje tveganja (analiza tveganj je mogoča le s t.i. analizo občutljivosti).
- Probabilistična analiza – poskuša zajeti negotovosti pri podajanju vhodnih podatkov in modeliranju, zato so nekateri vhodni podatki podani v obliki verjetnostne porazdelitve, analiza pa se izvede s pomočjo statističnih simulacijskih tehnik (npr. z metodo Monte Carlo) tako, da je končni rezultat podan v obliki verjetnostne porazdelitve. To bistveno olajša izvedbo analize tveganja.

Analiza se prične z določitvijo alternativ načrtovanja za izbrani ukrep, ki morajo izpolnjevati vse zahtevane pogoje. V naslednji fazi se določi razpored in trajanje začetnih in vmesnih ukrepov, ki so potrebni za implementiranje posamezne alternative. V tretji fazi se oceni stroške (investitor, uporabniki) teh ukrepov. Na podlagi časovnega razporeda ter predvidenih stroškov posamezne alternative se nato tvori časovni tok stroškov v življenjskem ciklu, na podlagi katerega se z ekonomsko metodo diskontiranja določi stroškovno najugodnejšo alternativo.

2.1.1 Določitev in opredelitev alternativ za izbrani ukrep

Pri analiziranju življenjskega cikla voziščne konstrukcije potrebujemo vsaj dve funkcionalno enakovredni alternativni načrtovanja. Alternativa načrtovanja je kombinacija v začetku izbranega tipa voziščne konstrukcije ter potrebnih dopolnjujočih vzdrževalnih ter ohranitvenih aktivnosti v predvideni življenjski dobi voziščne konstrukcije.

Alternative običajno določimo na podlagi izkušenj, raziskav ter investitorjevih praks.

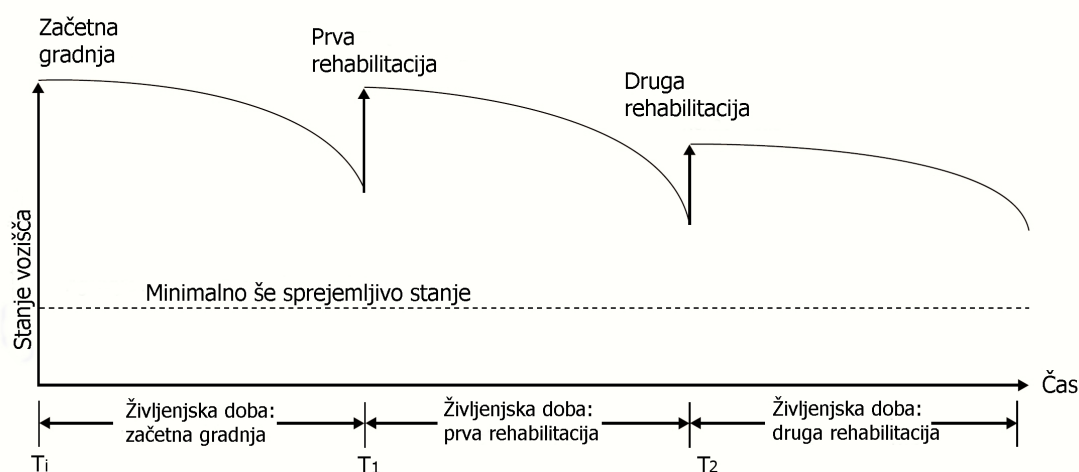
V prvem koraku je potrebno tudi določiti časovno obdobje, za katero bomo analizirali stroške. V splošnem mora biti časovno obdobje dovolj dolgo, da vključuje vsaj eno večjo rehabilitacijsko

aktivnost. V primeru različno dolgih življenjskih dob posameznih alternativ je potrebno ovrednotiti tudi preostalo vrednost alternativ po izteku izbranega časovnega obdobja.

2.1.2 Določitev razporeda posameznih ukrepov znotraj alternative

Po določitvi in opredelitvi alternativ je potrebno za posamezne ukrepe določiti časovni razpored. Običajno časovni razpored vključuje, kdaj bo kakšen vzdrževalni oz. ohranitveni ukrep izveden ter koliko časa in v kakšnem obsegu se bo izvajal. Razpored ukrepov lahko določimo na podlagi podatkov o dosedanjem obnašanju, na podlagi raziskav ali na podlagi strokovnih mnenj.

Skupek predvidenih ukrepov ter časovnega prikaza se imenuje strategija načrtovanja voziščne konstrukcije (Pavement Design Strategy). Slika 1 grafično prikazuje primer strategije načrtovanja voziščne konstrukcije.



Slika 1: Strategija načrtovanja voziščne konstrukcije (U.S. Department of Transportation, 2002: str. 12)

Figure 1: Pavement design strategy (U.S. Department of Transportation, 2002: p. 12)

2.1.3 Ocena stroškov

Ocenjujemo dva tipa stroškov:

- Stroške investitorja: pridobimo jih z analiziranjem preteklih projektov, trenutnih ponudb ali z inženirsko presojo. Delijo se na
 - stroške načrtovanja,
 - stroške gradnje,
 - stroške rednega vzdrževanja,

- stroške rehabilitacij
- Stroške uporabnikov: običajno nastanejo zaradi razporeda, trajanja in obsega gradbišč, ki pogojujejo spremembo hitrosti, ustavljanje, zamude, obvoze in nezgode. Pri normalnih obratovalnih razmerah se stroški uporabnikov bistveno ne razlikujejo med posameznimi alternativami, zato upoštevamo samo stroške, nastale zaradi oviranja prometa, ki jih delimo na
 - obratovalne stroške vozila:
 - stroške zaradi spremembe hitrosti
 - stroške zaradi ustavljanja
 - stroške zaradi prometnih zastojev
 - stroške porabljenega časa:
 - zamude zaradi spremembe hitrosti
 - zamude zaradi omejitve hitrosti na gradbišču
 - zamude zaradi ustavljanja
 - zamude zaradi prometnih zastojev
 - stroške nezgod.

Bistven delež k povečanju stroškov uporabnikov prinesejo stroški, nastali zaradi prometnih zastojev, tako da v primeru odprave vzrokov za nastanek zastojev stroške zelo znižamo.

Pri ocenjevanju stroškov ni potrebno upoštevati vseh stroškov, temveč je potrebno upoštevati le stroške, ki se med posameznimi alternativami razlikujejo (npr. ni potrebno upoštevati stroškov za odkup zemljišč, če so le ti enaki za vse alternative).

Prav tako trenutno razvoj stroke še ne omogoča vrednotenja indirektnih stroškov porabljenega časa, kot so na primer vpliv zastojev na velikost potrebnega voznega parka, vpliv na t.i. proizvodnjo »točno na čas« (just-in-time) itd.

Stroške investitorja in uporabnikov običajno analiziramo ločeno. Pri vrednotenju posameznih alternativ imajo prednost stroški investitorja, stroške uporabnikov pa upoštevamo le, če ti bistveno presegajo stroške investitorja oziroma v primeru, da se bistveno razlikujejo med posameznimi alternativami.

2.1.4 Izračun cen življenjskega cikla

Glavni cilj tega koraka je ob upoštevanju predvidenega časovnega razporeda preračun stroškov investitorja in stroškov uporabnikov različnih alternativ tako, da jih je mogoče medsebojno vrednotiti. Ker imajo denarna sredstva, porabljena ob različnem času, različne sedanje vrednosti (denar prejet

danes ima večjo vrednost od denarja, prejetega v prihodnosti), se stroški ne smejo enostavno sešteti, temveč jih je potrebno dodatno diskontirati z izbrano diskontno stopnjo.

Največkrat se stroške, prenesene na današnji čas, izraža z neto sedanjo vrednostjo (enačba 1)

$$\text{Neto sedanja vrednost} = \text{Bodoča vrednost} \cdot \frac{1}{(1+r)^n}$$

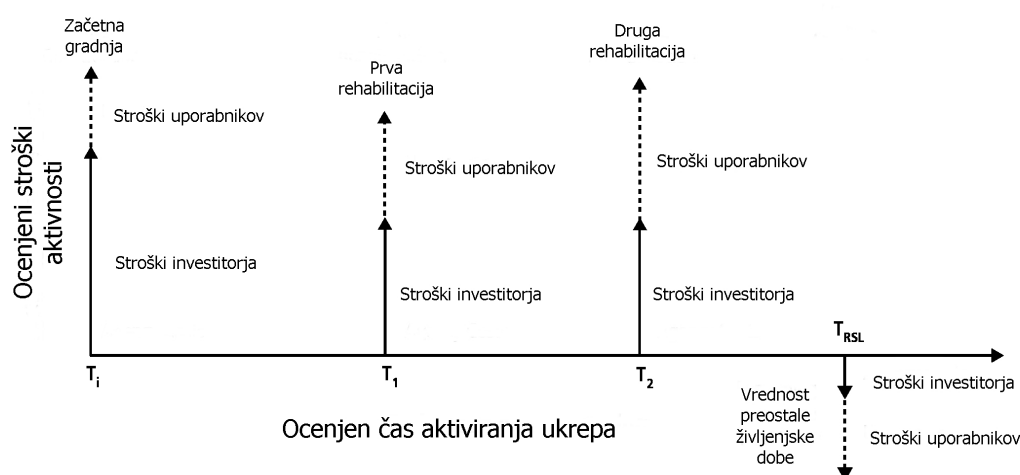
r... realna obrestna mera

n... število let do aktiviranja stroškov

Enačba 1: Izračun neto sedanje vrednosti

Equation 1: Equation for net present value calculation

Zaradi lažje vizualizacije stroškov se običajno odločamo za izris diagrama toka stroškov (slika 2).



Slika 2: Diagram toka stroškov (U.S. Department of Transportation, 2002: str. 14)

Figure 2: Cost flow chart (U.S. Department of Transportation, 2002: p. 14)

Analiza lahko poteka na dva načina:

- Deterministični način: vsi vhodni podatki so podani kot diskretne vrednosti ter predstavljajo najbolj verjetno vrednost. Določitev vhodnih podatkov se običajno izvede na podlagi preteklih investicij oziroma na podlagi strokovne presoje. Na podlagi teh vhodnih podatkov se potem izvede enkraten preračun cene življenjskega cikla. Izračun je relativno preprost, ima pa večjo pomanjkljivost, to je nezmožnost upoštevanja stopnje nezanesljivosti vhodnih podatkov. Način sicer omogoča izvedbo analize občutljivosti, pri kateri spreminjamo vrednosti

posameznih vhodnih podatkov, vendar pa smo omejeni na hkratno variiranje le enega parametra. Analiza občutljivosti nam tudi ne daje nobene informacije o verjetnosti, da se bo posamezen primer tudi dejansko zgodil.

- Probabilistični način: težje določljivi vhodni podatki so podani v obliki verjetnostne porazdelitve (slika 3). Simulacijski računalniški program na podlagi teh verjetnostnih porazdelitev naključno izbere vrednosti vhodnih podatkov ter izračuna diskretno podan rezultat. Pri najpogostejše uporabljeni metodi, to je metodi Monte Carlo, se ta postopek več tisočkrat ponovi, simulacijski program pa nato na podlagi množice rezultatov kreira verjetnostno porazdelitev rezultatov. S primerjanjem verjetnostnih porazdelitev rezultatov se nato glede na zaželeno stopnjo tveganja odločamo za najprimernejšo alternativo.



Slika 3: Primer probabilističnega podajanja življenjske dobe preplastitve (FHWA. 1998: str. 104)

Figure 3: Probabilistic design life presentation of an overlay (FHWA. 1998: p. 104)

2.1.5 Analiza rezultatov

Pri analizi rezultatov primerjamo stroške posameznih alternativ, diskontiranih v sedanjost. Pri vrednotenju največkrat ločeno primerjamo stroške investitorja ter stroške uporabnikov, saj je v praksi težko doseči enako nespornost obeh tipov stroškov. Zaradi tega običajno postopek vrednotenja poteka po naslednjem vrstnem redu:

- primerja se stroške investitorja
- preveri se, če ima kakšna alternativa neporocionalno visoke stroške uporabnikov
 - v primerjavi s stroški investitorja ter

- v primerjavi med posameznimi alternativami
- če ima za investitorja najugodnejša varianta neproporcionalno velike stroške za uporabnike, se predlagajo popravki alternative ali pa se odloči za alternativo z nižjimi stroški za uporabnike ter višjimi stroški za investitorja.

Kot že prej omenjeno, je rezultat pri determinističnem pristopu najverjetnejša vrednost, negotovost pa je mogoče analizirati le z občutljivostnimi analizami, ki pa so dokaj omejujoče.

Pri probabilističnem pristopu je mogoče vrednotenje negotovosti vhodnih podatkov. Pri tem je potrebno določiti želeno stopnjo tveganja.

Rezultat vrednotenja je ali izbira najugodnejše alternative ali pa prevrednotenje alternativ (sprememba dimenzioniranja, sprememba vodenja prometa, sprememba časa zapor) glede na ugotovljeno.

2.2 Modeliranje propadanja voziščne konstrukcije

Modeli za modeliranje propadanja voziščne konstrukcije se uporabljajo za načrtovanje voziščnih konstrukcij.

Osnovni namen načrtovanja voziščnih konstrukcij je združiti različne plasti materialov, ki jih lahko gospodarno proizvedemo, tako da bo voziščna konstrukcija sposobna določen čas prevzeti predvidene prometne obremenitve.

Po definiciji je načrtovanje voziščnih konstrukcij aktivnost na projektnem nivoju, kjer ob upoštevanju poglobljenih inženirskih in ekonomskih omejitev kombiniramo materiale v voziščni konstrukciji z namenom zagotoviti zadostno trajnost voziščne konstrukcije.

Pri tem upoštevamo naslednje faktorje: lastnosti materialov, prometne obremenitve, nosilnost podlage, klimatske obremenitve, potrebno vzdrževanje voziščnih konstrukcij, odvodnjevanje ter stroške življenjskega cikla voziščne konstrukcije.

Osnovni namen modelov za modeliranje propadanja voziščne konstrukcije na projektnem nivoju je dobiti vpogled v slabšanje stanja voziščnih konstrukcij zaradi prometnih in klimatskih obremenitev ter staranja materialov, vgrajenih v voziščne konstrukcije, z namenom določitve potrebnih debelin posameznih plasti v voziščni konstrukciji.

Cilj modeliranja je najti kombinacijo ukrepov, ki omogočajo izvedbo voziščne konstrukcije in ohranjanje voziščne konstrukcije v zahtevanem stanju za daljše časovno obdobje (40-50 let) z najnižjimi stroški.

Modeli za modeliranje propadanja voziščne konstrukcije na projektnem nivoju se v osnovi delijo na:

- empirične modele
- mehanistično – empirične modele
- analitične modele.

Prednosti, slabosti in način delovanja posameznih modelov so opisani v naslednjih poglavjih.

2.2.1 Dejavniki, ki vplivajo na propadanje voziščnih konstrukcij

Glavni vzroki za propadanje voziščnih konstrukcij so:

- prometne obremenitve
- klimatske obremenitve
- staranje materialov
- kombinacije zgoraj naštetih vplivov.

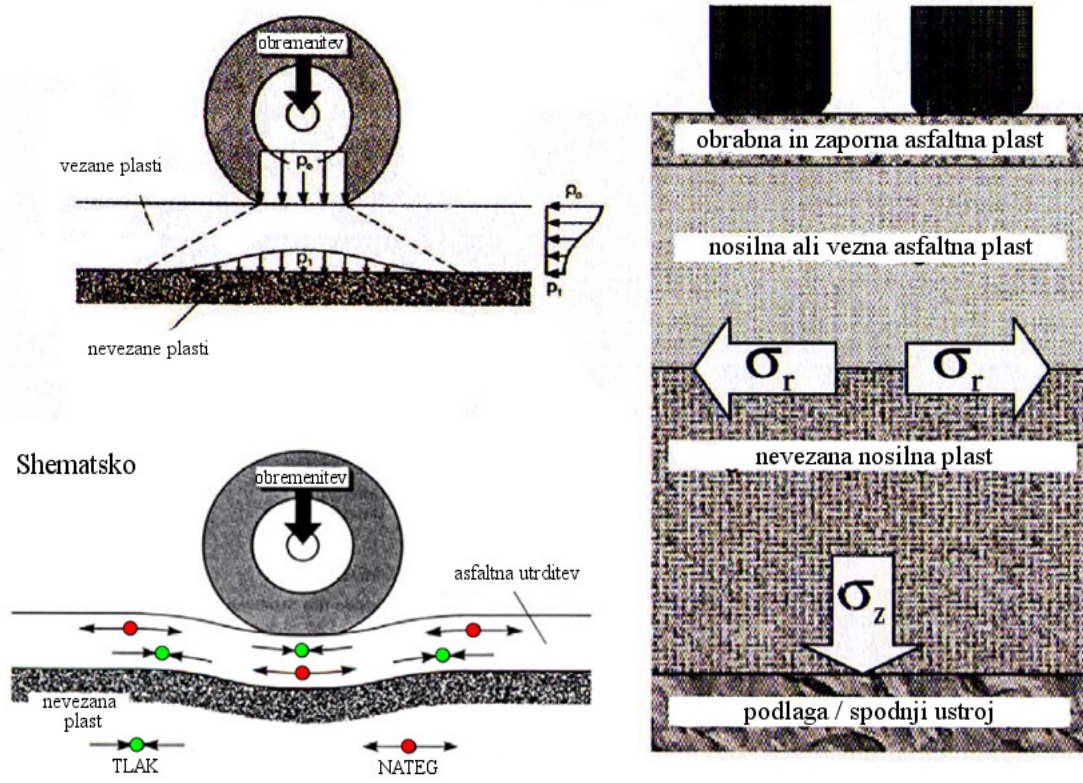
2.2.1.1 Prometne obremenitve

Prometne obremenitve se v voziščno konstrukcijo prenašajo preko pnevmatik vozil. Vpliv obremenitev je odvisen od obremenjenosti osi, tipa osi, tipa pnevmatike, tlaka v pnevmatiki, števila prehodov, širine vozišča in prečnega poplesavanja vozil, ravnosti vozišča, števila pasov, obratovalne hitrosti ceste in urne ter mesečne porazdelitve vozil.

Posamezna prometna obremenitev povzroči deformacijo voziščne konstrukcije zaradi katere se v voziščni konstrukciji pojavijo napetosti.

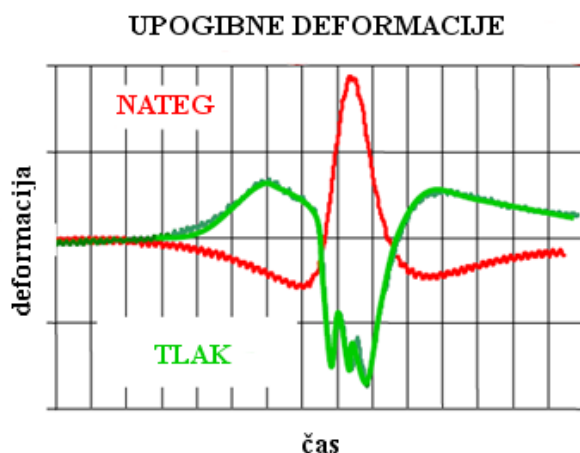
Sam potek napetosti je pri asfaltnih voziščnih konstrukcijah relativno kompleksen, vendar pa ga za samo razumevanje mehanizmov v voziščnih konstrukcijah lahko poenostavljeno razložimo, da prometna obremenitev:

- v vezanih plasteh povzroči natezne in tlačne napetosti,
- v nevezanih plasteh pa tlačne napetosti v vertikalni smeri (slika 4, slika 5).



Slika 4: Napetosti v voziščni konstrukciji zaradi prometne obtežbe (shematsko) (Blab, 2001: str. 21)

Figure 4: Stresses in pavement construction caused by traffic loadings (schematic) (Blab, 2001: p. 21)



Slika 5: Deformacije v asfaltni plasti zaradi prometne obtežbe (shematsko) (Blab, 2009: str. 35)

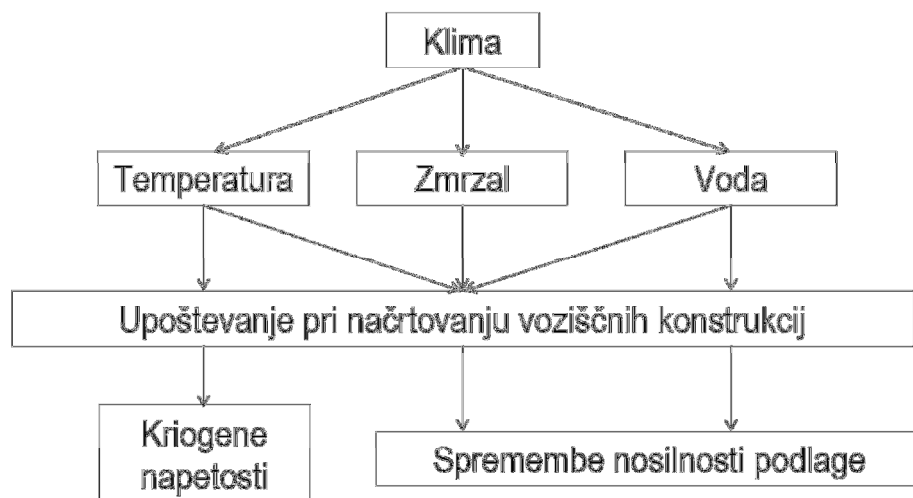
Figure 5: Deformations in asphalt layer caused by traffic loadings (schematic) (Blab, 2009: p. 35)

Večinoma so poškodbe voziščnih konstrukcij zaradi prometne obremenitve posledica:

- prevelikih nateznih obremenitev asfaltnih plasti (razpoke)
- prevelikih strižnih obremenitev asfaltnih plasti (kolesnice)
- prevelikih tlačnih obremenitev nevezani plasti (posedki, razpoke, kolesnice).

2.2.1.2 Klimatske obremenitve

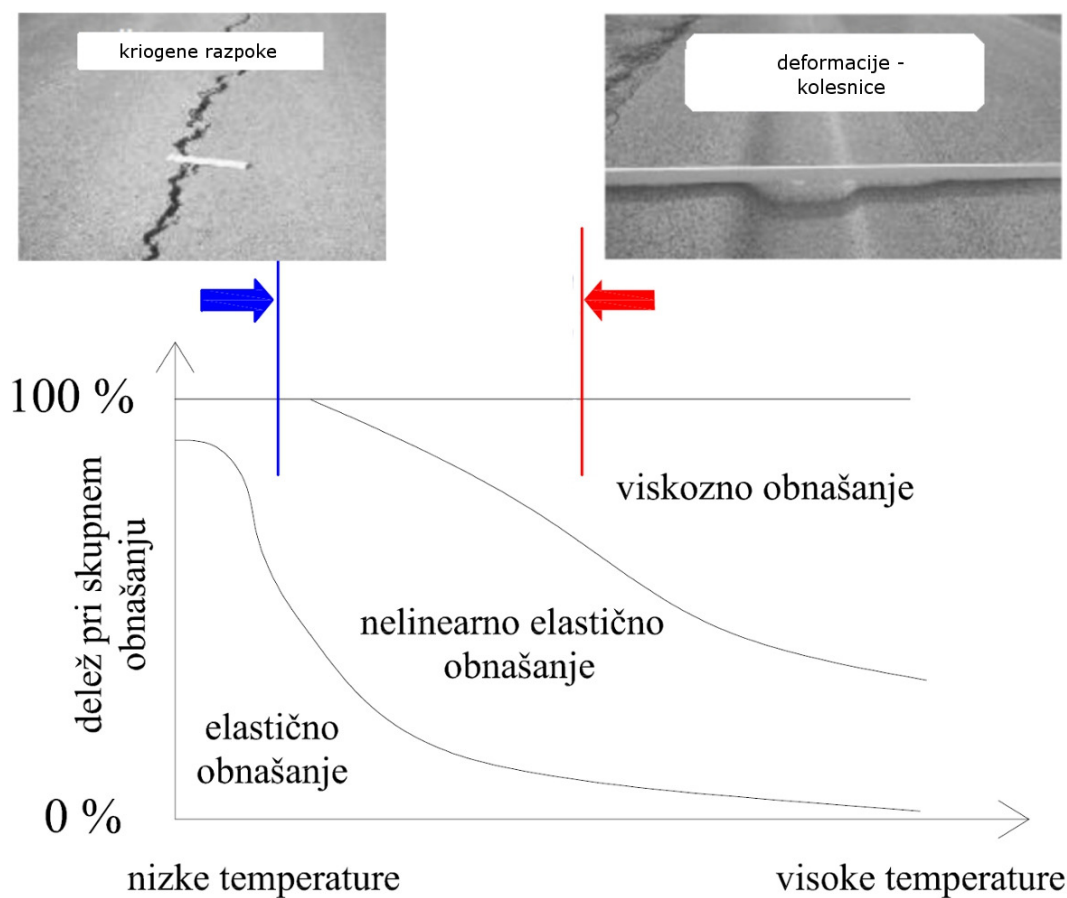
Klimatske obremenitve vplivajo na voziščno konstrukcijo v obliki temperatur, zaradi zmrzali ter zaradi prisotnosti vode v materialih (slika 6).



Slika 6: Shematski prikaz vpliva klimatskih obremenitev na voziščno konstrukcijo (Blab, 2009: str. 43)

Figure 6: Climate influences on a pavement construction – schematic (Blab, 2009: p. 43)

Temperatura ima največji vpliv na asfaltne plasti (slika 7). Pri visokih temperaturah je tipična poškodba asfaltnih plasti nastanek kolesnic, pri nizkih temperaturah pa kriogene razpoke (prečne ali vzdolžne).

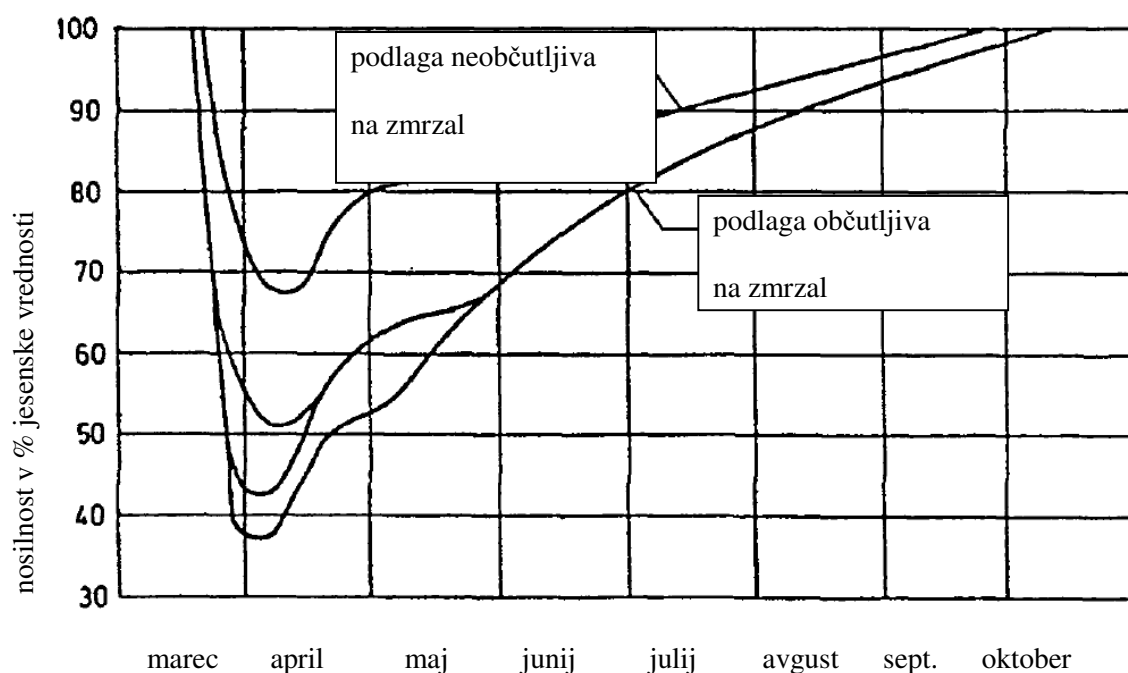


Slika 7: Vpliv temperature na obnašanje asfaltnih plasti (Blab, 2009: str. 43)

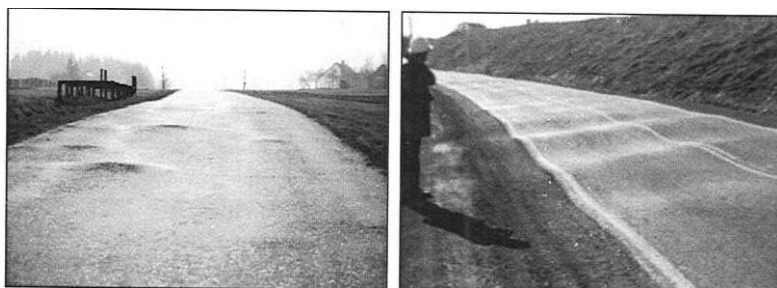
Figure 7: Temperature influence on asphalt layers performance (Blab, 2009: p. 43)

Zmrzal in voda imata največji vpliv na nevezane plasti. Njihovo delovanje povzroča

- zmanjšanje elastičnega modula podlage v času odjuge, ki je še posebej veliko, če materiali niso zmrzlinso odporni (slika 8)
- zmrzlinke dviške zaradi tvorjenja ledenih leč (slika 9).



Slika 8: Vpliv zmrzali na elastični modul nevezanih nosilnih plasti (Fredrickson 1963: str.: 43)
Figure 8: Influence of frost on elasticity module of unbound wearing layers (Fredrickson 1963: p.: 43)



Slika 9: Zmrzlini dvigčki (Wistuba et al., 2000)
Figure 9: Frost heaves (Wistuba et al., 2000)

2.2.1.3 Staranje materiala

Staranju materiala so v največji meri podvržene asfaltne plasti zaradi staranja bitumenskega veziva, ki je organskega izvora.

Bituminizirana zmes je sestavljena iz zmesi kamnitih zrn, bitumenskega veziva in zraka. Bitumensko vezivo, ki zlepi kamnita zrna, mora imeti dobro oprijemljivost, poskrbeti mora za elastičnost zmesi, obstojno mora biti na vremenske vplive (temperaturne razlike, ultravijolične žarke, sol, vlago). Uporabljamo naslednje vrste veziv:

- cestogradbeni bitumen, ki je najpogostejše uporabljeno vezivo za izdelavo asfaltnih vozišč in je pridobljeno pri destilaciji nafte
- s polimeri modificirane bitumne (PmB), ki so bolj elastični; območje uporabnosti je širše, imajo boljšo kohezijo in adhezijo, so toplotno bolj stabilni in odpornejši proti staranju, zaradi česar jih uporabljamo pri zelo obremenjenih voziščih in tankih prevlekah.

Oksidacija bitumenskega veziva oz. staranje poteka v fazi proizvodnje bituminiziranih zmesi, transporta in vgrajevanja. Višja kot je temperatura, večje so spremembe bitumna, zato je pri proizvodnji omejena maksimalna temperatura zmesi. Priporočljiv je tudi čim krajši čas od proizvodnje do vgrajevanja.

V času eksploatacije bituminizirane zmesi je hitrost staranja odvisna od vsebnosti odprtih votlin. Za z odprtimi votlinami bogate asfaltne zmesi (npr. drenažni asfalt) je hitro staranje potrebno zmanjšati z razmeroma velikim deležem bitumna, za doseganje boljše zlepljenosti veziva z zrnji pa je primerna uporaba polimernih bitumnov.

Zaradi izpostavljenosti kisiku ter UV žarčenju so staranju v največji meri podvržene obrabne plasti. Staranje ima za posledico zmanjšanje togosti plasti ter povečanje krhkosti plasti. Najbolj podvrženih staranju je zgornjih 3 cm obrabne plasti. Staranje poteka občutno hitreje v primeru zmesi z bolj odprto sestavo (npr. drenažni asfalti).

2.2.2 Empirični modeli

Gonilo za razvoj empiričnih modelov je bilo dejstvo, da je upoštevanje številnih obremenitev oziroma zunanjih vplivov na voziščne konstrukcije v matematični obliki zelo težko oziroma je bilo pred pojavom računalnikov ter novih preskusov in meritev dejansko nemogoče.

Zato so se do nedavnega (oziroma se še vedno) pri načrtovanju voziščnih konstrukcij praviloma uporabljali postopki, ki temeljijo na izkušnjah oziroma preskusih v določenih naravnih pogojih.

Takšna poskusna vozišča oziroma voziščne konstrukcije omogočajo podrobno spremljanje vseh sprememb stanja voziščne konstrukcije ves čas trajanja, zato je njihov pomen za praktično načrtovanje voziščnih konstrukcij neprecenljiv.

Osnove, ki se v večji ali manjši meri uporabljajo pri vseh praktičnih postopkih načrtovanja voziščnih konstrukcij so:

- nosilnost podlage (posteljice)
- prometna obremenitev
- značilnosti načrtovanih materialov
- lokalni vremenski pogoji.

Kot najbolj znane empirične modele lahko omenimo:

- modele, temelječe na rezultatih AASHO testa
- postopek Dormon – Edwards
- Postopek TRRL

Ker se v Sloveniji voziščne konstrukcije dimenzionira po metodah, temelječih na rezultatih AASHO testa, sem se v nadaljevanju osredotočil nanje.

2.2.2.1 Dimenzioniranje na podlagi ugotovitev AASHO testa

AASHO test je bila serija preskusov, izvedenih v ZDA z namenom ugotoviti kako promet vpliva na propadanje voziščnih konstrukcij. Uradni namen testa je bil ugotoviti obnašanje voziščnih konstrukcij pod premikajočo se obtežbo poznane velikosti in frekvence. Test je bil izveden v letih 1956 do 1961 v ameriški zvezni državi Illinois in je večkrat citiran kot osnovni izvor eksperimentalnih podatkov za upoštevanje vpliva vozil na ceste za potrebe načrtovanj cest, obdavčitve vozil in cestninjenja.

Preskus se je izvajal na šestih dvopasovnih zankah, vzporednih z bodočo traso avtoceste. Vsak pas je bil izpostavljen ponavljajočemu obremenjevanju s posameznimi tipi vozil in različno težo. Zgradba voziščne konstrukcije se je spreminjala znotraj posamezne zanke, tako da se je lahko proučevalo interakcijo med obtežbami vozil in voziščno konstrukcijo. Načrtovane so bile tudi satelitske študije v zveznih državah z drugačno klimo, vendar pa nikoli niso bile izvedene.

Na podlagi rezultatov AASHO testa je bila razvita metodologija za načrtovanje voziščnih konstrukcij (prva izdaja 1961, kasnejše izdaje 1972 in 1993). Trenutno veljavna izdaja je iz leta 1993 in naj bi bila zadnja, temelječa na rezultatih AASHO testa. Naslednja verzija naj bi temeljila na rezultatih laboratorijskih preiskav, numeričnih modelov ter programa dolgotrajnega načrtovanja vozišč (LTTP – Long Term Pavement Performance Programme). Sprva je bil njen izid predviden za leto 2002, vendar

pa je bil zaradi zahtevnosti večkrat prestavljen. Metodologija je trenutno v preskusni fazi ter je dostopna pod imenom »Guide for Mechanistic-Empirical Pavement Design«, skupaj s programom, namenjenim za načrtovanje voziščnih konstrukcij pod imenom M-E PDG .

AASHO test je uvedel več novih konceptov v načrtovanje voziščnih konstrukcij, med drugim tudi faktor ekvivalence prometne obtežbe. Ugotovljeno je bilo, da težja vozila bistveno bolj poškodujejo voziščne konstrukcije kot lažja, t.i. zakon generalizirane četrte potence.

Kot rezultat stanja/propadanja voziščne konstrukcije AASHO test navaja t.i. PSI indeks (Present Serviceability Index – Indeks trenutne uporabnosti), ki je izračunan iz vzdolžne ravnosti vozišča, deleža krp, kolesnic in razpok.

Indeks uporabnosti se izvednoti po naslednji enačbi:

$$PSI = p_a = 5,03 - 1,91 \log(1 + \overline{SV}) - 0,01 \sqrt{C + P} - 0,214 \overline{RD}^2$$

kjer pomeni:

p_a – trenutni indeks uporabnosti asfaltnega vozišča

$\overline{SV}$ – povprečna vrednost raztrosa vzdolžnih nagibov v obeh kolesnicah

C – površina razpokanega vozišča

P – površina zakrpanega vozišča

$\overline{RD}$ – povprečna globina kolesnic

Enačba 2: Enačba za določitev indeksa uporabnosti vozišč

Equation 2: Equation for serviceability index calculation

Na podlagi indeksa uporabnosti vozišča lahko podamo oceno stanja vozišča (Preglednica 1)

Preglednica 1: Osnove za oceno uporabnosti vozišča pri AASHO testu (Žmavc 2007: str. 248)
 Table 1: Basics for the serviceability evaluation by AASHO test (Žmavc 2007: p. 248)

Indeks uporabnosti vozišča (PSI)	Ocena stanja
5-4	zelo dobro
4-3	dobro
3-2	srednje
2-1	slabo
1-0	zelo slabo

Kljub starosti je načrtovanje voziščnih konstrukcij na podlagi rezultatov AASHO testa še vedno dokaj razširjeno.

Glavne prednosti načrtovanja voziščnih konstrukcij na osnovi rezultatov AASHOO testa so enostavnost uporabe ter dolgoletne izkušnje.

Glavne pomanjkljivosti načrtovanja voziščnih konstrukcij glede na rezultate AASHOO testa so:

- AASHTO preskus je bil izveden z bistveno manjšimi prometnimi obremenitvam (1 mio prehodov NOO v življenjski dobi), kot jih imamo danes (na nekaterih avtocestnih odsekih v Sloveniji se 1 mio prehodov zgodi manj kot v enem letu). Potrebne debeline materialov v voziščni konstrukciji zato dobimo z ekstrapolacijo rezultatov, dobljenih na podlagi AASHO testa, vendar pa so ti podatki zaradi oddaljenosti od dejansko testiranih obremenitev nezanesljivi. Za zelo velike prometne obremenitve naj bi veljalo, da so debeline potrebnih plasti ugotovljene po AASHO, precenjene.
- Zaradi oviranja prometa so zahteve po življenjski dobi VK višje (30-40 let, namesto 20 let).
- Sprememba voznega parka – danes imamo bistveno drugačen vozni park kot leta 1950.
- Test je bil izveden samo na eni lokaciji, zato slabo upošteva različne klimatske vplive.
- Razvite so bile nove sestave asfaltnih zmesi; ker pa je bil test izveden le z asfaltnim betonom in cementnim betonom, vpliva boljših zmesi na potrebno debelino voziščnih konstrukcij ni mogoče upoštevati. Poleg tega je danes znanje o obnašanju materialov bistveno večje kot v času izvedbe testa.

2.2.2.2 Dimenzioniranje po tehničnih specifikacijah za ceste (TSC)

Trenutno veljavna tehnična regulativa (Tehnične specifikacije za ceste) v Sloveniji temelji na rezultatih AASHO testa.

Načrtovanje voziščnih konstrukcij obravnavajo predvsem sledeče smernice:

- TSC 06.512:2003 PROJEKTIRANJE: klimatski in hidrološki pogoji
- TSC 06.520:2009 PROJEKTIRANJE: Dimenzioniranje novih asfaltnih voziščnih konstrukcij
- TSC 06.541:2009 PROJEKTIRANJE: Dimenzioniranje ojačitev obstoječih asfaltnih voziščnih konstrukcij
- TSC 06.511:2009 PROMETNE OBREMENITVE: Določitev in razvrstitev

Prometne obremenitve določimo na podlagi TSC 06.511:2009. V praksi se prometne obremenitve največkrat določa s povprečnimi vrednostmi faktorjev ekvivalentnosti za reprezentativna vozila. Pri tem načinu najprej izračunamo dnevno ekvivalentno prometno obremenitev tako, da se število reprezentativnih vozil, dobljeno s štetjem prometa, pomnoži s povprečnim faktorjem ekvivalentnosti za posamezno vozilo. Povprečni faktorji ekvivalentnosti so bili določeni na podlagi študije, v kateri se je izvajalo tehtanje vozil med vožnjo ob upoštevanju zakonitosti, dobljenih med AASHO testom. Faktorji so različni glede na kategorijo ceste (Preglednica 2).

Preglednica 2: Povprečne vrednosti faktorjev ekvivalentnosti za reprezentativna vozila (TSC-06-511-2009: str. 7)

Table 2: Average values of equivalency factors for representative vehicles (TSC-06-511-2009: p. 7)

Reprezentativno vozilo	Povprečni faktor ekvivalentnosti		
	AC In HC	G1 In G2	R1 In R2
- osebno	0,00003	0,00003	0,00003
- avtobus	1,40	1,15	0,85
- tovorno:			
- lahko	0,005	0,005	0,005
- srednje	0,35 ¹⁾ /0,6 ²⁾	0,25 ¹⁾ /0,5 ²⁾	0,25 ¹⁾ /0,4 ²⁾
- težko	1,70 ¹⁾ /0,7 ²⁾	1,45 ¹⁾ /0,6 ²⁾	1,35 ¹⁾ /1,0 ²⁾
- težko s prikolico	1,60	1,40	1,25

¹⁾ kategorije vozil določene na podlagi izmerjenih medosnih razdalj (WIM)

²⁾ kategorije vozil določene na podlagi induktivnih števecv prometa

Merodajno prometno obremenitev se nato izračuna po enačbi 3.

$$T_n = 365 \cdot T_d \cdot f_{pp} \cdot f_{sp} \cdot f_{nn} \cdot f_{dv} \cdot f_{tp}$$

kjer pomeni:

T_n - merodajna prometna obremenitev v obdobju n let

T_d - ekvivalentna dnevna prometna obremenitev

f_{pp} - faktor prečnega prereza vozišča

f_{sp} - faktor širine prometnih pasov

f_{nn} - faktor vzdolžnega nagiba nivelete

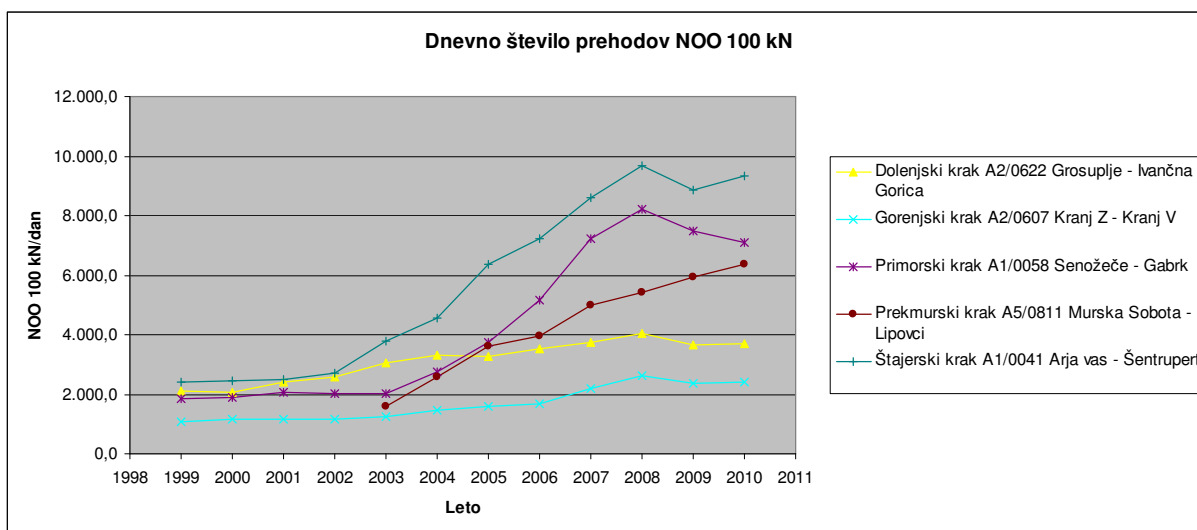
f_{dv} - faktor dodatnih dinamičnih vplivov

f_{tp} - faktor povečanja prometne obremenitve zaradi rasti prometa v dobi trajanja

Enačba 3: Določitev merodajne prometne obremenitve vozila (TSC-06-511-2009: str. 10)

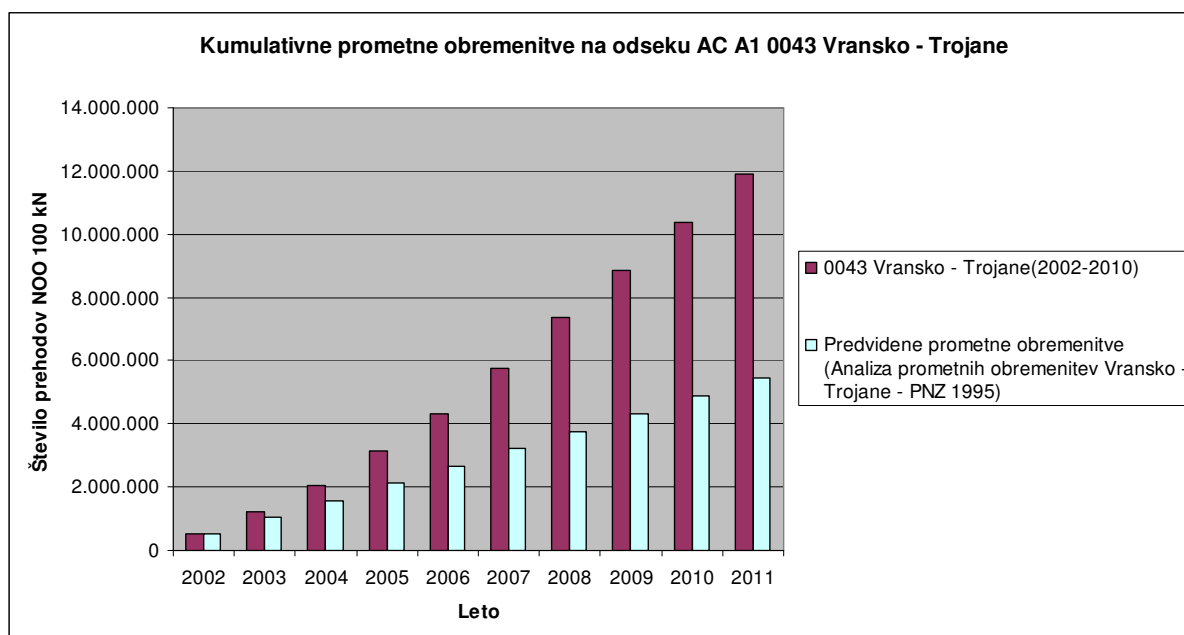
Equation 3: Determination of relevant traffic loads (TSC-06-511-2009: p. 10)

Način določitve posameznih faktorjev je podan v tehnični specifikaciji in je relativno enostaven, razen določitve rasti prometa, ki je lahko problematična – primeri iz AC A1 na grafikonih 1, 2 in 3.



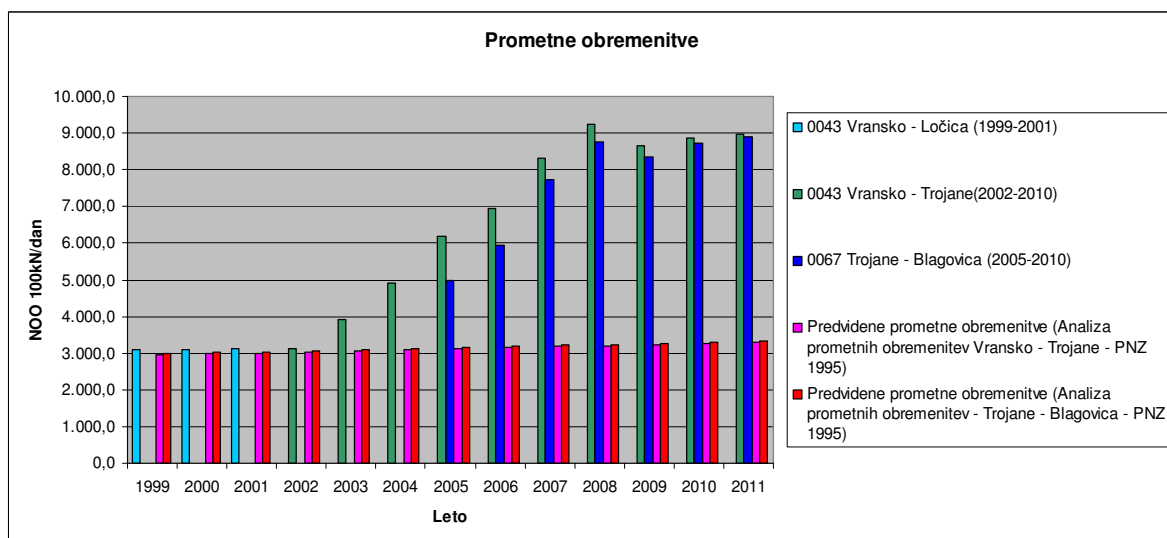
Grafikon 1: Nepričakovano velika rast prometnih obremenitev na slovenskem avtocestnem omrežju

Chart 1: Unexpectedly high traffic growth on the Slovenian motorway network



Grafikon 2: Planirano število prometnih obremenitev na AC A1 odsek 0043 Vransko – Trojane v 20 letnem planskem obdobju je bilo doseženo že v 10ih letih

Chart 2: Planned number of traffic loads on the AC A1 section 0043 Vransko - Trojane for the 20-year plan period that has been achieved already in 10 years



Grafikon 3: Dvakrat prenizka prognoza prometnih obremenitev na AC A1

Chart 3: Traffic loads forecast on the AC A1 was underestimated by a factor of 2

2.2.3 Mehanistično – empirični modeli

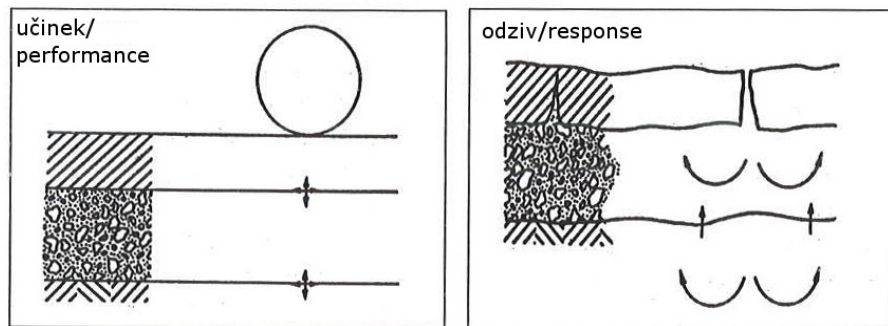
Mehanistično – empirični modeli počasi izpodrivajo dimenzioniranje na podlagi rezultatov empiričnih preskusov.

Glavna vzroka za razvoj mehanistično – empiričnih modelov za dimenzioniranje voziščnih konstrukcij sta:

- izključno analitično modeliranje obnašanja voziščnih konstrukcij je prezahtevno: izračuni potekajo predolgo, dovolj natančne vhodne podatke je težko pridobiti, rezultati modeliranja niso dovolj natančni
- izključno empirično modeliranje obnašanja voziščnih konstrukcij ne omogoča vpogleda v dogajanje v voziščnih konstrukciji, izboljšave modeliranja niso mogoče, nadgradnja modelov ni mogoča brez ponovnega izvajanja preskusov

Mehanistično empirični modeli tako kombinirajo analitično izračunana stanja v voziščni konstrukciji z empirično ugotovljenimi povezavami.

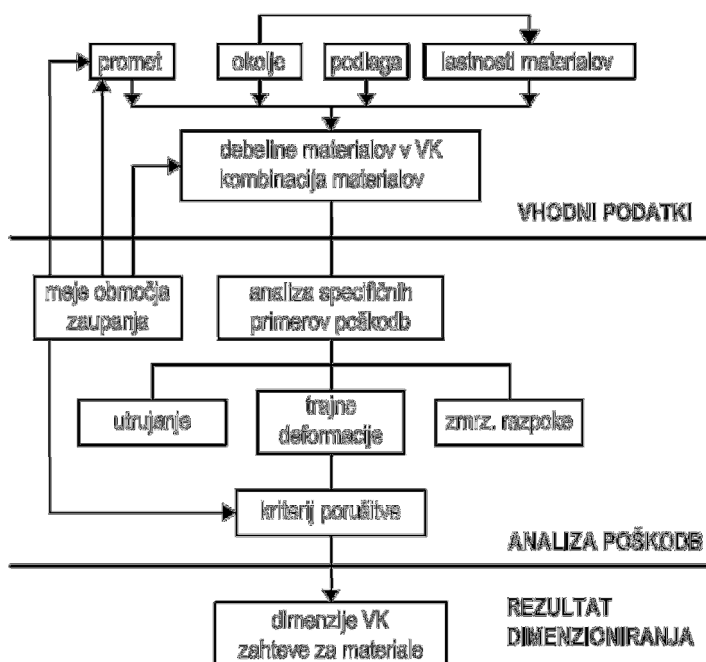
Postopek izračuna poteka tako, da se napetosti in deformacije v voziščni konstrukciji izračunavajo z numeričnim modelom – modelom obnašanja (performance model), poškodbe v voziščni konstrukciji pa z empiričnim modelom – modelom odziva (response model) z uporabo t.i. Minerjevega pravila (slika 10).



Slika 10: Shematski prikaz - učinek, odziv (Blab 2001: str. 12)

Figure 10: Performance – response, schematic (Blab 2001: str. 12)

Shematsko postopek dimenzioniranja predstavlja slika 11, podrobneje pa je postopek izračuna opisan v naslednjih poglavjih.



Slika 11: Shematski prikaz mehanistično - empiričnega postopka dimenzioniranja (Blab 2001: str. 13)

Figure 11: Schematic presentation of mechanistic - empirical design process (Blab 2001: p. 13)

Vhodne podatke za dimenzioniranje predstavljajo:

- promet
- nosilnost podlage
- okolje
- lastnosti materialov.

Na podlagi vhodnih podatkov se nato preverja ustreznost debelin materialov v VK in njihovih kombinacij. Pri fleksibilnih voziščnih konstrukcijah se največkrat preverja naslednje načine porušitve:

- Utrujanje materialov: zaradi ponavljajočih prometnih in klimatskih obremenitev prihaja do utrujanja materiala in zmanjševanja nosilnosti. Ta proces vodi v končni fazi do porušitve voziščne konstrukcije ter s tem h koncu tehnične življenjske dobe voziščne konstrukcije. Zaradi tega je utrujanje merodajni kriterij za dimenzioniranje potrebne debeline plasti v voziščnih konstrukcijah.
- Trajne deformacije: na površini VK razvidne kolesnice so vsota trajnih deformacij v vseh plasteh voziščne konstrukcije. Največji delež deformacij se pojavlja v asfaltnih plasteh.

Vzroki in mehanizmi za nastanek kolesnic so lastnosti asfaltnih plasti (viskoznost) ter vplivi prometa ter temperature. Kolesnice so pomemben kriterij pri načrtovanju voziščnih konstrukcij – kriterij uporabnosti in prometne varnosti.

- Kriogene razpoke: pri nizkih temperaturah se zmožnost relaksacije napetosti v asfaltnih plasteh zelo zmanjša. Zaradi tega se napetosti, ki nastanejo zaradi ohladitve VK, relaksirajo zelo počasi.

V primeru, da se temperaturno povzročene (kriogene) napetosti dodatno prekrivajo (načelo superpozicije) z napetostmi zaradi prometne obtežbe, lahko pride do porušitve asfaltnih plasti tudi po mehanizmu utrujanja.

Določitev kriterija porušitve je relativno enostavna, če poškodba nastopi zaradi enkratne obremenitve. V primeru, da pa slabšanje lastnosti/stanja VK poteka počasi, je določitev kriterijev porušitve bistveno težavnejša.

Sami kriteriji porušitve so lahko deterministični ali probabilistični. V primeru determinističnih kriterijev je življenjska doba določena z eno samo vrednostjo, pri probabilističnih modelih pa z verjetnostno porazdelitvijo. V tem primeru je pri dimenzioniranju potrebno določiti območja zaupanja.

Končni rezultat dimenzioniranja po mehanistično – empiričnih metodah so optimalne dimenzije posameznih plasti v voziščni konstrukciji ter specifične zahteve za kakovost in sestavo uporabljenih cestogradbenih materialov za konkretni primer voziščne konstrukcije.

2.2.3.1 Model učinka na voziščno konstrukcijo

Napetosti in deformacije v plasteh voziščne konstrukcije se običajno računa po

- teoriji plasti (npr. Boussinesqova teorija plasti)
- teoriji plošč ali
- metodi končnih elementov.

Račun poteka iterativno v kombinaciji z modelom odziva. Kombinira se naslednje dejavnike (pri nekaterih modelih je vpliv posameznih dejavnikov lahko poenostavljen ali zanemarjen):

- za posamezno časovno obdobje (običajno je obdobje dolgo 2 tedna ali 1 mesec) se glede na letni čas, višino talne vode ter lastnosti materiala izračuna:
 - elastični modul nevezanih materialov
 - temperaturna porazdelitev v voziščni konstrukciji ter verjetnostna porazdelitev temperature v posameznem časovnem obdobju. Na podlagi poznane temperature

se s pomočjo tako imenovane glavne krivulje bituminizirane zmesi izračuna elastični modul asfaltnih plasti

- nato se izračuna napetosti in deformacije v VK kot posledico:
 - prometne obtežbe: izračun napetosti in deformacij se izvede za vse kombinacije merodajnih vozil in variacije lastnosti materialov, ki so posledica spreminjanja temperature v VK ter spreminjajočih se lastnosti nevezanih materialov). Pri tem se lahko upošteva mesečno, tedensko in urno distribucijo posameznih vozil
 - spreminjanja lastnosti materialov: na podlagi rezultatov modela odziva se lahko poslabšajo lastnosti materialov v voziščni konstrukciji.

Ker je zaradi velikega števila kombinacij posameznih dejavnikov število potrebnih izračunov zelo veliko, se v praksi največkrat za izračun napetosti in deformacij uporablja teorijo plasti. Metodo plošč ter teorijo končnih elementov se praviloma uporablja le, ko želimo vpogled v dogajanje v voziščni konstrukciji tudi v prečni smeri.

2.2.3.2 Model odziva voziščne konstrukcije

Odziv (poškodbe) voziščne konstrukcije običajno določamo z empiričnim modelom.

Model je lahko ali izključno empiričen ali pa ima empirični nastavek, ki se ga kalibrira na podlagi preskusov materialov.

Za poškodbe, kjer je porušitev posledica enkratne prekomerne obremenitve se smatra, da do porušitve pride, ko je prekoračena trdnost materiala.

Račun poškodb, ki nastajajo v daljšem časovnem obdobju, poteka iterativno s pomočjo tako imenovanega Minerjevega pravila (enačba 4), ki pravi, da je skupna poškodovanost enaka vsoti posameznih poškodovanosti v posameznem računskem obdobju ter za posamezne obtežne primere (kombinacije obtežbe ter karakteristik materiala, ki se izračunavajo v modelu učinka na voziščno konstrukcijo).

Skupna poškodovanost je lahko izražena z absolutnimi vrednostmi (npr. globina kolesnic) ali v obliki indeksa poškodovanosti (npr. razpoke zaradi utrujanja). Indeks poškodovanosti je mehanistični parameter, ki predstavlja poškodovanost voziščne konstrukcije zaradi obremenitev in je podan brezdimenzijsko. Nizek indeks poškodovanosti pomeni, da je voziščna konstrukcija skoraj nepoškodovana, visok indeks poškodovanosti pa, da je voziščna konstrukcija poškodovana. Iz indeksa poškodovanosti se potem dejanski obseg poškodb določi s pomočjo modelov, ki so bili dobljeni na podlagi programov opazovanja obstoječih vozišč ali pa na podlagi testov.

$$D = \sum_{i=1}^T \frac{n_i}{N_i}$$

kjer je:

D = poškodovanost (damage)

T = skupno število obdobj izračuna

n_i = dejanske prometne obremenitve v obdobju i

N_i = dopustne prometne obremenitve v obdobju i

Enačba 4: Minerjevo pravilo

Equation 4: Miner law

Pri nekaterih modelih je Minerjevo pravilo izraženo s hitrostjo propadanja (enačba 5). Stopnja poškodovanja je definirana kot obratna vrednost dopustnega števila prehodov osnih obremenitev.

$$C = \frac{1}{N_{dop}}$$

C – hitrost propadanja

N_{dop} – število dopustnih prehodov osi

Enačba 5: Definicija hitrosti propadanja

Equation 5: Definition of the deterioration rate

Iztrošenost voziščne konstrukcije se v tem primeru izračuna kot ponderirana vsota posameznih obremenitev pri posameznem stanju voziščne konstrukcije (kombinacije različnih obremenitev ter lastnosti voziščne konstrukcije).

$$C_i = \sum_{j=1}^{12} p_j \cdot C_{ij}$$

C_i – letna povprečna hitrost propadanja VK zaradi skupine osnih obremenitev i

$C_{i,j}$ – delni propad VK zaradi prehoda osi i v časovnem obdobju j

p - delež časovnega obdobja j v letu

Enačba 6: Letna povprečna hitrost propadanja VK zaradi osnih obremenitev skupine i

Equation 6: Annual average deterioration rate of pavement construction due to axle load group i

$$C = \sum_{i=1}^I n_i \cdot C_i$$

- C - skupna iztrošenost VK zaradi obtežb

I - število osnih prehodov i karaktriranih z enako postavitvijo koles (enojne ali dvojne pnevmatike) in tipom osi (enojna, dvojna, trojna os),
osno obremenitvijo L_i in povprečnim tlakom v pnevmatiki $\bar{p}$

- n_i - število osnih prehodov skupine i

- C_i - letna povprečna hitrost propadanja VK zaradi osnih obremenitev skupine i

Enačba 7: Skupna iztrošenost VK

Equation 7: Overall deterioration of a pavement construction

Nekateri modeli na podlagi iztrošenosti voziščne konstrukcije spreminjajo lastnosti materiala v modelu učinka.

2.2.3.3 Posebnosti modeliranja materialov v VK

Izračun napetosti in pomikov v VK lahko poteka po:

- teoriji plasti (npr. Boussinesqova teorija plasti)
- teoriji plošč ali
- metodi končnih elementov.

Pri izračunu pa je potrebno modelirati določene posebnosti materialov in zunanjih vplivov, ki se pojavljajo v voziščnih konstrukcijah.

2.2.3.3.1 Modeliranje elastičnega modula podlage

Elastični modul podlage se tekom leta zaradi sezonskih vplivov spreminja.

Največje vrednosti se pojavljajo pozimi, ko so nevezani nosilni materiali povezani zaradi zmrzali. Najnižje vrednosti se pričakujejo ob spomladanski odjugi, ko so nevezane nosilne plasti v zgornjem delu že odtajane, spodnje plasti pa še zmrznjene, kar ima posledico, da je plast zasičena z vodo. Vremenske spremembe tekom leta prav tako vplivajo na vrednost modula (meritve von Becker (1976), Fredrickson (1963) - slika 8).

Spreminjanje nosilnosti podlage lahko zajamemo:

- z uporabo izkušenj (meritve nosilnost) v lokalnih razmerah ter z lokalnimi materiali
- z uporabo ustreznih diagramov (npr. diagram - slika 8).

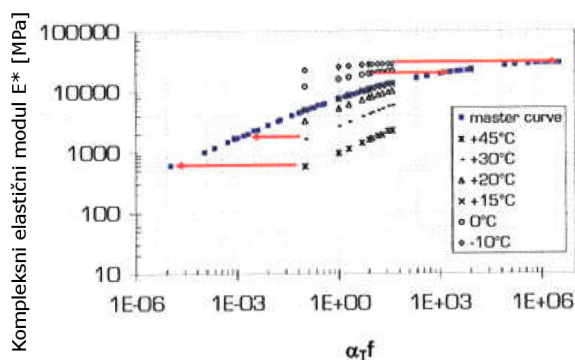
- na podlagi izračunov modela (npr model EICM – Enhanced Integrated Climatic Model).

2.2.3.3.2 Modeliranje spreminjanja elastičnega modula asfaltnih plasti

Elastični modul asfaltnih plasti se zaradi visko-elastične narave materiala spreminja:

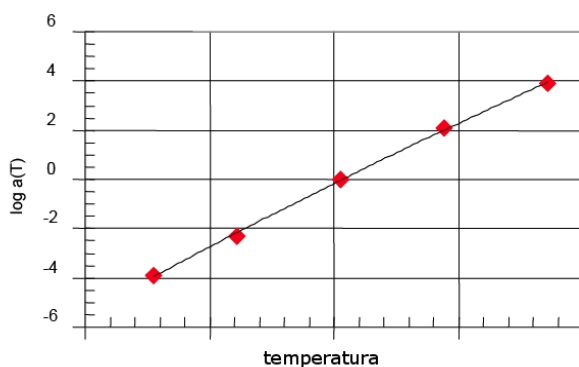
- zaradi sprememb temperature (višja je temperatura, nižji je elastični modul) in
- zaradi trajanja obremenitve (daljši je čas obremenitve, nižji je elastični modul).

Spreminjanje elastičnega modula v odvisnosti od časa ter trajanja obremenitve najlažje opišemo s tako imenovano glavno krivuljo (master curve) – slika 12 in faktorjem pomika (shift factor) - slika 13.



Slika 12: Glavna krivulja (Blab, 2007: str. 81)

Figure 12: Master curve (Blab, 2007: str. 81)



Slika 13: Faktor pomika (NHCRP. 2004: str. 2.2.10)

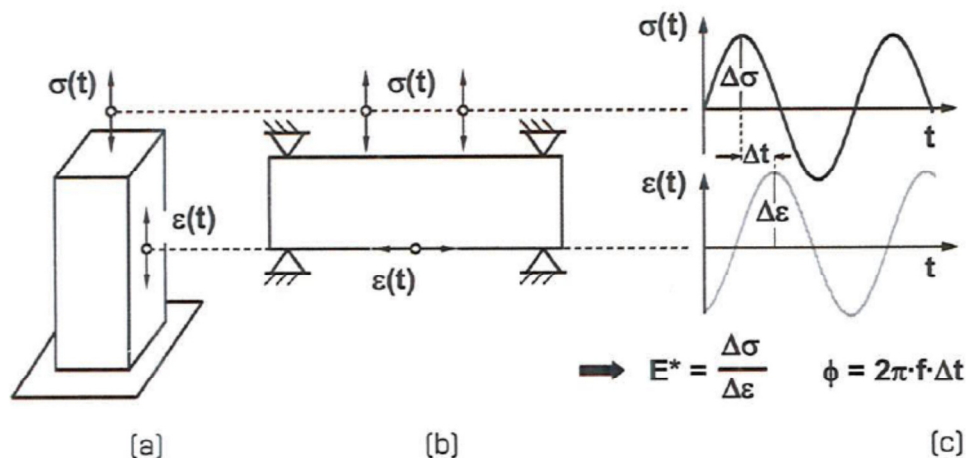
Figure 13: Shift factor (NHCRP. 2004: p. 2.2.10)

Glavno krivuljo se izdelava s pomočjo principa superpozicije. Najprej se z regresijsko analizo rezultatov preskusov pri referenčni temperaturi določi krivuljo za elastični modul pri merodajni temperaturi v odvisnosti od frekvence obremenjevanja. Kasneje se določi še krivulje za ostale temperature, na podlagi katerih se določi faktor zamika kot funkcijo temperature.

S poznano odvisnostjo elastičnega modula od frekvence obremenjevanja pri merodajni temperaturi ter funkcijo pomika lahko dobimo elastični modul asfaltne plasti pri poljubni temperaturi ter frekvenci obremenjevanja.

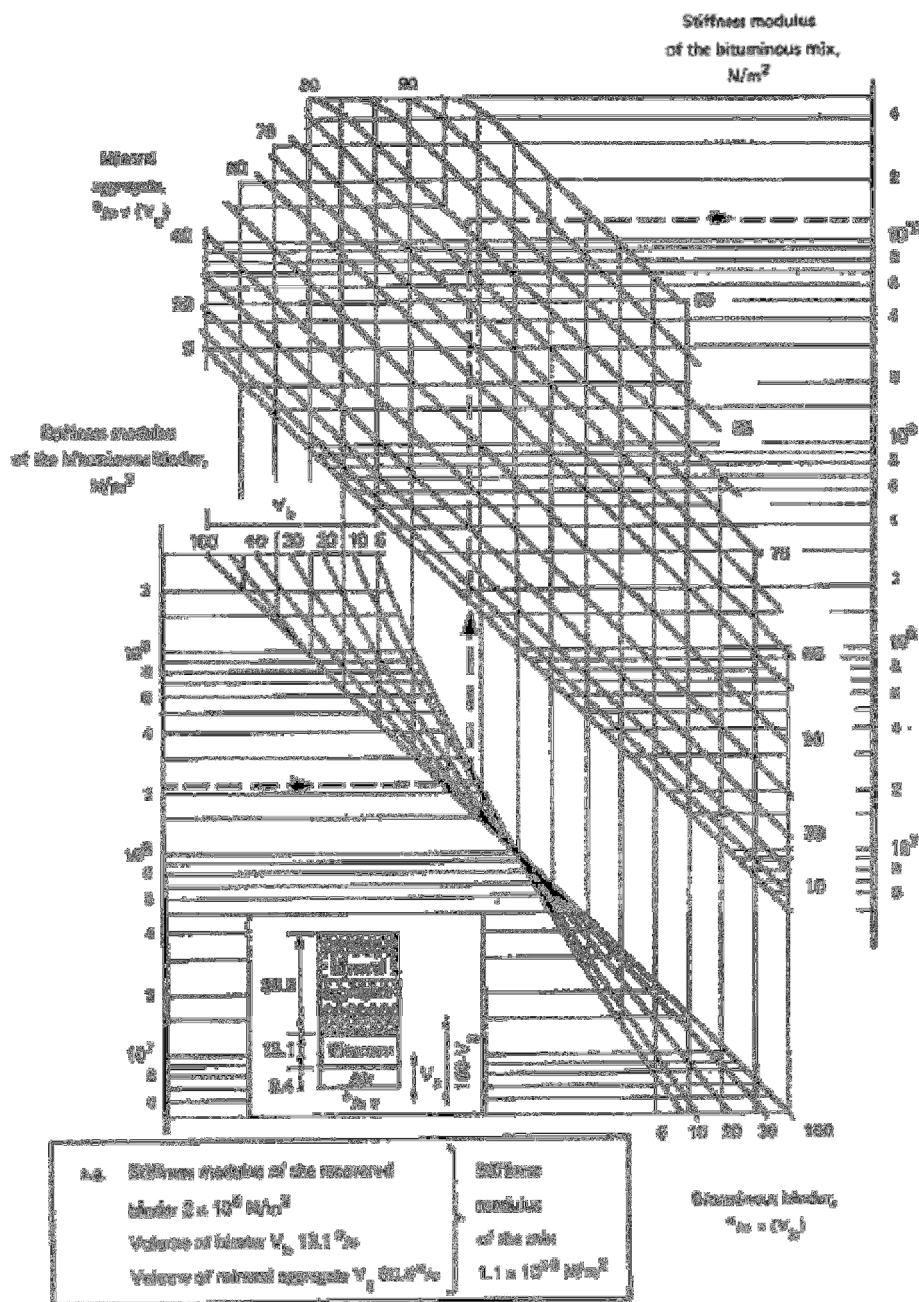
Glede na zahtevano natančnost izračuna lahko glavno krivuljo tvorimo:

- na podlagi preskusov ugotavljanja elastičnega modula (preiskave togosti) na asfaltnih preskušancih (slika 14)
- na podlagi preskusov viskoznosti na bitumnih ter modeliranjem glavne krivulje s pomočjo podatkov o sestavi zrnivosti bituminiziranih zmesi
- na podlagi tipa bitumna (PG klasifikacija, empirična klasifikacija) in tipov asfaltnih zmesi ter banke podatkov
- na podlagi diagramov (npr. nomogram von Bonnaure-ja - slika 15)



Slika 14: a) Tlačno/natezni preskus togosti; b) Preskus togosti s štiritočkovnim upogibom; c) Modul togosti E^* , fazni kot ϕ (Wistuba, 2003: str. 49)

Figure 14: a) Compression/Tension stiffness test; b) 4 point bending stiffness test; c) Stiffness module E^* , phase angle ϕ (Wistuba, 2003: p. 49)



Slika 15: Nomogram von Bonnaure-ja (Bonaure et al. 1977)

Figure 15: Von Bonnaure nomogramme (Bonaure et al. 1977)

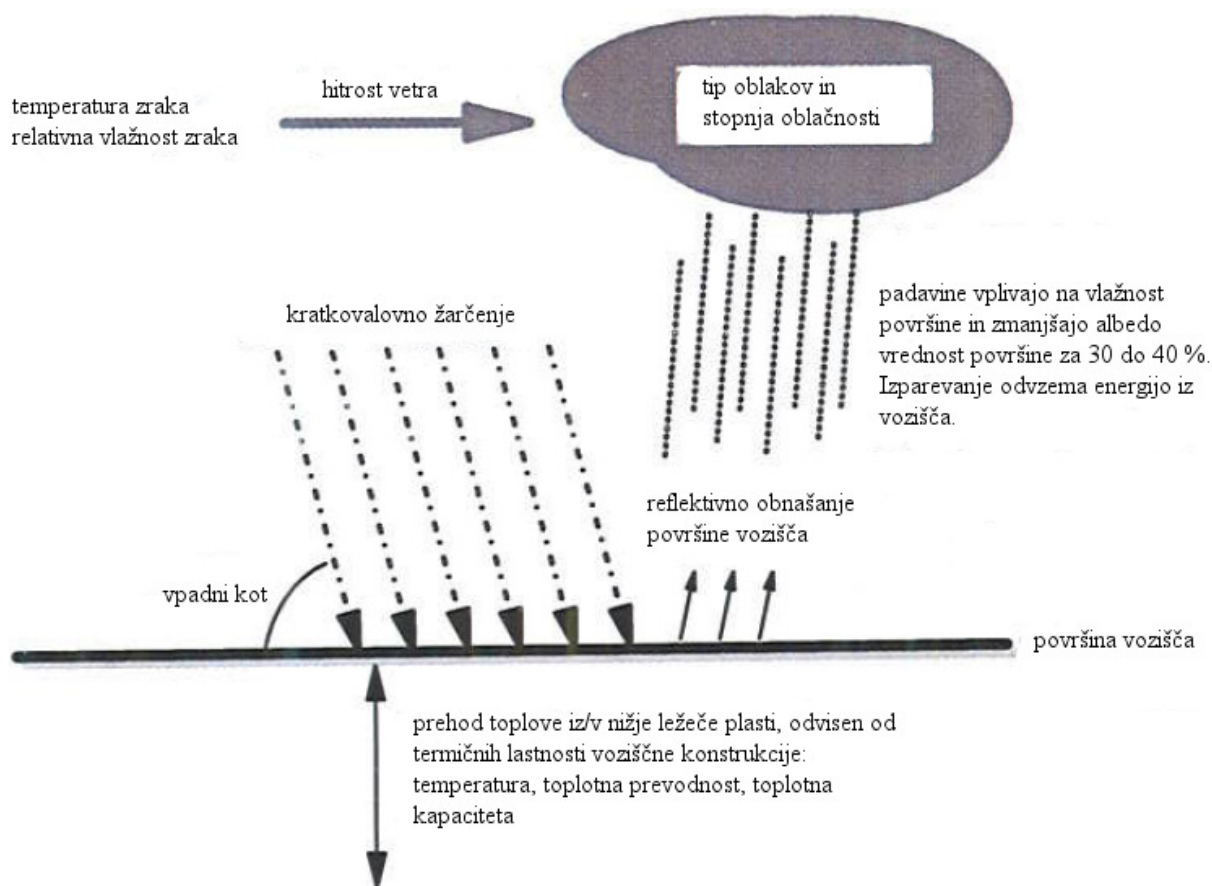
Nekateri modeli poleg spreminjanja elastičnega modula zaradi temperature in trajanja upoštevajo še

- spremembe elastičnega modula zaradi staranja obrabne plasti in
- spremembe elastičnega modula zaradi utrujenosti asfaltnih plasti.

2.2.3.3 Modeliranje temperature v voziščni konstrukciji

Zaradi odvisnosti lastnosti asfaltnih plasti od temperature ter za modeliranje temperaturno povzročenih poškodb potrebuje model odziva voziščne konstrukcije potek temperature v voziščni konstrukciji za posamezna računska obdobja (za vsako računsko obdobje potrebuje porazdelitev temperature v voziščni konstrukciji, oblika zapisa se med posameznimi modeli razlikuje).

Ker podatki o temperaturi v voziščni konstrukciji za daljše časovno obdobje ter na različnih lokacijah običajno niso dosegljivi (slika 16), se temperaturo modelira s pomočjo enačbe o ohranitvi energije (enačba 8).



Slika 16: Vpliv klimatskih dejavnikov na spreminjanje temperature v voziščni konstrukciji, shematsko (Wistuba 1998).

Figure 16: The impact of climatic factors on the temperature change in the pavement construction, schematic (Wistuba 1998).

$$Q_{net} = Q + B + H + V$$

Q_{net} = vsota vseh energijskih tokov na površini VK

Q - bilanca sevanja

B - tok toplote iz tal

H - zaznavni toplotni tok

L - latentni toplotni tok

Enačba 8: Vsota vseh toplotnih tokov v voziščni konstrukciji

Equation 8: The sum of all heat flows in pavement construction

Natančnejši opis modela izračun temperature v voziščni konstrukciji ter globine zmrzovanja presega okvir tega magistrskega dela.

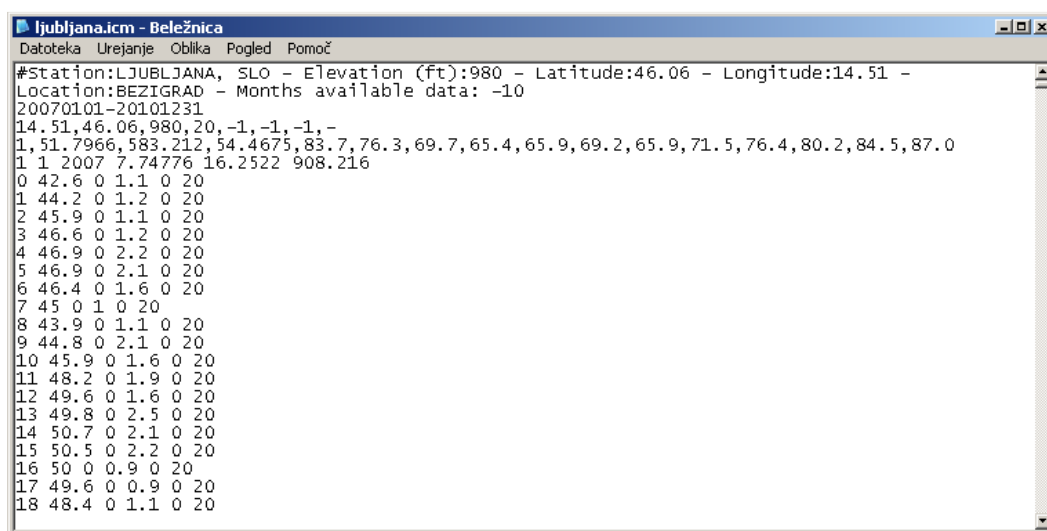
V modelih za dimenzioniranje voziščne konstrukcije se uporabljata dva pristopa k modeliranju temperature v voziščni konstrukciji:

- nemško/avstrijski pristop: izdelava se natančno študijo temperatur v voziščni konstrukciji po posameznih območjih v državi. Na podlagi ugotovitev študije se nato določi merodajne temperaturne profile za posamezna območja. Model za dimenzioniranje se zasnuje tako, da se kot vhodni podatek za modeliranje povzame rezultate študije (npr. statistična porazdelitev temperature v voziščni konstrukciji).
- ameriški pristop: vhodni podatek za model so natančni podatki o
 - geografski širini in višini ter
 - nadmorski višini in
 - urni podatki za obdobje vsaj dveh let:
 - datum in ura
 - temperatura zraka
 - hitrost vetra
 - oblačnost
 - padavine
 - relativna vlažnost.

Primer vhodnih podatkov za vremensko postajo Ljubljana Bežigrad prikazuje slika 17.

Za območja med postajami model klimatske podatke interpolira na podlagi podatkov sosednjih postaj ter nadmorske višine. V Sloveniji v zadostnem obsegu prometne podatke zbira 13 klimatskih postaj (Sinoptične postaje - slika 18).

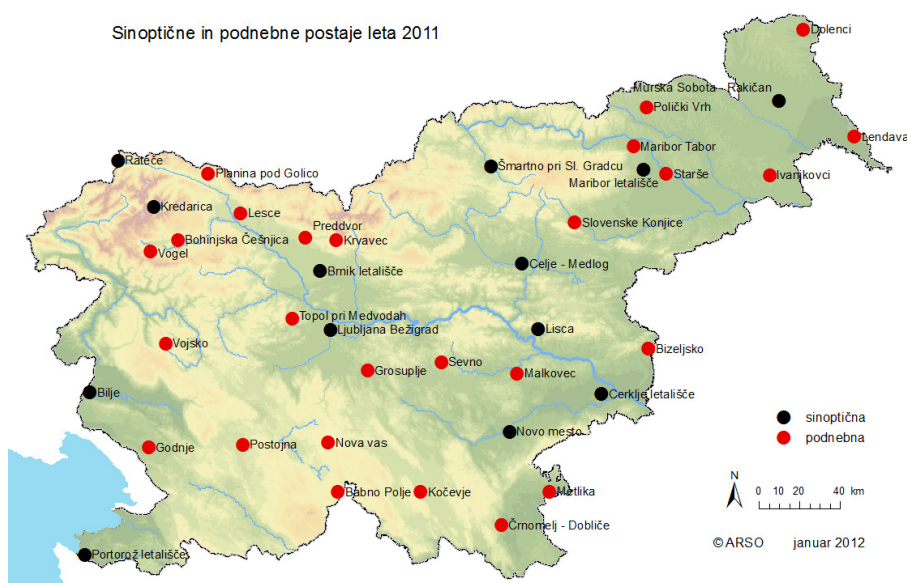
Analize klimatskih obremenitev, ki jih za svoje delo potrebujeta avstrijski in nemški model, v Sloveniji še niso bile izvedene. Priporoča se, da se pri nadaljnjem raziskovanju osredotoči na ta problem. Za ameriški model so pridobljeni in urejeni podatki za meteorološki postaji Ljubljana - Bežigrad in Maribor - Letališče.



```

ljubljan.icm - Beležnica
Datoteka Urejanje Oblika Pogled Pomoč
#Station:LJUBLJANA, SLO - Elevation (ft):980 - Latitude:46.06 - Longitude:14.51 -
Location:BEZIGRAD - Months available data: -10
20070101-20101231
14.51,46.06,980,20,-1,-1,-1,-
1,51.7966,583.212,54.4675,83.7,76.3,69.7,65.4,65.9,69.2,65.9,71.5,76.4,80.2,84.5,87.0
1 1 2007 7.74776 16.2522 908.216
0 42.6 0 1.1 0 20
1 44.2 0 1.2 0 20
2 45.9 0 1.1 0 20
3 46.6 0 1.2 0 20
4 46.9 0 2.2 0 20
5 46.9 0 2.1 0 20
6 46.4 0 1.6 0 20
7 45 0 1 0 20
8 43.9 0 1.1 0 20
9 44.8 0 2.1 0 20
10 45.9 0 1.6 0 20
11 48.2 0 1.9 0 20
12 49.6 0 1.6 0 20
13 49.8 0 2.5 0 20
14 50.7 0 2.1 0 20
15 50.5 0 2.2 0 20
16 50 0 0.9 0 20
17 49.6 0 0.9 0 20
18 48.4 0 1.1 0 20
  
```

Slika 17: Vhodni podatki za model EICM za vremensko postajo Ljubljana Bežigrad
 Figure 17: The input data for the model EICM for the climate station Ljubljana Bežigrad



Slika 18: Pregledna karta sinoptičnih postaj (ARSO 2012)

Figure 18: Map of synoptic stations (ARSO 2012)

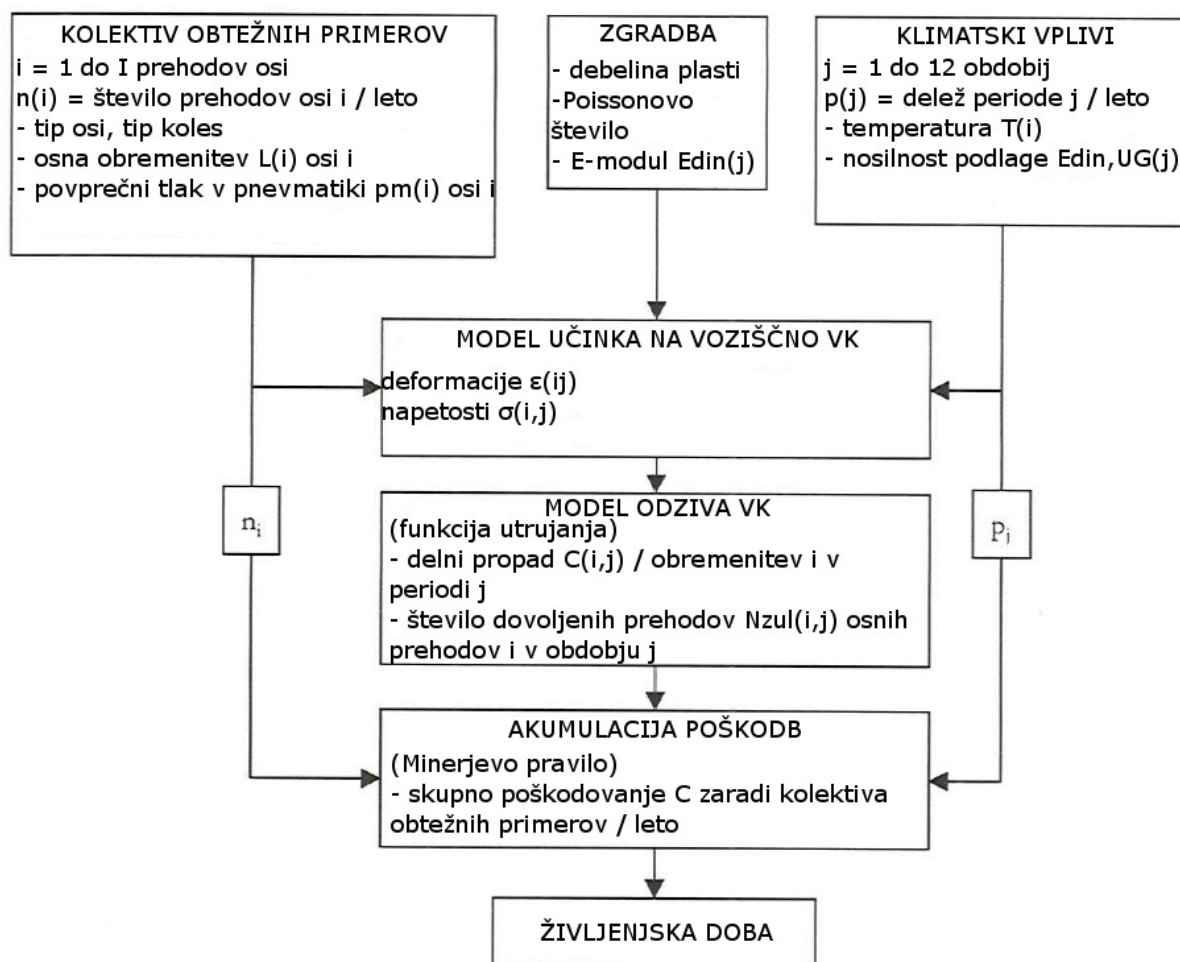
2.2.3.4 Pregled metodologij za modeliranje propadanja voziščnih konstrukcij

2.2.3.4.1 Avstrijski model

Model se uporablja v Avstriji za določanje potrebnih debelin voziščnih konstrukcij za posamezne razrede prometnih obtežb. Dimenzioniranje voziščnih konstrukcij v Avstriji namreč poteka s pomočjo vnaprej pripravljenih standardiziranih paketov voziščnih konstrukcij. Model modelira poškodbe voziščne konstrukcije zaradi utrujanja zaradi prometne obtežbe.

Sam model je bil prvotno zastavljen kot relativno enostaven model, vendar pa njegove posamezne sklope neprestano nadgrajujejo, tako da se njegova kompleksnost povečuje.

Shematsko model prikazuje slika 19.



Slika 19: Avstrijski model (Wistuba 2003: str. 15)

Figure 19: Austrian model (Wistuba 2003: p. 15)

Model učinka:

Za modeliranje učinka na voziščno konstrukcijo se uporablja teorijo plasti po Burmistru (z nekaterimi modifikacijami) z naslednjimi predpostavkami (enačbe 9):

- obnašanje materiala je linearno elastično in izotropsko
- horizontalne dimenzije plasti so neskončne
- na mejah plasti imamo popolno zlepljenost ali pa je ni
- obtežba se v voziščno konstrukcijo prenaša z enakomerno obremenitvijo krožne oblike.

$$\sigma_r = \frac{E}{(1+\nu) \cdot (1-2 \cdot \nu)} \cdot \left\{ (1-\nu) \cdot \frac{\delta u}{\delta r} + \nu \cdot \left(\frac{u}{r} + \frac{\delta w}{\delta z} \right) \right\}$$

$$\sigma_t = \frac{E}{(1+\nu) \cdot (1-2 \cdot \nu)} \cdot \left\{ (1-\nu) \cdot \frac{u}{r} + \nu \cdot \left(\frac{u}{r} + \frac{\delta w}{\delta z} \right) \right\}$$

$$\sigma_z = \frac{E}{(1+\nu) \cdot (1-2 \cdot \nu)} \cdot \left\{ (1-\nu) \cdot \frac{\delta w}{\delta z} + \nu \cdot \left(\frac{u}{r} + \frac{\delta u}{\delta r} \right) \right\}$$

$$\tau_{rz} = \frac{E}{2 \cdot (1+\nu)} \cdot \left\{ \frac{\delta u}{\delta z} + \frac{\delta w}{\delta r} \right\}$$

σ_r – napetosti v radialni smeri

σ_t – napetosti v tangencialni smeri

σ_z – napetosti v pravokotni smeri

τ_{rz} – strižne napetosti

E – elastični modul

ν – $1/\mu$, s Poissonovim številom μ

u – pomik v radialni smeri

w – pomik v vertikalni smeri

Enačbe 9: Odvisnost napetosti in pomikov

Equation 9: Stress/strain dependency

V modelu se v odvisnosti od časa obremenitve, letnega časa ter temperature voziščne konstrukcije spreminjajo elastični moduli materialov.

Ker temperatura v asfaltnih plasteh zaradi dnevnega nihanja temperature v plasteh ni enakomerna, se module posameznih plasti aproksimira z pomočjo enačbe Nijboer-a (1955) (enačba 10).

$$E_{eq2} = E_2 \cdot \frac{a^2 + 4 \cdot a^3 \cdot n + 6 \cdot a^2 \cdot n + 4 \cdot a \cdot n + n^2}{(a + n) \cdot (a + 1)^3} \text{ kjer je}$$

$$a = \frac{h_2}{h_1}$$

$$n = \frac{E_1}{E_2}$$

E_{eq2} – ekvivalentni elastični modul asfaltne plasti iz dveh podplasti

h_1 – debelina prve podplasti

h_2 – debelina druge podplasti

E_1 – elastični modul prve podplasti

E_2 – elastični modul druge podplasti

Enačba 10: Enačba Nijboer-a

Equation 10: Nijboer equation

Model odziva:

Pri modeliranju odziva voziščne konstrukcije je najprej potrebno določiti kritično mesto v voziščni konstrukciji. To je mesto, kjer se najprej pojavijo poškodbe in je odvisno od izbrane konstrukcije, lastnosti materiala in obtežb (promet, temperaturne obremenitve).

Po avstrijskih metodologiji se lahko upošteva naslednja dva kriterija porušitve:

- Porušitev zaradi utrujanja na spodnjem robu asfaltne plasti: običajno voziščne konstrukcije odpovejo zaradi utrujanja asfaltnih plasti (spodnji rob asfaltne plasti).
- Porušitev v nevezanih nosilnih plasteh: v nekaterih primerih, še posebej pri voziščnih konstrukcijah z zelo tankimi asfaltnimi plastmi, se porušitev zgodi v nevezani nosilni plasti kot posledica prevelikih trajnih deformacij.

V primeru, da je voziščna konstrukcija izvedena skladno z veljavno tehnično regulativo, porušitve po drugem kriteriju ni potrebno upoštevati, saj se smatra, da so asfaltne plasti dovolj debele.

Število dovoljenih prehodov nominalne osne obremenitve določa enačba 11.

$$N_{zul} = k_1(T) \cdot \left(\frac{1}{\varepsilon}\right)^{k_2(T)} \text{ oz.}$$

$$N_{zul} = k_3(T) \cdot \left(\frac{1}{\sigma}\right)^{k_4(T)} \text{ oz.}$$

N_{zul} – število dovoljenih prehodov NOO

ε – učinek na VK – deformacija na spodnjem robu plasti

k_1, k_2, k_3, k_4 – parameter odvisen od temperature za določitev funkcije utrujanja

Enačba 11: Nastavek za izračun dovoljenega števila prehodov nominalne osne obremenitve

Equation 11: Calculation of permissible nominal axle passes

V avstrijskem modelu se kot deformacijo ε uporablja enoosno primerjalno deformacijo ε_V , ki se jo po Arand-u lahko dobi na podlagi rezultatov enoosnega nateznega preskusa po enačbi 12:

$$\varepsilon_V = \frac{\sigma_V}{E_{din}}$$

Enačba 12: Enačba za določitev enoosne deformacije v odvisnosti od enoosne primerjalne napetosti

Equation 12: Equation for the calculation of uniaxial deformation from uniaxial comparative stress

V avstrijskem modelu uporabljen zakon utrujanja se tako glasi (Enačba 13):

$$N_{zul} = k_1(T) \cdot \left(\frac{E_{din}}{\sigma_V}\right)^{k_2(T)} \text{ oz.}$$

N_{zul} – število dovoljenih prehodov NOO

σ_V – enoosna primerjalna napetost

k_1, k_2 – parametra odvisna od temperature za določitev funkcije utrujanja

Enačba 13: Funkcija utrujanja

Equation 13: Fatigue function

Hitrost propadanja (enačba 5 oz. enačba 14) je definirana kot obratna vrednost številu dovoljenih prehodov NOO.

$$C = \frac{1}{N_{dop}}$$

C – hitrost propadanja

N_{dop} – število dopustnih prehodov osi

Enačba 14: Hitrost propadanja

Equation 14: Fatigue rate

Za izračun standardiziranih voziščnih konstrukcij po RVS 3.63 je bil upoštevan celoten spekter obremenitev (razdelitev na tip osi, osno obremenitev, tip pnevmatike, tlak v pnevmatiki) za vsako temperaturno obdobje (razčlenitev glede na letni čas ter čas dneva) in izražen kot delni propad VK za prehod posamezne merodajne osi. Kasneje je bil preračunan na letni povprečni propad voziščne konstrukcije za prehod posamezne merodajne osi (enačba 15).

$$C_i = \sum_{j=1}^{12} p_j \cdot C_{ij}$$

C_i – letna povprečna hitrost propadanja VK zaradi skupine osnih obrem. i

$C_{i,j}$ – delni propad VK zaradi prehoda osi i v časovnem obdobju j

p – delež časovnega obdobja j v letu

Enačba 15: Letna povprečna hitrost propadanja VK zaradi osnih obremenitev skupine

Equation 15: Annual average fatigue rate caused by specific traffic loadings group

S pomočjo Minerjevega pravila lahko ob upoštevanju pogostosti pojavljanja posameznih obremenitev delne propade voziščne konstrukcije preračunamo v iztrošenost voziščne konstrukcije (enačba 16).

$$C = \sum_{i=1}^I n_i \cdot C_i$$

C - skupna iztrošenost VK zaradi obtežb

I - število osnih prehodov i, karakteriziranih z enako postavitvijo koles

(enojne ali dvojne pnevmatike) in tipom osi (enojna, dvojna, trojna os), osno

obremenitvijo L_i in povprečevp tlakom v pnevmatiki $\bar{p}$

n_i - število osnih prehodov skupine i

C_i - letna povprečov hitrost propadanja VK zaradi osnih obremenitev skupine i

Enačba 16: Skupna iztrošenost VK

Equation 16: Total fatigue of pavement construction

Škoda, ki jo povzroči poljubna os, se lahko z uporabo ustreznega korekturnega faktorja izvednoti z ekvivalentno prometno obtežbo. Izvednotenje faktorjev je bilo izvedeno s posebno študijo (Molzer).

Funkcija utrujanja voziščne konstrukcije zahteva enak elastični modul materiala za vse asfaltne plasti. Ker imajo posamezne plasti različne module (različne zmesi, različna temperatura), se ekvivalentni modul izrazi s preračunom po enačbi Nijboer-a (enačba 10).

Primerjalna napetost se v odvisnosti od prometne obremenitve izračunava za 12 različnih temperaturnih obdobj (dnevna in nočna).

Preglednica 3: Obdobja po avstrijski metodi (Wistuba 2003: str. 41)

Table 3: Periods according to the Austrian method (Wistuba 2003: p. 41)

Letni čas	16.12.-15.3.		16.3.-15.5.		16.5.-15.6.		16.6.-15.9.		16.9.-15.10.		16.10.-15.12.	
Št. dni	90		61		31		92		30		61	
Delež v letu [%]	0,24		0,17		0,09		0,25		0,08		0,17	
P_j	Dan	Noč	Dan	Noč	Dan	Noč	Dan	Noč	Dan	Noč	Dan	Noč
	0,16	0,08	0,11	0,06	0,06	0,03	0,17	0,08	0,05	0,03	0,11	0,06

Od temperature odvisna parametra k_1 in k_2 sta bila določena za referenčno temperaturo 70 Fahrenheitov (21,1°C) in sicer:

- parameter k_2 na podlagi priporočila študije Kenis (1983) in sicer $k_2(70)=5$
- parameter k_1 je bil določen tako, da se krivulje kar najboljše ujemajo z rezultati prejšnjih metod

Odvisnost parametrov od temperature podajajo enačbe 17:

$$k_1(T) = k_1(70) \cdot 10^{(0,08896 \cdot (T-70) - 0,0023817 \cdot (T-70)^2)}$$

$$k_2(T) = k_2(70) - 0,01349 \cdot (T - 70) + 0,0004624 \cdot (T - 70)^2$$

$$T[F] = \frac{9}{5} \cdot T[^\circ C] + 32$$

$k_1(70)$ – parameter k_1 pri temperaturi $70^\circ F$

$k_2(70)$ – parameter k_2 pri temperaturi $70^\circ F$

T – temperatura v stopinjah Farenheita

Enačbe 17: Odvisnost parametrov funkcije utrujanja od temperature

Equation 17: Dependency of fatigue function parameters from temperature

Elastični moduli nevezanih nosilnih plasti so izračunani iz elastičnega modula podlage, ki je povzet po smernici RVS 3.63. Vrednosti uporabljene za določitev standardiziranih paketov voziščnih konstrukcij, prikazuje preglednica 4.

Preglednica 4: Elastični moduli $[MN/m^2]$, uporabljeni za določitev paketov VK (Wistuba 2003: str. 64)

Table 4: Elastic modulus $[MN/m^2]$ used for the calculation of standardised pavement constructions (Wistuba 2003: p. 64)

	16.12.-15.3.	16.3-15.5.	16.5.-15.6.	16.6.-15.12
NNP	1064	266	380	532
posteljica	560	140	200	280
podlaga	280	70	100	140

Elastični modul asfaltnih plasti se določi na podlagi numeriziranih diagramov SHELL-a (1978) za karakteristično vrednost $E_{din} = 3400 MN/m^2$ pri $18^\circ C$. Vrednosti prikazuje enačba 18.

$$E_{din} = -2,079 \cdot 10^{-4} \cdot T^4 - 2,065 \cdot 10^{-3} \cdot T^3 + 5,271 \cdot T^2 - 4,193 \cdot 10^2 \cdot T + 9218$$

Enačba 18: Odvisnost elastičnega modula asfaltnih plasti od temperature

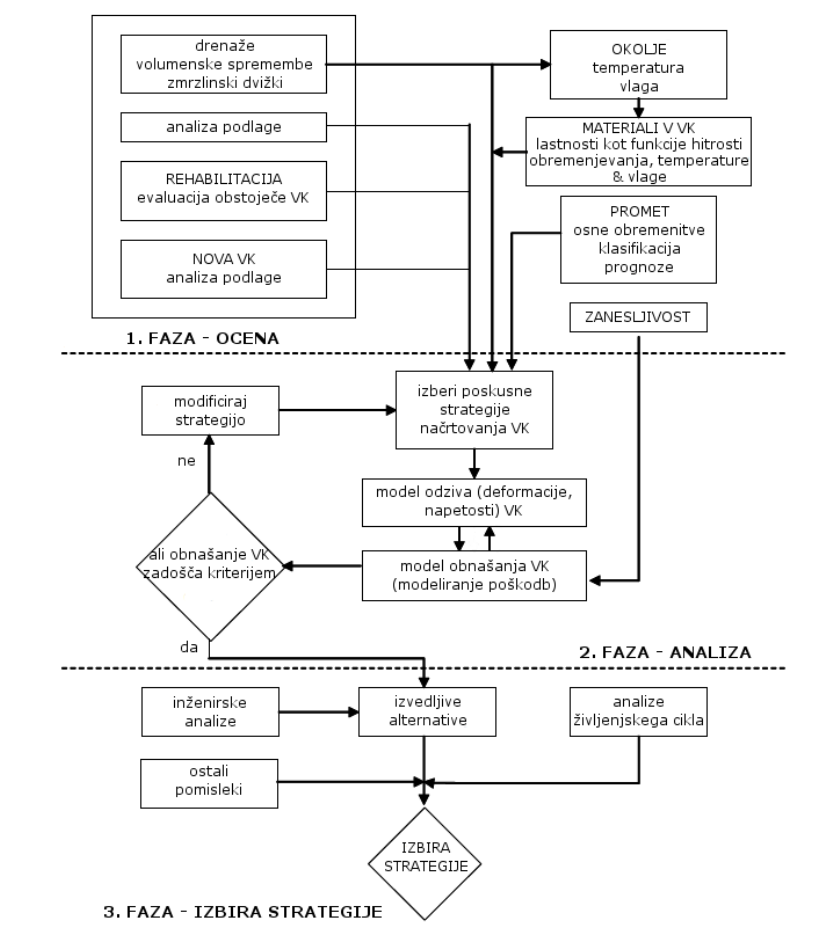
Equation 18: Dependency of asphalt layers asphalt modulus from temperature

2.2.3.4.2 Metodologija iz Združenih držav Amerike (Metodologija ME-PDG)

Metodologija Mechanistic-Empirical Design of New and Rehabilitated Pavement Structures (NCHRP) je razvojna verzija metodologije, ki bo v ZDA nadomestila dimenzioniranje na podlagi rezultatov testa AASHTO.

Glavni razlog za razvoj nove metodologije je izboljšanje učinkovitosti gradnje cest. Po konservativnih ocenah se bo z vpeljavo izboljšanih postopkov doseglo vsaj 10 %-no znižanje stroškov za izgradnjo voziščnih konstrukcij, kar glede na to, da voziščne konstrukcije v državah z že zgrajeno glavnino cestnega omrežja predstavljajo približno 50% vseh sredstev, namenjenih za ceste, pomeni vsaj 5 % stroškovno učinkovitejše upravljanje cest ter s tem temu primerno razbremenitev ter povečanje konkurenčnosti gospodarstva.

Shematski postopek dimenzioniranja prikazuje slika 20.



Slika 20: Postopek dimenzioniranja po metodologiji ME-PDG (NCHRP, 2004: str 1.1.12)

Figure 20: Pavement design procedure according to ME-PDG methodology (NCHRP, 2004: p. 1.1.12)

Postopek dimenzioniranja poteka tako, da najprej pripravimo več predlogov strategij načrtovanja voziščne konstrukcije, ki vsebujejo začetni tip voziščne konstrukcije, vključno z lastnostmi in dimenzijami materialov, ter potrebne posege v voziščno konstrukcijo (vzdrževanje, sanacije, rekonstrukcije) v planskem časovnem obdobju (običajno je to 40 - 50 let), vključno s predvidenimi načini oviranja prometa (prometne zapore).

Za voziščne konstrukcije iz posameznih strategij nato z modeli preverimo, ali so v planirani življenjski dobi sposobne prenesti prometne in klimatske obremenitve, oziroma če ustrezajo kriterijem porušitve. Če predlagane voziščne konstrukcije ne zadostijo kriterijem, jih ali modificiramo (spremenimo debeline in/ali lastnosti materialov) in ponovno preverimo ali pa ovržemo.

Izračun poteka po fazah, tako da se najprej za posamezne kombinacije obtežb in lastnosti materialov izračuna pomike in deformacije v voziščni konstrukciji (model učinka). Na podlagi pomikov ter deformacij se izračuna odziv oziroma delne poškodbe (razpoke, trajne deformacije) voziščne konstrukcije. Poškodbe iz posameznih faz se z uporabo Minerjevega pravila pretvori v poškodbe na koncu načrtovane dobe voziščne konstrukcije. Te se nato primerja s kriteriji porušitve.

Izmed strategij, ki ustrezajo kriterijem porušitve, nato z metodo analize življenjskega cikla voziščne konstrukcije ob upoštevanju ekonomskih zakonitosti (diskontna stopnja, stroški financiranja) poiščemo najugodnejšo strategijo z vidika stroškov investitorja (stroški izgradnje plus stroški vzdrževanja/rekonstrukcij) ter stroškov uporabnikov (stroški zaradi zapor/preusmeritev prometa).

Glavne razlike od sedanjega načina dimenzioniranja so:

- končni rezultat dimenzioniranja ni več izključno potrebna debelina voziščne konstrukcije, temveč najprimernejša strategija načrtovanja voziščne konstrukcije
- obseg vhodnih podatkov ter zanesljivost izračuna določimo glede na zahtevnost projekta, zaradi raztrosa podatkov pa je izračun običajno probabilističen
- planirana življenjska doba VK ni več fiksna (20 let), ampak jo določimo tako, da so dolgoročni stroški vzdrževanja voziščne konstrukcije najnižji
- postopek omogoča upoštevanje lastnosti materiala (t.i. mix design) pri določanju dimenzij VK, s čimer lahko z uporabo za namen uporabe optimiziranih materialov dosežemo prihranek pri dimenzijah VK ter s tem finančni prihranek in manjše obremenjevanje okolja.

Dimenzioniranje poteka z računalniškim programom ME-PDG, ki je trenutno na voljo za preskušanje, njegova komercialna uporaba pa ni dovoljena.

Program omogoča modeliranje nastanka:

- razpok zaradi utrujanja materiala na dnu asfaltnih plasti,

- razpok zaradi utrujanja in staranja materiala ter temperaturnih obremenitev na vrhu asfaltnih plasti,
- razpok v stabiliziranih materialih,
- prečnih razpok zaradi staranja asfaltnih plasti ter nizkih temperatur,
- globine trajnih deformacij (tako v asfaltnih kot tudi v nevezanih plasteh),
- reflektiranja razpok na površino pri obnovah voziščnih konstrukcij ter
- modeliranje IRI-ja vozne površine.

Potrebna natančnost vhodnih podatkov je odvisna od pomembnosti projekta ter se podaja v treh razredih:

- razred 1: priporočeni pristop za ceste za največje prometne obremenitve. Zahteva zbiranje podatkov za specifičen projekt (prometne obremenitve, spekter osnih obremenitev). Lastnosti materialov se določi na podlagi receptur ter dinamičnih preiskav materialov temelječih na obnašanju materiala (t.i. performance based testing).
- razred 2: se uporabi, če ni na voljo sredstev/opreme za izvedbo preiskav, ki jih zahteva razred 1. Izvede se manjši obseg preiskav, nekatere vrednosti se lahko pridobi iz baze podatkov upravljavca cest (porazdelitev spektra osnih obremenitev) ali pa se jih simulira na podlagi enostavnejših preskusov (npr. dinamične lastnosti asfaltov se simulira na podlagi viskoznosti bitumnov, zrnivosti ter volumskih lastnosti asfaltov).
- razred 3: se uporablja na cestah, kjer prezgodnja porušitev ne povzroči hujših posledic. Uporabi se vrednosti, ki so tipične za regijo.

Metodologija obsega 14 poglavij na približno 2000 straneh ter presega okvir tega magistrskega dela. Dodatno je metodologiji priloženih 23 prilog.

V Sektorju za tehnično podporo projektov in razvoj v družbi DRI, upravljanje investicij d.d. smo z računalniškim programom ME-PDG, ki je priložen metodologiji, že izvedli določene izračune. Največji problem za uporabo programa je bilo pridobivanje ustreznih klimatskih podatkov za območje Slovenije, saj program za delovanje potrebuje urne podatke o temperaturi, hitrosti vetra, oblačnosti, količini padavin ter relativni vlažnosti.

Podatke smo uspeli pridobiti ter primerno obdelati za uporabo v programu ME-PDG za vremenski postaji Ljubljana-Bežigrad in Maribor-Letališče (4-letno obdobje), tako da lahko sedaj za ti dve območji v Sloveniji modeliramo temperaturo v voziščni konstrukciji ter globino zmrzovanja za dejansko načrtovane materiale.

Modeliranje obnašanja voziščne konstrukcije je zaradi ameriških merodajnih tipov vozil ter merskih enot še v fazi proučevanja.

2.2.4 Primerjava pregledanih modelov

Od pregledanih modelov največ možnosti izračunov omogoča ameriška metodologija (ME-PDG). Problem za njeno takojšnjo uporabo v Sloveniji je, da je metodologija še v preskusni fazi in zato njena uporaba v komercialne namene ni dovoljena.

Druga večja ovira za takojšnjo uporabo metodologije ME-PDG je, da je metodologija zelo kompleksna (v ZDA za prehod iz dimenzioniranja voziščnih konstrukcij na podlagi AASHO testa na dimenzioniranje po empirično-mehanističnem postopku po metodologiji ME-PDG predvidevajo prehodno obdobje 5- 10 let), za njeno uporabo pa je potrebno izmeti izdelano vrsto posameznih študij ter kalibracij (pri nas še posebej, saj v ZDA uporabljajo drugačne asfaltne zmesi).

Avstrijska metodologija v primerjavi z ameriško enostavnejša. Njena bistvena pomanjkljivost je, da ni na voljo z dostopnim računalniškim programom.

Metodi dimenzioniranja na podlagi AASHTO Pavement Design Guide 1993 in metodi dimenzioniranja po TSC sta si zelo podobni, saj obe temeljita na rezultatih empiričnega AASHO testa. Glede na to, da imamo z dimenzioniranjem po TSC bistveno več izkušenj, za uporabo AASHTO Pavement Design Guide 1993 pa bi bilo potrebno zbrati podatke (ali pa izdelati posebno študijo) o mesečnem nihanju nosilnosti podlage, je primernejša za uporabno metoda po TSC.

Glede na zgoraj navedeno, sem za modeliranje propadanja voziščnih konstrukcij izbral modeliranje po TSC.

Primerjavo posameznih metodologij prikazuje preglednica 5: primerjava pregledanih metodologij in modelov.

Preglednica 5: Primerjava pregledanih metodologij in modelov

Table 5: Comparison of reviewed methodologies

Program	Tip	Vrste preveritev								Možnost uporabe v Sloveniji	
		Zlepljenost plasti	Klimatski pogoji	Dinamične obrem.	Osne obrem.	Karakt. pnevmatik	Ločen prikaz porušnih meh.	Razpoke na dnu asfaltnih plasti	Razpoke na vrhu asfaltnih plasti		Trajno preoblikovanje
AASHO Pavement Design Guide 1993	Empirična	Ne	Delno ¹	da	Delno ²	Delno ³	ne	Pogojno ⁴	Pogojno ⁴	ne	Pogojno
TSC	Empirična	Ne	Delno ⁵	Da	Delno ²	Delno ³	Ne	Pogojno ⁴	Pogojno ⁴	ne	Da
Avstrijski model	Meh.- Empirična	Da	Da	Delno ⁵	Da	Delno ⁵	Da	Da	Ne	Pogojno ⁶	Pogojno
M-E PDG	Meh.- Empirična	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Pogojno

¹ Metodologija upošteva mesečno spreminjanje prodajnosti podlage, spreminjanje se podaja v obliki mesečnih vrednosti nosilnosti za tipične materiale, ki so dobljene z študijo na karakterističnih materialih, metodologija sestavo zmesi (t.i. mix design) upošteva v zelo omejenem obsegu

² Metodologija osne obremenitve upošteva po pravilu četrte potence

³ Metodologija razlikuje med različnimi tipi pnevmatik, upoštevanje lastnosti pnevmatik, ki miso bile uporabljene med AASHO testom je oteženo

⁴ Metodologija ne razlikuje med različnimi porušnimi mehanizmi

⁵ Metodologija klimatske obremenitve upošteva z izbiro regionalnega faktorja (2,0 za Slovenijo), metodologija sestavo zmesi (t.i. mix design) upošteva v zelo omejenem obsegu

⁶ Za modeliranje trajnega preoblikovanja uporabljajo v Avstriji druge modele

2.3 Modeliranje stroškov uporabnikov zaradi oviranja prometa

2.3.1 Dejavniki, ki vplivajo na stroške uporabnikov

Stroški uporabnikov običajno nastanejo zaradi razporeda, trajanja in obsega gradbišč, ki pogojujejo spremembo hitrosti, ustavljanje, zamude, obvoze in nezgode. Pri normalnih obratovalnih razmerah se stroški uporabnikov bistveno ne razlikujejo med sabo zaradi različnih tipov voziščnih konstrukcij, zato pri izračunu življenjskega cikla voziščne konstrukcije upoštevamo samo stroške, nastale zaradi oviranja prometa. Te delimo na

- obratovalne stroške vozila:
 - stroške zaradi spremembe hitrosti
 - stroške zaradi ustavljanja
 - stroške zaradi prometnih zastojev
- stroške zaradi porabljenega časa:
 - zamude zaradi spremembe hitrosti
 - zamude zaradi omejitve hitrosti na gradbišču
 - zamude zaradi ustavljanja
 - zamude zaradi prometnih zastojev
- stroške nezgod.

Bistven delež k povečanju stroškov uporabnikov prinesejo stroški, nastali zaradi prometnih zastojev, zato lahko v primeru odprave vzrokov za nastanek zastojev stroške uporabnikov zelo znižamo.

Dejavniki, ki vplivajo na stroške uporabnikov so:

- dejavniki povezani z gradbiščno cono:
 - delovna aktivnost: splošni trend je, da vozniki motornih vozil upočasnijo, če opazijo delavce v gradbiščni coni. Večja kot je prisotnost delavcev v gradbiščni coni, manjša je hitrost vozil in s tem tudi kapaciteta
 - gradbena mehanizacija, ki vstopa/izstopa na zaprte pasove: ta lahko povzroča zmanjšanje hitrosti prometnega toka in s tem posledično zmanjšanje kapacitete
 - prisotnost policije/sistemov za nadzor hitrosti: to dvoje povzroča zmanjšanje hitrosti prometnega toka in s tem posledično zmanjšanje kapacitete.
- dejavniki povezani z lastnostmi prometnega toka:
 - sprememba profila voznikov: v primeru voznikov, ki niso seznanjeni lastnostmi gradbiščne cone, lahko pride do zmanjšanja hitrosti in s tem posledično do znižanja kapacitete

- počasna vozila/vozila prekomernih dimenzij in teže: oboja lahko povzročijo zmanjšanje hitrosti in s tem posledično zmanjšanje kapacitete.
- dejavniki povezani z geometrijo ceste:
 - širina voznega pasu in omejitev širine/višine lahko povzroči zmanjšanje kapacitete
 - razpoložljivost posameznih pasov: v primeru zaprtja posameznih prometnih pasov kapaciteta bistveno pade
 - neraven delovni stik/neravno vozišče: povzroči zmanjšanje hitrosti in s tem posledično kapacitete
- dejavniki povezani z vremenom:
 - padavine/poledenelo vozišče: oboje povzroča zmanjšanje hitrosti vožnje ter povečanje razdalje med vozili in s tem posledično zmanjšanje kapacitete
 - megla: povzroča zmanjšanje vidljivosti, kar lahko povzroči zmanjšanje hitrosti in s tem posledično zmanjšanje kapacitete.

2.3.2 Splošno o orodjih za modeliranje zamud in stroškov uporabnikov

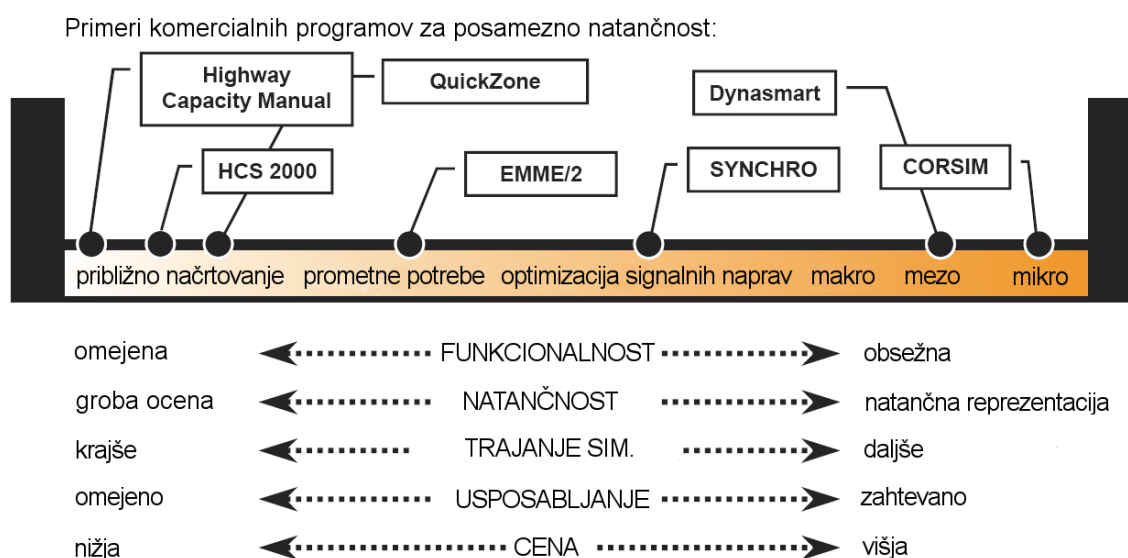
Na podlagi FHWA TAT (U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Traffic Analysis Toolbox) se orodja za modeliranje prometa delijo na:

- Orodja za približno načrtovanje/HCM orodja (Sketch-Planning/HCM tools): specializirana orodja, ki upoštevajo podatke o prometnih obremenitvah ter kapacitetnih analizah za predvidevanje učinkov na prometne sisteme.
- Orodja, ki upoštevajo prometne potrebe (Travel Demand Models): matematični modeli, ki predvidijo bodoče potrebe po potovanjih na obravnavanem območju na podlagi trenutnih razmer in bodočih projekcij lastnosti gospodinjstev in gospodarstva.
- Orodja za optimizacijo signalnih naprav (Traffic Signal Optimization Models): optimizacijska orodja, ki se uporabljajo za izdelavo programov krmiljenja svetlobnega vodenja prometa na križiščih, vpadnicah ali omrežju.
- Makroskopske simulacije (Macroscopic simulation): Modeli, ki temeljijo na determinističnih razmernih med pretokom, hitrostjo in gostoto prometnega toka. Makroskopski modeli simulirajo promet na posameznih povezavah (ne simulirajo gibanja posameznih vozil).
- Mezoskopske simulacije (Mesoscopic Simulation): vmesni pristop med makroskopskimi modeli ter mikroskopskimi modeli.

- Mikroskopske simulacije (Microscopic Simulation): ta orodja simulirajo gibanje posameznih vozil z uporabo algoritmov za spremljanje vozil ter algoritmov za spremembo voznih pasov in ostalih parametrov povezanih z obnašanjem posameznih tipov voznikov.

Kompleksnost modelov raste z njihovo natančnostjo. Prav tako je potrebno za kompleksnejše modele pridobiti več vhodnih podatkov ter točnejše vhodne podatke. Tip modela za simulacijo se tako izbere glede na zahtevano natančnost rezultatov (tveganje povezano z napačnimi rezultati) ter glede na fazo projekta (odločanje o investiciji, načrtovanje ali izvedba).

Slika 21 shematsko prikazuje posamezna orodja in primere komercialnih programov.



Slika 21: Zahtevnost posameznih orodij za modeliranje obnašanja prometa (FHWA, 2009: str. 3)

Figure 21: Complexity of different traffic analysis tools (FHWA, 2009: p. 3)

2.3.3 Pregled posameznih orodij za modeliranje zamud in stroškov uporabnikov

Highway Capacity Software (HCS+) je računalniški program razvit na Univerzi na Floridi (ZDA). Zadnja verzija programa HCS 2010 (Release 6.1) implementira postopke opisane v HCM 2010.

Po načinu izračuna spada med orodja za približno načrtovanje/HCM orodja.

HCS ne vsebuje funkcij za ocenjevanje kapacitete gradbiščnega odseka, omogoča pa oceno kapacitete tipičnega avtocestnega odseka z upoštevanjem vpliva širine voznih pasov, prisotnosti ovir in križišč.

Potrebni vhodni podatki so lastnosti odseka in lastnosti prometnega toka. Na podlagi lastnosti odseka se ocenijo kapacitete odseka. Na podlagi lastnosti prometnega toka se ocenijo potovalne hitrosti in zamude.

HCS ne omogoča direktnega izvajanja ekonomskih analiz. Program je komercialne narave in ni prosto dostopen.

MicroBENCOST je računalniški program razvit med letoma 1990 – 1993 v sklopu NCHRP (National Cooperative Highway Research Project, ZDA).

Program deluje v računalniškem okolju DOS. Po načinu izračuna je kombinacija orodji za približno načrtovanj/HCM orodij in orodij, ki upoštevajo prometne potrebe.

Namen programa je analiza različnih ukrepov izboljšanja cestnega odseka na nekem koridorju. Program izračunava koristi za obstoječi in napovedani promet na obravnavanem odseku ter na morebitno prisotnih vzporednih odsekih. Glede na razpoložljive kapacitete in prisotne prometne obremenitve program dodeljuje promet med ocenjevani odsek ter morebitne vzporedne odseke.

Za potrebe izračuna so v programu vsebovani:

- razmerja med prometnimi obremenitvami in kapaciteto za neurbane ceste povzeta po HCM 1984
- zamude v križiščih povzeta po TRANSYT-7F simulacijah
- zamude zaradi prečkanja železniške proge ocenjene na podlagi enostavnih determinističnih konceptov
- zamude zaradi incidentov in gradbiščnih con ocenjene na podlagi enostavnih determinističnih konceptov.

Izračun koristi obsega:

- izračun potovalnih časov
- izračun stroškov obratovanja vozil.

Izračun stroškov obsega:

- skupne začetne stroške
- ohranjeno vrednost po preteku dobe ocenjevanja
- stroške povezane z obnovami in vzdrževanjem po preteku dobe ocenjevanja

Program je komercialne narave in ni prosto dostopen.

REAL COST 2.5 je program, namenjen izvajanju analiz življenjskega cikla. Razvit je s strani FHWA (Federal Highway Administration, ZDA). Zadnja verzija je iz leta 2011.

Vsebuje dva sklopa in sicer sklop za ekonomsko primerjavo različnih strategij načrtovanja voziščnih konstrukcij ter sklop za računanje zamud/stroškov uporabnikov pri posameznih vzdrževalnih/obnovitvenih ukrepih.

Pri izračunu zamud/stroškov uporabnikov povzema publikacijo Life-Cycle Cost Analysis in Pavement Design - In Search of Better Investment Decisions – FHWA 1998, ki temelji na HCM 1994.

Po načinu izračuna spada med orodja za približno načrtovanje/HCM orodja.

Program:

- deluje kot pomožni program v programu Microsoft Excel.
- omogoča izračun stroškov uporabnikov zaradi zamud ter povečanja operativnih stroškov vozil.
- omogoča izvedbo probabilističnih analiz po metodi Monte Carlo, kjer integrirano simulira negotovosti v življenjski dobi posameznih ukrepov v sklopu strategij vzdrževanja voziščnih konstrukcij in negotovosti povezanih z obnašanjem prometnega toka.
- je brezplačen in prosto dostopen.

QuickZone je s strani FHWA (Federal Highway Administration, ZDA) razvit program za analiziranje vplivov gradbiščnih con. Deluje na mrežnem nivoju in uporablja sistem povezava – vozlišče (t.i. link – node system).

Program omogoča analizo zamud na nivoju koridorja zaradi omejitev prometa povezanih z gradbiščno cono.

Prednost pred ostalimi programi je, da pri izračunu stroškov upošteva tudi stroške nastale na alternativnih povezavah, saj program deluje na mrežnem nivoju.

Po načinu izračuna spada med orodja, ki upoštevajo prometne potrebe.

Program deluje kot pomožni program v programu Microsoft Excel.

Program je komercialne narave in ni prosto dostopen.

CA4PRS je program planiranje časovne razporeditve, poteka in stroškov uporabnikov za gradbiščne cone. Program omogoča izbiro optimalne strategije obnove voziščne konstrukcije z uravnoveženjem

trajanja projekta, strategij zaprtja prometnih pasov in stroškov uporabnikov. Razvit je s strani Centra za raziskovanje vozišč Univerze v Kaliforniji (University of California Pavement Research Center).

Program omogoča:

- oceno trajanja posameznega projekta
- razvoj terminskih planov za posamezni projekt
- primerjavo posameznih variant.

Program deluje po principu ekspertnih sistemov (logika »kaj-če«). Izračun prometnih obremenitev temelji na HCM. Program deluje kot samostojni program.

Po načinu izračuna spada med orodja za približno načrtovanje/HCM orodja.

Glavne prednosti programa so zmožnost integracije analize prometa, planiranja gradbiščne logistike in izbire strategije obnov voziščnih konstrukcij.

Program je prosto dostopen za ameriške cestne administracije, za vse ostale uporabnike pa je komercialne narave.

VISSIM je orodje na mikroskopske simulacije, razvito s strani podjetja PTV AG. Program omogoča analizo obnašanja prometa v odvisnosti od različnih obremenitev, kot so npr. različne konfiguracije prometnih pasov, sestave prometnega toka, svetlobnega vodenja prometa.

Program deluje po principu sledenja vozil (reakcija posameznega vozila glede na gibanje ostalih vozil v bližini).

Program za svoje delovanje zahteva zelo detajlne informacije o geometriji omrežja, prometnih obremenitvah, spektru vozil in vodenju prometa. Izdelava omrežja, ki ga želimo modelirati je relativno kompleksna.

Program je komercialne narave in ni prosto dostopen.

2.3.4 Primerjava pregledanih programov

Od pregledanih programov največjo natančnost modeliranja omogoča VISSIM. Pomanjkljivost VISSIM-a je, da je njegova uporaba zelo zahtevna, saj zahteva izurjenega operaterja ter tudi zelo natančne vhodne podatke. Prav tako sta simulacija in račun dokaj časovno potratna, kar je velika pomanjkljivost pri izvajanju analiz življenjskega cikla voziščnih konstrukcij, saj je potrebno analizirati več alternativ ter posegov.

Od ostalih pregledanih programov samo REAL COST 2.5 in CA4PRS omogočata izvedbo ekonomskih analiz. Prednost programa CA4PRS pred REAL COST-om je, da vsebuje tudi modul, za optimizacijo gradbiščne logike. Glede na to, da je program ameriški, ker organizacija gradbišč ni enaka slovenski, to ne predstavlja bistvene prednosti pred programom REAL COST.

Velika prednost programa REAL COST pred ostalimi je njegova brezplačna dostopnost.

Glede na vse navedeno, sem za modeliranje stroškov uporabnikov izbral program REAL COST 2.5.

Preglednica 6 prikazuje primerjavo pregledanih orodij.

Preglednica 6: Primerjava pregledanih orodij za modeliranje zamud in stroškov uporabnikov
Table 6: Comparison of reviewed tools for user delays and cost simulation

Program	Način delovanja	Prosta dostopnost	Zahtevnost uporabe	Integriranost izvajanja ekonomskih analiz	Program omogoča optimizacijo gradbiščne logistike
Highway Capacity Software (HCS+)	Orodja za približno načrtovanje/HCM orodja	Ne	Enostavna	Ne	Ne
MicroBENCOST	Orodja za približno načrtovanje/HCM orodja	Ne	Enostavna, potrebno je poznavanje DOS okolja	Delno	Ne
REAL COST 2.5	Orodja za približno načrtovanje/HCM orodja	Da	Enostavna	Da	Ne
QuickZone	Orodja, ki upoštevajo prometne potrebe	Ne	Srednje zahtevna	Ne	Ne
CA4PRS	Orodja za približno načrtovanje/HCM orodja	Ne	Enostavna	Da	Da
VISSIM	Mikroskopske simulacije	Ne	Zahtevna	Ne	Ne

2.3.5 Pregled modelov za izračun kapacitete

Programi, ki spadajo v kategorijo orodja za približno načrtovanje/HCM orodij, kot vhodni podatek potrebujejo oceno kapacitete prostega prometnega toka ter kapacitete gradbiščne cone.

V tem poglavju so zato pregledani modeli za ocenitev zgoraj omenjenih kapacitet.

2.3.5.1 Kapaciteta prostega prometnega toka

Enačba za kapaciteto prostega prometnega toka je sestavni del HCM metodologije.

Po **HCM 1993** (p.3-11) se kapaciteto prostega prometnega toka se izračuna po enačbi 19:

$$SF_i = MSF_i \cdot N \cdot f_w \cdot f_{HV} \cdot f_p, \text{ kjer je:}$$

SF_i – pretok vozil za nivo uslug i za izbrano vozišče ter prometne razmere

za N pasov v eno smeri v $\frac{\text{vozilih}}{\text{uro}}$

MSF_i – maksimalni pretok vozil za nivo uslug i za N pasov v eno smeri v $\frac{\text{vozilih}}{\text{uro}}$

N – število pasov v eno smer

f_w – faktor za upoštevanje efektov zmanjšane širine pasov ter hor. ovir

f_{HV} – faktor za upoštevanje vpliva težkih vozil na prometni tok

f_p – faktor za upoštevanje netipičnih voznikov

Enačba 19: Izračun kapacitete prometnega toka po HCM 1993

Equation 19: Calculation of free flow capacity according to HCM 1993

Maksimalni pretok vozil znaša v idealnih razmerah znaša 2200 voz/uro (p.2-10) za avtocesto z dvema istosmernima pasovoma oziroma 2300 voz/uro za avtocesto s tremi ali več istosmernimi pasovi.

Po **HCM 2000** se kapaciteta prometnega toka izračuna po naslednjih enačbah (20):

$$BaseCap = 1,000 + 20FFS; \text{ for } FFS \leq 60 \quad (10)$$

$$BaseCap = 2,200; \text{ for } FFS > 60$$

$$PeakCap = BaseCap * PHF * N * f_{HV} * f_p$$

Kjer je:

BaseCap – Osnovna kapaciteta

FFS – hitrost prostega prometnega toka

PeakCap – Kapaciteta v konici

PHF - Peak Hour Factor - Faktor urne konice

N - Number of lanes in one direction - Število pasov v eni smeri

fHV - Faktor za upoštevanje vpliva težkih vozil na prometni tok

fp - faktor za upoštevanje netipičnih voznikov

Enačba 20: Izračun kapacitete prometnega toka po HCM 2010

Equation 20: Calculation of free flow capacity according to HCM 2010

2.3.5.2 Kapaciteta gradbiščne cone

Po **HCM 2000** se kapaciteta gradbiščne cone izračuna po enačbi 21:

$$ca = (1,600 + I - R) * fHV * N \quad (22-2)$$

Kjer je:

ca = korigirana kapaciteta (veh/h);

fHV = korekcijski faktor definiran z enačbo 22-1;

I = korekcijski faktor za tip, intenziteto in lokacijo aktivnosti v gradbiščni coni,

R = korekcijski faktor za priključne rampe,

N = število pasov skozi gradbiščno cono.

Enačba 21: Model za oceno kapacitete gradbiščne cone po HCM 2000

Equation 21: Work zone estimation model according to HCM 2000

Po modelu **Al-Kaisy and Hall**

$$C = 1964 - 20,9P_{HV} - 82D_1 - 352D_2 - 172W - 121S - 71R + 55SD_1 + 185WD_2 + 107RD_2$$

kjer je:

C - kapaciteta

P_{HV} – korekcijski faktor za delež težkih vozil v prometnem toku

D₁ – korekcijski faktor za izven konično populacijo tedenskih voznikov

D₂ – korekcijski faktor za populacijo vikend voznikov

W – korekcijski faktor za delovne aktivnosti v gradbiščni coni

S – korekcijski faktor za stran, na kateri je zaprt prometni pas

R – korekcijski faktor za upoštevanje vplivov dežja

SD₁ – korekcijski faktor za skupne vplive strani zaprtja pasu in izven konično populacijo tedenskih voznikov

WD₂ – korekcijski faktor za skupne vplive delovnih aktivnosti in populacije vikend voznikov

SD₂ – korekcijski faktor za skupne vplive strani zaprtja voznega pasu in vikend populacije voznikov

RD₂ – korekcijski faktor za skupne vplive zaradi dežja in vikend populacije voznikov

Enačba 22: Model za oceno kapacitete gradbiščne cone po Al-Kaisy and Hall

Equation 22: Work zone estimation model according to Al-Kaisy and Hall

Po modelu **Abrams in Wang**

$$C = 2000 \times TF \times WCF + WZF,$$

kjer je:

C = ocenjena kapaciteta gradbiščne cone

TF – korekcijski faktor za vpliv tovornih vozil podan v HCM

WCF – korekcijski faktor za korekcijo kapacitete ugotovljen v raziskavi

Enačba 23: Model za oceno kapacitete gradbiščne cone po Abrams in Wang

Equation 23: Work zone estimation model according to Abrams and Wang

Po modelu **Kim et al.**

$$C = 1857 - 168,1 \text{NUMCL} - 37,0 \text{LOCCL} - 9,0 \text{HV} + 92,7 \text{LD} - 34,3 \text{WL} - 106,1 \text{WI}_H - 2,3 \text{WG} * \text{HV}$$

kjer je:

C = ocenjena kapaciteta gradbiščne cone

NUMCL – število zaprtih pasov

LOCCL – korekcijski faktor za upoštevanje lege zaprtih pasov

HV – korekcijski faktor za upoštevanje deleže tovornih vozil

LD – korekcijski faktor za upoštevanje bočne razdalja do odprtih prometnih pasov

WL – korekcijski faktor za upoštevanje dolžine gradbiščne cone

WI_H – korekcijski faktor za upoštevanje intenzitete v gradbiščni coni

WG – korekcijskih faktor za upoštevanje naklona gradbiščne cone

Enačba 24: Model za oceno kapacitete gradbiščne cone po Kim et al.

Equation 24: Work zone estimation model according to Kim et al.

Izmed pregledanih modelov sem za modeliranje kapacitete gradbiščne cone izbral model Kim et. Al, saj je izmed pregledanih modelov omogoča upoštevanje največ posameznih vplivov. Poleg tega model v primerjavah kapacitet modeliranih gradbiščnih kapacitet z dejansko izmerjenimi (Kim et. al. 2000; Hojjat Adeli et al. 2003; Darrell et. al 2008) dosega dobre primerjalne rezultate.

Za modeliranje kapacitete prostega prometnega toka sem izbral enačbo po HCM 1993, saj je ta sestavni del programa Real Cost 2.5.

2.3.6 Predlagan izračun stroškov uporabnikov

Za izračun se izbere računalniški program RealCost 2.5, ki temelji na metodologiji HCM 1993.

Izračun stroškov uporabnikov za potrebe izvajanja analize življenjskega cikla voziščne konstrukcije poteka po naslednjem zaporedju:

- Izračun bodočih prometnih obremenitev

Izračun bodočih prometnih obremenitev prikazuje enačba 25

$$PLDP_{leto\ i} = PLDP_{bazno\ leto} \cdot [razred\ vozila\ \%] \cdot (1 + rast)^{(leto\ i - bazno\ leto)}$$

Enačba 25: Izračun prometnih obremenitev v letu i

Equation 25: Calculation of traffic loads in year i

- Izračun gradbiščne smerne urne distribucije prometa

Distribucijo se pridobi iz podatkov o štetju prometa. V primeru velike pomembnosti projekta, se lahko izvede samostojno štetje prometa oziroma analizira podatke iz avtomatskih števec prometa.

- Izračun kapacitete ceste

Za analizo stroškov uporabnikov se upošteva naslednje:

- kapaciteto prometnega toka v normalnih obratovalnih razmerah – uporabi se model po HCM 1993 (enačba 19)
- kapaciteto prometnega toka v gradbiščni coni – uporabi se model po Kim. et al. (enačba 24).

- Identifikacija stroškovnih komponent uporabnikov

Ko so poznane kapacitete ter prometne obremenitve, se primerja izračunane kapacitete z urnimi prometnimi obremenitvami. Rezultat je število vozil, ki so zadržana v prometni zavori po posameznih urah.

- Ovrednotenje zaradi posameznih komponent prizadetega prometa

V tej fazi je potrebno za vozila, izračunana v prejšnji fazi, ugotoviti, kateri stroški so jim bili povzročeni zaradi oviranja prometa. Urni distribuciji vozil, pridobljeni v predhodni fazi, se določi število vozil, ki gradbiščno cono prevozijo, število vozil v vrsti, število ustavljanj ter število zmanjševanja hitrosti.

- Izračun zamud zaradi zmanjšane hitrosti

Za izračun zamud je potrebno imeti podatke predhodne faze ter dolžino gradbiščne cone in hitrosti prometnega toka skozi gradbiščno cono. Hitrost prometnega toka skozi gradbiščno cono se ločeno računa za primera:

- zmanjšanja hitrosti zaradi omejitve hitrosti v gradbiščni coni – uporabi se omejitve hitrosti, ki velja v gradbiščni coni
- zmanjšanja hitrosti zaradi prisiljenega prometnega toka – uporabi se razmerje med pretokom in kapaciteto (Volume to Capacity – V/C) ratio) po HCM 1993, ki je že vsebovano v programu RealCost 2.5.

- Izbira in določitev obratovalnih stroškov vozil

Ovrednoti se stroške in čas zaradi sprememb hitrosti vozil za posamezno merodajno vozilo.

- Izbira in določitev stroškov zaradi zamud

Definirati je potrebno vrednost časa za posamezno kategorijo vozil.

- Dodelitev prometa posameznim kategorijam

Ta točka razdeli promet, ki je podvržen posameznim stroškovnim komponentam, po posameznih kategorijah vozil.

- Izračun individualnih stroškovnih mest za posamezno kategorijo vozil

Dnevni stroški za posamezno stroškovno kategorijo se izračunajo z množenjem prizadetega prometa s stroškom na enoto posamezne kategorije stroškovnega mesta (obratovalni stroški vozil in stroški zaradi zamud).

Običajno se upošteva naslednje stroškovne komponente:

- povečanje obratovalnih stroškov vozil zaradi sprememb hitrosti
- stroški porabljenega časa zaradi sprememb hitrosti
- stroški porabljenega časa zaradi zmanjšane hitrosti v zapori
- povečanje obratovalnih stroškov vozil zaradi ustavljanja vozil
- stroški porabljenega časa zaradi ustavljanja vozil
- povečanje obratovalnih stroškov vozil zaradi prostega teka vozil
- stroški porabljenega časa zaradi zmanjšane hitrosti prometnega toka zaradi oviranega prometnega toka

- Vsota vseh stroškov

Sešteje se vse stroške. Priporoča se prikaz stroškov po posameznih kategorijah ter režimih obratovanja gradbišča, saj se tako najlažje locira stroškovna mesta, kjer nastajajo najvišji stroški.

Praviloma na končne stroške uporabnikov največ vplivajo stroški, nastali, ko prometne obremenitve presežejo kapaciteto gradbiščnega odseka. Zato je za zniževanje stroškov uporabnikov najučinkovitejše, če uspemo zagotoviti gradbiščni režim, pri katerem je kapaciteta višja od prometnih obremenitev.

3 POSKUS IZVEDBE ANALIZE ŽIVLJENJSKEGA CIKLA VOZIŠČNE KONSTRUKCIJE NA PRIMERU IZ SLOVENSKEGA PROSTORA

3.1 Izbira primernega modela za modeliranje propadanja voziščne konstrukcije in stroškov uporabnikov na podlagi natančnosti modela ter možnosti pridobitve vhodnih podatkov

3.1.1 Propadanje voziščne konstrukcije

Od pregledanih modelov največ obetajo mehanistično-empirični modeli. Njihova prednost je vpogled v dogajanje/stanje v voziščni konstrukciji ter modularnost, saj jih je mogoče posodablјati skladno z razvojem stroke. V preteklosti je bila vprašljiva njihova natančnost, vendar pa se je ta z razvojem modelov povečala. K temu so veliko pripomogle uvedbe novih preiskav (preiskave temelječe na obnašanju materiala) ter raziskav (raziskave klimatskih vplivov na voziščne konstrukcije in raziskave spreminjanja elastičnega modula podlage med letom). Dodatno je k uporabnosti mehanistično-empiričnih modelov pripomogla tudi njihova vključitev v metodologije za dimenzioniranje voziščnih konstrukcij, saj metodologije vključujejo tudi natančnejša navodila za uporabo modelov ter tudi načine/preiskave za pridobivanje vhodnih podatkov.

Od pregledanih modelov največ obeta model ME-PDG, za katerega so tudi že bili pridobljeni vhodni podatki o klimatskih obremenitvah okolja v Sloveniji. Kljub vsemu pa njegova uporaba v Sloveniji za komercialne namene trenutno ni mogoča, saj je model še v razvojni fazi. Dodatno oviro predstavlja tudi dejstvo, da je model izdelan v ZDA, kjer se uporabljajo drugačne merske enote, drugačni materiali ter standardi za preiskave materialov, drugačni merodajni tipi vozil ter drugačne osne obremenitve. Ena od večjih ovir pri morebitni vpeljavi modela v prakso v Sloveniji je tudi obsežnost metodologije ter kompleksnost modela. V ZDA, kjer trenutno poteka šolanje osebja ter vpeljava modela v prakso, ocenjujejo, da bo za prehod z dimenzioniranja na podlagi empiričnega AASHO testa na dimenzioniranje po mehanistično-empiričnem pristopu potrebno časovno obdobje vsaj 10 let.

Avstrijski model je zato iz vidika vpeljave v prakso enostavnejši. Njegova slabost je, da ne omogoča modeliranja vseh lastnosti, ki jih omogoča metodologija ME-PDG. Druga slabost pa je, da je za njegovo uporabo potrebno izvesti določene študije za pridobitev podatkov, potrebnih za modeliranje. Za večino teh podatkov lahko sicer povzamemo nemške oziroma avstrijske vrednosti, ob morebitni vpeljavi metodologije v prakso pa bi bilo v Sloveniji definitivno potrebno izvesti analizo klimatskih obremenitev ter analizo osnega spektra vozil na posameznih cestah. Glede na to, da za to potrebno opremo ter znanje v Sloveniji posedujemo, to ne bi smelo predstavljati večjega problema. Analizo klimatskih obremenitev ter analizo prometnih obremenitev tako predlagam za predmet bodočih raziskav.

Glede na zgoraj opisano pomanjkanje ustreznih študij predlagam za modeliranje propadanja voziščne konstrukcije, ki je potrebno za določitev ustreznih strategij načrtovanja voziščnih konstrukcij, kombinacijo dimenzioniranja po trenutno veljavnih tehničnih specifikacijah za ceste (TSC), ki v zadovoljivi meri simulirajo propadanje voziščne konstrukcije zaradi utrujanja materiala zaradi prometnih obremenitev, ter modele in kataloge ukrepov v sklopu gospodarjenja z voziščnimi konstrukcijami s sistemom dTIMS_CT, ki upoštevajo propadanje voziščne konstrukcije zaradi propadanja obrabne plasti.

Glede na obseg pregledane strokovne literature opozarjam, da v Sloveniji trenutno veljavne tehnične specifikacije za dimenzioniranje voziščnih konstrukcij ne ustrezajo več stanju stroke ter priporočam njihovo posodobitev.

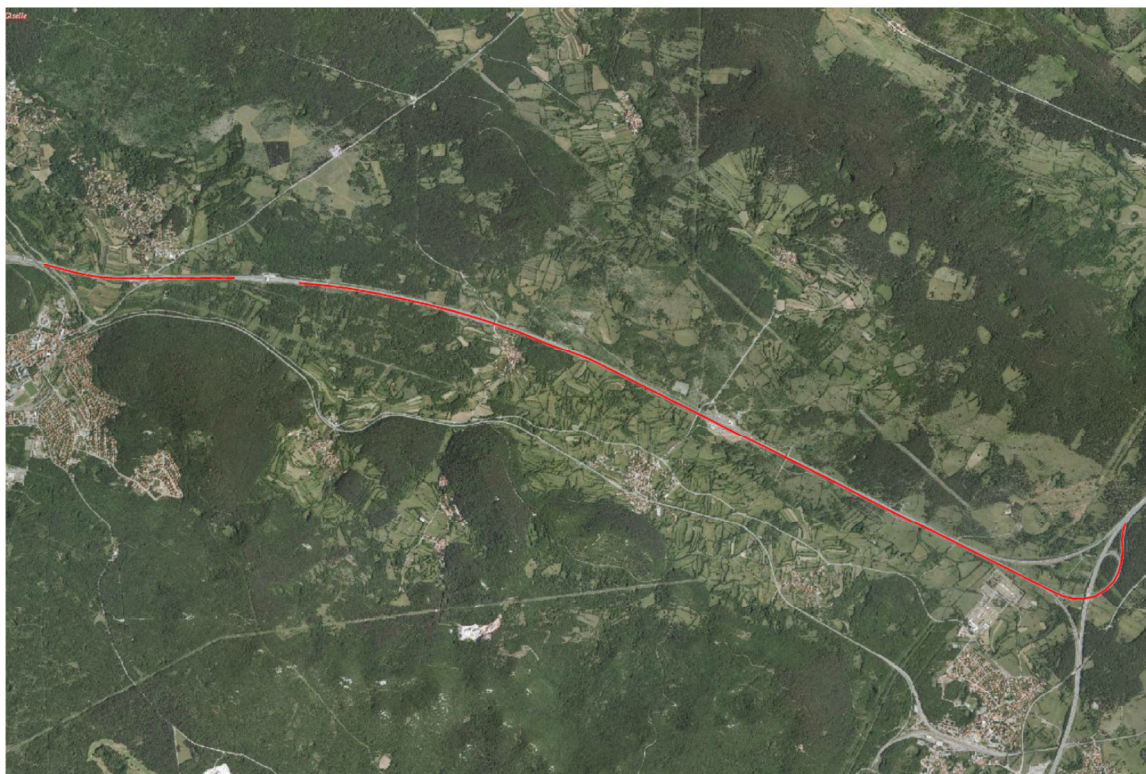
3.1.2 Modeliranje stroškov uporabnikov

Za modeliranje stroškov uporabnikov predlagam računalniški program Real Cost 2.5 (NCHRP, 2011). Izračun s programom Real Cost 2.5 temelji na metodologiji HCM.

Glede na to, da je izračun relativno enostaven, omogoča zadostno natančnost za potrebe analiziranja življenjskega cikla voziščne konstrukcije ter da z njim v Sloveniji že imamo izkušnje, je metodologija HCM najboljša izbira.

3.2 Pridobitev vhodnih podatkov za primer obnove voziščne konstrukcije na avtocestnem odseku v Republiki Sloveniji

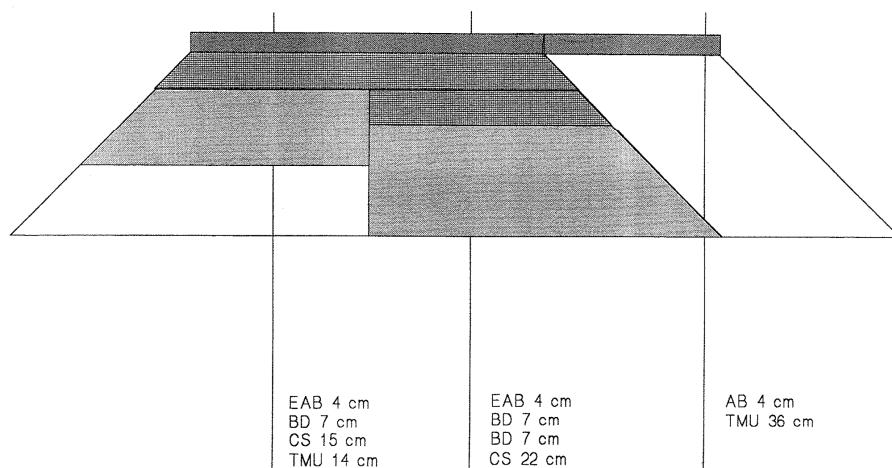
Za raziskovanje možnosti izvedbe analize življenjskega cikla v Sloveniji je bil izbran projekt obnove voziščne konstrukcije na AC A3 na odseku 0668 Gabrk – Sežana V od km 0,000 do km 6,908 in od km 7,188 do km 7,982, na odseku 0669 Sežana V – Sežana Z od km 0,000 do km 0,820 in priključku 0156 razcep Gabrk–krak D od km 2,535 do km 3,364 (slika 22).



Slika 22: Pregledna situacija za projekt obnove voziščne konstrukcije Gabrk – Sežana V – Sežana Z

Figure 22: Synoptic situation for pavement construction renewal Gabrk – Sežana V – Sežana Z

Odsek je bil odprt leta 1994. Voziščno konstrukcijo prikazuje slika 23:



Slika 23: Voziščna konstrukcija na AC A3 0668/0669/0156 Gabrk – Sežana V – Sežana Z (SCT, 1992: str. 31)

Figure 23: Pavement construction on AC A3 066//0669/0156 Gabrk – Sežana V – Sežana Z (SCT, 1992: p. 31)

Privzete prometne obremenitve na obravnavanih odsekih prikazuje preglednica 7.

Preglednica 7: Prometne obremenitve na odseku AC A3 0668 Gabrk – Sežana V (DRSC. 2010)

Table 7: Traffic loads on motorway A3 section 0668 Gabrk – Sežana V (DRSC. 2010)

	vrsta vozila						
	osebna	bus	tov-l	tov-s	tov-t	tov-p	skupaj
Prometne obremenitve (NPIA, Dars, 2010) za leto 2011	8.454	197	1.364	140	159	3.733	14.047
Povprečni faktorji ekvivalentnosti	0,00003	1,4	0,005	0,6	0,7	1,6	-
Število vozil x faktor ekvivalentnosti	0,3	276,3	6,8	84,1	111,0	5.972,2	6.451

3.2.1 Pridobitev podatkov za pripravo strategij načrtovanja voziščne konstrukcije

Za izvedbo analize življenjskega cikla voziščne konstrukcije je potrebno pripraviti več strategij načrtovanja voziščne konstrukcije (slika 1). Ta so zaporedja ukrepov, ki v daljšem časovnem obdobju (običajno 40 – 50 let) ohranjajo zahtevane lastnosti voziščne konstrukcije (ravnost, torno sposobnost, nosilnost, trajnost).

Za pripravo strategije načrtovanja voziščne konstrukcije je potrebno poznati:

- ukrepe, potrebne za ohranjanje voziščne konstrukcije v sprejemljivem stanju
- časovni potek aktiviranja posameznega ukrepa
- možnosti aktiviranja posameznega ukrepa
- ceno teh ukrepov.

Ukrepi, potrebni za ohranjanje voziščne konstrukcije v sprejemljivem stanju, se določijo na podlagi

- stanja voziščne konstrukcije in podlage ter
- bodočih prometnih obremenitev.

Za projekt, ki je predmet raziskovanja, je bilo na podlagi priporočil strokovne literature računsko obdobje analize določeno na 40 let.

Za projekt, ki je predmet raziskovanja, so bili podatki o stanju voziščne konstrukcije pridobljeni:

- s pregledom dokumentacije o izgradnji avtoceste (arhiv DRI upravljanje investicij),
- na podlagi podatkov v Banki cestnih podatkov (BCP),
- na podlagi vizualnih ogledov odseka (ogledi izvedeni junija 2011),
- na podlagi razgovorov z vzdrževalci DARS-a (razgovori izvedeni junija 2011) in
- na podlagi odvzema vrtin (poročilo Igmata št. 1653/11/JP-AL z dne 30.6.2011).

Glede na to, da je bila za izvedbo analize življenjskega cikla izbrana (zaradi pomanjkanja podatkov o klimatskih obremenitvah) metoda dimenzioniranja po TSC ter modeli in katalog ukrepov iz sklopa gospodarjenja z voziščnimi konstrukcijami s sistemom dTIMS_CT, se problemi, povezani s pridobivanjem ustreznih podatkov o stanju voziščne konstrukcije, niso pojavili.

Prometne obremenitve so bile pridobljene iz podatkov o avtomatskem šteju prometa (vir DRSC 2011). Urna distribucija prometa je bila pridobljena iz urnih podatkov o avtomatskem šteju prometa (DRSC 2011).

Rast prometnih obremenitev je bila ugotovljena na podlagi dopolnitve resolucije NPJA, DARS, 2010.

Za izdelavo strategij načrtovanja voziščnih konstrukcij so bili projektirani različni ukrepi ter njihov časovni redosled. Za to so bile uporabljene trenutno veljavne tehnične specifikacije ter ukrepi iz

kataloga ukrepov, zbranih s sklopu programa gospodarjenja z voziščnimi konstrukcijami s sistemom dTIMS_CT z sočasnim upoštevanjem izkušenj strokovnjakov iz tega področja.

Cene posameznih ukrepov so bile določene na podlagi cen, pridobljenih s sistematičnim zbiranjem cen po posameznih postavkah, ki jih izvaja Sektor za kalkulacije v družbi DRI.

3.2.2 Za izračun stroškov uporabnikov pridobljeni podatki

Prometne obremenitve so bile pridobljene iz podatkov o avtomatskem štetju prometa za leto 2010 (vir DRSC) ter preračunane na leto 2011 s faktorjem rasti 3,95%.

Preglednica 8: Prometne obremenitve na odseku AC A3 0668 Gabrk – Sežana V (DRSC. 2010)

Table 8: Traffic loads on motorway A3 section 0668 Gabrk – Sežana V (DRSC. 2010)

Kat ceste	AC
Štev ceste	A3
Štev odseka	0068
Prometni odsek	GABRK - SEŽANA V
Stac. začetka	0
Stac. konca	7.977
Števno mesto	813
Ime števnege mesta	CP Dane
Tip štetja	QLD3
Vsa vozila (PLDP)	14.047
Osebna vozila	8.454
Avtobusi	197
Lah. tov. < 3,5t	1.364
Sr. tov. 3,5-7t	140
Tež. tov. nad 7t	159
Tov. s prik.in vlačilci	3.733
Tip	PLDP

Urna distribucija prometa je bila izračunana iz urnih podatkov o prometu iz števnege mesta 813 CP Dane (DRSC 2011). Izračunan je bil povprečni delež PLDP-ja za vsako posamezno uro in sicer ločeno za delovni teden (od ponedeljka do petka) ter za vikende (sobota in nedelja).. Pri izračunu so bile uporabljene urne vrednosti prehodov vozil v mesecu juliju 2011. Izračun je prikazan v prilogi C. Vrednosti so prikazane v preglednici 7.

Preglednica 9: Urna distribucija prometnih obremenitev za odsek AC A3 0068 Gabrk - Sežana V za mesec julij 2011

Table 9: Hourly distribution of traffic loads on motorway A3 section 0668 Gabrk – Sežana V

Urna distribucija: ponedeljek - petek			Urna distribucija: sobota - nedelja		
Ura	Delež PLDP-ja za posamezno uro		Ura	Delež PLDP-ja za posamezno uro	
	Delež PLDP-ja za posamezno uro	Delež prometa v smeri Sežana - Gabrk		Delež PLDP-ja za posamezno uro	Delež prometa v smeri Sežana - Gabrk
0:00:00	0,022	0,580	0:00:00	0,035	0,730
1:00:00	0,019	0,607	1:00:00	0,032	0,750
2:00:00	0,018	0,568	2:00:00	0,031	0,736
3:00:00	0,019	0,545	3:00:00	0,032	0,725
4:00:00	0,021	0,481	4:00:00	0,030	0,678
5:00:00	0,029	0,465	5:00:00	0,034	0,681
6:00:00	0,043	0,441	6:00:00	0,034	0,608
7:00:00	0,049	0,470	7:00:00	0,038	0,650
8:00:00	0,048	0,484	8:00:00	0,042	0,613
9:00:00	0,052	0,497	9:00:00	0,047	0,605
10:00:00	0,054	0,533	10:00:00	0,051	0,593
11:00:00	0,055	0,536	11:00:00	0,052	0,565
12:00:00	0,055	0,532	12:00:00	0,055	0,559
13:00:00	0,055	0,543	13:00:00	0,054	0,588
14:00:00	0,056	0,548	14:00:00	0,051	0,578
15:00:00	0,061	0,571	15:00:00	0,050	0,580
16:00:00	0,059	0,576	16:00:00	0,051	0,579

17:00:00	0,055	0,571	17:00:00	0,048	0,584
18:00:00	0,050	0,577	18:00:00	0,047	0,602
19:00:00	0,045	0,592	19:00:00	0,045	0,606
20:00:00	0,039	0,603	20:00:00	0,039	0,619
21:00:00	0,035	0,630	21:00:00	0,036	0,622
22:00:00	0,031	0,647	22:00:00	0,033	0,587
23:00:00	0,030	0,672	23:00:00	0,032	0,568
Skupaj	1,000	-		1,000	-

Rast prometnih obremenitev je bila ugotovljena na podlagi dopolnitve resolucije NPJA, DARS, 2010.

Vrednost časa uporabnikov je bila pridobljena iz razvojno raziskovalne naloge »Vrednost časa za uporabnike« (Žura et. al. 2007). Podatki so bili preračunani na vrednosti v letu 2011, upoštevajoč podatke o rasti BDP v Sloveniji (preglednica 10).

Preglednica 10: Vrednost časa za posamezne udeležence v prometu (Žura et. al. 2007: str. 37)

Table 10: Value of time for individual user groups (Žura et. al. 2007: p. 37)

Vrsta vozila – namen potovanja	[€/uro]
Osebna vozila – služba	6,33
Osebna vozila – šola	6,28
Osebna vozila – nakupi	7,77
Osebna vozila – službena pot	7,70
Osebna vozila – ostalo	7,74
Osebna vozila – tuja	8,00
Kombinirana vozila	8,96
Lahka tovorna vozila	17,36
Težka tovorna vozila	23,73

Preglednica 11: Preračun vrednost časa za leto 2011

Table 11: Calculation of the value of time for the individual user groups for year 2011

	2007	2008	2009	2010	2011
	Rast BDP				
		1,07	1,034	0,922	1,012
Vrsta vozila – namen potovanja	€/uro	€/uro	€/uro	€/uro	€/uro
Osebna vozila – služba	6,33	6,77	7,00	6,46	6,53
Osebna vozila – šola	6,28	6,72	6,95	6,41	6,48
Osebna vozila – nakupi	7,77	8,31	8,60	7,93	8,02
Osebna vozila – službena pot	7,7	8,24	8,52	7,85	7,95
Osebna vozila – ostalo	7,74	8,28	8,56	7,90	7,99
Osebna vozila – tuja	8	8,56	8,85	8,16	8,26
Kombinirana vozila	8,96	9,59	9,91	9,14	9,25
Lahka tovorna vozila	17,36	18,58	19,21	17,71	17,92
Težka tovorna vozila	23,73	25,39	26,25	24,21	24,50

Osebna vozila - skupaj					7,78
Lahka tovorna vozila					17,92
Težka tovorna vozila					24,50

Za stroške zaradi sprememb hitrosti in prostega teka vozil so bili uporabljene privzete vrednosti v programu Real Cost za leto 2010 (CPI = 193,396). Cene so bile preračunane za leto 2011 uporabo faktorja rasti cene življenjskih stroškov (1,01) ter pretvorjene iz ameriških dolarjev v evre po tečaju (1,3469 USD = 1 EUR)

Diskontno stopnjo predpisuje Uredba o enotni metodologiji za pripravo investicijske dokumentacije na področju državnih cest. Diskontna stopnja trenutno znaša 7 %. Na podlagi metodologije Life-Cycle Cost Analysis in Pavement Design (FHWA 1998) se za izvedbo analize življenjskega cikla voziščne konstrukcije predlaga dolgoletno povprečje diskontne stopnje, ki znaša približno 4%. Razlog za to je, da ukrepi ne bodo aktivirani takoj, ampak v daljšem časovnem obdobju.

Glede na prometne obremenitve AC in karakteristični prečni profil ter možnost prehajanja preko sredinskega ločilnega pasu je bila za tip zapore izbrana zavora tipa C1+1. Trajanje posameznih faz zapor je bilo določeno na podlagi sodelovanja s strokovnjaki iz Projekta vzdrževanja avtocest (DRI). Trajanje posameznih ukrepov prikazuje preglednica 14.

Kapacitete posameznih prometnih pasov (število vozil na uro) so bile izračunane na podlagi v poglavju 2 izbranih modelov:

- Kapaciteta prostega prometnega toka:

Za izračun je bil uporabljen programu Real Cost 2.5, ki kapaciteto prostega prometnega toka računa na podlagi metodologije HCM 1994 (enačba 19).

Vhodni podatki:

- Število pasov v vsako smer: 2
- Širina posameznega prometnega pasu: 3,6 m
- Delež težkih tovornih vozil in avtobusov: 41,4
- Nagib: 0%
- Razdalja do ovir: 2 m

Izračunana kapaciteta znaša: 1835 voz/uro.

- Kapaciteta gradbiščne cone:
 - Uporabljen je bil model Kim. et. al. (enačba 24)

Vhodni podatki:

- NUMCL (število zaprtih pasov) – 1
- LOCCL (lokacija zaprtih pasov) – levo, 0
- HV (delež tovornih vozil in avtobusov) – 41,4 %
- LD (bočna razdalja do odprtih pasov) – 0,3 cm = 1 ft
- WL (dolžina gradbiščne cone) – 3 km = 1,86 milje
- WI_H (korekcijski faktor za upoštevanje intenzitete v gradbiščni coni – 1 (velika intenziteta)
- WG (naklon nivelete) – 0 %.

Izračun kapacitete gradbiščne cone z modelom Kim et. al. prikazuje preglednica 12.

Preglednica 12: Izračun kapacitete gradbiščne cone (voz/uro)

Table 12: Calculation of work zone capacity (veh/h)

C0	NUMCL	LOCCL	HV	LD	WL	WIH	WG*HV	C
1857	-168,1	-37	-9	92,7	-34,3	-106,1	-2,3	
	1	0	39,8	1	1,86	1	0	
							41,4	
1857	-168,1	0	-358,2	92,7	-63,798	-106,1	0	1253,5

3.3 Izvedba analize življenjskega cikla voziščne konstrukcije

Analiza je bila izvedena z računalniškim programom RealCost.

Obdobje analize znaša 40 let.

Pripravljene ter časovno in finančno ovrednotene so bile 3 strategije načrtovanja voziščne konstrukcije za obdobje načrtovanja 2011 – 2051.

Za pripravo strategij načrtovanja voziščnih konstrukcij je bilo izvedeno dimenzioniranje voziščne konstrukcije za obdobje 10, 20 in 40 let ter za različna leta aktiviranja ukrepa.

Pri izračunu potrebnih dimenzij voziščne konstrukcije so bili upoštevani podatki o prometnih obremenitvah za števno mesto 813 CP Dane (preglednica 7) ter 4 % letna rast prometa.

Dimenzioniranje ukrepov predvidenih v letu 2011:

Izračunana merodajna prometna obremenitev znaša (TSC 06.511:2009):

- 13.360.000 prehodov NOO 100 kN za obdobje 10 let
- 34.510.000 prehodov NOO 100 kN za obdobje 20 let
- 105.800.000 prehodov NOO 100 kN za obdobje 40 let.

Potrebne debeline asfaltnih plasti znašajo (TSC 06.520:2009):

- 23,5 cm za obdobje 10 let
- 28,93 za obdobje 20 let
- 36,97 za obdobje 40 let.

Za nosilnost podlage je bila izbrana vrednost CBR 10%. Potrebne debeline nevezanih nosilnih plasti tako znašajo:

- 35,00 cm za obdobje 10 let
- 35,00 cm za obdobje 20 let
- 35,00 cm za obdobje 40 let.

Debelinski indeks obstoječe voziščne konstrukcije (priloga B) znaša 11,61 cm.

Potrebni debelinski indeks ojačitve znaša:

- za obdobje 10 let: $(23,5 \times 0,38 + 35 \times 0,14) - 11,61 = 2,22$ cm
- za obdobje 20 let: $(28,93 \times 0,38 + 35 \times 0,14) - 11,61 = 4,28$ cm
- za obdobje 40 let: $(36,97 \times 0,38 + 35 \times 0,14) - 11,61 = 7,34$ cm

Na podlaga izračunanih potrebnih debelinskih indeksov ojačitve so bili izbrani naslednji ukrepi:

- za obdobje 10 let: preplastitev z 4,5 cm plasti SMA 11
- za obdobje 20 let: ojačitev s plastema 4,0 cm SMA 11 in 8,0 cm AC 22 bin
- za obdobje 40 let: ojačitev s plastmi 3,5 cm SMA 8, 7,0 cm AC 22 bin in 10,5 cm AC 32 base.

Dimenzioniranje ukrepov predvidenih v letu 2021:

Izračunana merodajna prometna obremenitev znaša (TSC 06.511:2009):

- 50.817.740 prehodov NOO 100 kN za obdobje 20 let

Potrebne debeline asfaltnih plasti znašajo (TSC 06.520:2009):

- 31,49 cm za obdobje 20 let

Za nosilnost podlage je bila izbrana vrednost CBR 10%. Potrebne debeline nevezanih nosilnih plasti tako znašajo:

- 35,00 cm za obdobje 20 let

Debelinski indeks obstoječe voziščne konstrukcije znaša 12,4 cm.

Potrebni debelinski indeks ojačitve znaša:

$$\text{za obdobje 20 let: } (31,49 \times 0,38 + 35 \times 0,14) - 12,4 = 4,47 \text{ cm}$$

Na podlaga izračunanih potrebnih debelinskih indeksov ojačitve so bili izbrani naslednji ukrepi:

- za obdobje 20 let: ojačitev s plastema 4,0 cm SMA 11 in 8,0 cm AC 22 bin

Dimenzioniranje ukrepov predvidenih v letu 2031:

Izračunana merodajna prometna obremenitev znaša (TSC 06.511:2009):

- 75.609.000 prehodov NOO 100 kN za obdobje 20 let

Potrebne debeline asfaltnih plasti znašajo (TSC 06.520:2009):

- 34,35 cm za obdobje 20 let

Za nosilnost podlage je bila izbrana vrednost CBR 10%. Potrebne debeline nevezanih nosilnih plasti tako znašajo:

- 35,00 cm za obdobje 20 let

Debelinski indeks obstoječe voziščne konstrukcije znaša 14,1 cm.

Potrebni debelinski indeks ojačitve znaša:

- za obdobje 20 let: $(34,35 \times 0,38 + 35,00 \times 0,14) - 14,1 = 3,87 \text{ cm}$

Na podlaga izračunanih potrebnih debelinskih indeksov ojačitve so bili izbrani naslednji ukrepi:

- za obdobje 20 let: ojačitev s plastema 4,0 cm SMA 11 in 6,5 cm AC 22 bin

Dimenzioniranje ukrepov predvidenih v letu 2040

Izračunana merodajna prometna obremenitev znaša (TSC 06.511:2009):

- 43.102.000 prehodov NOO 100 kN za obdobje 10 let

Potrebne debeline asfaltnih plasti znašajo (TSC 06.520:2009):

- 30,37 cm za obdobje 10 let

Za nosilnost podlage je bila izbrana vrednost CBR 10%. Potrebne debeline nevezanih nosilnih plasti tako znašajo:

- 35,00 cm za obdobje 10 let

Debelinski indeks obstoječe voziščne konstrukcije znaša 16,4 cm.

Potrebni debelinski indeks ojačitve znaša:

- za obdobje 10 let: $(30,37 \times 0,38 + 35,00 \times 0,14) - 16,44 = 0,07$ cm

Na podlaga izračunanih potrebnih debelinskih indeksov ojačitve so bili izbrani naslednji ukrepi:

- za obdobje 10 let: preplastitev s plastjo SMA 8 v debelini 3,5 cm.

Poleg zgoraj navedenih ukrepov so predvideni še dodatni ukrepi:

- zamenjava JVO, če je ta starejša od 30 let ali v primeru ojačitve
- krpanje vozišča (20% površine voznega in prehitevalnega pasu), ko obrabna plast doseže starost 15 let
- zalivanje razpok, ko obrabna plast doseže starost 9 let.

Prva strategija predvideva:

- manjši poseg - preplastitev (1 plast asfalta) v letu 2011 z lokalnimi sanacijami poškodovanih mest, pri čemer dvig ograd in robnikov ni potreben – dimenzioniranje VK za obdobje 10 let
- večji poseg – ojačitev (2 plasti asfalta) 10 let po prvem posegu. Pri tem posegu se zamenja jeklene varnostne ograje ter dvigne robnike – dimenzioniranje VK za obdobje 20 let
- manjši poseg – preplastitev (1 plast asfalta) in lokalne sanacije 15 let po drugem posegu – dimenzioniranje VK za obdobje 20 let

Druga strategija predvideva:

- večji poseg - ojačitev (2 plasti asfalta) v letu 2011 z lokalnimi sanacijami poškodovanih mest ter dvigom ograj in robnikov – dimenzioniranje VK za obdobje 20 let
- menjava JVO 10 let po prvem posegu
- krpanje poškodovanih mest 15 let po prvem posegu
- večji poseg – ojačitev (2 plasti asfalta) 20 let po prvem posegu z lokalnimi sanacijami poškodovanih mest ter dvigom JVO in robnikov – dimenzioniranje za obdobje 20 let
- krpanje poškodovanih mest 15 let po drugem posegu

Tretja strategija predvideva:

- večji poseg - ojačitev (3 plasti asfalta) v letu 2011 z lokalnimi sanacijami poškodovanih mest ter dvigom ograj in robnikov – dimenzioniranje VK za obdobje 40 let
- manjši poseg – zamenjava obrabne plasti z lokalnimi sanacijami ter zamenjavo JVO 15 let po prvem posegu
- manjši poseg – preplastitev VK in lokalne sanacije 15 let po drugem posegu.

Za vsako strategijo načrtovanja voziščne konstrukcije so bila izdelana dimenzioniranja voziščne konstrukcije (po TSC) ter vzdrževalni ukrepi in njihov časovni redosled (na podlagi podatkov, zbranih v sklopu programa gospodarjenja z voziščnimi konstrukcijami).

Cena ukrepa je bila določena na podlagi popisa del za posamezni ukrep (priloga A), posamezne cene pa na podlagi povprečnih cen posameznih postavk dobljenih s sistematičnim zbiranjem cen.

Natančnejše ukrepe ter njihove cene prikazuje preglednica 13.

Cene so ločeno prikazane za stroške povezane z voziščno konstrukcijo ter, fiksne stroške (stroški zapore ter prometne opreme).

Preglednica 13: Strategije načrtovanja VK za AC A3 0668/0669/0156 Gabrk – Sežana V – Sežana Z

Table 13: Pavement design strategies for AC A3 0668/0669/0156 Gabrk – Sežana V – Sežana Z

Alternativa	Ukrep	Cena (€)
1	2011 - Preplastitev 4,5 cm SMA 11 + lokalne sanacije	2.423.000+482.000
	2021 - Ojačitev 4,0 SMA 11, 8 cm AC 22 bin + lokalne sanacije + menjava JVO + dvig robnikov	4.347.000+482.000
	2036 - Preplastitev 4,5 cm SMA 11 + lokalne sanacije	2.967.000+482.000
2	2011 - Ojačitev 4,0 cm SMA 11, 8 cm AC 22 bin + lokalne sanacije + dvig JVO + dvig robnikov	3.852.000+482.000
	2021 – Menjava JVO	587.000
	2026 – Krpanje	390.000
	2031 - Preplastitev 4,0 cm SMA 11, 6,5 cm AC 22 bin + lokalne sanacije + dvig JVO + dvig robnikov	3.758.000+482.000
	2046 - Krpanje	390.000
3	2011 – Ojačitev 3,5 cm SMA 8, 7 cm AC 22 bin, 10,5 cm AC 32 base + lokalne sanacije + dvig JVO + dvig robnikov	5.517.000+482.000
	2026 Zamenjava obrabne plasti + lokalne sanacije + menjava JVO	2.476.000+482.000
	2041 Preplastitev 3,5 cm SMA 8 + lokalne sanacije	1.753.000+482.000

*dodatno je vsako 9 leto po vgradnji obrabne plasti predvideno zalivanje razpok v vrednosti 20.000€

Za izvedbo ukrepov so bila določena oviranja prometa:

Preglednica 14: Trajanje zapor prometa zaradi posameznih ukrepov

Table 14: Traffic hindrances due to specific measures

Alternativa	Ukrep	Čas zapore (dni)
1	2011 - Preplastitev 4,5 cm SMA 11 + lokalne sanacije	30
	2021 - Ojačitev 4,0 SMA 11, 8 cm AC 22 bin + lokalne sanacije + menjava JVO + dvig robnikov	45
	2036 - Preplastitev 4,5 cm SMA 11 + lokalne sanacije	30
2	2011 - Ojačitev 4,0 cm SMA 11, 8 cm AC 22 bin + lokalne sanacije + dvig JVO + dvig robnikov	50
	2021 – Menjava JVO	10
	2026 – Krpanje	5
	2031 - Preplastitev 4,0 cm SMA 11, 6,5 cm AC 22 bin + lokalne sanacije + dvig JVO + dvig robnikov	45
	2046 - Krpanje	5
3	2011 – Ojačitev 3,5 cm SMA 8, 7 cm AC 22 bin, 10,5 cm AC 32 base + lokalne sanacije + dvig JVO + dvig robnikov	55
	2026 Zamenjava obrabne plasti + lokalne sanacije	30
	2041 Preplastitev 3,5 cm SMA 8 + lokalne sanacije	20

Glede na velikost PLDP je bila za vse ukrepe določena zapora tipa C1+1 t.j. preusmeritev prometa na nasprotno smerno vozišče, kjer promet poteka po enem voznem pasu v vsako smer.

Vhodni podatki za modeliranje so:

- vrednost časa za osebne avtomobile (€/uro) - 7,78€
- vrednost časa za lahka tovorna vozila (€/uro) - 17,92€
- vrednost časa za težka tovorna vozila (€/uro) - 24,50€
- PLDP - 13.501
- delež osebnih vozil v PLDP - 58,6 %
- delež lahkih tovornih vozil v PLDP - 12,6 %

- delež težkih tovornih vozil v PLDP - 28,8 %
- letna stopnja rasti prometa – 4,0 %
- omejitev hitrosti v normalnih obratovalnih razmerah – 110 km/h
- število pasov v posamezno smer v normalnih obratovalnih okoliščinah - 2
- kapaciteta prostega prometnega toka (voz/uro) – 1835 vozil/uro
- kapaciteta gradbiščne cone - 1254 vozil/uro
- stroški zaradi spremembe hitrosti in prostega teka vozil – privzeti podatki programa RealCost za leto 2010 (CPI 193,396), pretvorjeni iz ameriških dolarjev v € (po tečaju 1,3469 USD = 1 EUR) ter preračunani za vrednosti za leto 2011 s pomočjo indeksa rasti življenjskih stroškov - transportna komponenta (1,01).

Izračun prometnih obremenitev za primer enega ukrepa je predstavljen v prilogi D.

Rezultati izračuna so predstavljeni v točki 4.1.

4 UGOTOVITVE RAZISKOVANJA

4.1 Prikaz rezultatov raziskovanja

Na podlagi pregledanih modelov sta bila za izvedbo analize izbrana

- za potrebe definiranja strategij načrtovanja voziščne konstrukcije empirični model po TSC v kombinaciji z ugotovitvami pridobljenimi v sklopu gospodarjenja z voziščnimi konstrukcijami. Račun je bil izveden z računalniškim programom RealCost 2.5
- za potrebe modeliranja stroškov uporabnikov program Real Cost, ki za izračun uporablja metodologijo HCM 1993. Izračun kapacitete gradbiščne cone je bil izveden z modelom Kim et. al. (2000).

Iz rezultatov analize je razvidno, da ima najnižjo neto sedanjo vrednost alternativa 2, sledi ji alternativa 1. V primeru, da stroškov ne bi diskontirali, bi bila prav tako najugodnejša alternativa 2 (grafikon 4).

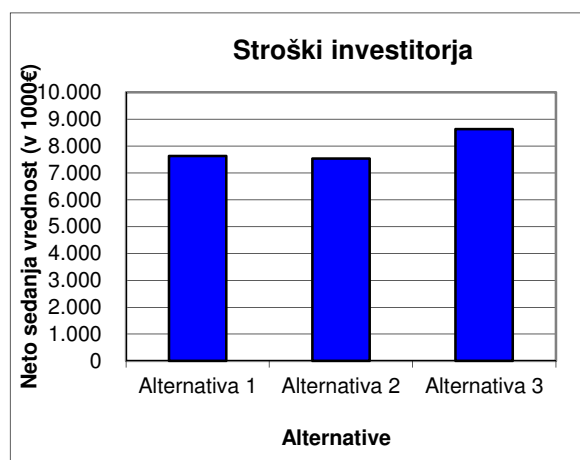
Najnižje stroške za uporabnike ima alternativa 1 (preglednica 15). Nepričakovano visoke stroške ima alternativa 3. Vzrok za to je razviden iz grafikona 6, kjer je razvidno, da k stroškom največ prinese poseg 3 (leto 2041), ko bi zaradi povečanja prometa zapora C 1+1 povzročila prometne zastoje (grafikon 6, preglednica 16).

Zanimiv podatek je tudi ekvivalentni letni strošek, ki nam pove, koliko nas povprečno na leto stane investicijsko vzdrževanje posameznega odseka.

Preglednica 15: Rezultati deterministične analize življenjskega cikla voziščne konstrukcije

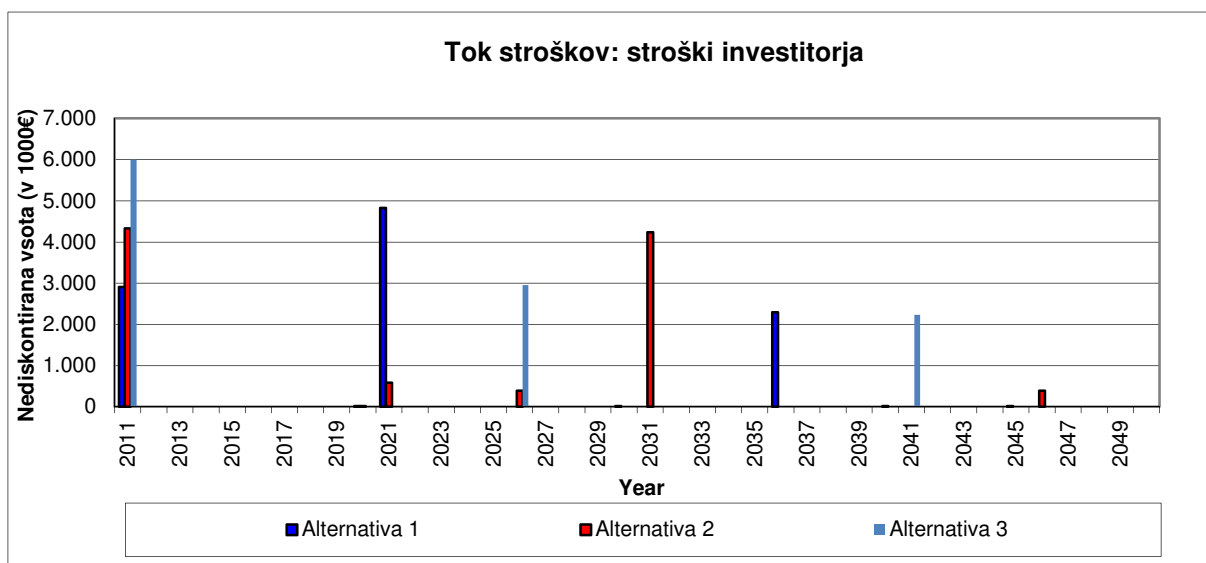
Table 15: Results of the deterministic analysis of the life cycle analysis

Skupni stroški	Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3	
	Stroški investitorja (1000€)	Stroški uporabnikov (1000€)	Stroški investitorja (1000€)	Stroški uporabnikov (1000€)	Stroški investitorja (1000€)	Stroški uporabnikov (1000€)
Nediskontirana vsota	10.089	1.773	9.981	3.159	10.506	3.365
Neto sedanja vrednost	7.628	1.167	7.531	1.657	8.621	1.937
Ekvivalentni letni strošek	330	50	325	71	372	83



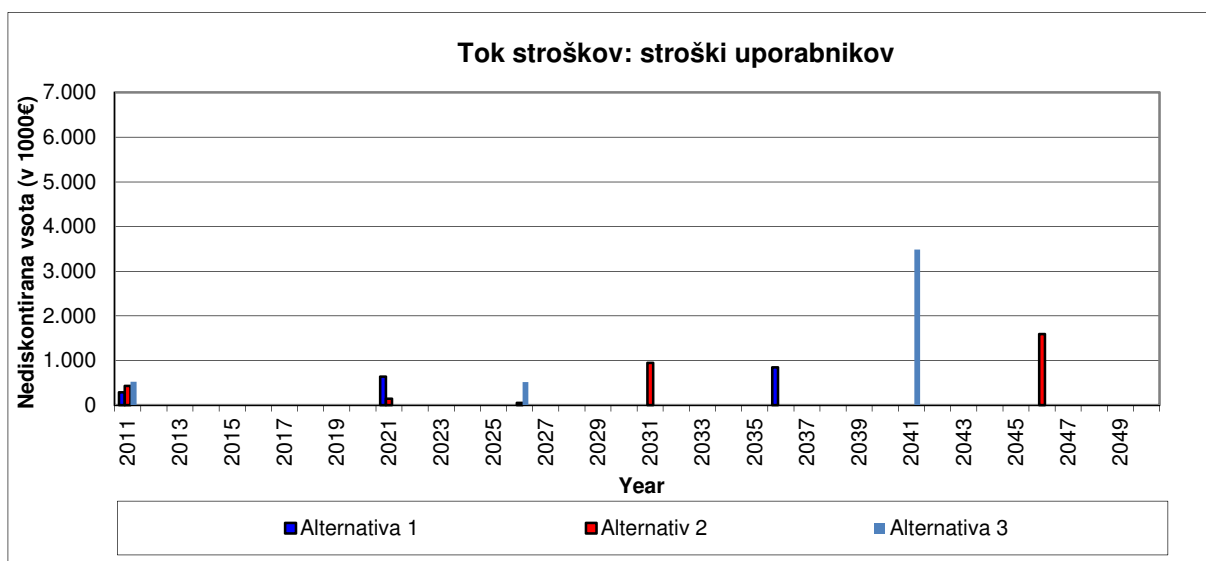
Grafikon 4: Primerjava neto sedanjih vrednosti

Chart 4: Net present value comparison



Grafikon 5: Tok stroškov investitorja

Chart 5: Timeline of investor costs



Grafikon 6: Tok stroškov uporabnikov

Chart 6: Timeline of user costs

Preglednica 16: Tabelarni prikaz stroškov pri posamezni strategiji načrtovanja voziščne konstrukcije

Table 16: Tabular presentation of cost for pavement design strategies

Leto	Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3	
	Stroški investitorja (v 1000€)	Stroški uporabnikov (v 1000€)	Stroški investitorja (v 1000€)	Stroški uporabnikov (v 1000€)	Stroški investitorja (v 1000€)	Stroški uporabnikov (v 1000€)
2011	2.905,00	287,43	4.334,00	431,14	5.999,00	526,95
2012						
2013						
2014						
2015						
2016						
2017						
2018						
2019						
2020	20,00		20,00		20,00	
2021	4.829,00	638,19	587,00	141,82		
2022						
2023						
2024						
2025						
2026			390,00	51,68	2.958,00	517,64
2027						
2028						
2029						
2030	20,00					

2031			4.240,00	944,68		
2032						
2033						
2034						
2035					20,00	
2036	2.295,00	847,81				
2037						
2038						
2039						
2040			20,00			
2041					2.234,00	3.482,10
2042						
2043						
2044						
2045	20,00					
2046			390,00	1.589,98		
2047						
2048						
2049						
2050					20,00	
2051					744,67	1.160,70

Preglednica 17: Pregled strukture stroškov uporabnikov po za posamezne alternative ter ukrepe
Table 17: User cost structure review for individual alternatives and measures

Alternativa 1						
Stroškovna postavka	Ukrep 1		Ukrep 2		Ukrep 3	
	Stroški (v 1000€)	Odstotek	Stroški (v 1000€)	Odstotek	Stroški (v 1000€)	Odstotek
Povečanje obratovalnih stroškov vozil zaradi sprememb hitrosti	77,30 €	27%	171,62 €	27%	185,75 €	22%
Stroški porabljenega časa zaradi sprememb hitrosti	76,83 €	27%	170,60 €	27%	184,64 €	22%
Stroški porabljenega časa zaradi zmanjšane hitrosti vožnje v zapori	133,30 €	46%	295,97 €	46%	355,35 €	42%
Povečanje obratovalnih stroškov vozil zaradi ustavljanja vozil	0,00 €	0%	0,00 €	0%	30,71 €	4%
Stroški porabljenega časa zaradi ustavljanja vozil	0,00 €	0%	0,00 €	0%	37,84 €	4%
Stroški porabljenega časa zaradi zmanjšane hitrosti prometnega toka zaradi oviranega prometnega toka	0,00 €	0%	0,00 €	0%	50,77 €	6%
Povečanje obratovalnih stroškov vozil zaradi prostega teka vozil	0,00 €	0%	0,00 €	0%	2,75 €	0%
Skupni stroški	287,43 €	100%	638,19 €	100%	847,81 €	100%

Alternativa 2										
Stroškovna postavka	Ukrep 1		Ukrep 2		Ukrep 3		Ukrep 4		Ukrep 5	
	Stroški (v 1000€)	Odstotek	Stroški (v 1000€)	Odstotek	Stroški (v 1000€)	Odstotek	Stroški (v 1000€)	Odstotek	Stroški (v 1000€)	Odstotek
Povečanje obratovalnih stroškov vozil zaradi sprememb hitrosti	115,94 €	27%	38,14 €	27%	13,90 €	27%	254,04 €	27%	0,00 €	0%
Stroški porabljenega časa zaradi sprememb hitrosti	115,25 €	27%	37,91 €	27%	13,81 €	27%	252,53 €	27%	0,00 €	0%
Stroški porabljenega časa zaradi zmanjšane hitrosti vožnje v zapori	199,95 €	46%	65,77 €	46%	23,97 €	46%	438,11 €	46%	43,63 €	3%
Povečanje obratovalnih stroškov vozil zaradi ustavljanja vozil	0,00 €	0%	0,00 €	0%	0,00 €	0%	0,00 €	0%	52,53 €	3%
Stroški porabljenega časa zaradi ustavljanja vozil	0,00 €	0%	0,00 €	0%	0,00 €	0%	0,00 €	0%	64,74 €	4%
Stroški porabljenega časa zaradi zmanjšane hitrosti prometnega toka zaradi oviranega prometnega toka	0,00 €	0%	0,00 €	0%	0,00 €	0%	0,00 €	0%	1.355,63 €	85%
Povečanje obratovalnih stroškov vozil zaradi prostega teka vozil	0,00 €	0%	0,00 €	0%	0,00 €	0%	0,00 €	0%	73,45 €	5%
Skupni stroški	431,14 €	100%	141,82 €	100%	51,68 €	100%	944,68 €	100%	1.589,98 €	100%

Alternativa 3						
Stroškovna postavka	Ukrep 1		Ukrep 2		Ukrep 3	
	Stroški (v 1000€)	Odstotek	Stroški (v 1000€)	Odstotek	Stroški (v 1000€)	Odstotek
Povečanje obratovalnih stroškov vozil zaradi sprememb hitrosti	141,71 €	27%	139,20 €	27%	101,41 €	3%
Stroški porabljenega časa zaradi sprememb hitrosti	140,86 €	27%	138,37 €	27%	100,81 €	3%
Stroški porabljenega časa zaradi zmanjšane hitrosti vožnje v zapori	244,38 €	46%	240,06 €	46%	288,23 €	8%
Povečanje obratovalnih stroškov vozil zaradi ustavljanja vozil	0,00 €	0%	0,00 €	0%	99,37 €	3%
Stroški porabljenega časa zaradi ustavljanja vozil	0,00 €	0%	0,00 €	0%	122,46 €	4%
Stroški porabljenega časa zaradi zmanjšane hitrosti prometnega toka zaradi oviranega prometnega toka	0,00 €	0%	0,00 €	0%	2.627,46 €	75%
Povečanje obratovalnih stroškov vozil zaradi prostega teka vozil	0,00 €	0%	0,00 €	0%	142,36 €	4%
Skupni stroški	526,95 €	100%	517,64 €	100%	3.482,10 €	100%

Pri pregledu stroškov uporabnikov je presenetljiva ugotovitev, da so stroški uporabnikov najvišji pri alternativni 3, ki je bila zasnovana z idejo, čim bolj zmanjšati stroške uporabnikov. Pri natančnejšem pregledu strukture stroškov je ugotovljeno, da je razlog za to povečanje rast prometnih obremenitev in dejstvo, da zavora C1+1 v letu 2041 ne bo več omogočala tekočega pretoka prometa.

4.2 Preverjanje postavljenih tez

V raziskavi se je preverjalo, ali je v Sloveniji na voljo dovolj vhodnih podatkov za izvedbo analize življenjskega cikla voziščne konstrukcije.

Ugotovljeno je, da je analiza življenjskega cikla voziščne konstrukcije izvedljiva. Pri modeliranju prometnih tokov se večje težave pri pridobivanju podatkov niso pojavile.

Za uporabo analitičnih modelov propadanja voziščne konstrukcije se je izkazalo, da njihova uporaba v Sloveniji trenutno ni mogoča, bi pa bila mogoča, če bi se izvedle določene raziskave, predvsem raziskava klimatskih vplivov na asfaltne plasti.

Pri modeliranju propadanja voziščne konstrukcije je bilo ugotovljeno, da je analizo mogoče izvesti le z empiričnimi modeli v kombinaciji z uporabo podatkov, zbranih v programu gospodarjenja z voziščnimi konstrukcijami. Za uporabo numeričnih modelov trenutno v Sloveniji manjkajo rezultati določenih analiz na nacionalni ravni, še posebej analiza klimatskih podatkov ter merodajnih temperatur v voziščnih konstrukcijah.

Rezultati analize niso potrdili dosedanje prakse, saj variante, ki se je izkazala kot dolgoročno najcenejša (varianta 2), ni predlagal tudi model za modeliranje na mrežnem nivoju, to je ekspertni sistem za gospodarjenje z voziščnimi konstrukcijami dTIMS. Ta je predlagal varianto 1. Razlika v ceni posameznih variant je minimalna.

Izvedbe analize bi večje koristi omogočile še posebej na najbolj obremenjenih odsekih avtoceste A1, kjer so prometne obremenitve, predvsem PLDP, bistveno večje kot na pilotnem odseku, kar ima za posledico, da so prometne zapore bistveno bolj kompleksne ter z bistveno višjimi stroški uporabnikov.

4.3 Usmeritve za nadaljnje raziskovanje

Pri nadaljnjem raziskovanju bo potrebno opraviti potrebne študije, ki bodo omogočile uporabo numeričnih modelov za modeliranje propadanja voziščnih konstrukcij v slovenskem prostoru. Za razliko od empiričnih modelov ti omogočajo določene prednosti, med njimi so predvsem vpogled v

dogajanje v voziščni konstrukciji ter definiranje različnih porušnih mehanizmov. V primeru poznavanja porušnega mehanizma voziščne konstrukcije se namreč zelo poveča natančnost definiranja potrebnih bodočih ukrepov.

Glavni raziskavi, ki bi ju bilo potrebno izvesti za vpeljavo teh modelov sta:

Raziskava vpliva klimatskih (predvsem temperaturnih) obremenitev na asfaltne plasti v voziščnih konstrukciji. Končni cilj bi bile merodajne temperaturne porazdelitve v plasteh za posamezna območja v Sloveniji. Podobna analiza je že bila izvedena v sosednji Avstriji (Wistuba 2003).

Raziskava spreminjanja elastičnega modula nevezanih plasti v voziščni konstrukciji v odvisnosti od lastnosti plasti, pogojev odvodnjavanja ter lege ceste. Rezultati te analize bi nam omogočili natančnejše definirati obnašanje vezanih plasti ter bi bistveno olajšali odločitev o vrsti ukrepa (ojačitve ali rekonstrukcije).

Poleg zgoraj omenjenega pa bo za izboljšanje učinkovitosti upravljanja z voziščnimi konstrukcijami potrebno predvsem več razumevanja za stroko s strani upravljavcev cest, saj izboljšano upravljanje prinaša največ koristi prav njim. Po grobih ocenah namreč v državah z že razvito cestno infrastrukturo strošek za voziščne konstrukcije znaša približno 50 % vseh stroškov, namenjenih za upravljanje in vzdrževanje cest.

5 POVZETEK

Pri načrtovanju in vzdrževanju infrastrukture se soočamo na eni strani z vedno večjimi prometnimi obremenitvami, na drugi strani pa z vedno manjšimi razpoložljivimi finančnimi sredstvi.

Magistrsko delo obravnava eno od metod za optimiranje izgradnje voziščnih konstrukcij to je analizo cene življenjskega cikla - ACŽC (life-cycle cost analysis – LCCA).

Glavna ideja za analiziranje cen življenjskega cikla pri investicijah v infrastrukturo je, da se morajo pri sprejemanju investicijskih odločitev upoštevati vsi stroški, ki se pojavljajo v obravnavanem obdobju.

Cilj analize je z vrednotenjem stroškov investitorja in uporabnikov najti varianto, ki v celotni življenjski dobi z najnižjimi skupnimi stroški izpolnjuje zahtevane pogoje, kot so na primer uporabnost, varnost, trajnost ter odprava tveganj, povezanih z nenatančnostjo vhodnih podatkov ter modeliranja. Analizo je mogoče izvajati tako za novogradnje kot za obnove.

Rezultat analize je določitev ukrepa, ki v izbranem življenjskem obdobju prinaša najnižje stroške oziroma kombinacijo najnižjih stroškov in tveganja.

V magistrskem delu je izvedena raziskava, ali je v slovenskem prostoru mogoče zbrati dovolj podatkov za izvedbo analize cene življenjskega cikla.

Pregledani so modeli za modeliranje propadanja voziščne konstrukcije:

- empirični model temelječ na rezultatih AASHO, ki se za dimenzioniranje trenutno uporablja v Sloveniji
- mehanistično-empirični model, ki se uporablja za določitev standardiziranih paketov v Avstriji
- mehanistično-empirični model ME-PDG, ki bo v ZDA nadomestil dimenzioniranje voziščnih konstrukcij na podlagi AASHO testa

Za nadaljnjo uporabo je kljub temu, da mehanistično-empirični modeli prinašajo nekatere prednosti pred empiričnimi modeli, zaradi pomanjkanja ustreznih študij v slovenskem prostoru izbran empirični model po TSC.

Pregledani so računalniški programi za izračun stroškov uporabnikov:

- Highway Capacity Software (HCS+)
- MicroBENCOST
- REAL COST 2.5
- QuickZone
- CA4PRS

- VISSIM.

Za nadaljnjo uporabo je predlagam program REAL COST 2.5.

Pregledani so modeli za izračun kapacitete prostega prometnega toka in kapacitete gradbiščne cone:

- model HCM 1993
- model HCM 2000
- model Al-Kaisy and Hall
- model Abrams in Wang
- model Kim et al.

Za modeliranje kapacitete prostega prometnega toka je izbran model HCM 1993, ki se sestavni del programa Real Cost 2.5. Za modeliranje kapacitete gradbiščne cone je izbran model Ki met. al.

Ugotovitve raziskave so, da je izvedba analize življenjskega cikla voziščne konstrukcije z primernim kombiniranjem ustreznih modelov mogoča, kar potrjuje tudi izvedba na poskusnem primeru obnove voziščne konstrukcije na avtocestnem odseku. Za poskusni projekt je bil izbran projekt obnove voziščne konstrukcije na odseku AC-A3/0668 Gabrk – Sežana V, AC-A3/0669 Sežana V – Sežana Z in AC-A1/0156 Razcep Gabrk.

Za nadaljnje delo se priporoča izvedba ustreznih študij, predvsem študijo za določitev merodajnih temperaturnih porazdelitev v voziščni konstrukciji, ki bodo omogočile modeliranje propadanja voziščne konstrukcije z mehanistično-empiričnimi modeli.

6 ABSTRACT

In planning and maintaining the road infrastructure we are faced with ever increasing traffic loads on the one hand and fewer financial resources available on the other hand. This master thesis deals with one of the methods for optimizing the cost of construction and maintenance of pavement structures – the life cycle cost analysis (LCCA) method. The main idea of this method is that when making investment decisions, all the costs that occur during the life period of a pavement construction should be taken into consideration.

The objective of the analysis is to evaluate the costs of investors and users in order to find the variant which meets the required conditions, such as usability, safety, sustainability and elimination of risks associated with inaccuracy of input data and of modelling, with the lowest total costs throughout its lifetime. The analysis can be implemented for new constructions and for renovations.

The result of the analysis is a pavement design strategy which satisfies the given demands with the lowest costs or with a combination of the lowest costs and risks.

The goal of this thesis is to establish if it is possible to connect different models and collect enough input data to conduct a life cycle cost analysis on pavement construction in Slovenia.

In the thesis, the following models for modelling pavement deterioration are reviewed:

- An empirical model based on the results of the AASHO test, which is currently used for pavement design in Slovenia
- A mechanistic-empirical model, which is used to determine the standardized pavement construction packages in Austria
- A mechanistic-empirical model ME-PDG, which will replace the design of pavement construction based on results of the AASHO test in the U.S.

For further use the empirical model (TSC model) is selected due to the lack of availability of relevant studies in Slovenia despite the fact that the mechanistic-empirical models bring some advantages over the empirical models.

The following computer programmes for user cost calculation are reviewed:

- Highway Capacity Software (HCS+)
- MicroBENCOST
- REAL COST 2.5
- QuickZone
- CA4PRS
- VISSIM.

The programme REAL COST 2.5 is selected for further use.

The following models for calculation of free flow capacity and construction zone capacity are reviewed:

- model HCM 1993
- model HCM 2000
- model Al-Kaisy and Hall
- model Abrams in Wang
- model Kim et al.

For modelling of free flow capacity the HCM 1993 model is selected, which is part of the Real Cost 2.5 programme. For modelling of work zone capacity the Kim et. al. model is selected.

The research shows that the implementation of life cycle analysis for pavement structures in Slovenia is possible with an appropriate combination of relevant models. This is demonstrated by the implementation of the life cycle cost analysis on a test project, i. e. pavement rehabilitation on the motorway section A3 0668 Gabrk - Sežana V, section 0669 Sežana V – Sežana Z and section 0156 Junction Gabrk.

For further work it is recommended to perform relevant studies, particularly to determine the distribution of temperature in the pavement construction, which will enable modelling of pavement deterioration with mechanistic-empirical models.

7 VIRI

AASHO Guide for Design of Pavement Structures. 2001. American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington: 626 str.

Benekohal R., Ramezani H., Avrenli K., 2011. Queue And User's Cost in Highway Work Zones, University of Illinois at Urbana Champaign: 138 str.

Blab R., 2001. Analytische Methoden zur Modellierung der Verformungseigenschaften flexibler Fahrbahnaufbauten. Wien. Institut für Straßenbau und Straßenerhaltung TU Wien: 334 str.

Blab R., Kappl K., Kizler L., 2009. VO 233.001 Flugbetriebsflächen, Kapitel B Dimensionierung. Wien. Institut für Straßenbau und Straßenerhaltung TU Wien.: 72 str.

Blab R., 2007. Methoden der Strukturoptimierung flexibler Straßenbefestigungen. Wien. Institut für Straßenbau und Straßenerhaltung TU Wien: 229 str.

Construction Analysis for Pavement Rehabilitation Strategies. Caltrans "Rapid Rehab" Software.
<http://www.dot.ca.gov/newtech/roadway/ca4prs/index.htm> (pridobljeno 24.1.2013)

Der AASHO Straßen Test, Dokumente und Auswertung. 1962. Köln. Fachverband Zement e.V. Köln.: 221 str.

Dimenzioniranje voziščne konstrukcije na odseku AC A3 0668 Gabrk – Sežana V, AC A3 0669 Sežana V – Sežana Z in priključek 0156 razcep Gabrk – krak D. 2011. Ljubljana. DRI Upravljanje investicij d.o.o.: 58 str.

Empfehlungen für die Abwicklung von Bauverträgen bei Anwendung der RDO Asphalt. 2011. Köln. FGSV Köln. 2011: 7 str.

Fredrickson F.C.. 1963 Frost Considerations in Highway Pavement Design: West-Central United States. Highway Research Record No 33. Washington. Highway Research Board, Washington D.C.: 124 str.

Füssl J., 2011. Multiscale fracture modeling of bituminous mixtures – from fatigue behavior to ultimate strength properties of asphalt concrete. Wien. Institut für Straßenbau und Straßenerhaltung TU Wien, 2011: 119 str.

Grabljevec. M., 2005. Analiza vpliva prometa na stanje vozišča s programom HDM-4. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 70 str.

Guide for Mechanistic-Empirical Design of New and Rehabilitated Pavement Structures, Final report, Appendix C. 2004. NCHRP: 70 str.

Guide for Mechanistic-Empirical Design of New and Rehabilitated Pavement Structures, Final report, Part 1. Introduction, Chapter 1. Background, Scope and Overview. 2004. NCHRP: 31 str.

Guide for Mechanistic-Empirical Design of New and Rehabilitated Pavement Structures, Final report, Part 2, Design Inputs, Chapter 1. Subgrade/foundation. 2004. NCHRP: 38 str.

Guide for Mechanistic-Empirical Design of New and Rehabilitated Pavement Structures, Final report, Part 2, Design Inputs, Chapter 2. Material Characterization. 2004. NCHRP: 83 str.

Guide for Mechanistic-Empirical Design of New and Rehabilitated Pavement Structures, Final report, Part 2, Design Inputs, Chapter 3. Environmental Effects. 2004. NCHRP: 50 str.

Guide for Mechanistic-Empirical Design of New and Rehabilitated Pavement Structures, Final report, Part 2, Design Inputs, Chapter 4. Traffic. 2004. NCHRP: 36 str.

Guide for Mechanistic-Empirical Design of New and Rehabilitated Pavement Structures, Final report, Part 2, Design Inputs, Chapter 5. Evaluation of existing pavements for rehabilitation. 2004. NCHRP: 76 str.

Guide for Mechanistic-Empirical Design of New and Rehabilitated Pavement Structures, Final report, Part 3, Design Analysis, Chapter 1. Drainage. 2004. NCHRP: 30 str.

Guide for Mechanistic-Empirical Design of New and Rehabilitated Pavement Structures, Final report, Part 3, Design Analysis, Chapter 2. Shoulder. 2004. NCHRP: 5 str.

Guide for Mechanistic-Empirical Design of New and Rehabilitated Pavement Structures, Final report, Part 3, Design Analysis, Chapter 3. Design of New and Reconstructed Pavements. 2004. NCHRP: 113 str.

Guide for Mechanistic-Empirical Design of New and Rehabilitated Pavement Structures, Final report, Part 3, Design Analysis, Chapter 5. Identification of Feasible Rehabilitation Strategies. 2004. NCHRP: 85 str. Highway Capacity Software. McTrans Moving Technology. <http://mctrans.ce.ufl.edu/hcs/hcsplus/> : (Pridobljeno 24.1.2013)

HPMS Field Manual. Appendix N: Procedures for Estimating Highway Capacity. <http://www.fhwa.dot.gov/ohim/hpmsmanl/appn2.cfm>: (Pridobljeno 25.1.2013)

Indeksi cen življenjskih potrebščin po skupinah in podskupinah, COICOP/HICP. 2012. Statistični letopis 2012. Ljubljana. Statistični urad Republike Slovenije. http://www.stat.si/letopis/2011/15_11/15-08-11.htm: (Pridobljeno 29.1.2013)

Jurgele M., 2011. Analiza cene življenjskega cikla voziščne konstrukcije, 13. Kolokvij o asfaltih in bitumnih, Bled: 15 str.

Kim T., Lovell D., Hall M., Paracha J., 2000. A New Methodology to Estimate Capacity for Freeway Work Zones. University of Maryland.: 27 str.

Life-Cycle Cost Analysis in Pavement Design – In Search of Better Investment Decisions. 1998. Pavement Division Interim Technical Bulletin: 139 str.

Life-Cycle Cost Analysis in Pavement Design - Interim Technical Bulletin, Pavement Division, Federal Highway Administration. 1998: 25 str.

Life-Cycle Cost Analysis Primer. 2002. U.S. Department of Transportation: 25 str.

Nadgradnja ekspertnega sistema dTIMS_CT za gospodarjenje v vozišči na cestah v upravljanju DARS d.d., Končno poročilo. 2009. Ljubljana. DDC svetovanje inženiring: 201 str.

Pregledna karta sinoptičnih postaj. <http://www.arso.gov.si/> (Pridobljeno 4.10.2012)

Poročilo o rezultatih preiskav debelin asfaltne utrditve AC Gabrk – Sežana vzhod. 2011. Ljubljana. Igmat.: 6 str.

Prometne obremenitve 2010. 2010. Ljubljana. DRSC.

Quickzone. Work Zone Mobility and Safety Program. FHWA.

http://ops.fhwa.dot.gov/wz/traffic_analysis/quickzone/: (Pridobljeno 24.1.2013)

RDO Asphalt - Richtlinien für die rechnerische Dimensionierung des Oberbaus von Verkehrsflächen mit Asphaltdeckschicht. 2009. Köln. FGSV Köln: 28 str.

RStO 01 - Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen. 2001. Köln. FGSV Köln: 52 str.

Salkič D. 2011. Uporaba simulacij v prometni tehniki. Diplomsko delo. Maribor. Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo: 129 str.

TEE Izgradnja krovnih plasti na avtocesti Divača – Dane. 1992. Ljubljana. SCT.: 97 str.

Traffic Analysis Toolbox Volume IX: Work Zone Modeling and Simulation – A Guide for Analysts, 2009. Washington. FHWA: 144 str.

Transportation Benefit-Cost Analysis. Microbencost.

<http://bca.transportationeconomics.org/models/microbencost>: (Pridobljeno 24.1.2013)

TSC 06.511:2001 Prometne obremenitve – Določitev in razvrstitev. 2001. Ljubljana. Ministrstvo za promet – Direkcija RS za ceste: 10 str.

TSC 06.520:2009 Projektiranje – Dimenzioniranje novih asfaltnih voziščnih konstrukcij. 2009. Ljubljana. Ministrstvo za promet – Direkcija RS za ceste: 12 str.

Uredba o enotni metodologiji za pripravo investicijske dokumentacije na področju državnih cest. 2007. Ljubljana. Uradni list RS, št. 124/2007 z dne 28. 12. 2007: 21 str.

Using RealCost in Life-Cycle Cost Analysis. 2005. U.S. Department of Transportation: 47 str.

Vpeljava gospodarjenja z vozišči na odsekih cest v upravljanju DARS, Končno poročilo. 2005. Ljubljana. DDC svetovanje inženiring d.o.o.: 171. str.

Wistuba M., 2003. Klimaeinflüsse auf Asphaltstraßen – Maßgebende Temperatur für die analytische Oberbaubemessung in Österreich. Wien. Institut für Straßenbau und Straßenerhaltung TU Wien: 186 str.

Work Zone Road User Costs, Concepts and Applications. 2011. Washington. FHWA: 208 str.

Zgoščenka ŠTETJE 2011. 2012. Ljubljana Direkcija RS za ceste, Sektor za evidence o cestah, informatiko in arhiv.

Žmavc J., 2007. Ljubljana. Voziščne konstrukcije, DRC Ljubljana: 360 str.

Žura et. al., 2007. Vrednost časa za vse udeležence v prometu. Končno poročilo. Razvojno raziskovalna naloga. Ljubljana. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Prometnotehniški inštitut: 43 str.

PRILOGE

Priloga A: Popis del za določitev cene posameznega ukrepa, alternativa 1, poseg 1.	A
Priloga B: Dimenzioniranje voziščne konstrukcije, alternativa 1, poseg 1.....	B
Priloga C: Generacija urne distribucije prometa.....	C
Priloga D: Izračun stroškov uporabnikov, alternativa 1, poseg 1.....	D

**PRILOGA A: POPIS DEL ZA DOLOČITEV CENE POSAMEZNEGA UKREPA,
ALTERNATIVA 1, POSEG 1**

Obnova voziščne konstrukcije na avtocesti AC A3 - odsek 0668 Gabrk - Sežana V od km 0.000 do km 6.908 in od km 7.188 do km 7.982, odsek 0669 Sežana V - Sežana Z od km 0.000 do km 0.820 ter odsek 0156 Razcep Gabrk, Krak D od km 2.535 do km 3.364

Popis del s predračunom:

		Opis postavke	E.M.	Količina	Cena za enoto	Vrednost
1 Predдела						EUR
1.1 Rušitvena in demontažna dela						
1	N	Izdelava geodetskega posnetka obstoječega stanja	km ¹	9,40	970,00	9.118,00
2	S 1 1 111	Obnova in zavarovanje zakoličbe osi trase avtoceste in hitre ceste v ravninskem terenu	km ¹	9,40	1.000,00	9.400,00
3	N	Odstranitev travne ruše na bankini v širini 1,50 m ter ponovno planiranje po končani izvedbi del	m ¹	12.350,00	1,80	22.230,00
4	S 1 2 362	Rezkanje (in odvoz) asfaltne zmesi na klančini v debelini 0 do 5 cm. Opomba: Rezkanje v debelini 0 do 4,5 cm.	m ²	2.900,00	1,50	4.350,00
5	N	Rezkanje in odvoz asfaltne krovne plasti v debelini 4 do 7 cm Opomba: Rezkanje poškodovanega asfalta v debelini 4,5 cm	m ²	200,00	1,80	360,00
6	S 1 2 372	Rezkanje in odvoz asfaltne krovne plasti v debelini 4 do 7 cm Opomba: Rezkanje poškodovanega asfalta v debelini 7,0 cm	m ²	39.200,00	2,20	86.240,00
7	S 1 2 374	Rezkanje in odvoz asfaltne krovne plasti v debelini nad 10 cm. Opomba: Rezkanje poškodovanega asfalta v debelini 11,0 cm.	m ²	6.500,00	3,91	25.415,00
8	S 1 2 261	Demontaža plastičnega smernika	kos	226,00	5,16	1.166,16
9	N	Nadvišanje pokrova betonskega jaška, vključno z zamenjavo obstoječih betonskih vencev z armiranobetonskimi venci z vgrajenim litoželeznim okvirjem ter litoželeznim pokrovom na zaklep razreda D400 (40 ton) odstranitvijo obstoječih betonskih vencev in litoželeznih pokrovov.	kos	50,00	350,00	17.500,00
2 Voziščne konstrukcije						
2.1 Nosilne plasti						
10	N	Izravnavna z bitumnom vezane nosilne plasti bituminiziranega drobljenca v debelini do 4 cm skupaj s plastjo AC 22 bin PmB 45/80-65 A2	T	1.250,00	70,00	87.500,00
11	S 3 1 635	Izdelava nosilne plasti bituminizirane zmesi AC 32 base B50/70 A1/A2 v debelini 11 cm	m ²	6.500,00	17,14	111.410,00
12	S 3 1 543	Izdelava nosilne plasti bituminizirane zmesi AC 22 base B 50/70 A1/A2 v debelini 7 cm	m ²	3.300,00	9,95	32.835,00
13	S 3 1 752	Izdelava vezne plasti bituminizirane zmesi AC 22 bin PmB 45/80-65 A2 v debelini 7 cm	m ²	35.900,00	12,60	452.340,00

14	N	Dobava in vgraditev mreže iz umetne snovi z natezno trdnostjo za ojačitev asfaltne krovne plasti. Opomba: prečne razpoke, minimalna natezna trdnost 90 kN/m¹ AC 32 base 10,5	m ²	140,00	10,08	1.411,20
----	---	--	----------------	--------	-------	----------

2.2 Obrabne in zaporne plasti

15	S 3 2 593	Pobrizg podlage s polimerno kationsko bitumensko emulzijo PmBE 0,6 kg/m ² Opomba: Pred vgrajevanjem AC 22 bin, SMA 11, SMA 11 In in AC 11 surf	m ²	145.900,00	0,87	126.933,00
16	S 3 2 493	Pobrizg s kationsko bitumensko emulzijo nad 0.50kg/m ² Opomba: Pred vgrajevanjem AC 32 base in AC 22 base, 0.60 kg/m²	m ²	9.800,00	0,65	6.370,00
17	N	Čiščenje utrjene/odrezkane površine podlage pred pobrizgom z bitumenskim vezivom	m ²	155.700,00	0,22	34.254,00
18	S 6 2 724	Odstranitev neveljavnih označb na vozišču z rezkanjem, posamezna površina označbe nad 1,5 m ² Opomba: Rezkanje vozne površine zaradi boljše zlepljenosti z novo asfaltno plastjo	m ²	110.000,00	0,73	80.300,00
19	S 3 2 669	Izdelava obrabne in zaporne plasti bituminizirane zmesi SMA 11 PmB 45/80-65 A1/A2 Z2 v debelini 4,5 cm Opomba: zmes zrn iz silikatne kamnine, vključno s posipom s silikatnimi zrni	m ²	90.200,00	12,70	1.145.540,00
20	S 3 2 284	Izdelava obrabne in zaporne plasti bituminizirane zmesi AC 11 surf B 70/100 A4 v debelini 4,5 cm	m ²	19.800,00	9,70	192.060,00

2.3 Zamenjava asfalta in hidroizolacije na objektu

3 Robni elementi vozišč

3.1 Bankine

21	S 3 6 134	Izdelava bankine iz drobljenca, široke nad 1,00 m	m ³	3.800,00	26,00	98.800,00
----	-----------	---	----------------	----------	-------	-----------

4 Oprema cest

4.1 Oprema za zavarovanje prometa

22	N	Demontaža in deponiranje za ponovno uporabo obstoječe minigard ograje pred in za CP ter ponovna montaža obstoječe minigard ograje	m ¹	200,00	25,00	5.000,00
----	---	---	----------------	--------	-------	----------

23	N	Demontaža in deponiranje za ponovno uporabo obstoječe JVO na službenem prehodu in ponovna montaža obstoječe JVO z obeh strani ločilnega pasu	m ¹	550,00	17,00	9.350,00
24	S 6 4 446	Dobava in vgraditev jeklene varnostne ograje, brez distančnika, za nivo zadrževanja N2 in za delovno širino W6 Opomba: predvidena zamenjava obstoječe poškodovane JVO vključno z menjavo distančnikov in odstranitvijo obstoječe ograje	m ¹	1.000,00	36,00	36.000,00
25	S 6 4 113	Dobava in vgraditev stebra iz jekla za varnostno ograjo, C prereza, dolžine 1900 mm	kos	250,00	36,00	9.000,00
26	S 6 4 283	Dobava in vgraditev vkopane zaključnice, dolžine 12 m	kos	4,00	550,00	2.200,00
27	S 3 5 214	Dobava in vgraditev predfabriciranega dvignjenega robnika iz cementnega betona s prerezom 15/25 cm Opomba: vključno z rušenjem in odvozom obstoječih robnikov	m ¹	200,00	21,00	4.200,00

4.2 Označbe na vozišču

28	S 6 2 413	Izdelava debeloslojne vzdolžne označbe na vozišču z večkomponentno hladno plastiko z vmešanimi drobci / kroglicami stekla, vključno 200 g/m ² dodatnega posipa z drobci stekla, strojno, debelina plasti 3 mm, širina črte 15 cm	m ¹	3.300,00	5,24	17.292,00
29	N	Doplačilo za izdelavo prekinjenih vzdolžnih označb na vozišču, širina črte 15 cm	m ¹	3.300,00	0,50	1.650,00
30	S 6 2 414	Izdelava debeloslojne vzdolžne označbe na vozišču z večkomponentno hladno plastiko z vmešanimi drobci / kroglicami stekla, vključno 200 g/m ² dodatnega posipa z drobci stekla, strojno, debelina plasti 3 mm, širina črte 20 cm	m ¹	19.000,00	6,55	124.450,00
31	S 6 2 417	Izdelava debeloslojne vzdolžne označbe na vozišču z večkomponentno hladno plastiko z vmešanimi drobci / kroglicami stekla, vključno 200 g/m ² dodatnega posipa z drobci stekla, strojno, debelina plasti 3 mm, širina črte 50 cm	m ¹	730,00	18,16	13.256,80
32	N	Doplačilo za izdelavo prekinjenih vzdolžnih označb na vozišču, širina črte 50 cm	m ¹	340,00	0,60	204,00
33	S 6 2 428	Izdelava debeloslojne prečne in ostalih označb na vozišču z večkomponentno hladno plastiko z vmešanimi drobci / kroglicami stekla, vključno 200 g/m ² dodatnega posipa z drobci stekla, strojno, debelina plasti 3 mm, posamezna površina označbe nad 1,5 m ²	m ²	100,00	37,50	3.750,00

34	S 6 2 483	Dobava in vgraditev predfabriciranega plastičnega traku / folije za debeloslojno začasno vzdolžno označbo na vozišču, vključno s predhodnim premazom podlage, širina črte 15 cm Opomba: Izdelava začasne vzdolžne označbe.	m ¹	5.500,00	5,92	32.560,00
35	S 6 2 731	Odstranitev nalepljenih označb iz vozišča Opomba: odstranitev začasne vzdolžne označbe	m ¹	5.500,00	0,84	4.620,00
36	S 6 3 111	Dobava in postavitve plastičnega smernika z votlim prerezom, dolžina 1200 mm, z odsevnikom iz folije	kos	230,00	14,00	3.220,00
37	S 7 4 811	Dobava in vgraditev opreme za štetje vozil z indukcijsko zanko (po načrtu) .. Opomba: ponovna vgradnja indukcijske zanke	kos	6,00	225,00	1.350,00
38	N	Žlebičenje vozniških površin -izmera nivelete s 3 m lato in določitev mesta z najmanjšim prečnim padcem oziroma mesta z največjim zastajanjem vode -izvedba žlebičenja z rezkanjem v pasovih širine 30 cm (razmak in medsebojna oddaljenost žlebov je od 15 do 20 mm) in globine 3 do 4 mm prečno pod kotom 45° v smeri vožnje proti nižjemu robu vozišča. Razdalja med žlebičenimi pasovi mora biti od 2 do 5 m in se določi na osnovi prečnih in vzdolžnih naklonov ter širine vozišča -čiščenje po izvedbi del	m ¹	500,00	15,00	7.500,00

6 Tuje storitve

6.1 PID

39		Izdelava projekta izvedenih del (PID) in navodil za obratovanje in vzdrževanje za vsa dela in jih predati naročniku v 4 tiskanih izvodih in 1 izvod v elektronski obliki + geodetski posnetek	kos	1,00	8.000,00	8.000,00
----	--	---	-----	------	----------	----------

6.2 Zapora prometa

40	N	Ureditev in preusmeritev prometa po potrjenem načrtu prometne ureditve tipa C 1+1. Zapora vozišča AC bo postavljena 10 dni v času trajanja izvedbe del. Ponudnik mora pri izdelavi ponudbe upoštevati strošek zapore v višini 70.000,00 EUR brez DDV. V nasprotnem primeru se bo ponudba obračunala kot nepravilna. Obračun zapore vozišča se bo izvedel po dejanskih stroških na podlagi računa izvajalca del.	kd	1,00	70.000,00	70.000,00
----	---	---	----	------	-----------	-----------

41	N	Dobava, montaža in demontaža obvestilne gradbiščne table s temelji (z vsebino po navodilih naročnika) v času preusmeritev prometa, dimenzije table 3x4m.	kd	2,00	2.800,00	5.600,00
Skupaj						2.904.735,16

Legenda:

	stroški, ki nastanejo vedno
	stroški odvisni od ukrepa

Obnova voziščne konstrukcije na avtocesti AC A3 - odsek 0668 Gabrk - Sežana V od km 0.000 do km 6.908 in od km 7.188 do km 7.982, odsek 0669 Sežana V - Sežana Z od km 0.000 do km 0.820 ter odsek 0156 Razcep Gabrk, Krak D od km 2.535 do km 3.364

Predizmere:

1 Preddela

1.1 Rušitvena in demontažna dela

1 N Izdelava geodetskega posnetka obstoječega stanja

	Od km	Do km	Dolžina	
0668	0,000	6,908	6,908	
0668	7,188	7,982	0,794	
0669	0,000	0,820	0,820	
0156-krak D	2,538	3,364	0,826	
			0,052	

Skupaj **km¹** **9,400**

2 S 1 1 111 Obnova in zavarovanje zakoličbe osi trase avtoceste in hitre ceste v ravninskem terenu

	Od km	Do km	Dolžina	
0668	0,000	6,908	6,908	
0668	7,188	7,982	0,794	
0669	0,000	0,820	0,820	
0156-krak D	2,538	3,364	0,826	
			0,052	

Skupaj **km¹** **9,400**

3 N Odstranitev travne ruše na bankini v širini 1,50 m

	Od km	Do km	Lokacija	Dolžina	
668	0,000	0,239	desno	239,00	
	1,263	1,639	levo	376,00	
	1,790	4,112	levo	2.322,00	
	1,794	2,164	desno	370,00	
	2,368	2,903	desno	535,00	
	3,754	4,091	desno	337,00	
	4,275	6,895	levo	2.620,00	
	4,524	5,635	desno	1.111,00	
	5,812	6,318	desno	506,00	
	6,767	6,908	desno	141,00	
	7,202	7,969	levo	767,00	
	7,382	7,849	desno	467,00	
	7,903	7,969	desno	66,00	
	669	0,000	levo	455,00	
669	0,000	0,071	desno	71,00	
	0,302	0,447	desno	145,00	
	0,464	0,667	levo	203,00	
	0,473	0,770	desno	297,00	
	0156-krak D	1,538	desno	826,00	
0156-krak D	1,943	2,290	levo	347,00	
				149,00	

Skupaj **m¹** **12.350,00**

4 S 1 2 362 Rezkanje (in odvoz) asfaltne zmesi na klančini v debelini 0 do 5 cm (v debelini 4,5 cm)

	Stacionaža	Širina	Povpr. šir.	Dolžina	Površina	
0668	0,334	6,50	6,50	25,00	162,50	Priključek
	0,359	6,50				
	1,696	11,10	11,10	25,00	277,50	
	1,721	11,10				
	1,721	11,10	11,10	25,00	277,50	
	1,746	11,10				
	1,653	2,00	2,00	137,00	274,00	Prehod
	1,790	2,00				
	3,044	7,00	7,50	12,00	90,00	Priključek

		3,056	8,00			
		3,366	8,00	7,50	12,00	90,00 Priključek
		3,378	7,00			
		4,126	2,00	2,00	136,00	272,00 Prehod
		4,262	2,00			
		6,883	11,10	11,10	25,00	277,50
		6,908	11,10			
		7,189	11,10	11,10	25,00	277,50
		7,214	11,10			
		7,839	6,50	6,50	12,00	78,00 Priključek
		7,851	6,50			
0669		0,171	6,50	6,50	12,00	78,00 Priključek
		0,183	6,50			
		0,750	11,10	11,10	25,00	277,50
		0,775	11,10			
		0,681	2,00	2,00	94,00	188,00 Prehod
		0,775	2,00			
0156-krak D		2,339	3,00	3,00	25,00	75,00
		2,364	3,00			
					205,00	
	Skupaj				m²	2.900,00
5	N	Rezkanje in odvoz asfaltne krovne plasti v debelini 4 do 7 cm (v debelini 4,5 cm)				
		Od km	Do km	Lokacija	Širina	Dolžina
0669		0,806	0,820	PP, VP, OP	10,41	12,00
						Površina
						30,00
						170,00
	Skupaj				m²	200,00
6	S 1 2 372	Rezkanje in odvoz asfaltne krovne plasti v debelini 4 do 7 cm (v debelini 7 cm)				
		lokalne san. PP, VP, OP				
		Skupaj			m ²	35.900,00 lokalne sanacije PP, VP, OP
		glob. lok. PP				
		Skupaj			m ²	3.300,000 globinske lokalne sanacije PI
	Skupaj				m²	39.200,00
7	S 1 2 372	Rezkanje in odvoz asfaltne krovne plasti v debelini nad 10 cm (v debelini 11 cm)				
		glob. lok. sanacije VP				
	Skupaj				m²	6.500,00 globinske lokalne sanacije VI
8	S 1 2 261	Demontaža plastičnega smernika				
	Skupaj				kos	226,00
9	N	Nadvišanje pokrova betonskega jaška, vključno z zamenjavo obstoječih betonskih vencev z armiranobetonskimi venci z vgrajenim litoželeznim okvirjem ter litoželeznim pokrovom na zaklep razreda D400 (40 ton) odstranitvijo obstoječih betonskih vencev in litoželeznih pokrovov.				
	Skupaj				kos	50,00
	2 Voziščne konstrukcije					
	2.1 Nosilne plasti					
10	N	Izdelava izravnave AC 22 bin PmB 45/80-65 A2				
		Od km	Do km	Dolžina	t/km	Masa [t]
		0,000	7,982	7,982	125,00	997,75 0668
		0,000	0,820	0,820	125,00	102,5 0669
		2,538	3,364	0,826	125,00	103,25 0156 - krak D
						46,500
	Skupaj				ton	1.250,00
11	S 31 635	Izdelava nosilne plasti bituminizirane zmesi AC 32 base B 50/70 A1/A2 v debelini 11 cm				
	Skupaj				m2	6.500,00 globinske lokalne sanacije VI

12	S 31 573	Izdelava nosilne plasti bituminizirane zmesi AC 22 base B 50/70 A4 v debelini 7 cm				
		Skupaj	m2	3.300,00	globinske lokalne sanacije PI	
13	S 31 752	Izdelava vezne plasti bituminizirane zmesi AC 22 bin PmB 45/80-65 A1/A2 v debelini 7 cm				
		Skupaj	m ²	35.900,00	lokalne sanacije PP, VP, OP	
14	N	Dobava in vgraditev mreže iz umetne snovi z natezno trdnostjo za ojačitev asfaltne krovne plasti				
		Prečne razpoke, minimalna natezna trdnost 90 kN/m ¹				
		Skupaj	m ²	140,00		
		2.2 Obrabne in zaporne plasti				
15	S 3 2 593	Pobrizg s polimerno bitumensko emulzijo pred vgrajevanjem AC 22 bin, SMA 11 in AC 11 surf				
		Pred vgrajevanjem AC 22 bin, SMA 11, SMA 11 In in AC 11 surf				
		Skupaj	m ²	145.900,00		
16	S 3 2 493	Pobrizg s kationsko bitumensko emulzijo nad 0,50 kg/m ²				
		Pred vgrajevanjem AC 32 base in AC 22 base, 0,60 km/m ²				
		Skupaj	m ²	9.800,00		
17	N	Čiščenje površine pred vgrajevanjem AC 32 base, AC 22 base, AC 22 bin, SMA 11 in AC 11 surf				
		Vgrajevanje AB 32 base 11 cm	6.500,00			
		Vgrajevanje AC 22 base 7 cm	3.300,00			
		Vgrajevanje AC 22 bin 7 cm	35.900,00			
		Vgrajevanje SMA 11 4,5 cm	90.200,00			
		Vgrajevanje AC 11 surf 4,5 cm	19.800,00			
		Skupaj	m ²	155.700,00		
18	S 6 2 724	Odstranitev neveljavnih označb na vozišču z rezkanjem, posamezna površina označbe nad 1,5 m2				
		Rezkanje vozne površine zaradi boljše zlepljenosti z novo asfaltno plastjo				
		Skupaj	m ²	110.000,00	SMA+AC 11 surf	
19	S 3 2 669	Izdelava obrabne in zaporne plasti bituminizirane zmesi SMA 11 PmB 45/80-65 A1/A2 Z2 v debeli				
		Stacionaža	Širina	Povpr. šir.	Dolžina	Površina
	0668	0,000	8,00	8,00	370,00	2.960,00
		0,370	8,00			
		0,334	6,60	6,60	36,00	237,60
		0,370	6,60			
		0,370	18,00	14,55	40,00	582,00
		0,410	11,10			
		0,410	11,10	11,10	162,00	1.798,20
		0,572	11,10			
		0,572	10,00	10,55	48,00	506,40
		0,620	11,10			
		0,620	8,00	8,00	480,00	3.840,00
		1,100	8,00			
		1,100	8,00	8,20	60,00	492,00
		1,160	8,40			
		1,160	8,40	8,40	1.595,00	13.398,00
		2,755	8,40			
		1,653	2,00	2,00	137,00	274,00
		1,790	2,00			
		2,755	10,90	11,35	64,00	726,40
		2,819	11,80			
		2,819	11,80	11,80	190,00	2.242,00
		3,009	11,80			
		3,009	11,80	15,40	47,00	723,80
		3,056	19,00			
		3,044				750,00
		3,056	8,40	8,40	310,00	2.604,00
						priključek
						prehod
						počivališče, del

	3,366	8,40			
	3,366			450,00	počivališče, del
	3,366	11,70	15,35	43,00	660,05
	3,409	19,00			
	3,409	11,70	11,70	203,00	2.375,10
	3,612	11,70			
	3,612	11,70	11,30	46,00	519,80
	3,658	10,90			
	3,658	8,40	8,40	3.169,00	26.619,60
	6,827	8,40			
					odbitek testno polje
	4,126	2,00	2,00	136,00	272,00
	4,262	2,00			
	6,827	10,90	11,50	81,00	931,50
	6,908	12,10			
	7,188	8,60	8,60	526,00	4.523,60
	7,714	8,60			
	7,714	11,10	11,50	76,00	874,00
	7,790	11,90			
	7,839	6,50	6,50	12,00	78,00
	7,851	6,50			
	lokalne sanacije na priključku				100,00
	7,790	11,90	14,45	49,00	708,05
	7,839	17,00			
	7,839	8,60	8,60	143,00	1.229,80
	7,982	8,60			
	lokalne sanacije priključka				100,00
0669	0,000	8,60	8,60	171,00	1.470,60
	0,171	8,60			
	0,000	8,60	8,60	171,00	1.470,60
	0,171	8,60			
	0,171	16,60	14,25	77,00	1.097,25
	0,248	11,90			
	0,171	6,50	6,50	12,00	78,00
	0,183	6,50			
	lokalne sanacije na priključku				100,00
	0,248	11,90	11,90	133,00	1.582,70
	0,381	11,90			
	0,381	11,90	11,50	47,00	540,50
	0,428	11,10			
	0,428	8,60	8,60	329,00	2.829,40
	0,757	8,60			
	0,681	2,00	2,00	135,00	270,00
	0,816	2,00			
	0,806	11,10	11,10	14,00	155,40
	0,820	11,10			
0156-krak D	2,238	8,00	8,00	982,00	7.856,00
	3,220	8,00			
	3,220	8,00	7,00	30,00	210,00
	3,250	6,00			
	3,250	6,00	6,35	40,00	254,00
	3,290	6,70			
	3,290	6,70	4,90	74,00	362,60
	3,364	3,10			
				ostalo	1.347,00
	Skupaj			m²	90.200,00

20 S 3 2 284 Izdelava obrabne in zaporne plasti bituminizirane zmesi AC 11 surf B 70/100 A4 v debelini 4,5 cm

	Stacionaža	Širina	Povpr. šir.	Dolžina	Površina
0668	0,000	2,00	2,00	370,00	740,00
	0,370	2,00			
	0,620	2,00	2,00	480,00	960,00
	1,100	2,00			
	1,100	2,00	2,25	60,00	135,00
	1,160	2,50			
	1,160	2,50	2,50	1.615,00	4.037,50

	2,775	2,50			
	3,056	2,50	2,50	310,00	775,00
	3,366	2,50			
	3,658	2,50	2,50	3.169,00	7.922,50
	6,827	2,50			
	7,188	2,50	2,50	526,00	1.315,00
	7,714	2,50			
	7,839	2,50	2,50	143,00	357,50
	7,982	2,50			
0669	0,000	2,50	2,50	171,00	427,50
	0,171	2,50			
	0,428	2,50	2,50	329,00	822,50
	0,757	2,50			
0156-krak D	2,238	2,00	2,00	1.012,00	2.024,00
	3,250	2,00			
Skupaj					283,00 m² 19.800,00

3 Robni elementi vozišč

3.1 Bankine

21 S 3 6 134 Izdelava bankine iz drobljenca, široke nad 1,00 m (v debelini do 20 cm)

Od km	Do km	Lokacija	Dolžina	Širina	Skupaj
1,263	1,639	levo	376,00	1,50	112,80
1,790	4,112	levo	2.322,00	1,50	696,60
1,794	2,164	desno	370,00	1,50	111,00
2,368	2,903	desno	535,00	1,50	160,50
3,754	4,091	desno	337,00	1,50	101,10
4,275	6,895	levo	2.620,00	1,50	786,00
4,524	5,635	desno	1.111,00	1,50	333,30
5,812	6,318	desno	506,00	1,50	151,80
6,767	6,908	desno	141,00	1,50	42,30
7,202	7,969	levo	767,00	1,50	230,10
7,382	7,849	desno	467,00	1,50	140,10
7,903	7,969	desno	66,00	1,50	19,80
0,000	0,455	levo	455,00	1,50	136,50
0,000	0,071	desno	71,00	1,50	21,30
0,302	0,447	desno	145,00	1,50	43,50
0,464	0,667	levo	203,00	1,50	60,90
0,473	0,770	desno	297,00	1,50	89,10
1,538	2,364	desno	826,00	1,50	247,80
1,943	2,290	levo	347,00	1,50	104,10
					139,70
Skupaj					m³ 3.800,00

4 Oprema cest

4.1 Oprema za zavarovanje prometa

22 N Demontaža in deponiranje za ponovno uporabo obstoječe minigard ograje pred in za CP ter ponovna montaža obstoječe minigard ograje

Od km	Do km	Dolžina		
0668	6,950	7,035	85,00	
	7,076	7,191	115,00	
Skupaj				m¹ 200,00

23 N Demontaža in deponiranje za ponovno uporabo obstoječe JVO na službenem prehodu in ponovna montaža obstoječe JVO z obeh strani ločilnega pasu

Od km	Do km	Dolžina	Skupaj	
0668	4,126	4,262	136,00	272,00
0669	0,681	0,816	135,00	270,00
				8,00
Skupaj				m¹ 550,00

24	S 6 4 446	Dobava in vgraditev jeklene varnostne ograje, vključno vse elemente Menjava obstoječe ograje, cca. 5% dolžine, odstanitev obstoječe ograje Skupaj	m¹	1.000,00	rezerva za primer poškodovane ograje
25	S 6 4 113	Dobava novih stebričkov odbojne ograje, dolžine 1900 mm Skupaj	kos	250,00	rezerva za primer poškodovanih stebričkov
26	S 6 4 283	Dobava in vgradnja vkopane zaključnice l = 12 m Skupaj	kos	4,00	rezerva za primer poškodovane zaključnice
27	S 3 5 213	Dobava in vgraditev predfabriciranega dvignjenega robnika iz cementnega betona s prerezo 15, Opomba: vključno z rušenjem in odvozom obstoječih robnikov. Skupaj	m¹	200,00	rezerva za primer zelo poškodovanih robnikov

4.2 Označbe na vozišču

28	S 6 2 413	Izdelava neprekinjene črte širine 15 cm			
		Od km	Do km	Dolžina	Dolžina črte
	0668	0,000	6,908	6.908	2.303 1/3 dolžine
	0668	7,188	7,982	794	265 1/3 dolžine
	0669	0,000	0,820	820	273 1/3 dolžine
	0156-krak D	2,538	3,364	826	275 1/3 dolžine
				184,000	
		Skupaj		m¹	3.300,00
29	N 0002	Doplačilo za izdelavo prekinjenih vzdolžnih označb 15 cm			
		Skupaj		m¹	3.300,00
30	S 6 2 414	Izdelava neprekinjene črte širine 20 cm			
		Od km	Do km	Dolžina	
	0668	0,000	6,908 desno	6.908	
		0,000	6,908 levo	6.908	
	0668	7,188	7,982 desno	794	
		7,188	7,982 levo	794	
	0669	0,000	0,820 desno	820	
		0,000	0,820 levo	820	
	0156-krak D	2,538	3,290 desno	752	
		2,538	3,364 levo	826	
				378,00	
		Skupaj		m¹	19.000,00
31	S 6 2 417	Izdelava neprekinjene črte širine 50 cm			
		Od km	Do km	Dolžina	Dolžina črte
	0668	0,378	0,433	55	28 1/2 dolžine
		0,433	0,584	151	151
		2,784	2,985	201	101 1/2 dolžine
		2,985	3,031	46	46
		3,390	3,417	27	27
		3,417	3,626	209	105 1/2 dolžine
		7,676	7,7	24	12 1/2 dolžine
		7,700	7,837	137	68
	0669	0,202	0,244	42	42
		0,244	0,401	157	79 1/2 dolžine
				73	
		Skupaj		m²	730,00
32	N	Doplačilo za izdelavo prekinjenih vzdolžnih označb 50 cm			
			323,00		
			17,00		
		Skupaj		m¹	340,00
33	S 6 2 428	Izdelava talnih označb, površina nad 1,5 m²			
		Skupaj		m¹	100,00

34	S 6 2 483	Dobava in vgraditev plastičnega traku - črta 15 cm		
		Skupaj	m¹	5.500,00
35	S 6 2 731	Odstranitev nalepljenih označb iz vozišča		
		Skupaj	m¹	5.500,00
36	S 6 3 111	Smerniki - dobava in postavitve novih		
		Skupaj	kos	230,00
37	S 7 7 811	Dobava in vgraditev opreme za štetje vozil z indukcijsko zanko		
			kos	6,00
38	N	Izvedba žlebičenja na območju vijačenja		
		Skupaj	m¹	500,00
5 Ostalo				
5,1 Zapiranje intervencijskega prehoda preko ločilnega pasu v km 1.653 do km 1.790				
6 Tuje storitve				
6.1 PID				
39	N	Izdelava projektov izvedenih del (PID)		
			kos	1,00
5.3 Zapora prometa				
40	N	Zapora prometa v času gradnje		
			kd	1,00
41	N	Naročilo, montaža in demontaža obvestilne gradbiščne table		
		Skupaj	kd	2,00

PRILOGA B: DIMENZIONIRANJE VOZIŠČNE KONSTRUKCIJE, ALTERNATIVA 1, POSEG 1

TEHNIČNE ZAHTEVE

AC-A3 0668 Gabrk – Sežana V, AC - A3 0669 Sežana V – Sežana Z in Priključek 0156 razcep Gabrk – krak D

1 SPLOŠNO

1.1 Uvod

Po naročilu DARS, d.d., Družba za avtoceste v Republiki Sloveniji, Cesta XIV. Divizije 4, Celje smo izdelali analizo osnov za nadgradnjo voziščne konstrukcije na AC-A3 0668 Gabrk – Sežana V od km 0,000 do km 6,908 in od km 7,188 do km 7,982, 0669 Sežana V – Sežana Z od km 0,000 do km 0,820 in priključku 0156 razcep Gabrk – krak D od km 2,535 do km 3,364.

2 STANJE OBSTOJEČEGA VOZIŠČA

Za obravnavani odsek je izvedena vizualna ocena stanja vozišč po metodologiji modificiranega švicarskega indeksa (MSI), ki opiše stanje vozne površine.

Povprečne vrednosti indeksa MSI in stanje vozišča na voznem pasu je prikazano v naslednji preglednici (preglednica 1) in prilogi (priloga 1).

Preglednica 1

Stacionaža	MSI	Stanje vozišča
vozni pas	1,46	mejno stanje
prehitevalni pas	1,52	mejno stanje

2.1 Odsek

Obravnavana sanacija avtoceste obsega izvedbo nadgradnje voziščne konstrukcije na odstavnem, voznem in prehitevalnem pasu ter lokalne sanacije na odstavnem, voznem in prehitevalnem pasu na odseku 0668 Gabrk – Sežana V od km 0,000 do km 6,908 in od km 7,188 do km 7,982, 0669 Sežana V – Sežana Z od km 0,000 do km 0,820 in priključku 0156 razcep Gabrk – krak D od km 2,535 do km 3,364.

3 PROJEKTNE OSNOVE ZA NADGRADNJO VOZIŠČA

3.1 Podatki o štetju prometa

Podatke o prometnih obremenitvah na obravnavanih odsekih AC A3 0668, 0669 in 0156 (preglednica 16) smo pridobili iz dopolnitve resolucije o NPJA, DARS, 2010, po kateri se med letoma 2011 in 2021 pričakuje 3,95 %-no rast prometnih obremenitev.

Prometne obremenitve leta 2011:

Preglednica 2

	osebna	bus	tov-l	tov-s	tov-t	tov-p	skupaj
Prometne obremenitve (NPJA, Dars, 2010) za leto 2011	8.454	197	1.364	140	159	3.733	14.047
Povprečni faktorji ekvivalentnosti	0,00003	1,4	0,005	0,6	0,7	1,6	-
Število vozil x faktor ekvivalentnosti	0,3	276,3	6,8	84,1	111,0	5.972,2	6.451

3.2 Skupna ekvivalentna obremenitev (po TSC 06.511:2009)

Število prehodov NOO 100 kN v 10-ih letih znaša:

- na voznem pasu:
 - o $T_n = 365 \times 6.451 \times 0,45 \times 1 \times 1,02 \times 1,03 \times 12,22 = 13.602.451 = 1,3 \times 10^7$
- na prehitevalnem pasu:
 - o $T_n = 365 \times 6.451 \times 0,05 \times 1 \times 1,02 \times 1,03 \times 12,22 = 1.511.383 = 1,5 \times 10^6$

4 DOLOČITEV DIMENZIJ VOZIŠČNE KONSTRUKCIJE (po TSC 06.541:2009)

Predpostavljamo, da so na obravnavanem odseku ugodni hidrološki pogoji. Pri teh pogojih je ocenjena vrednost CBR nosilnosti temeljnih tal $> 15 \%$.

Potrebni debelinski indeks za obdobje 10 let - ob predpostavljenem CBR 15 % - znaša:

- na voznem pasu: $D_p = 23 \times 0,38 + 34 \times 0,14 = 13,50 \text{ cm}$
- na prehitevalnem pasu: $D_p = 14 \times 0,38 + 31 \times 0,14 = 9,66 \text{ cm}$

Debelinski indeksi:

- D_o – obstoječe voziščne konstrukcije
- D_n – nadgradnje obstoječe voziščne konstrukcije
- D_p – potrebni
- D_{pov} – povečani

Obstoječa karakteristična voziščna konstrukcija je določena na osnovi izvedenih vrtin in odvzetih vzorcev obstoječih materialov.

Upoštevana obstoječa karakteristična voziščna konstrukcija na odsekih AC A3 0668 in 0669 je sestavljena na voznem in prehitevalnem pasu naslednjih plasti (preglednica 3):

Preglednica 3

VOZNI PAS	VOZNI PAS d_i	PREHITEVALNI PAS	PREHITEVALNI PAS d_i
EAB 4 cm	$4\text{cm} \times 0,8 \times 0,42 = 1,34 \text{ cm}$	EAB 4 cm	$4\text{cm} \times 0,8 \times 0,42 = 1,34 \text{ cm}$
BD 7 cm	$7\text{cm} \times 0,9 \times 0,35 = 2,21 \text{ cm}$	BD 7 cm	$7\text{cm} \times 0,9 \times 0,35 = 2,21 \text{ cm}$
BD 7 cm	$7 \text{ cm} \times 0,9 \times 0,35 = 2,21 \text{ cm}$	CS 15 cm	$15\text{cm} \times 0,9 \times 0,20 = 2,70 \text{ cm}$
CS 22 cm	$22\text{cm} \times 0,9 \times 0,20 = 3,96 \text{ cm}$	TMU 14 cm	$14\text{cm} \times 0,9 \times 0,14 = 1,76 \text{ cm}$
TMU 15 cm (ocena)	$15 \text{ cm} \times 0,9 \times 0,14 = 1,89 \text{ cm}$	TMU 15 cm (ocena)	$15\text{cm} \times 0,9 \times 0,15 = 2,03 \text{ cm}$
Skupaj D_o :	11,61 cm		10,04 cm

V primeru izvedbe lokalnih sanacij ter nadgradnje voziščne konstrukcije z obrabno in zaporno plastjo drobirja z bitumenskim mastiksom v debelini 4,5 cm bi se debelinski indeks obstoječe voziščne konstrukcije na voznem pasu povečal na:

$$D_{\text{pov}} = D_o + D_n = 11,61 + 4,5 \times 0,42 = 13,50 \text{ cm} = D_p$$

5 PREDLOG UKREPOV ZA UREDITEV OBSTOJEČEGA VOZIŠČA

5.1 Vozni pas

Na mestih poškodovane in razpokane obrabne plasti se izvedejo lokalne sanacije. Lokalno se sanirajo poškodovana mesta z rezkanjem obstoječih asfaltnih plasti do globine 7 cm ter vgradnja bituminizirane zmesi AC 22 bin PmB 45/80-65 A2 v debelini 7 cm.

Na mestih globinskih poškodb se dodatno izvede še rezkanje preostalih asfaltnih plasti do globine 11 cm ter vgradnja bituminizirane zmesi AC 32 base B50/70 A2 v debelini 11 cm.

Po izvedbi lokalnih sanacij se izvede nadgradnja voziščne konstrukcije z bituminizirano zmesjo SMA 11 PmB 45/80-65 A2 v debelini 4,5 cm.

5.2 Prehitevalni pas

Na mestih poškodovane in razpokane obrabne plasti se izvedejo lokalne sanacije. Lokalno se sanirajo poškodovana mesta z rezkanjem obstoječih asfaltnih plasti do globine 7 cm ter vgradnja bituminizirane zmesi AC 22 bin PmB 45/80-65 A2 v debelini 7 cm.

Na mestih globinskih poškodb se dodatno izvede še rezkanje preostale asfaltne plasti in vezane spodnje nosilne plasti do globine 7 cm ter vgradnja bituminizirane zmesi AC 22 base B50/70 A2 v debelini 7 cm.

Po izvedbi lokalnih sanacij se izvede nadgradnja voziščne konstrukcije z bituminizirano zmesjo SMA 11 PmB 45/80-65 A2 v debelini 4,5 cm.

5.3 Odstavni pas / pospeševalni in zaviralni pasovi

Na mestih poškodovane in razpokane obrabne plasti se izvedejo lokalne sanacije. Lokalno se sanirajo poškodovana mesta z rezkanjem obstoječih asfaltnih plasti in nevezane nosilne plasti do globine 7 cm ter vgradnja bituminizirane zmesi AC 22 bin PmB 45/80-65 A2 v debelini 7 cm.

Po izvedbi lokalnih sanacij se izvede nadgradnja voziščne konstrukcije z bituminizirano zmesjo AC 11 B 70/100 A4 v debelini 4,5 cm na odstavnem pasu oziroma SMA 11 PmB 45/80-65 A2 v debelini 4,5 cm na pospeševalnih in zaviralnih pasovih.

5.4 Dodatni pogoji

Predhodno (pred začetkom del) naj se točno določijo mesta poškodb, kjer se bodo izvedle lokalne sanacije. Za preveritev nezlepljenosti vezne in nosilne plasti asfalta naj se na voznem pasu izvedejo vrtine na vsakih 50 m.

Dodatno je potrebno zaradi odvodnjavanja izvesti prečne kanale.

PREHITEVALNI PAS	VOZNI PAS	ODSTAVNI PAS
Preplastitev: 4,5 cm	SMA 11 PmB 45/80-65 A2	4,5 cm AC 11 surf B70/100 A4
Obstoječe – po potrebi:		
lokalne sanacije AC 22 bin PmB 45/80-65 A2 v debelini 7 cm	lokalne sanacije AC 22 bin PmB 45/80-65 A2 v debelini 7 cm	lokalne sanacije AC 22 bin PmB 45/80-65 A2 v debelini 7 cm
globinske sanacije (po potrebi) AC 22 base 50/70 A2 v debelini 7 cm	globinske sanacije (po potrebi) AC 32 base 50/70 A2 v debelini 11 cm	

5.5 Obnova vozišča na nadvozu VA0355 na odseku 0668

Na nadvozu VA0355 je potrebno odstraniti poškodovani asfaltni plasti in hidroizolacijo. Hidroizolacija na robovih (v širini 10-15 cm od robnika) mora ostati nepoškodovana, da je možna kvalitetna izdelava stika (s preklopom) stare in nove hidroizolacije. Sledi čiščenje cementobetonske površine z vodo pod visokim pritiskom ali peskanjem.

Očiščeno betonsko ploščo nadvoza je potrebno obdelati z dvojnimi epoksidnim premazom in posipom. Sledi lepljenje oz. varjenje hidroizolacijskega traku, izvedba zaščitne plasti z zmesjo drobirja z bitumenskim mastiksom SMA 8 PmB 45/80-65 A2, Z4 v debelini 3 cm ter vgrajevanje obrabno zaporne plasti SMA 11 PmB 45/80-65 A2 v debelini 4 cm.

Vertikalni stik med robnikom in asfaltnima plastema je potrebno tesniti z bitumensko tesnilno zmesjo.

PRILOGA C: GENERACIJA URNE DISTRIBUCIJE PROMETA

Generacija urne distribucije prometa

Podatki o štetju prometa:

ID	Št. mesto	Datum	Ura	Gab-Sež	Sež-Gab	Skupaj
1	813	01-jul-11	0:00:00	138	229	367
2	813	01-jul-11	1:00:00	137	189	326
3	813	01-jul-11	2:00:00	123	186	309
4	813	01-jul-11	3:00:00	158	168	326
5	813	01-jul-11	4:00:00	195	165	360
6	813	01-jul-11	5:00:00	278	243	521
7	813	01-jul-11	6:00:00	430	323	753
8	813	01-jul-11	7:00:00	443	390	833
9	813	01-jul-11	8:00:00	387	437	824
10	813	01-jul-11	9:00:00	425	472	897
11	813	01-jul-11	10:00:00	404	501	905
12	813	01-jul-11	11:00:00	400	508	908
13	813	01-jul-11	12:00:00	401	545	946
14	813	01-jul-11	13:00:00	404	526	930
15	813	01-jul-11	14:00:00	408	578	986
16	813	01-jul-11	15:00:00	415	644	1059
17	813	01-jul-11	16:00:00	380	622	1002
18	813	01-jul-11	17:00:00	385	555	940
19	813	01-jul-11	18:00:00	355	558	913
20	813	01-jul-11	19:00:00	297	515	812
21	813	01-jul-11	20:00:00	241	510	751
22	813	01-jul-11	21:00:00	212	484	696
23	813	01-jul-11	22:00:00	155	422	577
24	813	01-jul-11	23:00:00	143	411	554
25	813	02-jul-11	0:00:00	136	452	588
26	813	02-jul-11	1:00:00	152	392	544
27	813	02-jul-11	2:00:00	141	351	492
28	813	02-jul-11	3:00:00	150	338	488
29	813	02-jul-11	4:00:00	197	299	496
30	813	02-jul-11	5:00:00	220	348	568
31	813	02-jul-11	6:00:00	257	309	566
32	813	02-jul-11	7:00:00	273	371	644
33	813	02-jul-11	8:00:00	343	410	753
34	813	02-jul-11	9:00:00	421	488	909
35	813	02-jul-11	10:00:00	405	513	918
36	813	02-jul-11	11:00:00	430	514	944
37	813	02-jul-11	12:00:00	435	508	943
38	813	02-jul-11	13:00:00	389	671	1060
39	813	02-jul-11	14:00:00	382	512	894
40	813	02-jul-11	15:00:00	368	481	849
41	813	02-jul-11	16:00:00	308	472	780
42	813	02-jul-11	17:00:00	294	435	729
43	813	02-jul-11	18:00:00	305	415	720
44	813	02-jul-11	19:00:00	257	429	686
45	813	02-jul-11	20:00:00	189	422	611
46	813	02-jul-11	21:00:00	169	403	572
47	813	02-jul-11	22:00:00	164	286	450
48	813	02-jul-11	23:00:00	203	272	475
49	813	03-jul-11	0:00:00	182	218	400
50	813	03-jul-11	1:00:00	105	243	348
51	813	03-jul-11	2:00:00	138	219	357
52	813	03-jul-11	3:00:00	127	173	300
53	813	03-jul-11	4:00:00	133	144	277
54	813	03-jul-11	5:00:00	122	172	294
55	813	03-jul-11	6:00:00	139	189	328
56	813	03-jul-11	7:00:00	160	216	376
57	813	03-jul-11	8:00:00	167	272	439
58	813	03-jul-11	9:00:00	235	303	538
59	813	03-jul-11	10:00:00	274	323	597
60	813	03-jul-11	11:00:00	307	373	680
61	813	03-jul-11	12:00:00	362	373	735
62	813	03-jul-11	13:00:00	323	412	735

63	813	03-jul-11	14:00:00	369	414	783
64	813	03-jul-11	15:00:00	365	365	730
65	813	03-jul-11	16:00:00	340	397	737
66	813	03-jul-11	17:00:00	331	399	730
67	813	03-jul-11	18:00:00	370	451	821
68	813	03-jul-11	19:00:00	369	410	779
69	813	03-jul-11	20:00:00	312	346	658
70	813	03-jul-11	21:00:00	293	282	575
71	813	03-jul-11	22:00:00	225	274	499
72	813	03-jul-11	23:00:00	214	228	442
73	813	04-jul-11	0:00:00	188	215	403
74	813	04-jul-11	1:00:00	102	169	271
75	813	04-jul-11	2:00:00	132	170	302
76	813	04-jul-11	3:00:00	149	180	329
77	813	04-jul-11	4:00:00	190	117	307
78	813	04-jul-11	5:00:00	249	159	408
79	813	04-jul-11	6:00:00	413	284	697
80	813	04-jul-11	7:00:00	418	310	728
81	813	04-jul-11	8:00:00	395	354	749
82	813	04-jul-11	9:00:00	432	321	753
83	813	04-jul-11	10:00:00	386	364	750
84	813	04-jul-11	11:00:00	398	361	759
85	813	04-jul-11	12:00:00	339	391	730
86	813	04-jul-11	13:00:00	393	412	805
87	813	04-jul-11	14:00:00	371	374	745
88	813	04-jul-11	15:00:00	421	449	870
89	813	04-jul-11	16:00:00	416	429	845
90	813	04-jul-11	17:00:00	362	386	748
91	813	04-jul-11	18:00:00	319	345	664
92	813	04-jul-11	19:00:00	332	325	657
93	813	04-jul-11	20:00:00	265	244	509
94	813	04-jul-11	21:00:00	185	215	400
95	813	04-jul-11	22:00:00	197	211	408
96	813	04-jul-11	23:00:00	144	135	279
97	813	05-jul-11	0:00:00	123	106	229
98	813	05-jul-11	1:00:00	108	109	217
99	813	05-jul-11	2:00:00	116	78	194
100	813	05-jul-11	3:00:00	121	80	201
101	813	05-jul-11	4:00:00	155	93	248
102	813	05-jul-11	5:00:00	246	157	403
103	813	05-jul-11	6:00:00	389	229	618
104	813	05-jul-11	7:00:00	392	299	691
105	813	05-jul-11	8:00:00	441	312	753
106	813	05-jul-11	9:00:00	423	350	773
107	813	05-jul-11	10:00:00	344	390	734
108	813	05-jul-11	11:00:00	382	428	810
109	813	05-jul-11	12:00:00	395	439	834
110	813	05-jul-11	13:00:00	438	428	866
111	813	05-jul-11	14:00:00	417	415	832
112	813	05-jul-11	15:00:00	408	530	938
113	813	05-jul-11	16:00:00	374	476	850
114	813	05-jul-11	17:00:00	385	513	898
115	813	05-jul-11	18:00:00	365	406	771
116	813	05-jul-11	19:00:00	253	348	601
117	813	05-jul-11	20:00:00	211	301	512
118	813	05-jul-11	21:00:00	141	327	468
119	813	05-jul-11	22:00:00	149	248	397
120	813	05-jul-11	23:00:00	138	181	319
121	813	06-jul-11	0:00:00	95	139	234
122	813	06-jul-11	1:00:00	78	137	215
123	813	06-jul-11	2:00:00	95	104	199
124	813	06-jul-11	3:00:00	89	106	195
125	813	06-jul-11	4:00:00	107	105	212
126	813	06-jul-11	5:00:00	205	188	393
127	813	06-jul-11	6:00:00	374	273	647
128	813	06-jul-11	7:00:00	399	341	740

129	813	06-jul-11	8:00:00	375	396	771
130	813	06-jul-11	9:00:00	413	423	836
131	813	06-jul-11	10:00:00	387	416	803
132	813	06-jul-11	11:00:00	344	441	785
133	813	06-jul-11	12:00:00	377	465	842
134	813	06-jul-11	13:00:00	375	462	837
135	813	06-jul-11	14:00:00	388	440	828
136	813	06-jul-11	15:00:00	394	546	940
137	813	06-jul-11	16:00:00	360	530	890
138	813	06-jul-11	17:00:00	333	467	800
139	813	06-jul-11	18:00:00	362	467	829
140	813	06-jul-11	19:00:00	260	415	675
141	813	06-jul-11	20:00:00	230	324	554
142	813	06-jul-11	21:00:00	212	284	496
143	813	06-jul-11	22:00:00	176	229	405
144	813	06-jul-11	23:00:00	164	210	374
145	813	07-jul-11	0:00:00	154	157	311
146	813	07-jul-11	1:00:00	117	102	219
147	813	07-jul-11	2:00:00	112	107	219
148	813	07-jul-11	3:00:00	111	93	204
149	813	07-jul-11	4:00:00	170	131	301
150	813	07-jul-11	5:00:00	206	180	386
151	813	07-jul-11	6:00:00	410	291	701
152	813	07-jul-11	7:00:00	473	372	845
153	813	07-jul-11	8:00:00	445	414	859
154	813	07-jul-11	9:00:00	446	401	847
155	813	07-jul-11	10:00:00	410	454	864
156	813	07-jul-11	11:00:00	422	518	940
157	813	07-jul-11	12:00:00	366	488	854
158	813	07-jul-11	13:00:00	387	435	822
159	813	07-jul-11	14:00:00	408	465	873
160	813	07-jul-11	15:00:00	425	548	973
161	813	07-jul-11	16:00:00	424	586	1010
162	813	07-jul-11	17:00:00	352	483	835
163	813	07-jul-11	18:00:00	317	461	778
164	813	07-jul-11	19:00:00	295	422	717
165	813	07-jul-11	20:00:00	234	377	611
166	813	07-jul-11	21:00:00	189	341	530
167	813	07-jul-11	22:00:00	190	267	457
168	813	07-jul-11	23:00:00	147	290	437
169	813	08-jul-11	0:00:00	159	234	393
170	813	08-jul-11	1:00:00	144	281	425
171	813	08-jul-11	2:00:00	142	209	351
172	813	08-jul-11	3:00:00	181	212	393
173	813	08-jul-11	4:00:00	231	188	419
174	813	08-jul-11	5:00:00	269	229	498
175	813	08-jul-11	6:00:00	390	345	735
176	813	08-jul-11	7:00:00	391	376	767
177	813	08-jul-11	8:00:00	426	421	847
178	813	08-jul-11	9:00:00	436	477	913
179	813	08-jul-11	10:00:00	368	497	865
180	813	08-jul-11	11:00:00	403	502	905
181	813	08-jul-11	12:00:00	382	475	857
182	813	08-jul-11	13:00:00	424	540	964
183	813	08-jul-11	14:00:00	386	531	917
184	813	08-jul-11	15:00:00	419	615	1034
185	813	08-jul-11	16:00:00	402	623	1025
186	813	08-jul-11	17:00:00	374	501	875
187	813	08-jul-11	18:00:00	334	527	861
188	813	08-jul-11	19:00:00	298	455	753
189	813	08-jul-11	20:00:00	239	426	665
190	813	08-jul-11	21:00:00	184	453	637
191	813	08-jul-11	22:00:00	170	426	596
192	813	08-jul-11	23:00:00	147	486	633
193	813	09-jul-11	0:00:00	128	589	717
194	813	09-jul-11	1:00:00	130	476	606

195	813	09-jul-11	2:00:00	126	385	511
196	813	09-jul-11	3:00:00	160	435	595
197	813	09-jul-11	4:00:00	166	397	563
198	813	09-jul-11	5:00:00	234	389	623
199	813	09-jul-11	6:00:00	282	414	696
200	813	09-jul-11	7:00:00	220	434	654
201	813	09-jul-11	8:00:00	280	401	681
202	813	09-jul-11	9:00:00	330	448	778
203	813	09-jul-11	10:00:00	409	408	817
204	813	09-jul-11	11:00:00	448	519	967
205	813	09-jul-11	12:00:00	404	562	966
206	813	09-jul-11	13:00:00	373	525	898
207	813	09-jul-11	14:00:00	322	568	890
208	813	09-jul-11	15:00:00	285	491	776
209	813	09-jul-11	16:00:00	303	490	793
210	813	09-jul-11	17:00:00	281	423	704
211	813	09-jul-11	18:00:00	258	405	663
212	813	09-jul-11	19:00:00	267	383	650
213	813	09-jul-11	20:00:00	200	372	572
214	813	09-jul-11	21:00:00	172	362	534
215	813	09-jul-11	22:00:00	231	285	516
216	813	09-jul-11	23:00:00	233	317	550
217	813	10-jul-11	0:00:00	151	254	405
218	813	10-jul-11	1:00:00	109	275	384
219	813	10-jul-11	2:00:00	110	217	327
220	813	10-jul-11	3:00:00	118	204	322
221	813	10-jul-11	4:00:00	140	193	333
222	813	10-jul-11	5:00:00	133	168	301
223	813	10-jul-11	6:00:00	144	195	339
224	813	10-jul-11	7:00:00	153	211	364
225	813	10-jul-11	8:00:00	221	255	476
226	813	10-jul-11	9:00:00	215	300	515
227	813	10-jul-11	10:00:00	279	379	658
228	813	10-jul-11	11:00:00	277	292	569
229	813	10-jul-11	12:00:00	322	404	726
230	813	10-jul-11	13:00:00	287	402	689
231	813	10-jul-11	14:00:00	261	329	590
232	813	10-jul-11	15:00:00	271	359	630
233	813	10-jul-11	16:00:00	335	364	699
234	813	10-jul-11	17:00:00	310	382	692
235	813	10-jul-11	18:00:00	310	376	686
236	813	10-jul-11	19:00:00	259	373	632
237	813	10-jul-11	20:00:00	279	295	574
238	813	10-jul-11	21:00:00	234	286	520
239	813	10-jul-11	22:00:00	212	273	485
240	813	10-jul-11	23:00:00	199	212	411
241	813	11-jul-11	0:00:00	260	164	424
242	813	11-jul-11	1:00:00	206	159	365
243	813	11-jul-11	2:00:00	156	111	267
244	813	11-jul-11	3:00:00	130	141	271
245	813	11-jul-11	4:00:00	176	134	310
246	813	11-jul-11	5:00:00	269	167	436
247	813	11-jul-11	6:00:00	429	260	689
248	813	11-jul-11	7:00:00	414	326	740
249	813	11-jul-11	8:00:00	372	329	701
250	813	11-jul-11	9:00:00	346	360	706
251	813	11-jul-11	10:00:00	359	347	706
252	813	11-jul-11	11:00:00	404	381	785
253	813	11-jul-11	12:00:00	431	383	814
254	813	11-jul-11	13:00:00	392	344	736
255	813	11-jul-11	14:00:00	382	389	771
256	813	11-jul-11	15:00:00	405	412	817
257	813	11-jul-11	16:00:00	409	423	832
258	813	11-jul-11	17:00:00	357	336	693
259	813	11-jul-11	18:00:00	289	328	617
260	813	11-jul-11	19:00:00	287	290	577

261	813	11-jul-11	20:00:00	353	269	622
262	813	11-jul-11	21:00:00	224	236	460
263	813	11-jul-11	22:00:00	179	229	408
264	813	11-jul-11	23:00:00	136	142	278
265	813	12-jul-11	0:00:00	133	130	263
266	813	12-jul-11	1:00:00	101	128	229
267	813	12-jul-11	2:00:00	90	94	184
268	813	12-jul-11	3:00:00	97	88	185
269	813	12-jul-11	4:00:00	148	97	245
270	813	12-jul-11	5:00:00	233	149	382
271	813	12-jul-11	6:00:00	374	270	644
272	813	12-jul-11	7:00:00	459	334	793
273	813	12-jul-11	8:00:00	404	349	753
274	813	12-jul-11	9:00:00	439	358	797
275	813	12-jul-11	10:00:00	368	381	749
276	813	12-jul-11	11:00:00	402	455	857
277	813	12-jul-11	12:00:00	434	431	865
278	813	12-jul-11	13:00:00	379	374	753
279	813	12-jul-11	14:00:00	408	428	836
280	813	12-jul-11	15:00:00	398	516	914
281	813	12-jul-11	16:00:00	392	486	878
282	813	12-jul-11	17:00:00	355	476	831
283	813	12-jul-11	18:00:00	320	353	673
284	813	12-jul-11	19:00:00	248	373	621
285	813	12-jul-11	20:00:00	223	303	526
286	813	12-jul-11	21:00:00	180	261	441
287	813	12-jul-11	22:00:00	155	228	383
288	813	12-jul-11	23:00:00	144	191	335
289	813	13-jul-11	0:00:00	113	167	280
290	813	13-jul-11	1:00:00	100	161	261
291	813	13-jul-11	2:00:00	89	104	193
292	813	13-jul-11	3:00:00	110	107	217
293	813	13-jul-11	4:00:00	137	131	268
294	813	13-jul-11	5:00:00	221	168	389
295	813	13-jul-11	6:00:00	374	290	664
296	813	13-jul-11	7:00:00	414	368	782
297	813	13-jul-11	8:00:00	398	362	760
298	813	13-jul-11	9:00:00	375	415	790
299	813	13-jul-11	10:00:00	390	450	840
300	813	13-jul-11	11:00:00	378	485	863
301	813	13-jul-11	12:00:00	359	491	850
302	813	13-jul-11	13:00:00	388	495	883
303	813	13-jul-11	14:00:00	410	462	872
304	813	13-jul-11	15:00:00	361	510	871
305	813	13-jul-11	16:00:00	420	520	940
306	813	13-jul-11	17:00:00	421	460	881
307	813	13-jul-11	18:00:00	332	458	790
308	813	13-jul-11	19:00:00	279	393	672
309	813	13-jul-11	20:00:00	223	400	623
310	813	13-jul-11	21:00:00	202	336	538
311	813	13-jul-11	22:00:00	191	290	481
312	813	13-jul-11	23:00:00	139	219	358
313	813	14-jul-11	0:00:00	131	203	334
314	813	14-jul-11	1:00:00	94	189	283
315	813	14-jul-11	2:00:00	107	177	284
316	813	14-jul-11	3:00:00	134	184	318
317	813	14-jul-11	4:00:00	155	197	352
318	813	14-jul-11	5:00:00	230	280	510
319	813	14-jul-11	6:00:00	377	370	747
320	813	14-jul-11	7:00:00	433	449	882
321	813	14-jul-11	8:00:00	446	435	881
322	813	14-jul-11	9:00:00	420	424	844
323	813	14-jul-11	10:00:00	386	433	819
324	813	14-jul-11	11:00:00	413	482	895
325	813	14-jul-11	12:00:00	436	454	890
326	813	14-jul-11	13:00:00	392	499	891

327	813	14-jul-11	14:00:00	453	523	976
328	813	14-jul-11	15:00:00	458	597	1055
329	813	14-jul-11	16:00:00	401	571	972
330	813	14-jul-11	17:00:00	348	545	893
331	813	14-jul-11	18:00:00	318	482	800
332	813	14-jul-11	19:00:00	282	473	755
333	813	14-jul-11	20:00:00	227	429	656
334	813	14-jul-11	21:00:00	237	387	624
335	813	14-jul-11	22:00:00	169	345	514
336	813	14-jul-11	23:00:00	173	280	453
337	813	15-jul-11	0:00:00	194	294	488
338	813	15-jul-11	1:00:00	134	310	444
339	813	15-jul-11	2:00:00	155	242	397
340	813	15-jul-11	3:00:00	165	292	457
341	813	15-jul-11	4:00:00	226	277	503
342	813	15-jul-11	5:00:00	277	348	625
343	813	15-jul-11	6:00:00	400	454	854
344	813	15-jul-11	7:00:00	502	498	1000
345	813	15-jul-11	8:00:00	465	457	922
346	813	15-jul-11	9:00:00	437	418	855
347	813	15-jul-11	10:00:00	439	512	951
348	813	15-jul-11	11:00:00	417	572	989
349	813	15-jul-11	12:00:00	391	481	872
350	813	15-jul-11	13:00:00	456	589	1045
351	813	15-jul-11	14:00:00	423	620	1043
352	813	15-jul-11	15:00:00	431	667	1098
353	813	15-jul-11	16:00:00	417	605	1022
354	813	15-jul-11	17:00:00	412	685	1097
355	813	15-jul-11	18:00:00	353	569	922
356	813	15-jul-11	19:00:00	327	484	811
357	813	15-jul-11	20:00:00	249	452	701
358	813	15-jul-11	21:00:00	214	439	653
359	813	15-jul-11	22:00:00	157	468	625
360	813	15-jul-11	23:00:00	165	556	721
361	813	16-jul-11	0:00:00	156	537	693
362	813	16-jul-11	1:00:00	119	567	686
363	813	16-jul-11	2:00:00	142	616	758
364	813	16-jul-11	3:00:00	160	569	729
365	813	16-jul-11	4:00:00	204	395	599
366	813	16-jul-11	5:00:00	230	481	711
367	813	16-jul-11	6:00:00	296	481	777
368	813	16-jul-11	7:00:00	321	579	900
369	813	16-jul-11	8:00:00	372	538	910
370	813	16-jul-11	9:00:00	406	546	952
371	813	16-jul-11	10:00:00	436	536	972
372	813	16-jul-11	11:00:00	483	540	1023
373	813	16-jul-11	12:00:00	492	551	1043
374	813	16-jul-11	13:00:00	425	604	1029
375	813	16-jul-11	14:00:00	391	590	981
376	813	16-jul-11	15:00:00	376	603	979
377	813	16-jul-11	16:00:00	346	608	954
378	813	16-jul-11	17:00:00	311	541	852
379	813	16-jul-11	18:00:00	299	530	829
380	813	16-jul-11	19:00:00	236	475	711
381	813	16-jul-11	20:00:00	212	414	626
382	813	16-jul-11	21:00:00	224	413	637
383	813	16-jul-11	22:00:00	240	343	583
384	813	16-jul-11	23:00:00	255	362	617
385	813	17-jul-11	0:00:00	196	263	459
386	813	17-jul-11	1:00:00	111	316	427
387	813	17-jul-11	2:00:00	134	307	441
388	813	17-jul-11	3:00:00	112	265	377
389	813	17-jul-11	4:00:00	129	202	331
390	813	17-jul-11	5:00:00	152	235	387
391	813	17-jul-11	6:00:00	157	196	353
392	813	17-jul-11	7:00:00	154	249	403

393	813	17-jul-11	8:00:00	219	263	482
394	813	17-jul-11	9:00:00	286	343	629
395	813	17-jul-11	10:00:00	309	413	722
396	813	17-jul-11	11:00:00	323	390	713
397	813	17-jul-11	12:00:00	375	424	799
398	813	17-jul-11	13:00:00	336	423	759
399	813	17-jul-11	14:00:00	395	475	870
400	813	17-jul-11	15:00:00	352	407	759
401	813	17-jul-11	16:00:00	390	411	801
402	813	17-jul-11	17:00:00	370	380	750
403	813	17-jul-11	18:00:00	355	394	749
404	813	17-jul-11	19:00:00	346	391	737
405	813	17-jul-11	20:00:00	326	363	689
406	813	17-jul-11	21:00:00	279	289	568
407	813	17-jul-11	22:00:00	258	290	548
408	813	17-jul-11	23:00:00	232	231	463
409	813	18-jul-11	0:00:00	207	182	389
410	813	18-jul-11	1:00:00	143	238	381
411	813	18-jul-11	2:00:00	125	202	327
412	813	18-jul-11	3:00:00	115	184	299
413	813	18-jul-11	4:00:00	176	155	331
414	813	18-jul-11	5:00:00	254	173	427
415	813	18-jul-11	6:00:00	420	250	670
416	813	18-jul-11	7:00:00	376	330	706
417	813	18-jul-11	8:00:00	310	356	666
418	813	18-jul-11	9:00:00	446	366	812
419	813	18-jul-11	10:00:00	486	400	886
420	813	18-jul-11	11:00:00	432	470	902
421	813	18-jul-11	12:00:00	413	400	813
422	813	18-jul-11	13:00:00	389	400	789
423	813	18-jul-11	14:00:00	434	431	865
424	813	18-jul-11	15:00:00	418	460	878
425	813	18-jul-11	16:00:00	327	465	792
426	813	18-jul-11	17:00:00	541	390	931
427	813	18-jul-11	18:00:00	317	393	710
428	813	18-jul-11	19:00:00	367	359	726
429	813	18-jul-11	20:00:00	292	286	578
430	813	18-jul-11	21:00:00	252	257	509
431	813	18-jul-11	22:00:00	181	206	387
432	813	18-jul-11	23:00:00	197	170	367
433	813	19-jul-11	0:00:00	117	157	274
434	813	19-jul-11	1:00:00	105	126	231
435	813	19-jul-11	2:00:00	120	105	225
436	813	19-jul-11	3:00:00	130	111	241
437	813	19-jul-11	4:00:00	169	105	274
438	813	19-jul-11	5:00:00	273	178	451
439	813	19-jul-11	6:00:00	411	252	663
440	813	19-jul-11	7:00:00	446	351	797
441	813	19-jul-11	8:00:00	363	321	684
442	813	19-jul-11	9:00:00	385	361	746
443	813	19-jul-11	10:00:00	427	386	813
444	813	19-jul-11	11:00:00	415	435	850
445	813	19-jul-11	12:00:00	492	435	927
446	813	19-jul-11	13:00:00	467	444	911
447	813	19-jul-11	14:00:00	412	437	849
448	813	19-jul-11	15:00:00	424	540	964
449	813	19-jul-11	16:00:00	419	507	926
450	813	19-jul-11	17:00:00	393	447	840
451	813	19-jul-11	18:00:00	347	426	773
452	813	19-jul-11	19:00:00	284	373	657
453	813	19-jul-11	20:00:00	244	345	589
454	813	19-jul-11	21:00:00	182	306	488
455	813	19-jul-11	22:00:00	166	222	388
456	813	19-jul-11	23:00:00	116	208	324
457	813	20-jul-11	0:00:00	110	174	284
458	813	20-jul-11	1:00:00	103	128	231

459	813	20-jul-11	2:00:00	119	103	222
460	813	20-jul-11	3:00:00	120	117	237
461	813	20-jul-11	4:00:00	134	136	270
462	813	20-jul-11	5:00:00	191	166	357
463	813	20-jul-11	6:00:00	373	249	622
464	813	20-jul-11	7:00:00	454	368	822
465	813	20-jul-11	8:00:00	416	411	827
466	813	20-jul-11	9:00:00	403	402	805
467	813	20-jul-11	10:00:00	351	465	816
468	813	20-jul-11	11:00:00	387	491	878
469	813	20-jul-11	12:00:00	431	490	921
470	813	20-jul-11	13:00:00	403	512	915
471	813	20-jul-11	14:00:00	419	500	919
472	813	20-jul-11	15:00:00	448	554	1002
473	813	20-jul-11	16:00:00	463	547	1010
474	813	20-jul-11	17:00:00	377	579	956
475	813	20-jul-11	18:00:00	370	481	851
476	813	20-jul-11	19:00:00	328	385	713
477	813	20-jul-11	20:00:00	247	364	611
478	813	20-jul-11	21:00:00	186	278	464
479	813	20-jul-11	22:00:00	163	252	415
480	813	20-jul-11	23:00:00	160	271	431
481	813	21-jul-11	0:00:00	113	241	354
482	813	21-jul-11	1:00:00	103	221	324
483	813	21-jul-11	2:00:00	110	164	274
484	813	21-jul-11	3:00:00	147	156	303
485	813	21-jul-11	4:00:00	162	149	311
486	813	21-jul-11	5:00:00	254	205	459
487	813	21-jul-11	6:00:00	382	326	708
488	813	21-jul-11	7:00:00	437	366	803
489	813	21-jul-11	8:00:00	430	356	786
490	813	21-jul-11	9:00:00	426	399	825
491	813	21-jul-11	10:00:00	348	472	820
492	813	21-jul-11	11:00:00	430	489	919
493	813	21-jul-11	12:00:00	463	449	912
494	813	21-jul-11	13:00:00	459	492	951
495	813	21-jul-11	14:00:00	433	523	956
496	813	21-jul-11	15:00:00	447	607	1054
497	813	21-jul-11	16:00:00	432	587	1019
498	813	21-jul-11	17:00:00	356	541	897
499	813	21-jul-11	18:00:00	353	459	812
500	813	21-jul-11	19:00:00	268	422	690
501	813	21-jul-11	20:00:00	221	423	644
502	813	21-jul-11	21:00:00	221	398	619
503	813	21-jul-11	22:00:00	175	333	508
504	813	21-jul-11	23:00:00	156	356	512
505	813	22-jul-11	0:00:00	151	303	454
506	813	22-jul-11	1:00:00	127	249	376
507	813	22-jul-11	2:00:00	172	296	468
508	813	22-jul-11	3:00:00	172	374	546
509	813	22-jul-11	4:00:00	251	337	588
510	813	22-jul-11	5:00:00	245	304	549
511	813	22-jul-11	6:00:00	406	369	775
512	813	22-jul-11	7:00:00	435	465	900
513	813	22-jul-11	8:00:00	441	469	910
514	813	22-jul-11	9:00:00	486	504	990
515	813	22-jul-11	10:00:00	385	530	915
516	813	22-jul-11	11:00:00	419	518	937
517	813	22-jul-11	12:00:00	423	523	946
518	813	22-jul-11	13:00:00	411	612	1023
519	813	22-jul-11	14:00:00	413	635	1048
520	813	22-jul-11	15:00:00	413	692	1105
521	813	22-jul-11	16:00:00	416	620	1036
522	813	22-jul-11	17:00:00	354	686	1040
523	813	22-jul-11	18:00:00	321	570	891
524	813	22-jul-11	19:00:00	331	495	826

525	813	22-jul-11	20:00:00	264	389	653
526	813	22-jul-11	21:00:00	224	506	730
527	813	22-jul-11	22:00:00	215	550	765
528	813	22-jul-11	23:00:00	171	597	768
529	813	23-jul-11	0:00:00	173	622	795
530	813	23-jul-11	1:00:00	149	470	619
531	813	23-jul-11	2:00:00	129	508	637
532	813	23-jul-11	3:00:00	155	557	712
533	813	23-jul-11	4:00:00	209	497	706
534	813	23-jul-11	5:00:00	235	479	714
535	813	23-jul-11	6:00:00	337	467	804
536	813	23-jul-11	7:00:00	292	525	817
537	813	23-jul-11	8:00:00	368	512	880
538	813	23-jul-11	9:00:00	422	586	1008
539	813	23-jul-11	10:00:00	524	564	1088
540	813	23-jul-11	11:00:00	532	557	1089
541	813	23-jul-11	12:00:00	513	562	1075
542	813	23-jul-11	13:00:00	476	568	1044
543	813	23-jul-11	14:00:00	435	601	1036
544	813	23-jul-11	15:00:00	429	612	1041
545	813	23-jul-11	16:00:00	398	592	990
546	813	23-jul-11	17:00:00	382	544	926
547	813	23-jul-11	18:00:00	327	668	995
548	813	23-jul-11	19:00:00	276	508	784
549	813	23-jul-11	20:00:00	234	358	592
550	813	23-jul-11	21:00:00	218	401	619
551	813	23-jul-11	22:00:00	271	322	593
552	813	23-jul-11	23:00:00	223	291	514
553	813	24-jul-11	0:00:00	144	260	404
554	813	24-jul-11	1:00:00	127	319	446
555	813	24-jul-11	2:00:00	130	263	393
556	813	24-jul-11	3:00:00	136	256	392
557	813	24-jul-11	4:00:00	123	199	322
558	813	24-jul-11	5:00:00	133	207	340
559	813	24-jul-11	6:00:00	168	235	403
560	813	24-jul-11	7:00:00	179	282	461
561	813	24-jul-11	8:00:00	203	317	520
562	813	24-jul-11	9:00:00	268	368	636
563	813	24-jul-11	10:00:00	247	419	666
564	813	24-jul-11	11:00:00	241	463	704
565	813	24-jul-11	12:00:00	499	469	968
566	813	24-jul-11	13:00:00	418	472	890
567	813	24-jul-11	14:00:00	388	481	869
568	813	24-jul-11	15:00:00	394	411	805
569	813	24-jul-11	16:00:00	364	443	807
570	813	24-jul-11	17:00:00	371	411	782
571	813	24-jul-11	18:00:00	313	418	731
572	813	24-jul-11	19:00:00	326	381	707
573	813	24-jul-11	20:00:00	289	301	590
574	813	24-jul-11	21:00:00	248	310	558
575	813	24-jul-11	22:00:00	225	280	505
576	813	24-jul-11	23:00:00	244	277	521
577	813	25-jul-11	0:00:00	187	194	381
578	813	25-jul-11	1:00:00	144	182	326
579	813	25-jul-11	2:00:00	114	157	271
580	813	25-jul-11	3:00:00	144	153	297
581	813	25-jul-11	4:00:00	171	127	298
582	813	25-jul-11	5:00:00	297	196	493
583	813	25-jul-11	6:00:00	390	269	659
584	813	25-jul-11	7:00:00	356	312	668
585	813	25-jul-11	8:00:00	289	322	611
586	813	25-jul-11	9:00:00	400	340	740
587	813	25-jul-11	10:00:00	483	456	939
588	813	25-jul-11	11:00:00	498	421	919
589	813	25-jul-11	12:00:00	372	448	820
590	813	25-jul-11	13:00:00	408	426	834

591	813	25-jul-11	14:00:00	379	443	822
592	813	25-jul-11	15:00:00	417	444	861
593	813	25-jul-11	16:00:00	407	453	860
594	813	25-jul-11	17:00:00	391	431	822
595	813	25-jul-11	18:00:00	413	403	816
596	813	25-jul-11	19:00:00	314	372	686
597	813	25-jul-11	20:00:00	279	298	577
598	813	25-jul-11	21:00:00	242	275	517
599	813	25-jul-11	22:00:00	213	244	457
600	813	25-jul-11	23:00:00	171	168	339
601	813	26-jul-11	0:00:00	168	172	340
602	813	26-jul-11	1:00:00	122	146	268
603	813	26-jul-11	2:00:00	109	124	233
604	813	26-jul-11	3:00:00	137	105	242
605	813	26-jul-11	4:00:00	158	113	271
606	813	26-jul-11	5:00:00	254	175	429
607	813	26-jul-11	6:00:00	354	249	603
608	813	26-jul-11	7:00:00	427	340	767
609	813	26-jul-11	8:00:00	438	326	764
610	813	26-jul-11	9:00:00	476	354	830
611	813	26-jul-11	10:00:00	449	430	879
612	813	26-jul-11	11:00:00	423	426	849
613	813	26-jul-11	12:00:00	414	418	832
614	813	26-jul-11	13:00:00	392	399	791
615	813	26-jul-11	14:00:00	380	440	820
616	813	26-jul-11	15:00:00	382	519	901
617	813	26-jul-11	16:00:00	386	522	908
618	813	26-jul-11	17:00:00	380	458	838
619	813	26-jul-11	18:00:00	294	395	689
620	813	26-jul-11	19:00:00	282	416	698
621	813	26-jul-11	20:00:00	233	352	585
622	813	26-jul-11	21:00:00	193	253	446
623	813	26-jul-11	22:00:00	182	259	441
624	813	26-jul-11	23:00:00	162	237	399
625	813	27-jul-11	0:00:00	116	214	330
626	813	27-jul-11	1:00:00	111	143	254
627	813	27-jul-11	2:00:00	114	134	248
628	813	27-jul-11	3:00:00	114	119	233
629	813	27-jul-11	4:00:00	127	122	249
630	813	27-jul-11	5:00:00	225	192	417
631	813	27-jul-11	6:00:00	359	273	632
632	813	27-jul-11	7:00:00	382	360	742
633	813	27-jul-11	8:00:00	401	341	742
634	813	27-jul-11	9:00:00	398	439	837
635	813	27-jul-11	10:00:00	422	478	900
636	813	27-jul-11	11:00:00	453	465	918
637	813	27-jul-11	12:00:00	434	501	935
638	813	27-jul-11	13:00:00	435	509	944
639	813	27-jul-11	14:00:00	415	550	965
640	813	27-jul-11	15:00:00	444	617	1061
641	813	27-jul-11	16:00:00	425	647	1072
642	813	27-jul-11	17:00:00	380	533	913
643	813	27-jul-11	18:00:00	375	492	867
644	813	27-jul-11	19:00:00	297	507	804
645	813	27-jul-11	20:00:00	261	384	645
646	813	27-jul-11	21:00:00	230	321	551
647	813	27-jul-11	22:00:00	164	298	462
648	813	27-jul-11	23:00:00	157	339	496
649	813	28-jul-11	0:00:00	143	225	368
650	813	28-jul-11	1:00:00	124	203	327
651	813	28-jul-11	2:00:00	139	186	325
652	813	28-jul-11	3:00:00	154	181	335
653	813	28-jul-11	4:00:00	172	162	334
654	813	28-jul-11	5:00:00	239	252	491
655	813	28-jul-11	6:00:00	357	329	686
656	813	28-jul-11	7:00:00	405	413	818

657	813	28-jul-11	8:00:00	401	446	847
658	813	28-jul-11	9:00:00	404	508	912
659	813	28-jul-11	10:00:00	456	565	1021
660	813	28-jul-11	11:00:00	483	574	1057
661	813	28-jul-11	12:00:00	456	538	994
662	813	28-jul-11	13:00:00	418	665	1083
663	813	28-jul-11	14:00:00	456	566	1022
664	813	28-jul-11	15:00:00	550	657	1207
665	813	28-jul-11	16:00:00	445	653	1098
666	813	28-jul-11	17:00:00	433	571	1004
667	813	28-jul-11	18:00:00	391	605	996
668	813	28-jul-11	19:00:00	310	564	874
669	813	28-jul-11	20:00:00	244	480	724
670	813	28-jul-11	21:00:00	264	466	730
671	813	28-jul-11	22:00:00	215	469	684
672	813	28-jul-11	23:00:00	187	514	701
673	813	29-jul-11	0:00:00	176	484	660
674	813	29-jul-11	1:00:00	186	437	623
675	813	29-jul-11	2:00:00	184	400	584
676	813	29-jul-11	3:00:00	255	366	621
677	813	29-jul-11	4:00:00	242	346	588
678	813	29-jul-11	5:00:00	300	423	723
679	813	29-jul-11	6:00:00	440	546	986
680	813	29-jul-11	7:00:00	472	549	1021
681	813	29-jul-11	8:00:00	454	343	797
682	813	29-jul-11	9:00:00	513	722	1235
683	813	29-jul-11	10:00:00	491	802	1293
684	813	29-jul-11	11:00:00	458	697	1155
685	813	29-jul-11	12:00:00	490	646	1136
686	813	29-jul-11	13:00:00	438	696	1134
687	813	29-jul-11	14:00:00	451	745	1196
688	813	29-jul-11	15:00:00	467	794	1261
689	813	29-jul-11	16:00:00	424	745	1169
690	813	29-jul-11	17:00:00	380	707	1087
691	813	29-jul-11	18:00:00	336	628	964
692	813	29-jul-11	19:00:00	271	628	899
693	813	29-jul-11	20:00:00	273	636	909
694	813	29-jul-11	21:00:00	240	693	933
695	813	29-jul-11	22:00:00	214	729	943
696	813	29-jul-11	23:00:00	196	829	1025
697	813	30-jul-11	0:00:00	202	856	1058
698	813	30-jul-11	1:00:00	204	592	796
699	813	30-jul-11	2:00:00	193	651	844
700	813	30-jul-11	3:00:00	209	809	1018
701	813	30-jul-11	4:00:00	197	832	1029
702	813	30-jul-11	5:00:00	259	1085	1344
703	813	30-jul-11	6:00:00	323	688	1011
704	813	30-jul-11	7:00:00	334	805	1139
705	813	30-jul-11	8:00:00	381	896	1277
706	813	30-jul-11	9:00:00	402	856	1258

707	813	30-jul-11	10:00:00	388	1004	1392
708	813	30-jul-11	11:00:00	485	897	1382
709	813	30-jul-11	12:00:00	482	838	1320
710	813	30-jul-11	13:00:00	469	843	1312
711	813	30-jul-11	14:00:00	454	720	1174
712	813	30-jul-11	15:00:00	474	843	1317
713	813	30-jul-11	16:00:00	521	793	1314
714	813	30-jul-11	17:00:00	410	788	1198
715	813	30-jul-11	18:00:00	374	763	1137
716	813	30-jul-11	19:00:00	338	810	1148
717	813	30-jul-11	20:00:00	259	791	1050
718	813	30-jul-11	21:00:00	269	718	987
719	813	30-jul-11	22:00:00	282	680	962
720	813	30-jul-11	23:00:00	314	637	951
721	813	31-jul-11	0:00:00	217	496	713
722	813	31-jul-11	1:00:00	185	515	700
723	813	31-jul-11	2:00:00	198	508	706
724	813	31-jul-11	3:00:00	243	542	785
725	813	31-jul-11	4:00:00	211	448	659
726	813	31-jul-11	5:00:00	172	467	639
727	813	31-jul-11	6:00:00	252	480	732
728	813	31-jul-11	7:00:00	238	639	877
729	813	31-jul-11	8:00:00	293	639	932
730	813	31-jul-11	9:00:00	292	778	1070
731	813	31-jul-11	10:00:00	370	749	1119
732	813	31-jul-11	11:00:00	443	611	1054
733	813	31-jul-11	12:00:00	418	759	1177
734	813	31-jul-11	13:00:00	417	664	1081
735	813	31-jul-11	14:00:00	423	543	966
736	813	31-jul-11	15:00:00	411	582	993
737	813	31-jul-11	16:00:00	469	613	1082
738	813	31-jul-11	17:00:00	419	584	1003
739	813	31-jul-11	18:00:00	399	596	995
740	813	31-jul-11	19:00:00	429	621	1050
741	813	31-jul-11	20:00:00	338	625	963
742	813	31-jul-11	21:00:00	305	505	810
743	813	31-jul-11	22:00:00	313	407	720
744	813	31-jul-11	23:00:00	301	351	652

Urna distribucija prometa od pon - pet sob - ned

Ura	Gab-Sež	Sež-Gab	Skupaj	Ura	Gab-Sež	Sež-Gab	Skupaj
0:00:00	3176	4384	7560	0:00:00	1685	4547	6232
1:00:00	2589	4007	6596	1:00:00	1391	4165	5556
2:00:00	2623	3453	6076	2:00:00	1441	4025	5466
3:00:00	2933	3517	6450	3:00:00	1570	4148	5718
4:00:00	3652	3387	7039	4:00:00	1709	3606	5315
5:00:00	5215	4532	9747	5:00:00	1890	4031	5921
6:00:00	8252	6501	14753	6:00:00	2355	3654	6009
7:00:00	8928	7917	16845	7:00:00	2324	4311	6635
8:00:00	8497	7957	16454	8:00:00	2847	4503	7350
9:00:00	8929	8814	17743	9:00:00	3277	5016	8293
10:00:00	8539	9729	18268	10:00:00	3641	5308	8949
11:00:00	8761	10119	18880	11:00:00	3969	5156	9125
12:00:00	8699	9891	18590	12:00:00	4302	5450	9752
13:00:00	8648	10259	18907	13:00:00	3913	5584	9497
14:00:00	8646	10495	19141	14:00:00	3820	5233	9053
15:00:00	8945	11918	20863	15:00:00	3725	5154	8879
16:00:00	8539	11617	20156	16:00:00	3774	5183	8957
17:00:00	8069	10750	18819	17:00:00	3479	4887	8366
18:00:00	7181	9806	16987	18:00:00	3310	5016	8326
19:00:00	6210	9014	15224	19:00:00	3103	4781	7884
20:00:00	5253	7992	13245	20:00:00	2638	4287	6925
21:00:00	4414	7516	11930	21:00:00	2411	3969	6380
22:00:00	3776	6925	10701	22:00:00	2421	3440	5861
23:00:00	3313	6790	10103	23:00:00	2418	3178	5596

Skupne prometne obremenitve pon-pet

Gab-Sež	Sež-Gab	Skupaj
153787	187290	341077

Skupne prometne obremenitve sob-ned

Gab-Sež	Sež-Gab	Skupaj
67413	108632	176045

Urna distribucija prometa pon-pet

Ura	Gab-Sež	Sež-Gab	Obe smeri
0:00:00	0,021	0,023	0,022
1:00:00	0,017	0,021	0,019
2:00:00	0,017	0,018	0,018
3:00:00	0,019	0,019	0,019
4:00:00	0,024	0,018	0,021
5:00:00	0,034	0,024	0,029
6:00:00	0,054	0,035	0,043
7:00:00	0,058	0,042	0,049
8:00:00	0,055	0,042	0,048
9:00:00	0,058	0,047	0,052
10:00:00	0,056	0,052	0,054
11:00:00	0,057	0,054	0,055
12:00:00	0,057	0,053	0,055
13:00:00	0,056	0,055	0,055
14:00:00	0,056	0,056	0,056
15:00:00	0,058	0,064	0,061
16:00:00	0,056	0,062	0,059
17:00:00	0,052	0,057	0,055
18:00:00	0,047	0,052	0,050
19:00:00	0,040	0,048	0,045
20:00:00	0,034	0,043	0,039
21:00:00	0,029	0,040	0,035
22:00:00	0,025	0,037	0,031
23:00:00	0,022	0,036	0,030

Urna distribucija prometa sob-ned

Ura	Gab-Sež	Sež-Gab	Obe smeri
0:00:00	0,025	0,042	0,035
1:00:00	0,021	0,038	0,032
2:00:00	0,021	0,037	0,031
3:00:00	0,023	0,038	0,032
4:00:00	0,025	0,033	0,030
5:00:00	0,028	0,037	0,034
6:00:00	0,035	0,034	0,034
7:00:00	0,034	0,040	0,038
8:00:00	0,042	0,041	0,042
9:00:00	0,049	0,046	0,047
10:00:00	0,054	0,049	0,051
11:00:00	0,059	0,047	0,052
12:00:00	0,064	0,050	0,055
13:00:00	0,058	0,051	0,054
14:00:00	0,057	0,048	0,051
15:00:00	0,055	0,047	0,050
16:00:00	0,056	0,048	0,051
17:00:00	0,052	0,045	0,048
18:00:00	0,049	0,046	0,047
19:00:00	0,046	0,044	0,045
20:00:00	0,039	0,039	0,039
21:00:00	0,036	0,037	0,036
22:00:00	0,036	0,032	0,033
23:00:00	0,036	0,029	0,032

Delež prometa v posamezno smer pon-pet Delež prometa v posamezno smer sob-ned

Ura	Gab-Sež	Sež-Gab	Obe smeri	Ura	Gab-Sež	Sež-Gab	Obe smeri
0:00:00	0,420	0,580	1	0:00:00	0,270	0,730	1
1:00:00	0,393	0,607	1	1:00:00	0,250	0,750	1
2:00:00	0,432	0,568	1	2:00:00	0,264	0,736	1
3:00:00	0,455	0,545	1	3:00:00	0,275	0,725	1
4:00:00	0,519	0,481	1	4:00:00	0,322	0,678	1
5:00:00	0,535	0,465	1	5:00:00	0,319	0,681	1
6:00:00	0,559	0,441	1	6:00:00	0,392	0,608	1
7:00:00	0,530	0,470	1	7:00:00	0,350	0,650	1
8:00:00	0,516	0,484	1	8:00:00	0,387	0,613	1
9:00:00	0,503	0,497	1	9:00:00	0,395	0,605	1
10:00:00	0,467	0,533	1	10:00:00	0,407	0,593	1
11:00:00	0,464	0,536	1	11:00:00	0,435	0,565	1
12:00:00	0,468	0,532	1	12:00:00	0,441	0,559	1
13:00:00	0,457	0,543	1	13:00:00	0,412	0,588	1
14:00:00	0,452	0,548	1	14:00:00	0,422	0,578	1
15:00:00	0,429	0,571	1	15:00:00	0,420	0,580	1
16:00:00	0,424	0,576	1	16:00:00	0,421	0,579	1
17:00:00	0,429	0,571	1	17:00:00	0,416	0,584	1
18:00:00	0,423	0,577	1	18:00:00	0,398	0,602	1
19:00:00	0,408	0,592	1	19:00:00	0,394	0,606	1
20:00:00	0,397	0,603	1	20:00:00	0,381	0,619	1
21:00:00	0,370	0,630	1	21:00:00	0,378	0,622	1
22:00:00	0,353	0,647	1	22:00:00	0,413	0,587	1
23:00:00	0,328	0,672	1	23:00:00	0,432	0,568	1

PRILOGA D: IZRAČUN STROŠKOV UPORABNIKOV, ALTERNATIVA 1, POSEG 1

Vhodni podatki za izračun

Številka alternative

Številka ukrepa

Leto aktivnosti

1. Economic Variables

Vrednost časa za osebna vozila (€/uro)

Vrednost časa za lahka tovorna vozila (€/uro)

Vrednost časa za težka tovorna vozila (€/uro)

2. Prometni podatki

PLDP v baznem letu (v obe smeri)

Delež osebnih vozil v PLDP (%)

Delež lahkih tovornih vozil v PLDP (%)

Delež težkih tovornih vozil v PLDP (%)

Letna stopnja rasti prometa (%)

Obratovalna hitrost v normalnih razmerah (mil/h)

Število pasov v posamezno smer v normalnih razmerah

Kapaciteta prostega prometnega toka na pas (vphpl)

Vrsta urne distribucije promera

Maksimalni PLDP (v obe smeri)

Maksimalna dolžina kolone (milje)

PLDP v letu izgradnje (v obe smeri)

3. Ukrep

Alternativa

Ukrep

Trajanje ukrepa (dni)

Št. odprtih pasov v vsako smer

Dolžina gradbiščne cone (milje)

Omejitev hitrosti v gradbiščni coni (milje/uro)

Kapaciteta gradbiščne cone (vphpl)

1
1
0

7,78 €
17,92 €
24,50 €

14.047
58
13,0
29,0
4,0
68
2
1835
Rural
60.000
6,2
14.047

v1
2011-2021
30
1
1,86
37
1254

Izračun stroškov za alternativo 1, ukrep 1

Stroški gradbiščne cone - smer 1																		
Korak 2: Izračun urnih zahtev in kapacitet																		
Ura	Grad. cona	Urni promet (voz/uro)			Rast vrste	Št. voz. v vrsti	Sprem. hitr.	Vozila ki:			Korak 4. Ugotovi režim v GC	Zamude zaradi spremenb hitrosti						
		% PLDP	Zahteva	Kapaciteta				Precjio GC	Precjio virsto	Se ustavijo v vrsti		Upočasnijo zaradi GC	OV zamuda (ur/voz)	OV zamuda €	LT zamuda (ur/voz)	LT zamuda €	TT zamuda (ur/voz)	TT zamuda €
0 - 1	Da	1,3%	179	1254	(1075)	0	179	179	0	0	179	GC, brez vrste	0,00284	2,30 €	0,00440	1,84 €	0,02242	28,55 €
1 - 2	Da	1,2%	163	1254	(1091)	0	163	163	0	0	163	GC, brez vrste	0,00284	2,09 €	0,00440	1,67 €	0,02242	25,93 €
2 - 3	Da	1,0%	144	1254	(1110)	0	144	144	0	0	144	GC, brez vrste	0,00284	1,85 €	0,00440	1,48 €	0,02242	22,95 €
3 - 4	Da	1,0%	147	1254	(1107)	0	147	147	0	0	147	GC, brez vrste	0,00284	1,88 €	0,00440	1,50 €	0,02242	23,38 €
4 - 5	Da	1,0%	142	1254	(1112)	0	142	142	0	0	142	GC, brez vrste	0,00284	1,81 €	0,00440	1,45 €	0,02242	22,55 €
5 - 6	Da	1,4%	191	1254	(1063)	0	191	191	0	0	191	GC, brez vrste	0,00284	2,45 €	0,00440	1,96 €	0,02242	30,49 €
6 - 7	Da	1,9%	266	1254	(988)	0	266	266	0	0	266	GC, brez vrste	0,00284	3,41 €	0,00440	2,72 €	0,02242	42,33 €
7 - 8	Da	2,3%	324	1254	(930)	0	324	324	0	0	324	GC, brez vrste	0,00284	4,15 €	0,00440	3,32 €	0,02242	51,52 €
8 - 9	Da	2,3%	324	1254	(930)	0	324	324	0	0	324	GC, brez vrste	0,00284	4,15 €	0,00440	3,32 €	0,02242	51,54 €
9 - 10	Da	2,6%	365	1254	(889)	0	365	365	0	0	365	GC, brez vrste	0,00284	4,68 €	0,00440	3,74 €	0,02242	58,16 €
10 - 11	Da	2,9%	402	1254	(852)	0	402	402	0	0	402	GC, brez vrste	0,00284	5,15 €	0,00440	4,12 €	0,02242	64,03 €
11 - 12	Da	3,0%	417	1254	(837)	0	417	417	0	0	417	GC, brez vrste	0,00284	5,35 €	0,00440	4,28 €	0,02242	66,44 €
12 - 13	Da	2,9%	409	1254	(845)	0	409	409	0	0	409	GC, brez vrste	0,00284	5,25 €	0,00440	4,20 €	0,02242	65,21 €
13 - 14	Da	3,0%	417	1254	(837)	0	417	417	0	0	417	GC, brez vrste	0,00284	5,35 €	0,00440	4,28 €	0,02242	66,44 €
14 - 15	Da	3,1%	433	1254	(821)	0	433	433	0	0	433	GC, brez vrste	0,00284	5,54 €	0,00440	4,43 €	0,02242	68,90 €
15 - 16	Da	3,5%	488	1254	(766)	0	488	488	0	0	488	GC, brez vrste	0,00284	6,26 €	0,00440	5,01 €	0,02242	77,78 €
16 - 17	Da	3,4%	481	1254	(773)	0	481	481	0	0	481	GC, brez vrste	0,00284	6,16 €	0,00440	4,93 €	0,02242	76,55 €
17 - 18	Da	3,1%	440	1254	(814)	0	440	440	0	0	440	GC, brez vrste	0,00284	5,64 €	0,00440	4,51 €	0,02242	70,13 €
18 - 19	Da	2,9%	407	1254	(847)	0	407	407	0	0	407	GC, brez vrste	0,00284	5,22 €	0,00440	4,18 €	0,02242	64,88 €
19 - 20	Da	2,7%	373	1254	(881)	0	373	373	0	0	373	GC, brez vrste	0,00284	4,78 €	0,00440	3,82 €	0,02242	59,40 €
20 - 21	Da	2,3%	329	1254	(925)	0	329	329	0	0	329	GC, brez vrste	0,00284	4,21 €	0,00440	3,37 €	0,02242	52,35 €
21 - 22	Da	2,2%	310	1254	(944)	0	310	310	0	0	310	GC, brez vrste	0,00284	3,97 €	0,00440	3,17 €	0,02242	49,33 €
22 - 23	Da	2,0%	283	1254	(971)	0	283	283	0	0	283	GC, brez vrste	0,00284	3,63 €	0,00440	2,90 €	0,02242	45,08 €
23 - 24	Da	2,0%	282	1254	(972)	0	282	282	0	0	282	GC, brez vrste	0,00284	3,62 €	0,00440	2,89 €	0,02242	44,97 €
Skup. dnevno		54,9%	7716	30096			7716	7716	0	0	7716		98,89 €	79,09 €				1.228,89 €

Stroški gradbiščne cone - smer 2																		
0 - 1	Da	0,9%	130	1254	(1124)	0	130	130	0	0	130	GC, brez vrste	0,00284	1,66 €	0,00440	1,33 €	0,02242	20,67 €
1 - 2	Da	0,7%	104	1254	(1150)	0	104	104	0	0	104	GC, brez vrste	0,00284	1,33 €	0,00440	1,07 €	0,02242	16,58 €
2 - 3	Da	0,8%	109	1254	(1145)	0	109	109	0	0	109	GC, brez vrste	0,00284	1,39 €	0,00440	1,11 €	0,02242	17,32 €
3 - 4	Da	0,9%	120	1254	(1134)	0	120	120	0	0	120	GC, brez vrste	0,00284	1,54 €	0,00440	1,23 €	0,02242	19,13 €
4 - 5	Da	1,1%	153	1254	(1101)	0	153	153	0	0	153	GC, brez vrste	0,00284	1,97 €	0,00440	1,57 €	0,02242	24,43 €
5 - 6	Da	1,5%	216	1254	(1038)	0	216	216	0	0	216	GC, brez vrste	0,00284	2,77 €	0,00440	2,21 €	0,02242	34,38 €
6 - 7	Da	2,4%	338	1254	(916)	0	338	338	0	0	338	GC, brez vrste	0,00284	4,33 €	0,00440	3,47 €	0,02242	53,87 €
7 - 8	Da	2,6%	365	1254	(889)	0	365	365	0	0	365	GC, brez vrste	0,00284	4,67 €	0,00440	3,74 €	0,02242	58,10 €
8 - 9	Da	2,5%	351	1254	(903)	0	351	351	0	0	351	GC, brez vrste	0,00284	4,49 €	0,00440	3,59 €	0,02242	55,84 €
9 - 10	Da	2,6%	365	1254	(889)	0	365	365	0	0	365	GC, brez vrste	0,00284	4,68 €	0,00440	3,74 €	0,02242	58,16 €
10 - 11	Da	2,5%	357	1254	(897)	0	357	357	0	0	357	GC, brez vrste	0,00284	4,57 €	0,00440	3,65 €	0,02242	56,78 €
11 - 12	Da	2,5%	355	1254	(899)	0	355	355	0	0	355	GC, brez vrste	0,00284	4,55 €	0,00440	3,64 €	0,02242	56,60 €
12 - 13	Da	2,6%	363	1254	(891)	0	363	363	0	0	363	GC, brez vrste	0,00284	4,65 €	0,00440	3,72 €	0,02242	57,83 €
13 - 14	Da	2,5%	355	1254	(899)	0	355	355	0	0	355	GC, brez vrste	0,00284	4,55 €	0,00440	3,64 €	0,02242	56,60 €
14 - 15	Da	2,5%	354	1254	(900)	0	354	354	0	0	354	GC, brez vrste	0,00284	4,54 €	0,00440	3,63 €	0,02242	56,38 €
15 - 16	Da	2,6%	368	1254	(886)	0	368	368	0	0	368	GC, brez vrste	0,00284	4,72 €	0,00440	3,78 €	0,02242	58,68 €
16 - 17	Da	2,5%	348	1254	(906)	0	348	348	0	0	348	GC, brez vrste	0,00284	4,46 €	0,00440	3,57 €	0,02242	55,44 €
17 - 18	Da	2,4%	332	1254	(922)	0	332	332	0	0	332	GC, brez vrste	0,00284	4,26 €	0,00440	3,41 €	0,02242	52,91 €
18 - 19	Da	2,1%	295	1254	(959)	0	295	295	0	0	295	GC, brez vrste	0,00284	3,78 €	0,00440	3,02 €	0,02242	46,98 €
19 - 20	Da	1,8%	259	1254	(995)	0	259	259	0	0	259	GC, brez vrste	0,00284	3,32 €	0,00440	2,66 €	0,02242	41,27 €
20 - 21	Da	1,6%	219	1254	(1035)	0	219	219	0	0	219	GC, brez vrste	0,00284	2,81 €	0,00440	2,25 €	0,02242	34,90 €
21 - 22	Da	1,3%	182	1254	(1072)	0	182	182	0	0	182	GC, brez vrste	0,00284	2,33 €	0,00440	1,86 €	0,02242	28,97 €
22 - 23	Da	1,1%	152	1254	(1102)	0	152	152	0	0	152	GC, brez vrste	0,00284	1,95 €	0,00440	1,56 €	0,02242	22,15 €
23 - 24	Da	1,0%	139	1254	(1115)	0	139	139	0	0	139	GC, brez vrste	0,00284	1,78 €	0,00440	1,43 €	0,02242	22,27 €
Skup. dnevno		45,1%	6331	30096			6331	6331	0	0	6331		81,13 €	64,89 €				1.008,22 €

imponente																		
Obr. stroš. voz. zaradi sprem. hitr.				Stroški zaradi zmanjš. hitr. v GC				GC Stroški zaradi spremembe hitrosti					GC obr. str. voz.z.sprem.hitr.				Urní parametri vrste	
OV €	LT €	TT €	Zamuda (ur/voz)	OS €	LT €	TT €	OV zamuda (ur/voz)	OV zamuda €	LT zamuda (ur/voz)	LT zamuda €	TT zamuda (ur/voz)	TT zamuda €	OS €	LT €	TT €	Hitrost (MPH)	Dolžina (milje)	Zamuda (ur/voz)
6,89 €	2,35 €	23,64 €	0,022680	18,34 €	\$9	28,88 €	0,00284	2,30 €	0,00440	1,84 €	0,02242	28,55 €	6,89 €	2,35 €	23,64 €	37,3	-	-
6,26 €	2,14 €	21,47 €	0,022680	16,66 €	\$9	26,23 €	0,00284	2,09 €	0,00440	1,67 €	0,02242	25,93 €	6,26 €	2,14 €	21,47 €	37,3	-	-
5,54 €	1,89 €	19,01 €	0,022680	14,75 €	\$8	23,22 €	0,00284	1,85 €	0,00440	1,48 €	0,02242	22,95 €	5,54 €	1,89 €	19,01 €	37,3	-	-
5,64 €	1,93 €	19,36 €	0,022680	15,02 €	\$8	23,65 €	0,00284	1,88 €	0,00440	1,50 €	0,02242	23,38 €	5,64 €	1,93 €	19,36 €	37,3	-	-
5,44 €	1,86 €	18,67 €	0,022680	14,49 €	\$7	22,82 €	0,00284	1,81 €	0,00440	1,45 €	0,02242	22,55 €	5,44 €	1,86 €	18,67 €	37,3	-	-
7,36 €	2,51 €	25,25 €	0,022680	19,59 €	\$10	30,85 €	0,00284	2,45 €	0,00440	1,96 €	0,02242	30,49 €	7,36 €	2,51 €	25,25 €	37,3	-	-
10,21 €	3,49 €	35,05 €	0,022680	27,20 €	\$14	42,83 €	0,00284	3,41 €	0,00440	2,72 €	0,02242	42,33 €	10,21 €	3,49 €	35,05 €	37,3	-	-
12,43 €	4,25 €	42,66 €	0,022680	33,11 €	\$17	52,13 €	0,00284	4,15 €	0,00440	3,32 €	0,02242	51,52 €	12,43 €	4,25 €	42,66 €	37,3	-	-
12,44 €	4,25 €	42,68 €	0,022680	33,12 €	\$17	52,15 €	0,00284	4,15 €	0,00440	3,32 €	0,02242	51,54 €	12,44 €	4,25 €	42,68 €	37,3	-	-
14,04 €	4,79 €	48,16 €	0,022680	37,38 €	\$19	58,85 €	0,00284	4,68 €	0,00440	3,74 €	0,02242	58,16 €	14,04 €	4,79 €	48,16 €	37,3	-	-
15,45 €	5,28 €	53,01 €	0,022680	41,14 €	\$21	64,78 €	0,00284	5,15 €	0,00440	4,12 €	0,02242	64,03 €	15,45 €	5,28 €	53,01 €	37,3	-	-
16,03 €	5,47 €	55,01 €	0,022680	42,70 €	\$22	67,23 €	0,00284	5,35 €	0,00440	4,28 €	0,02242	66,44 €	16,03 €	5,47 €	55,01 €	37,3	-	-
15,74 €	5,37 €	54,00 €	0,022680	41,91 €	\$22	65,98 €	0,00284	5,25 €	0,00440	4,20 €	0,02242	65,21 €	15,74 €	5,37 €	54,00 €	37,3	-	-
16,03 €	5,47 €	55,01 €	0,022680	42,70 €	\$22	67,23 €	0,00284	5,35 €	0,00440	4,28 €	0,02242	66,44 €	16,03 €	5,47 €	55,01 €	37,3	-	-
16,63 €	5,68 €	57,05 €	0,022680	44,28 €	\$23	69,72 €	0,00284	5,54 €	0,00440	4,43 €	0,02242	68,90 €	16,63 €	5,68 €	57,05 €	37,3	-	-
18,77 €	6,41 €	64,41 €	0,022680	49,98 €	\$26	78,70 €	0,00284	6,26 €	0,00440	5,01 €	0,02242	77,78 €	18,77 €	6,41 €	64,41 €	37,3	-	-
18,47 €	6,31 €	63,39 €	0,022680	49,19 €	\$25	77,46 €	0,00284	6,16 €	0,00440	4,93 €	0,02242	76,55 €	18,47 €	6,31 €	63,39 €	37,3	-	-
16,92 €	5,78 €	58,07 €	0,022680	45,07 €	\$23	70,96 €	0,00284	5,64 €	0,00440	4,51 €	0,02242	70,13 €	16,92 €	5,78 €	58,07 €	37,3	-	-
15,66 €	5,35 €	53,72 €	0,022680	41,69 €	\$22	65,64 €	0,00284	5,22 €	0,00440	4,18 €	0,02242	64,88 €	15,66 €	5,35 €	53,72 €	37,3	-	-
14,33 €	4,89 €	49,18 €	0,022680	38,17 €	\$20	60,10 €	0,00284	4,78 €	0,00440	3,82 €	0,02242	59,40 €	14,33 €	4,89 €	49,18 €	37,3	-	-
12,63 €	4,31 €	43,34 €	0,022680	33,64 €	\$17	52,97 €	0,00284	4,21 €	0,00440	3,37 €	0,02242	52,35 €	12,63 €	4,31 €	43,34 €	37,3	-	-
11,90 €	4,06 €	40,84 €	0,022680	31,70 €	\$16	49,91 €	0,00284	3,97 €	0,00440	3,17 €	0,02242	49,33 €	11,90 €	4,06 €	40,84 €	37,3	-	-
10,88 €	3,71 €	37,32 €	0,022680	28,97 €	\$15	45,61 €	0,00284	3,63 €	0,00440	2,90 €	0,02242	45,08 €	10,88 €	3,71 €	37,32 €	37,3	-	-
10,85 €	3,70 €	37,23 €	0,022680	28,90 €	\$15	45,50 €	0,00284	3,62 €	0,00440	2,89 €	0,02242	44,97 €	10,85 €	3,70 €	37,23 €	37,3	-	-
	101,25 €	1,017,53 €		789,69 €	\$408	1,243,41 €	98,89 €		79,09 €			1,228,89 €	296,54 €	101,25 €	1,017,53 €		-	-
4,99 €	1,70 €	17,12 €	0,022680	13,28 €	\$7	20,92 €	0,00284	1,66 €	0,00440	1,33 €	0,02242	20,67 €	4,99 €	1,70 €	17,12 €	37,3	-	-
4,00 €	1,37 €	13,73 €	0,022680	10,65 €	\$5	16,77 €	0,00284	1,33 €	0,00440	1,07 €	0,02242	16,58 €	4,00 €	1,37 €	13,73 €	37,3	-	-
4,18 €	1,43 €	14,34 €	0,022680	11,13 €	\$6	17,52 €	0,00284	1,39 €	0,00440	1,11 €	0,02242	17,32 €	4,18 €	1,43 €	14,34 €	37,3	-	-
4,62 €	1,58 €	15,84 €	0,022680	12,29 €	\$6	19,35 €	0,00284	1,54 €	0,00440	1,23 €	0,02242	19,13 €	4,62 €	1,58 €	15,84 €	37,3	-	-
5,89 €	2,01 €	20,23 €	0,022680	15,70 €	\$8	24,72 €	0,00284	1,97 €	0,00440	1,57 €	0,02242	24,43 €	5,89 €	2,01 €	20,23 €	37,3	-	-
8,30 €	2,83 €	28,47 €	0,022680	22,10 €	\$11	34,79 €	0,00284	2,77 €	0,00440	2,21 €	0,02242	34,38 €	8,30 €	2,83 €	28,47 €	37,3	-	-
13,00 €	4,44 €	44,60 €	0,022680	34,62 €	\$18	54,51 €	0,00284	4,33 €	0,00440	3,47 €	0,02242	53,87 €	13,00 €	4,44 €	44,60 €	37,3	-	-
14,02 €	4,79 €	48,11 €	0,022680	37,33 €	\$19	58,78 €	0,00284	4,67 €	0,00440	3,74 €	0,02242	58,10 €	14,02 €	4,79 €	48,11 €	37,3	-	-
13,47 €	4,60 €	46,23 €	0,022680	35,88 €	\$19	56,50 €	0,00284	4,49 €	0,00440	3,59 €	0,02242	55,84 €	13,47 €	4,60 €	46,23 €	37,3	-	-
14,04 €	4,79 €	48,16 €	0,022680	37,38 €	\$19	58,85 €	0,00284	4,68 €	0,00440	3,74 €	0,02242	58,16 €	14,04 €	4,79 €	48,16 €	37,3	-	-
13,70 €	4,68 €	47,01 €	0,022680	36,49 €	\$19	57,45 €	0,00284	4,57 €	0,00440	3,65 €	0,02242	56,78 €	13,70 €	4,68 €	47,01 €	37,3	-	-
13,66 €	4,66 €	46,86 €	0,022680	36,37 €	\$19	57,27 €	0,00284	4,55 €	0,00440	3,64 €	0,02242	56,60 €	13,66 €	4,66 €	46,86 €	37,3	-	-
13,95 €	4,76 €	47,88 €	0,022680	37,16 €	\$19	58,51 €	0,00284	4,65 €	0,00440	3,72 €	0,02242	57,83 €	13,95 €	4,76 €	47,88 €	37,3	-	-
13,66 €	4,66 €	46,86 €	0,022680	36,37 €	\$19	57,27 €	0,00284	4,55 €	0,00440	3,64 €	0,02242	56,60 €	13,66 €	4,66 €	46,86 €	37,3	-	-
13,60 €	4,65 €	46,68 €	0,022680	36,23 €	\$19	57,04 €	0,00284	4,54 €	0,00440	3,63 €	0,02242	56,38 €	13,60 €	4,65 €	46,68 €	37,3	-	-
14,16 €	4,83 €	48,59 €	0,022680	37,71 €	\$19	59,37 €	0,00284	4,72 €	0,00440	3,78 €	0,02242	58,68 €	14,16 €	4,83 €	48,59 €	37,3	-	-
13,38 €	4,57 €	45,90 €	0,022680	35,62 €	\$18	56,09 €	0,00284	4,46 €	0,00440	3,57 €	0,02242	55,44 €	13,38 €	4,57 €	45,90 €	37,3	-	-
12,77 €	4,36 €	43,81 €	0,022680	34,00 €	\$18	53,53 €	0,00284	4,26 €	0,00440	3,41 €	0,02242	52,91 €	12,77 €	4,36 €	43,81 €	37,3	-	-
11,34 €	3,87 €	38,90 €	0,022680	30,19 €	\$16	47,53 €	0,00284	3,78 €	0,00440	3,02 €	0,02242	46,98 €	11,34 €	3,87 €	38,90 €	37,3	-	-
9,96 €	3,40 €	34,18 €	0,022680	26,52 €	\$14	41,76 €	0,00284	3,32 €	0,00440	2,66 €	0,02242	41,27 €	9,96 €	3,40 €	34,18 €	37,3	-	-
8,42 €	2,88 €	28,90 €	0,022680	22,43 €	\$12	35,31 €	0,00284	2,81 €	0,00440	2,25 €	0,02242	34,90 €	8,42 €	2,88 €	28,90 €	37,3	-	-
6,99 €	2,39 €	23,99 €	0,022680	18,62 €	\$10	29,31 €	0,00284	2,33 €	0,00440	1,86 €	0,02242	28,97 €	6,99 €	2,39 €	23,99 €	37,3	-	-
5,86 €	2,00 €	20,10 €	0,022680	15,60 €	\$8	24,56 €	0,00284	1,95 €	0,00440	1,56 €	0,02242	24,27 €	5,86 €	2,00 €	20,10 €	37,3	-	-
5,34 €	1,82 €	18,34 €	0,022680	14,23 €	\$7	22,41 €	0,00284	1,78 €	0,00440	1,43 €	0,02242	22,15 €	5,34 €	1,82 €	18,34 €	37,3	-	-
	83,07 €	834,81 €		647,89 €	\$334	1,020,13 €	81,13 €		64,89 €			1,008,22 €	243,29 €	83,07 €	834,81 €		-	-

Primer izračuna stroškov uporabnikov

Alternativa 1, ukrep 1, smer 1, od 0:00 do 1:00

1. Vhodni podatki

PLDP	14047
Delež PLDP v izbrani uri	0,22
Delež PLD v izbrani smeri	0,58

Število vozil med 0:00 do 1:00 v smeri 1:

"Število vozil" = "PLDP" x "Delež PLDP v izbrani uri" x "Delež PLDP v izbrani smeri"

"Število vozil" = 14047 x 0,22 x 0,58 = 179

Število vozil, ki upočasnijo: 179

Število vozil, ki prečijo GČ: 179

2. Stroški uporabnikov zaradi prehoda vozil skozi gradbiščno cono:

$$zamuda \left(\frac{ur}{voz} \right) = \frac{dolžina\ GC}{hitrost\ v\ HČ} - \frac{dolžina\ GC}{hitrost\ brez\ GČ}$$

$$zamuda \left(\frac{ur}{voz} \right) = \frac{1,86}{37,3} - \frac{1,86}{68,4} = 0,0226 \left(\frac{ur}{voz} \right)$$

Delež OV:	0,58
Delež LT:	0,13
Delež TT:	0,29
Cena OV:	7,78 €
Cena LT:	17,92 €
Cena TT:	24,50 €

"Str. prehoda skozi GČ" = "zamuda" x "Število vozil" x "Delež OV" x "Cena časa OV" + "Delež LT" x "Cena časa LT" + "Delež TT" x "Cena časa TT"

"Str. prehoda skozi GČ" = 0,0226 x 1,79 x (0,58 x 7,75 + 0,13 x 17,92 + 0,29 x 24,5) = **56€**

3. Stroški uporabnikov zaradi spremembe hitrosti vozil pred gradbiščno cono:

Čas in stroški zaradi ustavljanj so povzeti iz preglednice za določanje stroškov ustavljanj in speljevanj (Analysis in Pavement Design -Interim Technical Bulletin, FHWA, 1998)

Podatki so prepračunani v evre ter diskontirani za leto 2011 s pomočjo rasti indeksa cen (transportna komponenta)

Začetna hitrost (mph)

Začetna hitrost (mph)	Dodani čas (ur/1000 ustavljanj)			Dodani stroški (€/1000 ustavljanj)		
	OV	LT	TT	OV	LT	TT
0	0,00	0,00	0,00	0,00 €	0,00 €	0,00 €
5	1,02	0,73	1,10	2,75 €	9,44 €	34,29 €
10	1,51	1,47	2,27	9,01 €	21,13 €	79,04 €
15	2,00	2,20	3,48	15,46 €	34,57 €	132,57 €
20	2,49	2,93	4,76	22,17 €	49,37 €	193,86 €
25	2,98	3,67	6,10	29,24 €	65,25 €	261,67 €
30	3,46	4,40	7,56	36,82 €	81,83 €	334,77 €
35	3,94	5,13	9,19	44,94 €	98,82 €	411,92 €
40	4,42	5,87	11,09	53,75 €	116,25 €	491,85 €
45	4,90	6,60	13,39	63,31 €	132,68 €	573,38 €
50	5,37	7,33	16,37	73,76 €	148,88 €	655,26 €
55	5,84	8,07	20,72	85,14 €	164,11 €	736,21 €
60	6,31	8,80	27,94	97,61 €	182,56 €	814,97 €
65	6,78	9,53	31,61	111,20 €	199,76 €	866,63 €
70	7,25	10,27	39,48	126,08 €	213,24 €	939,45 €
75	7,71	11,00	47,90	142,32 €	229,37 €	1.012,27 €
80	8,17	11,73	57,68	159,99 €	245,49 €	1.085,10 €
Stroški prostega teka (€/voz.-uro)				0,71 €	0,78 €	0,84 €

$CPI = 193.4 / 1.3469 * 1.01 = 145.0$

Stroški zaradi zmanjšanje hitrosti iz 68.4 milj/uro na 37.3 milj/uro:

	Dodani čas (ur/1000 ustavljanj)			Dodani stroški (€/1000 ustavljanj)		
	OV	LT	TT	OV	LT	TT
Ustavljanje in pospeševanje na 68.4 milj/uro	6,78	9,53	31,61	111,20 €	199,76 €	866,63 €
Ustavljanje in pospeševanje na 37.3 milj/uro	3,94	5,13	9,19	44,94 €	98,82 €	411,92 €
Razlika	2,84	4,40	22,42	66,26 €	100,94 €	454,72 €
Delež posameznih vozil	0,58	0,13	0,29	0,58	0,13	0,29
Preračun iz 1000 ust. na 1 ust.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Število vozil na uro	179,00	179,00	179,00	179,00	179,00	179,00
Cena ure	7,78 €	17,92 €	24,50 €			
Stroški skupaj	2,29 €	1,83 €	28,51 €	6,88 €	2,35 €	23,60 €
Skupaj						65 €

4. Skupni stroški

Stroški uporabnikov zaradi prehoda skozi gradbiščno cono:	56 €
Stroški uporabnikov zaradi spremembe hitrosti pred gradbiščno cono:	65 €
Skupaj (med 0:00 in 1:00)	121 €
Trajanje zapore (dni):	30
Skupaj (med 0:00 in 1:00 v času trajanja zapore)	3.630 €