

DOVRŠEN PROJEKT UVOĐENJA SUSTAVA GOSPODARENJA KOLNICIMA DRŽAVNIH CESTA

SAŽETAK

U radu se opisuje projekt implementacije sustava gospodarenja kolnicima državnih cesta u Hrvatskim cestama korištenjem dTIMS CT softvera tvrtke Deighton iz Kanade, dovršen u ožujku 2012. godine. Projekt je realiziran uz konzultantske usluge tvrtke Viagroup iz Švicarske, certificiranog konzultanta kanadske tvrtke Deighton za Europu. Detaljno se pojašnjavaju sve faze projekta: razvoj modela vrednovanja stanja kolnika, razvoj modela predviđanja promjene stanja kolnika, definiranje postupaka za obnovu kolnika i razvoj modela za njihovu primjenu i utjecaj na stanje kolnika, definiranje načina određivanja homogenih dionica obzirom na stanje kolnika, razvoj modela za definiranje koristi i troškova, kao i analize različitih scenarija održavanje državne cestovne mreže primjenom softvera dTIMS CT. Dobiveni rezultati definiraju stanja kolnika državnih cesta za desetak i više godina uz različite scenarije održavanja, odnosno razine proračuna za održavanje. Preostaje „politička“ odluka kakvo stanje kolnika državnih cesta želimo postići u narednom razdoblju i tome prilagoditi proračun za održavanje državne cestovne mreže. I naravno održavati ceste prema preporukama dobivenim sustavom gospodarenja kolnicima državnih cesta, jer se samo tako mogu postići optimalni rezultati.

1 UVODNE NAPOMENE

Održavanje i obnova postojećih cestovnih mreža je već odavno prepoznata kao ključni problem cestovnog sektora u svim razvijenim zemljama. Sredstva za održavanje sve starije cestovne infrastrukture uvijek su nedostatna u odnosu na potrebe zbog čega je posebno važno da cestovne uprave znaju odgovore na slijedeća pitanja o cestovnoj mreži kojom upravljaju:

- Kakvo je stanje cesta danas?
- Koliko sredstava je potrebno godišnje ulagati da bi se popravilo stanje cesta?
- Kako s raspoloživim sredstvima optimalizirati stanje cestovne infrastrukture?

Potreba da se odgovori na navedena pitanja, drugim riječima da se učinkovito održava izuzetno vrijedna cestovna imovina, već je prije tridesetak godina dovela do razvoja učinkovitih sustava gospodarenja cestovnom infrastrukturom, prvenstveno cestovnim kolnicima a zatim i cestovnim mostovima, a danas i ukupnom cestovnom imovinom. Osamdesetih godina prošlog stoljeća još je bilo onih koji nisu vjerovali u učinkovitost takvih sustava. Međutim, već godinama znamo da su ti sustavi dokazano učinkoviti i jedini način rješavanja problema ogromnih ulaganja u održavanje i obnovu postojeće cestovne infrastrukture u situaciji kada su potrebna sredstva uvijek manja od stvarnih potreba. Pri tome treba naglasiti da sustav gospodarenja ne donosi odluke nego pomaže donosiocima odluka, dajući im informacije koje inače ne bi imali.

Taj problem već je godinama prepoznat i u Hrvatskim cestama, iako je imperativ intenzivne gradnje novih cesta odgađao uvođenje sustavnog pristupa održavanju i obnovi državnih cesta. Krajem 2010. godine, nakon analize korištenih softverskih rješenja na europskom i svjetskom tržištu, odabran je i kupljen softver dTIMS CT kanadske tvrtke Deighton, koji se koristi u mnogim zemljama svijeta, a u Europi u Austriji, Njemačkoj, Švicarskoj, Belgiji i nedavno i u Sloveniji (slika 1).



Slika 1. Ilustracija raširenosti primjene softvera dTIMS CT tvrtke Deighton za sustave gospodarenja cestama

Krajem 2010. godine Hrvatske ceste su raspisale međunarodni natječaj za konzultantske usluge za uspostavu sustava gospodarenja kolnicima državnih cesta korištenjem dTIMS CT softvera i navedene usluge ugovorile s tvrtkom Viagroup iz Švicarske, certificiranim konzultantom tvrtke Deighton za Europu i s međunarodnim iskustvom u uspostavi sustava gospodarenja kolnicima upotrebom dTIMS softvera. U nastavku se opisuju razlozi odabira navedenog softvera i sve zadaće i faze realizacije projekta uvođenja sustava gospodarenja kolnicima na državnim cestama, kao i rezultati provedenih analiza koji bi trebali u narednim godinama usmjeravati način održavanja i obnove tog pojedinačno najvrednijeg elementa državne cestovne mreže.

2 OSNOVNE POSTAVKE PROJEKTA

Nakon odluke o uspostavi učinkovitog sustava gospodarenja kolnicima, trebalo je donijeti slijedeću odluku:

- u potpunosti razvijati vlastiti softver i sustav
- primijeniti u Europi razvijene sustave i provesti odgovarajuće prilagodbe koliko je to moguće, ili
- kupiti odgovarajući softver na tržištu i usredotočiti se na razvijanje znanja o mreži cesta za koju se sustav uspostavlja

Prvi pristup iziskuje puno vremena i usredotočen je velikim dijelom na razvoj softverskog programa i često može završiti neuspjehom jer razvoj programskog rješenja često rezultira neočekivanim problemima i nesagledavanjem svih bitnih elemenata, a daljnji razvoj sustava ovisi uglavnom o tvrtki koja je razvila taj unikatni program. Drugi pristup iziskuje malo vremena, ali se oslanja na sustave koji su razvijeni za određene cestovne mreže, vrste podataka i način njihovog prikupljanja i specifično postavljene ciljeve, pa njegovo korištenje u drugačijem okruženju, unatoč određenim prilagodbama, nije dobro rješenje. Zbog svega navedenog u Hrvatskim cestama je primijenjen treći pristup, koji je uključivao kupnju gotovog softvera za sustav gospodarenja i zatim koncentriranje vremena na analizu i znanje o konkretnoj cestovnoj mreži za koju se sustav uspostavlja.

Nakon odluke o uspostavi sustava gospodarenja cestovnim kolnicima, provedena je analiza dostupnih softvera na svjetskom tržištu. Softver kanadske tvrtke Deighton dTIMS CT (u Europi poznat i pod nazivom VIAPMS) ocijenjen je optimalnim rješenjem za uspostavu sustava gospodarenja kolnicima državnih cesta, tim prije što se radi o softveru koji se može koristiti za različitu cestovnu infrastrukturu, a ne samo za cestovne kolnike. Navedeni softver omogućava primjenu individualnih rješenja - različito koncipiranih sustava gospodarenja za različite vrste korisnika, prilagođene potrebama pojedinih cestovnih uprava i koristi one podatke o kolnicima kojima pojedine uprave raspoložu. Veliki broj korisnika ujedno je i jamstvo stalnog razvoja svih aplikacija, koje su postojećim

korisnicima besplatno dostupne. Softver dTIMS CT kupljen je krajem 2010. godine od certificiranog zastupnika za Europu tvrtke Viagroup iz Švicarske. Nakon toga su Hrvatske ceste priredile projektni zadatak za ugovaranje konzultantskih usluga za uspostavu sustava gospodarenja kolnicima i raspisale međunarodni natječaj. Procijenjeno da u Hrvatskoj nema odgovarajućeg iskustva na razvoju svih elemenata takvog sustava, a niti iskustva s navedenim softverom kojeg je trebalo primijeniti za sustav gospodarenja kolnicima državnih cesta.

Projektni zadatak uključivao je razvoj slijedećih elemenata sustava:

- Razvoj modela ocjenjivanja stanja kolnika
- Razvoj modela za predviđanje promjene stanja kolnika tijekom vremena
- Definiranje postupaka za obnovu kolnika i razvoj modela za njihovu primjenu i utjecaja na stanje kolnika, definiranje troškova
- Definiranje načina određivanja homogenih dionica obzirom na stanje kolnika
- Razvoj modela za definiranje koristi i troškova
- Analize na razini državne cestovne mreže različitih scenarija održavanje primjenom softvera dTIMS CT i gore navedenih modela

Ključne reference koje su tražene od potencijalnih konzultantskih tvrtki su iskustvo na uspostavi sustava gospodarenja kolnicima i razvoju gore navedenih modela i iskustvo u korištenju softvera dTIMS CT za sustave gospodarenja. Nakon provedenog natječaja konzultantske usluge su ugovorene s tvrtkom Viagroup iz Švicarske koja je navedene usluge ponudila zajedno s tvrtkom PM Consult iz Beča. Radi se o tvrtkama koje su i certificirani konzultanti tvrtke Deighton za Europu. Rok za dovršetak navedenog projekta je bio 15 mjeseci. Ugovor je zaključen krajem 2011. godine i uspješno dovršen u ožujku 2012. godine. U nastavku se opisuje razvoj pojedinih modela potrebnih za uspostavu sustava gospodarenja kolnicima, kao i rezultati provedenih analiza na razini državne cestovne mreže i pojedinih dionica na mreži.

3 RAZVOJ MODELA ZA USPOSTAVU SUSTAV GOSPODARENJA KOLNICIMA

3.1 Analiza i revizija postojećih podataka o državnim cestama

Prva zadaća u uspostavi sustava gospodarenja cestovnim kolnicima bila je revizija, kontrola i kompletiranje postojećih podataka o kolnicima državnih cesta, koji se godinama prikupljaju na razini cijele mreže i pohranjuju u kompjutoriziranoj bazi cestovnih podataka Hrvatskih cesta. Postojanje takve baze podataka preduvjet je realizacije projekta uspostave sustava gospodarenja cestama. Upravo je nepostojanje baze cestovnih podataka i odgovarajućeg sustava lociranja podataka na mreži bio, između ostalog, i bitan razlog neuspjeha u uspostavi sustava gospodarenja kolnicima državnih cesta prije petnaest godina, naravno i uz upitno stvarno opredjeljenje tadašnjeg menadžmenta Hrvatskih cesta o potrebi uspostave takvog sustava. Iako se čini da ne bi trebalo biti problema kada već postoje podaci o cestovnim kolnicima u bazi cestovnih podataka, detaljnom provjerom postojećih podataka uvijek se utvrde određene nekonzistentnosti i potreba za kompletiranjem nedostajućih podataka važnih za analize u sustavu gospodarenja kolnicima.

Postojeći podaci o kolnicima i ostalim relevantnim podacima mogu se razvrstati u pet kategorija:

- Podaci o strukturi kolnika
- Podaci o površinskom stanju kolnika
- Podaci o povijesti građenja/održavanja
- Podaci o prometnom opterećenju
- Podaci o klimatskim regijama

Podaci o strukturi kolnika prikupljani su u više navrata u zadnjih desetak godina iskopom sondažnih jama (otprilike na svakih deset kilometara), te su utvrđene vrste i debljine pojedinih slojeva kolnika, te vrsta posteljice (zemljani, miješani ili kameni materijal). Ta vrsta podataka o kolnicima državnih cesta iziskivala je najviše provjere i dopunskih prikupljanja, bilo o u međuvremenu izgrađenim državnim cestama (iz izvještaja o građenju), bilo iz dodatnih iskopa sondažnih jama ali i usporedbe i kontrole podataka iz sondažnih jama korigiranih obzirom na u međuvremenu izvedene radove održavanja/obnove brojnih dionica državnih cesta. Navedenim aktivnostima posvećena je posebna pažnja i za njih je utrošeno dosta vremena.

Podaci o površinskom stanju kolnika državnih cesta prikupljaju se već skoro deset godina i to:

- Mjernom opremom (laserski profilometar): uzdužna i poprečna ravnost (kolotrazi), a od prije dvije godine i makro-tekstura površine kolnika (u bazu cestovnih podataka unose se prosječne vrijednosti za svakih sto metara)
- Vizualnim pregledom: raspucanost površine kolnika i površinska oštećenja (u bazu cestovnih podataka se unose prosječne vrijednosti za svaki segment od 200 metara)

Navedeni podaci također su podvrgnuti provjeri, ali radi se o u principu pouzdanim podacima o površinskom stanju kolnika.

Podaci o građenju/održavanju kolnika evidentiraju se u bazi cestovnih podataka, ali je bilo potrebno kompletirati podatke naročito o građenju novih cesta ali i o zahvatima održavanja/obnove pojedinih dionica državnih cesta, koji nisu bili evidentirani u bazi cestovnih podataka.

Podaci o prometu već se godinama prikupljaju na mreži državnih cesta, iako brojanjem prometa nije obuhvaćena kompletna mreža državnih cesta. U bazi cestovnih podataka se podaci ekstrapoliraju na cijelu državnu cestovnu mrežu i to na slijedeći način: na oko trećini svih dionica ujednačenog prometa na državnim cestama koriste se direktno podaci s brojila prometa, na oko trećini dionica ujednačenog prometa koriste se podaci s brojila prometa na susjednim dionicama a na trećini mreže izvršena je procjena prometnog opterećenja na osnovi analize prometa na okolnim dijelovima mreže. Podaci o prometu na državnim cestama bitni su za analize u sustavu gospodarenja državnim cestama.

Klimatski uvjeti također utječu na način oštećivanja, dakle i održavanja državnih cesta. Za potrebe uspostave sustava gospodarenja cestovnim kolnicima u Hrvatskoj procijenjeno je da je zadovoljavajuće razvrstati državne ceste u dvije regije: obalni dio bez smrzavanja i kontinentalni dio sa smrzavanjem. Na taj način su i razvrstane sve državne ceste, odnosno dionice na državnim cestama. Kolnici državnih cesta u kontinentalnom dijelu Hrvatske vrednovani su obzirom na njihovu osjetljivost na smrzavanje i taj podatak je uključen u odabir zahvata održavanja/obnove kolnika.

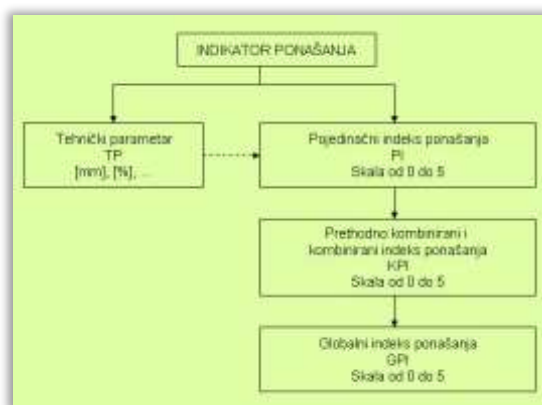
3.2 Razvoj modela vrednovanje stanja kolnika

3.2.1 Modeli za vrednovanje stanja kolnika

Iako se čini da samim tim što prikupljamo različite tehničke parametre koji opisuju stanja kolnika znamo i kakvo je stanje tih kolnika, u naravi to nije tako jednostavno. Kako na istoj skali vrednovati stanje kolnika kojima je površina u određenoj mjeri raspucala u odnosu na kolnik koji ima izražene kolotrage ili mu je površina uzdužno neravna, ili je njegova makro-tekstura zaglađena, ili postoje kombinacije različitih nedostataka, što je najčešće slučaj? Upravo je to tema brojnih istraživanja u svijetu i čini se da na ta pitanja danas nema sasvim jednoznačnog odgovora. Način vrednovanja

stanja kolnika će ovisiti i o prioritetima koje postavi pojedina cestovna uprava. Zbog toga je i uspostavi modela vrednovanja stanja kolnika dana i značajna pažnja u okviru predmetnog projekta. Osnova za uspostavu modela vrednovanja stanja kolnika bile su preporuke europskog COST projekta 354 *Indikatori ponašanja cestovnih kolnika* dovršenog 2008. godine uz određene modifikacije obzirom na specifičnosti državnih cesta u Hrvatskoj. Taj pristup korišten je već i kod vrednovanja stanja državnih cesta u Hrvatskoj krajem 2008. godine, ali direktno primjenjujući preporuke gornjeg projekta, bez modificiranja tog pristupa s obzirom na specifičnosti mreže državnih cesta.

Nije upitno da svi tehnički parametri koji se prikupljaju na državnim cestama (uzdužna i poprečna ravnost, makro-tekstura, raspucanost, oštećenja površine) utječu na stanje cestovnih kolnika, ali je pitanje u kojoj mjeri i generalno na koju grupu svojstava kolnika (sigurnost, udobnost, struktura). Upravo je to, između ostalog, i bila zadaća u sklopu razvoja modela vrednovanja stanja kolnika. Koncept razvoja modela vrednovanja stanja kolnika prikazan je na slici 2. Mjereni tehnički parametri transformiraju se u pojedinačne bezdimenzionalne indekse ponašanja kolnika na skali od 0 do 5, zatim se isti grupiraju u tri bezdimenzionalna kombinirana indekse ponašanja kolnika - indeks sigurnosti, indeks udobnosti i indeks strukture (na skali od 0 do 5), i na kraju se kombinirani indeksi transformiraju u jedinstveni bezdimenzionalni globalni indeks stanja kolnika na skali od 0 do 5.



Slika 2. Koncept razvoja modela vrednovanja stanja cestovnih kolnika

Generalno korištena klasifikacija stanja kolnika i shema korištenja boja prikazana u tablici 1.

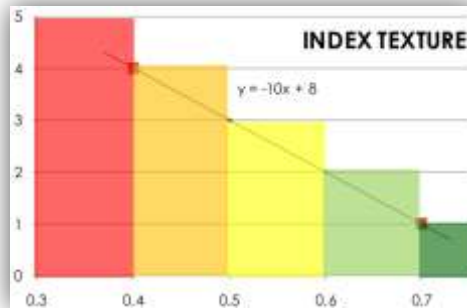
Tablica 1. Klasifikacija stanja kolnika državnih cesta

Klasa stanja	Opis	Vrijednost indeksa	Shema boja
1	vrlo dobro	[0 – 1,0]	tamno zelena
2	dobro	(1,0 – 2,0]	zelena
3	zadovoljavajuće	(2,0 – 3,0]	žuta
4	loše	(3,0 – 4,0]	narandžasta
5	vrlo loše	(4,0 – 5,0]	crvena
	nema podataka		tamno siva

Pojedinačni indeksi stanja kolnika definirani su za tehničke parametre koje Hrvatske ceste prikupljaju na razini državne cestovne mreže – za uzdužnu ravnost, poprečnu ravnost (kolotrage), raspucanost, makro-teksturu, oštećenost površine kolnika i strukturnu adekvatnost kolnika za prometno opterećenje kojemu je izložen (*indeks projektiranosti kolnika*). Pojedinačni indeksi stanja kolnika dobiveni su transformacijskim jednadžbama iz odgovarajućih tehničkih parametara koji se prikupljaju na državnoj cestovnoj mreži. Indeks projektiranosti kolnika koncipiran je da odražava adekvatnost strukture kolnika prometnom opterećenju kojem je izložen i pokazuje da li struktura kolnika zadovoljava prometno opterećenje ili je kolnik poddimenzioniran.

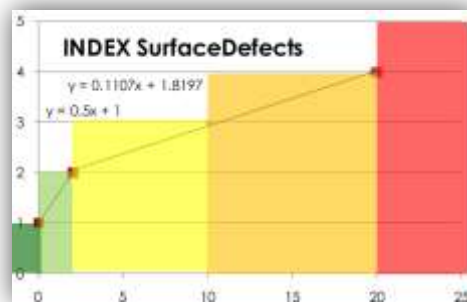
Transformacijske funkcije za izračun pojedinačnih indeksa stanja kolnika navedene su u nastavku, zajedno s grafičkim prikazima.

- **Tekstura:** Indeks teksture = $-10 \times \text{MPD} + 8$ [$0,0 \leq \text{Indeks teksture} \leq 5,0$]



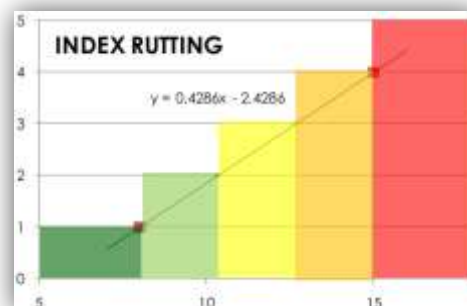
MPD vrijednost
lika 3. Indeks teksture

- **Oštećenja površine:**
 Za oštećenu površinu $< 2\%$: Indeks oštećenja = $0,5 \times \text{oštećena površina} + 1$
 Za oštećenu površinu $\geq 2\%$: Indeks oštećenja = $0,1107 \times \text{oštećena površina} + 1,8197$
 [$0,0 \leq \text{Indeks oštećenja površine} \leq 5,0$]



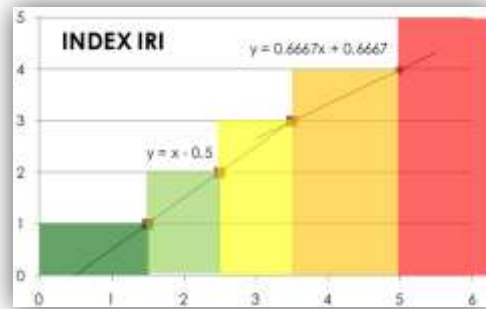
Oštećena površine %
Slika 4. Indeks oštećenja površine

- **Poprečna ravnost (kolotrazi):** Indeks kolotražnja = $0,4286 \times \text{dubina kolotruga} - 2,4286$ [$0,0 \leq \text{Indeks kolotražnja} \leq 5,0$]



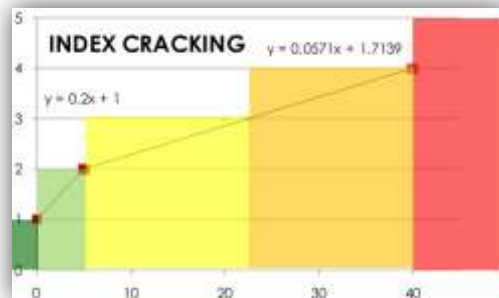
Dubina kolotruga
Slika 5. Indeks kolotražnja

- Uzdužna ravnost:**
 - Za $IRI < 3,5$: Indeks ravnosti = $IRI - 0,5$
 - Za $IRI \geq 3,5$: Indeks ravnosti = $0,6667 \times IRI + 0,6667$
 - $[0,0 \leq \text{Indeks ravnosti} \leq 5,0]$



IRI
Slika 6. Indeks ravnosti

- Raspucanost:**
 - Za raspucanu površinu $< 5\%$: Indeks raspucanosti = $0,2 \times \text{raspucana površina} + 1,0$
 - Za raspucanu površinu $\geq 5\%$: Indeks raspucanosti = $0,0571 \times \text{raspucana površina} + 1,7139$
 - $[0,0 \leq \text{Indeks raspucanosti} \leq 5,0]$



Raspucana površina %
Slika 7. Indeks raspucanosti

- Strukturna adekvatnost kolnika:**

Indeks projektiranosti kolnika = $((-4 \times \text{projektna vrijednost} + 6) + (0,3 \times \text{starost} - 1,5))/2$
 $[0,0 \leq \text{Indeks projektiranosti kolnika} \leq 5,0]$

Projektirana vrijednost = $ESAL_{dop} / \text{ukupnoESAL}_{20 \text{ god.}}$

$ESAL_{dop} = 0,5434 \times \exp(0,105 \times SN_{raspoloživi})$

$SN_{raspoloživi} = \sum_{i=1}^n (a_i \times d_i) + SN_{pod}$

a_i = koeficijent sloja i

d_i = debljina sloja i (cm)

n = broj slojeva

SN_{pod} = faktor utjecaja podloge

Nakon definiranja pojedinačnih indeksa pristupilo se definiranju kombiniranih indeksa stanja kolnika prema slijedećoj formuli:

$$KI = \min \left[5; I_1 + \frac{p}{100} \times (I_2, \dots, I_n) \right]$$

Pri čemu je:

$$I_1 \geq I_2 \geq I_3 \geq \dots \geq I_n$$

$$I_i = \text{Indeks}_i \times U_i; \text{ i } I_2 = \text{Indeks}_2 \times U_2; \dots; I_n = \text{Indeks}_n \times U_n$$

I_n = težinski vrednovana veličina indeksa

U_n = individualni utjecaj za svaki indeks

Vrednovanje utjecaja pojedinačnih indeksa na kombinirane indekse koji opisuju stanje sigurnosti, udobnosti i strukture kolnika izvršeno je na način koji osigurava realan utjecaj pojedinačnih indeksa na kombinirane indekse i u konačnosti na globalni indeks vrednovanje kako slijedi:

- **Kombinirani indeks sigurnosti:** različite utjecaje na taj indeks imaju indeks teksture, indeks kolotražnja, indeks ravnosti i indeks oštećenja površine, kako slijedi:
 - Indeks teksture:

Kolotrazi < 12,7	utjecaj = 0,4
Kolotrazi ≥ 12,7	utjecaj = 1,0
 - Indeks kolotražnja: utjecaj = 1,0
 - Indeks ravnosti: utjecaj = 0,4 – 0,79

IRI < 3,0	utjecaj = 0,4
IRI ≥ 3,0	utjecaj = MIN (0,7; 0,2 x IRI–0,2)
 - Indeks oštećenosti: utjecaj = 0,65

- **Kombinirani indeks udobnosti:** različite utjecaje na taj indeks imaju indeks ravnosti, indeks oštećenosti površine, indeks kolotražnja i indeks raspucanosti, kako slijedi:
 - Indeks ravnosti: utjecaj = 1,0
 - Indeks kolotražnja: utjecaj = 0,5
 - Indeks oštećenosti: utjecaj = 0,6
 - Indeks raspucanosti: utjecaj = 0,5

- **Kombinirani indeks strukture:** različite utjecaje na taj indeks imaju indeks projektiranosti kolnika, indeks ravnosti, indeks oštećenosti površine, indeks kolotražnja i indeks raspucanosti, kako slijedi:
 - Indeks projektiranosti kolnika: utjecaj = 1,0
 - Indeks raspucanosti: utjecaj = 1,0
 - Indeks oštećenosti površine: utjecaj = 0,6
 - Indeks kolotražnja: utjecaj = 0,5
 - Indeks ravnosti: utjecaj = 0,4 – 0,79

IRI < 3,0	utjecaj = 0,4
IRI ≥ 3,0	utjecaj = MIN (0,79; 0,2 x IRI–0,2)

Na kraju su kombinirani indeksi sigurnosti, udobnosti i strukture kolnika objedinjeni u globalni indeks stanja kolnika, kao pokazatelja cjelokupnog stanja kolnika. Utjecaji pojedinih kombiniranih indeksa na globalni indeks definirani su kako slijedi:

- Utjecaj Indeksa sigurnosti na Globalni indeks: 1,0
- Utjecaj Indeksa udobnosti na Globalni indeks: 0,7
- Utjecaj Indeksa strukture na Globalni indeks: 0,65

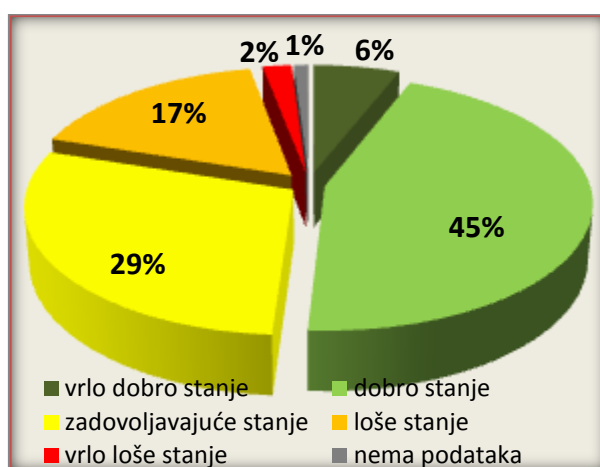
Najveći utjecaj na Globalni indeks ima sigurnost (kombinirani indeks sigurnosti), a manji udobnost vožnje (kombinirani indeks udobnosti) i strukturne karakteristike kolnika (kombinirani indeks

strukture). Globalni indeks omogućava usporedbu kolnika različitih cestovnih dionica i s bitno različitim problemima/nedostacima na jedinstvenoj skali. Ujedno se globalni indeks koristi i za postupak optimalizacije na razini cestovne mreže.

3.2.2 Sadašnje stanje kolnika državnih cesta

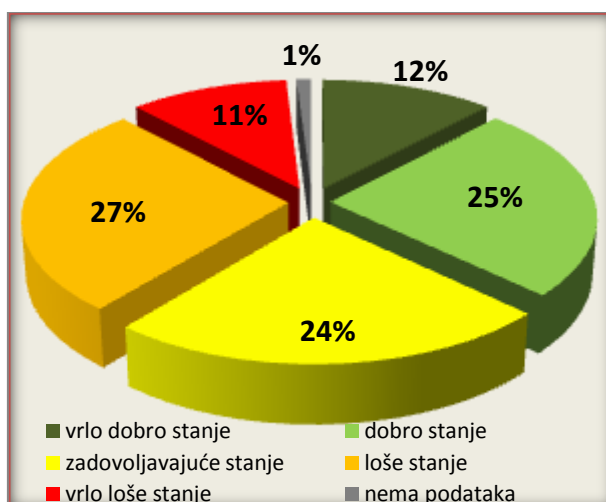
Sadašnje stanje kolnika državnih cesta, kada se primjeni opisani način vrednovanja stanja, prikazano je na slikama 8 do 11, iskazano kombiniranim indeksima sigurnosti, udobnosti, strukture i globalnim indeksom stanja.

Rezultati analize sadašnjeg stanja kolnika državnih cesta s aspekta sigurnosti (iskazano Indeksom sigurnosti) prikazani su na slici 8. Oko polovine kolnika državnih cesta ima dobro stanje obzirom na sigurnost, uz dodatnih 29% kolnika na kojima je s aspekta sigurnosti stanje kolnika zadovoljavajuće. Na 19% kolnika stanje sigurnosti je loše.



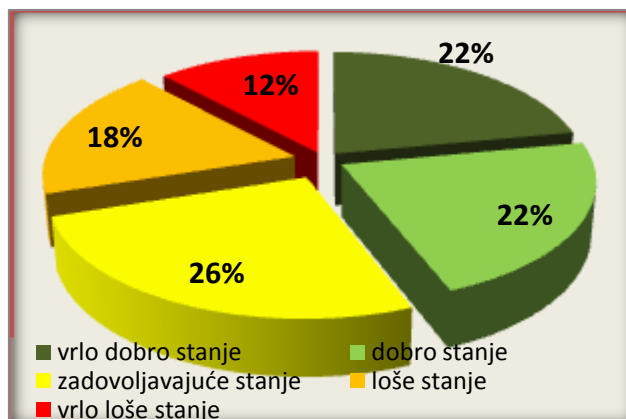
Slika 8. Stanje sigurnosti kolnika državnih cesta

Znatno je nepovoljnije stanje kolnika državnih cesta kada je u pitanju udobnost vožnje (slika 9). Svega 37% kolnika državnih cesta je u dobrom stanju, uz još dodatnih 24% kolnika u zadovoljavajućem stanju. Vrlo visokih 38% kolnika je u lošem stanju obzirom na udobnost vožnje.



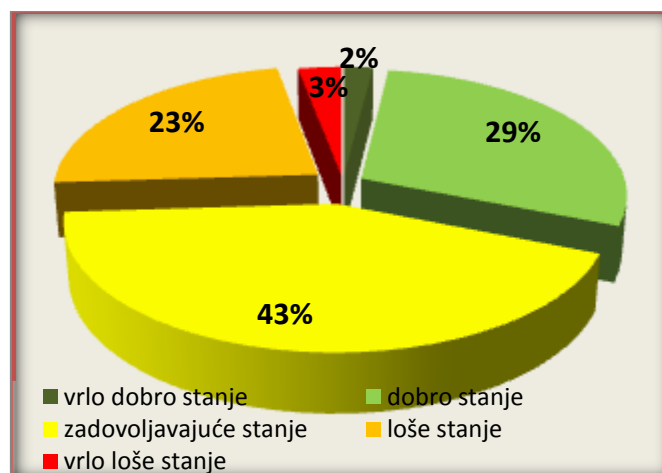
Slika 9. Stanje udobnosti kolnika državnih cesta

Kada se stanje kolnika vrednije obzirom na njegovu strukturu (iskazano Indeksom strukture), 44% kolnika državnih cesta je u dobrom stanju, uz dodatnih 26% u zadovoljavajućem stanju. U lošem stanju je 30% kolnika državnih cesta. Dakle, na 30% državnih cesta strukturni kapacitet kolnika nije zadovoljavajući što ima za posljedicu ubrzano propadanje tih cesta pod utjecajem prometa i klimatskih uvjeta.



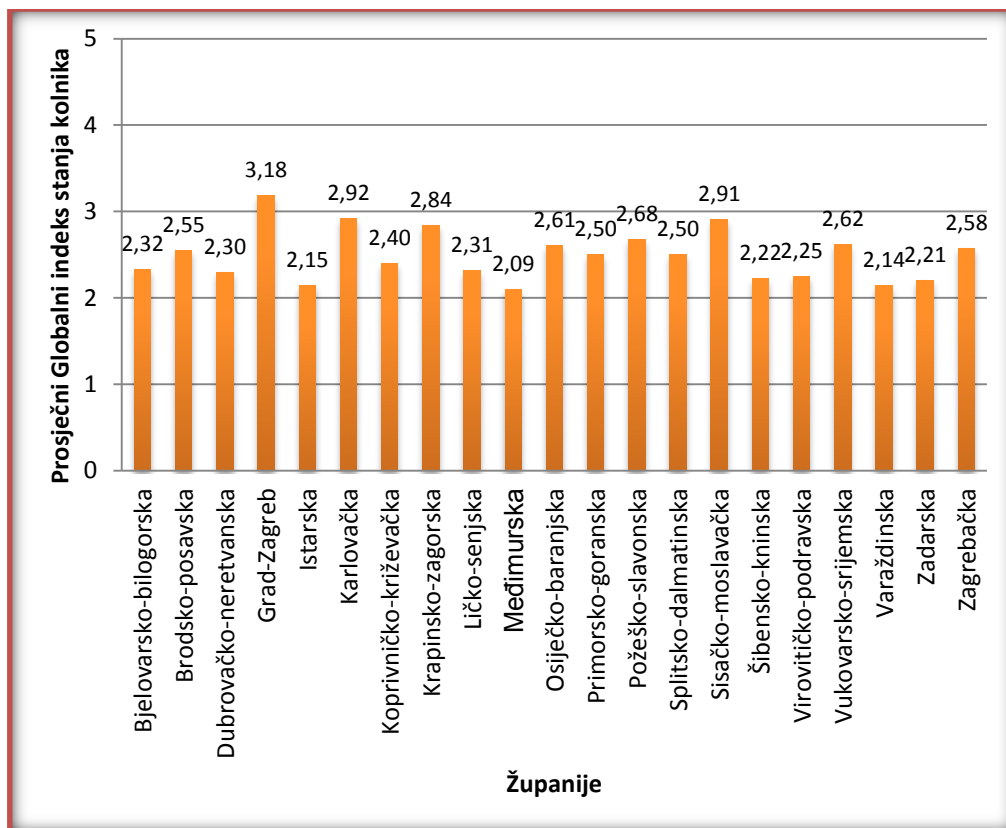
Slika 10. Strukturno stanje kolnika državnih cesta

Ukupno stanje kolnika državnih cesta, iskazano Globalnim indeksom, prikazano je na slici 11. U dobrom stanju je 31% kolnika, a u zadovoljavajućem dodatnih 43% kolnika. Oko četvrtina kolnika državnih cesta je u lošem stanju, od čega je samo 3% cesta u vrlo lošem stanju. Dakle, na četvrtini cestovnih kolnika na državnoj mreži postoji zaostatak u održavanju, što govori o nedostatnom ulaganju u održavanje državne cestovne infrastrukture u prošlom razdoblju.



Slika 11. Globalno stanje kolnika državnih cesta

Stanje kolnika državnih cesta po pojedinim županijama prikazano je na slici 12. Prosječno stanje najbolje je na području Međimurske (GI = 2,09), Varaždinske (GI = 2,14) i Istarske županije (GI = 2,15), a najlošije na području Karlovačke (GI = 2,92), Sisačko-moslavačke (GI = 2,91) i Krapinsko-zagorske županije (GI = 2,84).



Slika 12. Globalno stanje kolnika državnih cesta po županijama

3.3 Razvoj modela za predviđanje promjene stanja kolnika

Ključan element suvremenih sustava gospodarenja kolnicima je mogućnost predviđanja promjena njegovog stanja u budućnosti. Bez te mogućnosti teško se može govoriti o složenijim sustavima gospodarenja. Pogoršavanje stanja kolnika tijekom vremena je kritična varijabla za vrednovanje zahvata i strategija održavanja u sustavu gospodarenja kolnicima. Predviđanje stanja kolnika pomaže u definiranju određenog razdoblja kada će stanje doseći kritičnu vrijednost i kada se mora predvidjeti poduzimanje određenog zahvata na kolniku. Za definiranje krivulja ponašanja postoje različite mogućnosti. Za parametre stanja kolnika za koje postoje podaci prikupljeni u prethodnom razdoblju, te informacije se mogu koristiti za razvoj krivulja predviđanja stanja kolnika.

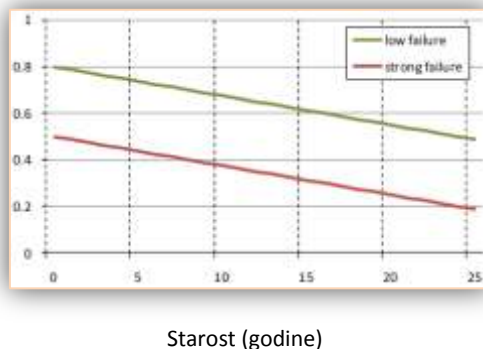
Modeli predviđanja ponašanja kolnika moraju ispunjavati slijedeće preduvjete:

- Moraju biti povezani s aktualnim načinom utvrđivanja stanja kolnika
- Moraju biti dostupni ulazni parametri
- Mora biti lagana kalibracija i prilagodba lokalnim uvjetima
- Moraju se temeljiti se na matematičkim modelima
- Po mogućnosti modeliranje treba biti unutar dTIMS CT softvera

Takve modele predviđanja potrebno je definirati za svaki od ključnih tehničkih parametara koji se prikuplja na državnim cestama i koji se koristi za određivanje stanja kolnika, dakle za uzdužnu ravnost, kolotrage, raspucanost površine, površinska oštećenja i makro-teksturu. U tu svrhu su korištene serije podataka o stanju kolnika državnih cesta prikupljane u zadnjih gotovo deset godina, njihova usporedba i korekcija s odgovarajućim modelima koji se koriste u susjednim zemljama (Austrija, Njemačka,...) i analize realnosti dobivenih rezultata. Prilagođeni i razvijeni modeli

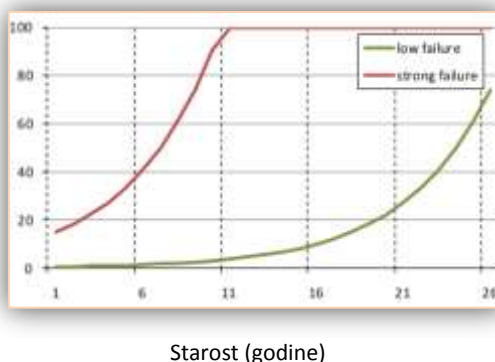
predviđanja ponašanja kolnika državnih cesta koji su uvažili gore navedena ograničenja navedeni su u nastavku za svaki parametar stanja kolnika.

- **Tekstura (MPD):** $MPD_{(t+1)} = MPD_t - 0,0125$



Slika 13. Krivulje predviđanja stanja za teksturu

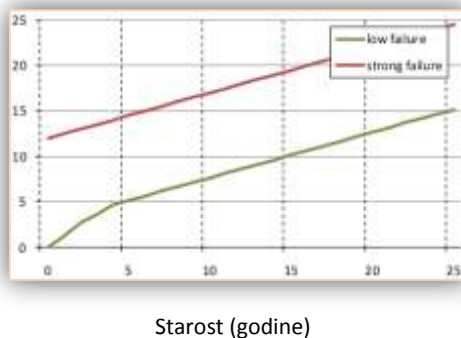
- **Oštećenja površine (% površine):** $OP_{(t+1)} = a_{op} \times e^{b_{op} \times starost}$; $a_{op} = OP_{pregled} / e^{0,1998 \times starost}$



Slika 14. Krivulja predviđanja stanja za oštećenost površine

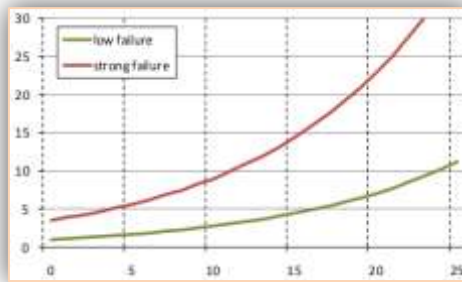
- **Poprečna ravnost (kolotrazi):**

$Kolotrag_{(t+1)} = Kolotrag_t + 1,33$	$Kolotrag_t < 2,0$
$Kolotrag_{(t+1)} = Kolotrag_t + 1,00$	$2,0 \leq Kolotrag_t < 4,0$
$Kolotrag_{(t+1)} = Kolotrag_t + 0,50$	$Kolotrag_t \geq 4,0$



Slika 15. Krivulja predviđanja stanja za kolotražnje

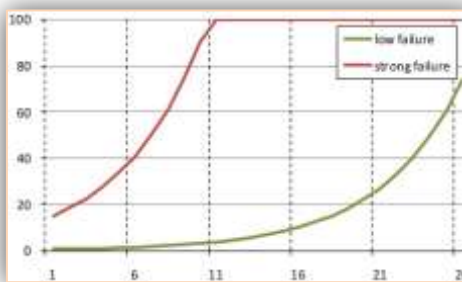
- Uzdužna ravnost (IRI):** $IRI_{(t+1)} = 1,00$ $IRI_t < 1,0$
 $IRI_{(t+1)} = 1,0968 \times IRI_t + 0,0129$ $IRI_t \geq 1,0$



Starost (godine)

Slika 16. Krivulja predviđanja stanja za uzdužnu ravnost

- Raspucanost (% površine):** $R_{(t+1)} = a_r \times e^{b_r \times \text{starost}}$; $a_r = R_{\text{pregled}} / e^{0,2170 \times \text{starost}}$



Starost (godine)

Slika 17. Krivulje predviđanja stanja za raspucanost

3.4 Zahvati na kolnicima državnih cesta

Predviđanje budućeg stanja kolnika bi bilo od male važnosti kada ne bi imali mogućnost na određeni način utjecati na promjene tog stanja tijekom vremena. To se postiže korištenjem određenih zahvata koji su, u računalnom smislu, određene aktivnosti koje imaju (a) svoj trošak, dok se njihovom primjenom (b) postižu određene koristi. Koristi se postižu promjenom stanja kolnika primjenom pojedinih zahvata. Za korištenje u sustavu gospodarenja kolnicima primjenom dTIMS CT softvera, potrebno je definirati vrste zahvata i za svaki od definiranih zahvata: (1) trošak izvođenja zahvata, (2) kriterije koji uvjetuju primjenu tog zahvata i (3) način resetiranja stanja nakon primjene zahvata.

Za projekt uvođenja sustava gospodarenja kolnicima odabrani su i definirani slijedeći zahvati:

- potpuna rekonstrukcija** (glavni zahvat): podrazumijeva potpunu zamjenu kolnika, uključujući i zamjenu slojeva od nevezanog drobljenog kamenog materijala. Poduzima se kada ne postoji zadovoljavajuća otpornost kolnika na smrzavanje u kontinentalnom dijelu Hrvatske, odnosno u regijama sa smrzavanjem.
- ojačanje kolnika** (glavni zahvat): zamjena starih i prilagodba novih asfaltnih slojeva prometnom opterećenju, uz prethodno profiliranje sloja od nevezanog drobljenog kamenog materijala.

- *zamjena asfaltnih slojeva* (glavni zahvat): zamjena asfaltnih slojeva zbog površinskih ili strukturalnih problema novim asfaltnim slojevima iste debljine.
- *presvlačenje* (glavni zahvat): uključuje izvedbu novog završnog sloja i poduzima se kada je oštećen postojeći završni sloj.
- *rutinsko glodanje* (manji zahvat): glodanje završnog sloja kroz aktivnosti redovnog održavanja.
- *rutinski popravci* (manji zahvat): krpanje kolnika kroz aktivnosti redovnog održavanja.

Moguće je definirati i veći broj različitih zahvata na kolniku, tako da si pojedini zahvati mogu i međusobno konkurirati, ali je odabran manji broj zahvata koji si u pravilu međusobno ne konkuriraju. U protivnom bi sustav uvijek odabirao onaj zahvat čiji je trošak izvođenja manji.

Kako je širina kolnika državnih cesta nerijetko uža od propisane za tu kategoriju javnih cesta, često se u sklopu većih zahvata (rekonstrukcije i ojačanja) ujedno i proširuje kolnik. Zbog toga su definirane i dvije dodatne aktivnosti:

- *proširenje kolnika kod rekonstrukcije* (dodatna aktivnost): ako je kolnik uži od 6,5 metara, kolnik se prilikom rekonstrukcije i proširuje
- *proširenje kolnika kod ojačanja* (dodatna aktivnost): ako je kolnik uži od 6,5 metara, kolnik se prilikom ojačanja i proširuje

Pri tome je uvedeno i slijedeće ograničenje - proširenje kolnika u gore navedenim slučajevima izvodi se samo na dionicama duljim od 5 kilometara. Navedeno ograničenje je rezultat logičnog razmišljanja da za kraće dionice nema logike u sklopu izvođenja zahvata na kolniku ujedno i proširivati kolnik.

Za svaki od navedenih zahvata i dodatnih aktivnosti definirani su i jedinični troškovi zahvata po metru kvadratnom. Obzirom da se uz izvođenje opisanih zahvata na kolniku izvode i dodatni radovi na uređenju ceste, jedinični troškovi opisanih zahvata na kolniku množe se sa slijedećim faktorima, ovisno o vrsti zahvata na kolniku, a koji su proizišli iz analize postojećih podataka o izvedenim zahvatima na cestama:

- Za rekonstrukciju se jedinična cijena zahvata na kolniku množi s faktorom 1,8
- Za ojačanje kolnika se jedinična cijena zahvata na kolniku množi s faktorom 1,5
- Za presvlačenje se jedinična cijena zahvata na kolniku množi s faktorom 1,2
- Aktivnosti kroz redovno održavanje (glodanje i popravci) množe se s faktorom 1,0

Na taj se način nastojalo simulirati stvarnu praksu i troškove obnove državnih cesta.

Slijedeći korak bilo je definiranje kriterija za poduzimanje/aktiviranje pojedinih zahvata na kolniku. Kriteriji su definirani ovisno o vrsti zahvata kako slijedi:

- Rekonstrukcija kolnika: izvodi se kada je prosječni kombinirani indeks strukture dionice veći ili jednak 4,0 i kada je ukupna debljina kolnika manja od 500 mm i kada se dionica ceste nalazi u dijelu Hrvatske u kojoj dolazi do smrzavanja.
- Ojačanje kolnika: izvodi se kada je prosječni kombinirani indeks strukture veći ili jednak 4,0 i kada dionica ceste nije u dijelu Hrvatske u kojem dolazi do smrzavanja ili je dionica u dijelu Hrvatske u kojem dolazi do smrzavanja ali je debljina kolnika veća od 500 mm.
- Zamjena asfaltnih slojeva: izvodi se kada je prosječni kombinirani indeks udobnosti veći od 2,5 ili je prosječni kombinirani indeks sigurnosti veći od 2,5 ili je prosječni kombinirani indeks strukture manji od 4,0 ali veći od 2,5.

- Presvlačenje kolnika: izvodi se kada je prosječni kombinirani indeks sigurnosti manji ili jednak 2,5 ali veći od 1,5 ili je prosječni kombinirani indeks udobnosti manji ili jednak 2,5 ali veći od 1,5 ili prosječni kombinirani indeks strukture manji ili jednak 2,5.
- Na sličan način definirane su i aktivnost glodanja odnosno popravaka kroz redovno održavanje.

Isto tako su definirani i načini resetiranja stanja kolnika nakon izvođenja pojedinih gore definiranih zahvata, u funkciji vrste zahvata.

3.5 Određivanje homogenih dionica na državnoj cestovnoj mreži

Kompletnu cestovnu mrežu koja se analizira potrebno je, prije provođenja analiza, podijeliti na po stanju homogene dionice, koje se onda analiziraju u sustavu gospodarenja kolnicima. Identifikacija i određivanje homogenih dionica se temelji na informacijama o stanju i građenju dostupnim za državnu cestovnu mrežu u postojećoj bazi cestovnih podataka. Glavni kriterij za definiranje granica dionica su distribucija stanja i u novije vrijeme izgrađene/obnovljene dionice (izgrađene/obnovljene dionice nakon 2000. godine indiciraju granice dionica).

Generiranje homogenih dionica je provedeno u nekoliko koraka koji se navode u nastavku. Općenito, razdioba na dionice se temelji na promjeni stanja kolnika duž ceste. Reprezentativne vrijednosti za određivanje dionica se računaju kako slijedi:

za $MPD > 0,3$: $Maks_Indeks_{kolotr_raspuc_IRI_MPD} = Maks (Indeks_{kolotr}, Indeks_{IRI}, Indeks_{raspuc})$

za $MPD \leq 0,3$ $Maks_Indeks_{kolotr_raspuc_IRI_MPD} = Maks (Indeks_{kolotr}, Indeks_{IRI}, Indeks_{raspuc}, Indeks_{MPD})$

pri čemu MPD predstavlja profil dubine teksture kolnika. Ukoliko je dubina teksture veća od 3 mm tekstura se ne uzima u obzir prilikom odabira reprezentativne vrijednosti indeksa za tu dionicu. Ukoliko je dubina teksture manja ili jednaka 3 mm i indeks teksture se uzima u obzir prilikom odabira reprezentativne vrijednosti indeksa. Reprezentativnu vrijednost predstavlja pojedinačno najveća vrijednost promatranih indeksa.

Da se izbjegnu pojedinačni vrhovi i da se omogući jednostavniji rad reprezentativna vrijednost indeksa dobivena gore opisanim načinom se ujednačava korištenjem pokretnog uprosječivanja na dužini 500 metara ($mov_AV_maks_KIRM$) za svaki 100-metarski segment.

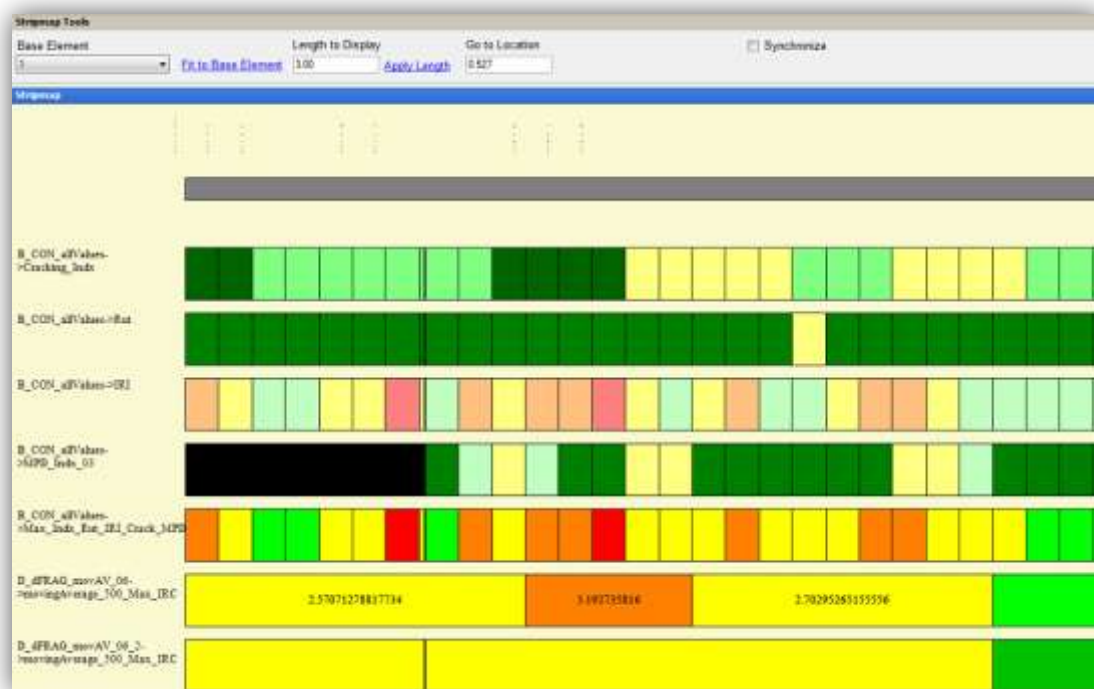
Te vrijednosti su zatim korištene za analizu funkcijom dFRAG u softveru dTIMS CT. Korištenjem te funkcije uspoređuju se vrijednost promatrane dionice s vrijednosti slijedeće dionice. U slučaju da je razlika obje vrijednosti manja od 0,6 dionice se kombiniraju i računa se nova reprezentativna vrijednost (vrednovana obzirom na dužinu dionica) i koristi za usporedbu sa slijedećom dionicom. Tako dobivene dionice su klasificirane prema kriterijima u tablici 2 i provodi se druga analiza dFRAG funkcijom - kombiniranje susjednih dionica ako su u istoj klasi).

Tablica 2. Klasifikacija i shema boja za definiranje homogenih dionica

Mov_AV_maks_KRIM	Razred
(0 - 2]	1
(2 - 3]	3
(3 - 5]	5

Rezultati opisanih koraka prikazani su, za jedan primjer, kroz prikaz zapisa u dTIMS CT softveru na slici 18. Na kraju su granice dionica ujednačenog stanja povezane s granicama izgrađenih ili

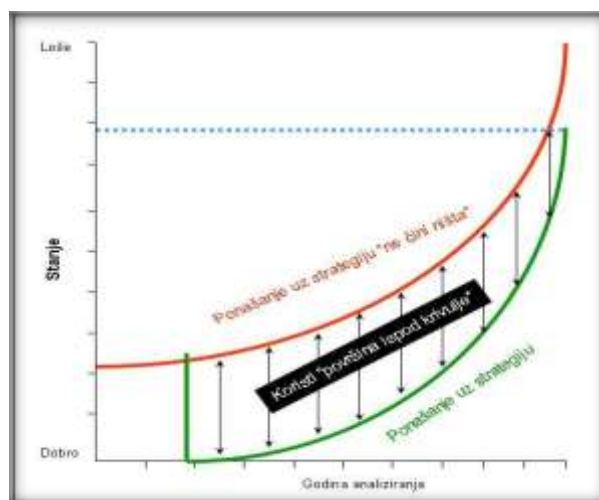
obnovljenih dionica (izgrađenih/obnovljenih nakon 2000. godine) i rezultat su konačne dionice za analizu u sustavu gospodarenja kolnicima. Provedeni postupak je rezultirao s 4.510 dionica za analizu s dužinama od sto metara do 32 kilometra.



Slika 18. Postupak određivanja homogenih dionica (elementi i rezultati)

3.6 Definiranje koristi u postupku optimalizacije

Alat za optimalizaciju u dTIMS CT softveru definira ograničenja proračuna za održavanje (godišnji proračun za održavanje) i maksimizira koristi koristeći odnos troškova i koristi. U praksi se troškovi strategije održavanja za svaku dionicu ceste uspoređuju s koristima, pri čemu se koristi mogu definirati, na primjer, kao tehnički utjecaj aktivnosti održavanja na stanje kolnika uzimajući u obzir i veličinu prometa. Učinci zahvata su opisani vrijednosti na koju se resetira stanje kolnika. Definicija koristi u kontekstu analiza učinaka predviđenih troškova održavanja ilustrirana je na slici 19.



19. Definiranje koristi postupkom površine ispod krivulje.

Dakle, korist od poduzimanja određene aktivnosti održavanja definirana je površinom između krivulja koje opisuju ponašanje kolnika bez i s izvedenim aktivnostima i množenjem te površine s veličinom prometa (koliko je stanja „kupljeno“ s troškovima poduzete aktivnosti održavanja).

4 REZULTATI PROVEDENIH ANALIZA

Nakon definiranja svih gore opisanih modela provedene su analize različitih opcija održavanja na razini državne cestovne mreže i na razini pojedinačnih homogenih dionica državnih cesta. Analize su uključile sve parametre koji se odnose na stanje, promet i podatke o građenju/održavanju, kao i neke specifične granične parametre kao što je vremenski okvir za analize. Analize su provedene za različite scenarije ulaganja u održavanje. Rezultati analiza tijekom životnog vijeka kolnika grupirani su na dva načina, ovisno o cilju koji se želi sagledati:

- Rezultati na razini cestovne mreže: rezultati na razini cijele državne cestovne mreže za različite scenarije održavanja
- Rezultati na razini pojedinačnih dionica: reprezentativne strategije održavanja za svaku pojedinačnu analiziranu dionicu državne cestovne mreže u korelaciji prema odabranom proračunu za održavanje

Za analize je korištena nulta godišnja inflacija uz diskontnu stopu od 2% godišnje. Kao što je prethodno opisano, odabrani su različiti scenariji održavanja i analize i optimalizacija su provedeni za različite razine proračuna. Za određivanje najučinkovitije strategije održavanja na svakoj pojedinoj homogenoj dionici tijekom procesa optimalizacije korištenjem modela dTIMS CT provedeni su slijedeći procesi:

- Generiranje više strategija (opcija zahvata) koje obuhvaćaju različite zahvate i njihov tajming na kolniku tijekom analiziranog razdoblja za svaku dionicu mreže
- Izračun sadašnje vrijednosti troškova svake pojedine strategije na svim analiziranim dionicama
- Izračun koristi za svaku pojedinu strategiju na svim dionicama uključenim u analizu
- Izračun odnosa troškova i koristi za svaku pojedinu strategiju za svaku analiziranu dionicu
- Rangiranje svih strategija prema odnosu troškova i koristi (za sve dionice)
- Iterativni odabir strategija prema njihovom odnosu troškova i koristi uz raspoloživi proračun (maksimiziranje odnosa troškova i koristi uz ograničenja proračuna)

Rezultat opisanog provedenog procesa je preporučena strategija održavanja za svaku pojedinu dionicu uz zadano ograničenje proračuna. Promjena veličine proračuna rezultira promjenom rješenja. Analiza svih scenarija održavanja je provedena po dvogodišnjim ciklusima, a sumarni prikaz scenarija i odgovarajućih proračuna za održavanje kolnika državnih cesta su prikazani u tablici 3.

Tablica 3. Scenariji proračuna i financiranja održavanja kolnika

Scenarij održavanja kolnika	Sredstva za redovno državanje	Sredstva za obnovu kolnika
Samo redovno održavanje	50 milijuna/god.	0 kuna/god.
„500 milijuna kuna“	100 milijuna/god.	500 milijuna/god.
„750 milijuna kuna“	150 milijuna/god.	750 milijuna/god.
„1000 milijuna kuna“	200 milijuna/god.	1000 milijuna/god.
Scenarij neograničeno	neograničena	neograničena

Prije nego se prikažu rezultati analiza i stanja kolnika državnih cesta kao posljedice navedenih scenarija održavanja, potrebno je pojasniti kolike ukupne proračune za održavanje državnih cesta podrazumijevaju gore navedeni scenariji ulaganja u održavanje/obnovu kolnika. Naime, ukupni proračuni za održavanje državnih cesta uključuju i redovno održavanje svih elemenata ceste, zimsku službu, obnovu objekata, uređenje križanja, sanaciju opasnih mjesta i klizišta. Zbog navedenog, gore navedeni scenariji ulaganja u obnovu kolnika podrazumijevaju slijedeće ukupne proračune za održavanje državnih cesta:

- Scenarij *”samo redovno održavanje”*: **ukupno oko 350 mil. kuna/godišnje**

- Scenarij *”500 milijuna kuna”*:
 - Cestovni kolnici: 500 mil. kuna
 - Cestovni objekti: 70 mil. kuna
 - Uređenje raskrižja, sanacija opasnih mjesta, klizišta, ..: 50 mil. kuna
 - Izrada projekata, nadzor: 30 mil. kuna
 - Redovno održavanje: 350 mil. kuna**ukupno oko 1.000 mil. kuna/godišnje**

- Scenarij *”750 milijuna kuna”*: **ukupno oko 1.250 mil. kuna/godišnje**

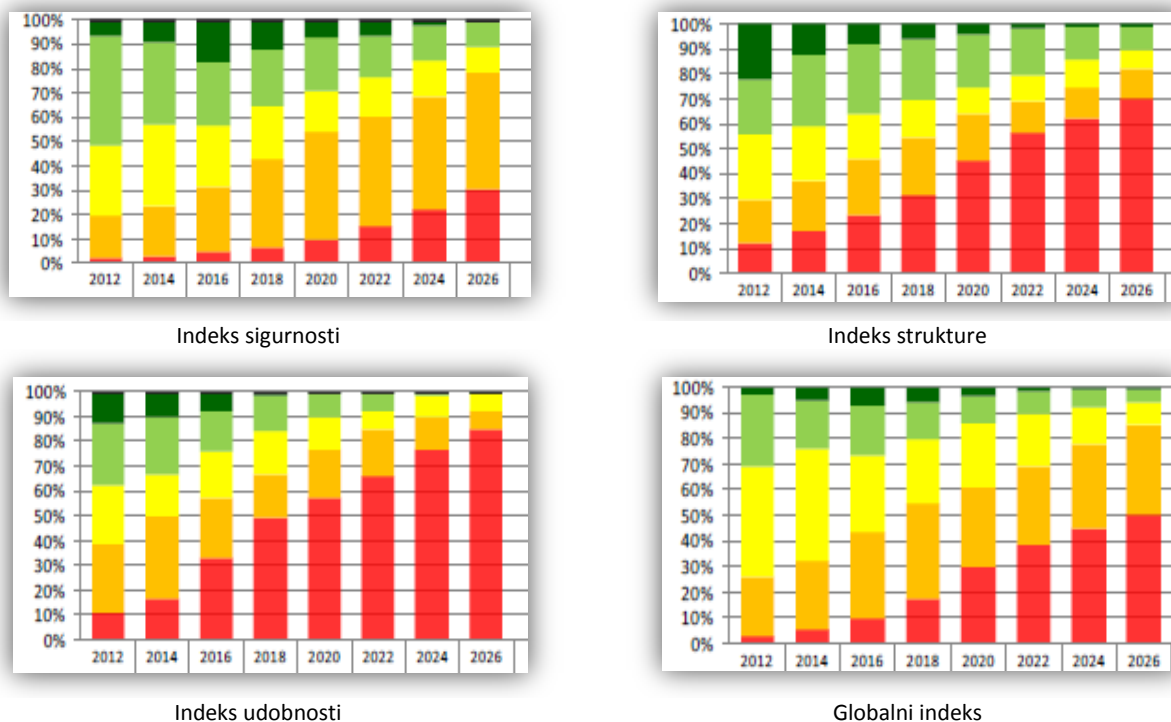
- Scenarij *”1.000 milijuna kuna”*: **ukupno oko 1.500 mil. kuna/godišnje**

4.1 Stanje kolnika na mreži državnih cesta uz različite scenarije održavanja

Analiza stanja kolnika državnih cesta provedena je s obzirom na različite aspekte stanja, dakle obzirom na sigurnost (Indeks sigurnosti), udobnost vožnje (Indeks udobnosti), strukturu kolnika (Indeks strukture), kao i obzirom na globalno stanje kolnika (Globalni indeks).

- **Scenarij „samo redovno održavanje“**

Na slici 20 prikazani su dobiveni rezultati iskazani pojedinim kombiniranim indeksima stanja i globalnim indeksom za hipotetski scenarij kada bi se kolnici državnih cesta održavali samo njihovo kroz redovno održavanje (procijenjeno oko 350 milijuna kuna godišnje), bez ulaganja u zahvate njihovog pojačanog održavanja/obnove. Naravno da takav pristup održavanju kolnika državnih cesta ne predstavlja realnu opciju, on je prikazan da bi se u odnosu na takav scenarij usporedili ostali analizirani scenariji. Da to nije realan pristup održavanju kolnika državnih cesta najbolje ilustriraju dobiveni rezultati. Za deset godina, uz takav pristup, kolnici na 60% državnih cesta bili bi u lošem i vrlo lošem stanju kada je sigurnost prometa u pitanju u odnosu na sadašnjih oko 20%. Četiri godine kasnije, dakle 2026. godine taj postotak bi se popeo na gotovo 80%. Kada je udobnost vožnje u pitanju, situacija bi bila značajno nepovoljnija, sa sadašnjih oko 38% za deset godina bi oko 85% kolnika državnih cesta bilo u lošem i vrlo lošem stanju. Učešće lošeg stanja strukture kolnika također bi se sa sadašnjih 30% u narednih deset godina popelo na gotovo 70%. Kada se promatra globalno stanje kolnika državnih cesta loše stanje bi se sa sadašnjih 26% popelo na gotovo 70%, a četiri godine kasnije, dakle 2026. godine na preko 85%.



Slika 20. Distribucija stanja kolnika državnih cesta za scenarij „samo redovno održavanje“

- **Scenarij „500 milijuna kuna“ godišnje**

Kao što je prethodno objašnjeno, ovaj scenarij podrazumijeva godišnje ulaganje 500 milijuna kuna u obnovu kolnika državnih cesta, što iziskuje ukupan proračun za održavanje državnih cesta od 1.000 milijuna kuna, dakle više nego što je bio godišnji proračun za održavanje državnih cesta u proteklih nekoliko godina. Na slici 21 prikazani su dobiveni rezultati po pojedinim kombiniranim indeksima stanja i globalnom indeksu za scenarij kada bi se kolnici državnih cesta održavali po scenariju „500 milijuna kuna“ (ukupni proračun za održavanje 1.000 milijuna kuna).

Za deset godina, uz takav pristup, kolnici na 33% državnih cesta bili bi u lošem i vrlo lošem stanju kada je sigurnost prometa u pitanju u odnosu na sadašnjih oko 20%. Kada je udobnost vožnje u pitanju, situacija bi bila značajno nepovoljnija, sa sadašnjih oko 38% za deset godina bi oko 55% kolnika državnih cesta bilo u lošem i vrlo lošem stanju, ali bi se taj postotak smanjio četiri godine kasnije, dakle 2026. godine na oko 43%. Iako je to ukupno pogoršanje za samo 5% u odnosu na sadašnje, ipak bi se postotak kolnika u vrlo lošem stanju u tom razdoblju popeo s 11% na 34%. Učešće lošeg stanja strukture kolnika također bi se sa sadašnjih 30% u narednih deset godina popelo na 37%, uz značajno povećanje učešća kolnika u vrlo lošem stanju, to bi učešće sa sadašnjih 12% poraslo na 31%. Kada se promatra globalno stanje kolnika državnih cesta loše stanje bi se sa sadašnjih 26% popelo na 36%. Uz navedeno ulaganje stanje državnih cesta bi se u slijedećih deset godina i dalje pogoršavalo. Takav scenarij ne bi trebao biti prihvatljiv za državnu cestovnu mrežu u Hrvatskoj, koja i danas ima značajan zaostatak u održavanju, unatoč potrebi da se u sadašnjoj teškoj gospodarskoj situaciji ulaganja u cestovni sektor, kao i u sve druge sektore gospodarstva prilagode postojećoj situaciji. To samo znači da bi trebalo preraspodijeliti dio ulaganja u gradnju državnih cesta u njihovo učinkovito održavanje.

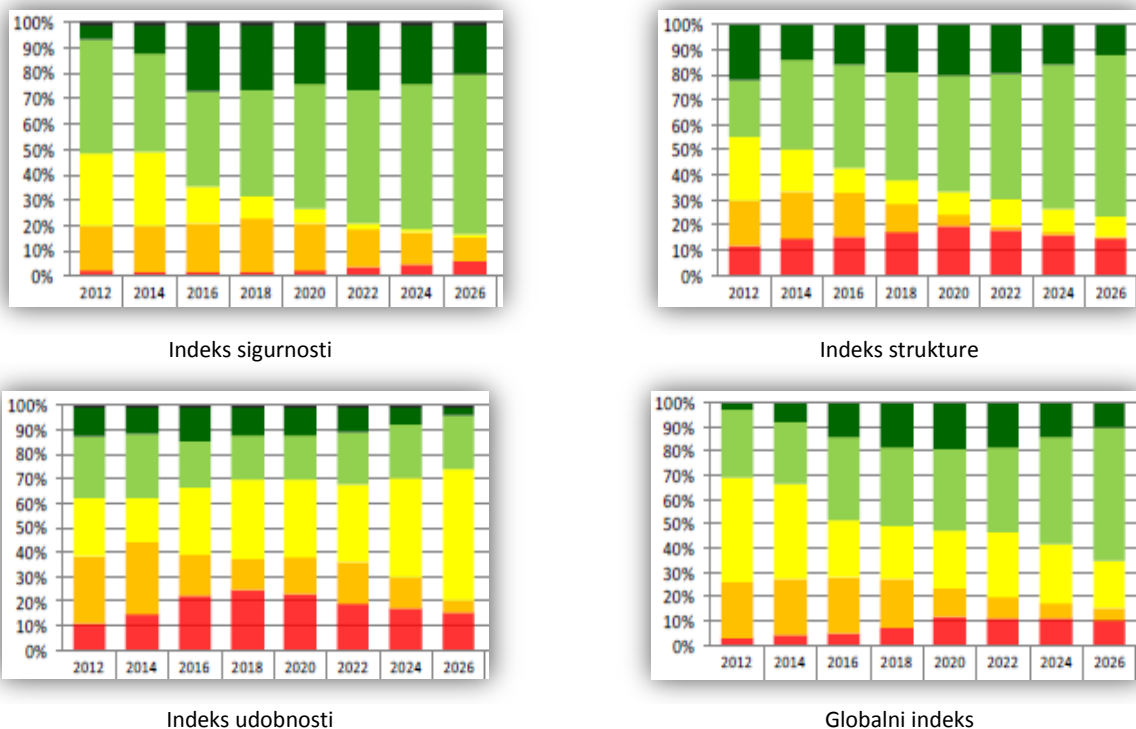


Slika 21. Distribucija stanja kolnika državni cesta za scenarij „500 milijuna kuna“

- **Scenarij „750 milijuna kuna“ godišnje**

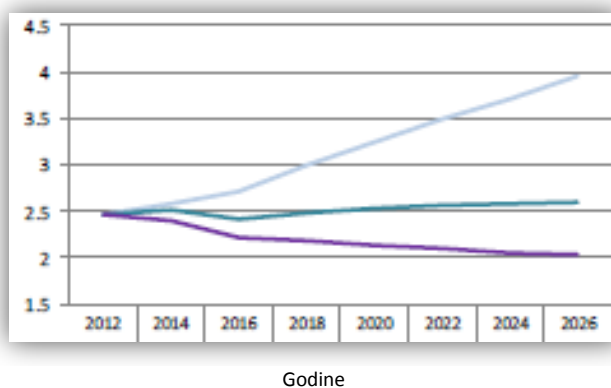
Ovaj scenarij podrazumijeva godišnje ulaganje 750 milijuna kuna u obnovu kolnika državnih cesta, što iziskuje ukupan proračun za održavanje državnih cesta od oko 1.250 milijuna kuna, dakle značajno više nego sadašnje razine godišnjih proračuna za održavanje državnih cesta. Na slici 22 prikazani su dobiveni rezultati po pojedinim kombiniranim indeksima stanja i globalnom indeksu za scenarij kada bi se kolnici državnih cesta održavali po scenariju „750 milijuna kuna“ (ukupni proračun za održavanje 1.1.250 milijuna kuna).

Za deset godina, uz takav pristup, kolnici na oko 18,5% državnih cesta bili bi u lošem i vrlo lošem stanju kada je sigurnost prometa u pitanju u odnosu na sadašnjih oko 20%, a za 14 godina, dakle 2026. godine taj postotak bi se dodatno smanjio na 15%. Kada je udobnost vožnje u pitanju, sadašnjih oko 38% cesta u lošem stanju bi se za deset godina smanjilo na 37% kolnika državnih cesta bilo u lošem ili vrlo lošem stanju, ali bi se taj postotak smanjio četiri godine kasnije, dakle 2026. godine na 20,5%. Učešće lošeg stanja strukture kolnika također bi se sa sadašnjih 30% u narednih deset godina smanjilo na 20%, uz daljnje smanjenje na 15% 2026. godine. Kada se promatra globalno stanje kolnika državnih cesta loše stanje bi se sa sadašnjih 26% smanjilo na 20%, uz daljnje smanjenje na 15,5% do 2026. godine. Uz navedeno ulaganje stanje državnih cesta bi se u slijedećih deset godina počelo poboljšavati. Takav scenarij bi svakako bio prihvatljiv za državnu cestovnu mrežu u Hrvatskoj, koja danas ima značajan zaostatak u održavanju. To znači da bi trebalo značajno povećati ulaganje u održavanje državnih cesta preraspodjelom ulaganja u gradnju državnih cesta u njihovo učinkovito održavanje.



Slika 22. Distribucija stanja kolnika državnih cesta za scenarij „750 milijuna kuna“

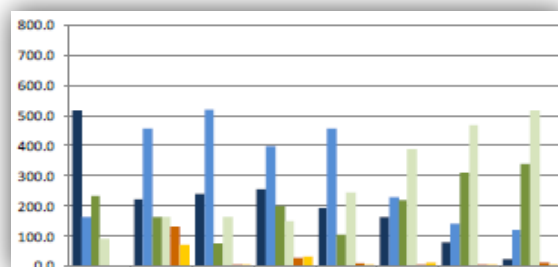
Promjena globalnog stanja kolnika državnih cesta za promatrana tri scenarija održavanja prikazana je na slici 23. Vidljivo je da bi se primjenom scenarija „samo redovno održavanje“ globalni indeks stanja kolnika državnih cesta sa sadašnjih 2,5 za deset godina povećao na 3,5, a 2026. godine na gotovo 4,0. Primjenom scenarija „500 milijuna kuna“ globalni indeks stanja kolnika sa sadašnjih 2,5 se polako povećava na 2,6 na kraju promatranog razdoblja. Tek primjena scenarija „750 milijuna kuna“ rezultira smanjivanjem globalnog indeksa u narednih deset godina na 2,1 odnosno 2026. na 2,0, dakle općim poboljšanjem današnjeg stanja kolnika državnih cesta. Navedeni ciljevi mogu biti ispunjeni samo ako se primjenjuje optimalan pristup održavanju kolnika državnih cesta koji predlaže sustav gospodarenja kolnicima. Drugačiji pristupi sigurno ne vode ka postizanju navedenih učinaka.



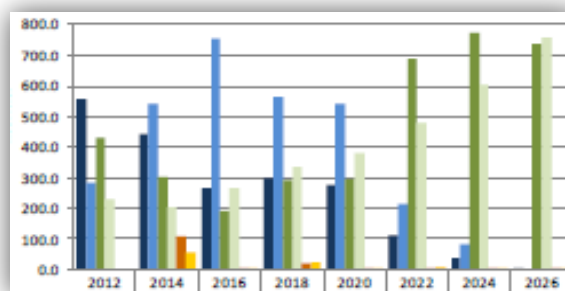
- scenarij „samo redovno održavanje“ (ukupno 350 mil. kuna)
- scenarij „500 milijuna kuna“ (ukupno 1.000 mil. kuna)
- scenarij „750 milijuna kuna“ (ukupno 1.250 mil. kuna)

Slika 23. Prosječno stanje kolnika državnih cesta iskazano Globalnim indeksom za različite scenarije održavanja

Razdioba stanja kolnika državnih cesta posljedica je ograničenja proračuna na odabrane zahvate redovnog i pojačanog održavanja i načina na koji ti zahvati utječu na oštećivanje kolnika. Proračun i distribucija zahvata prikazana je na slici 24. Prvih godina prevladavaju zahvati na ojačanju kolnika uz značajnu zastupljenost i potpune rekonstrukcije kolnika, dok pri kraju promatranog razdoblja prevladavaju zahvati tipa zamjena asfaltnih slojeva i presvlačenje kolnika. Naravno da je kod scenarija „750 milijuna kuna“ moguće obnoviti veći broj kilometara državnih cesta i u većoj mjeri koristiti „jače“ zahvate na kolniku u odnosu na scenarij „500 milijuna kuna“, što rezultira i boljim stanjem kolnika državnih cesta i manjim zaostatkom u njihovom održavanju na kraju promatranog razdoblja.



Scenarij „500 mil. kuna“ godišnje



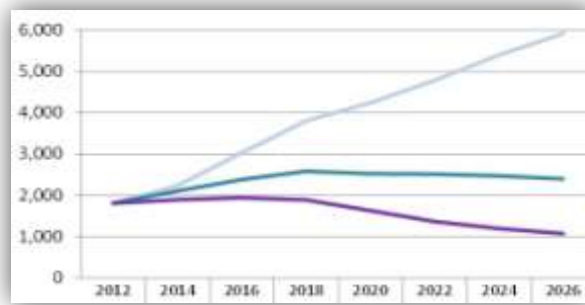
Godine

Scenarij „750 mil. kuna“ godišnje

- potpuna rekonstrukcija
- ojačanje kolnika
- zamjena asfaltnih slojeva
- presvlačenje
- glodanje (red. održ.)
- popravci (red. održ.)

Slika 24. Distribucija ulaganja u različite tipove zahvata na obnovi kolnika iskazana u milijunima kuna

Posljedice različitih scenarija održavanja na takozvani zaostatak u održavanju kolnika državnih cesta vidljiv je na slici 25 (na ordinati su prikazani kilometri državnih cesta na kojima postoji zaostatak u održavanju). Uz scenarij „samo redovno održavanje“ zaostatak u održavanju kolnika državnih cesta sa sadašnjih oko 1800 kilometara u narednih deset godina bi narastao na gotovo 4800 kilometara, a 2026. godine na preko 5900 kilometara (od ukupno 6800 kilometara državnih cesta). Navedene brojke jasno govore da bi se trebalo raditi samo o hipotetskom scenariju. Uz scenarij „500 milijuna kuna“ (ukupni proračun za održavanje 1.000 milijuna kuna) zaostatak u održavanju kolnika državnih cesta u promatranom razdoblju bi narastao na oko 2400 kilometara, dakle za oko 600 kilometara u odnosu na sadašnje stanje. Tek uz scenarij „750 milijuna kuna“ (ukupni proračun za održavanje 1.250 milijuna kuna) za deset godina bi došlo do smanjenja zaostatka u održavanju kolnika državnih cesta sa sadašnjih 1800 kilometara na 1200 kilometara 2022. godine, odnosno 1070 kilometara 2026. godine. Takav trend smanjivanja zaostatka u održavanju državnih cesta, gledajući s tehničke strane, može biti prihvatljiv ali on iziskuje značajno povećanje sadašnje razine ulaganja u održavanje državnih cesta, ali i drugačiji pristup njihovom održavanju.



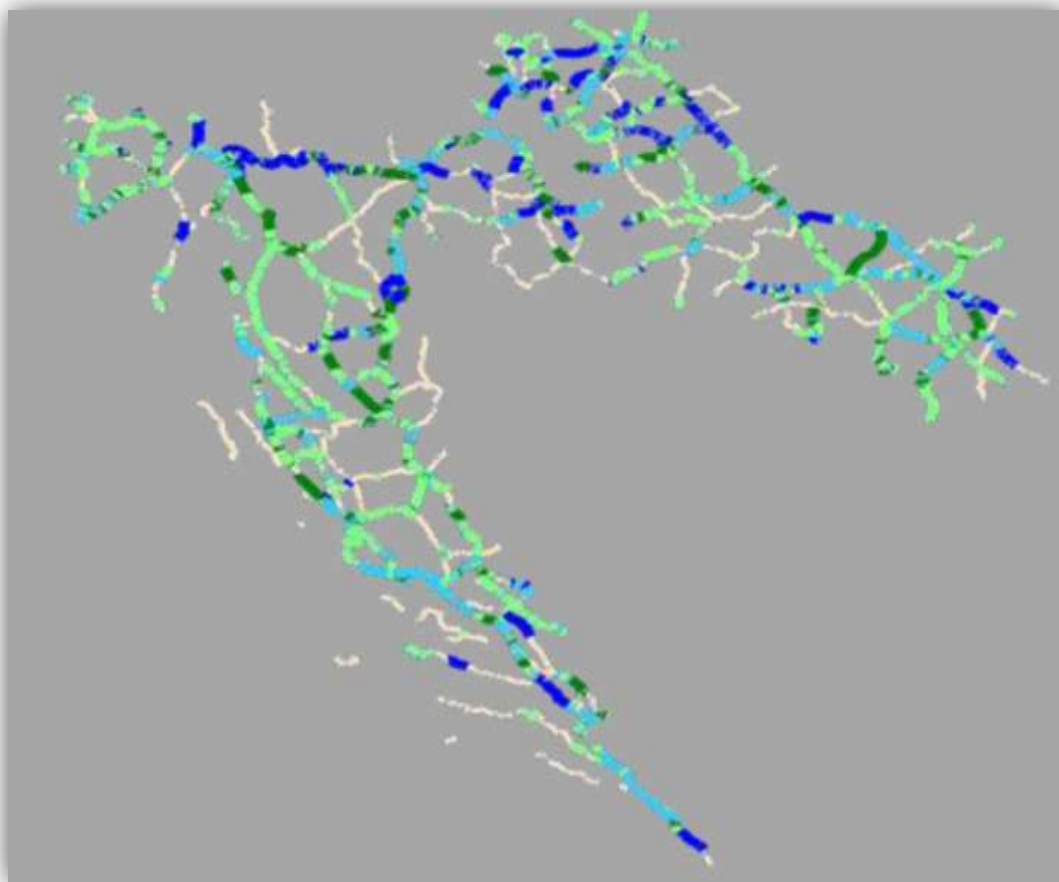
Godine

- scenarij „samo redovno održavanje“ (ukupno 350 mil. kuna)
- scenarij „500 milijuna kuna“ (ukupno 1.000 mil. kuna)
- scenarij „750 milijuna kuna“ (ukupno 1.250 mil. kuna)

Slika 25. Zaostatak u održavanju kolnika državnih cesta za različite scenarije održavanja

4.2 Rezultati analiza na razini pojedinačnih dionica

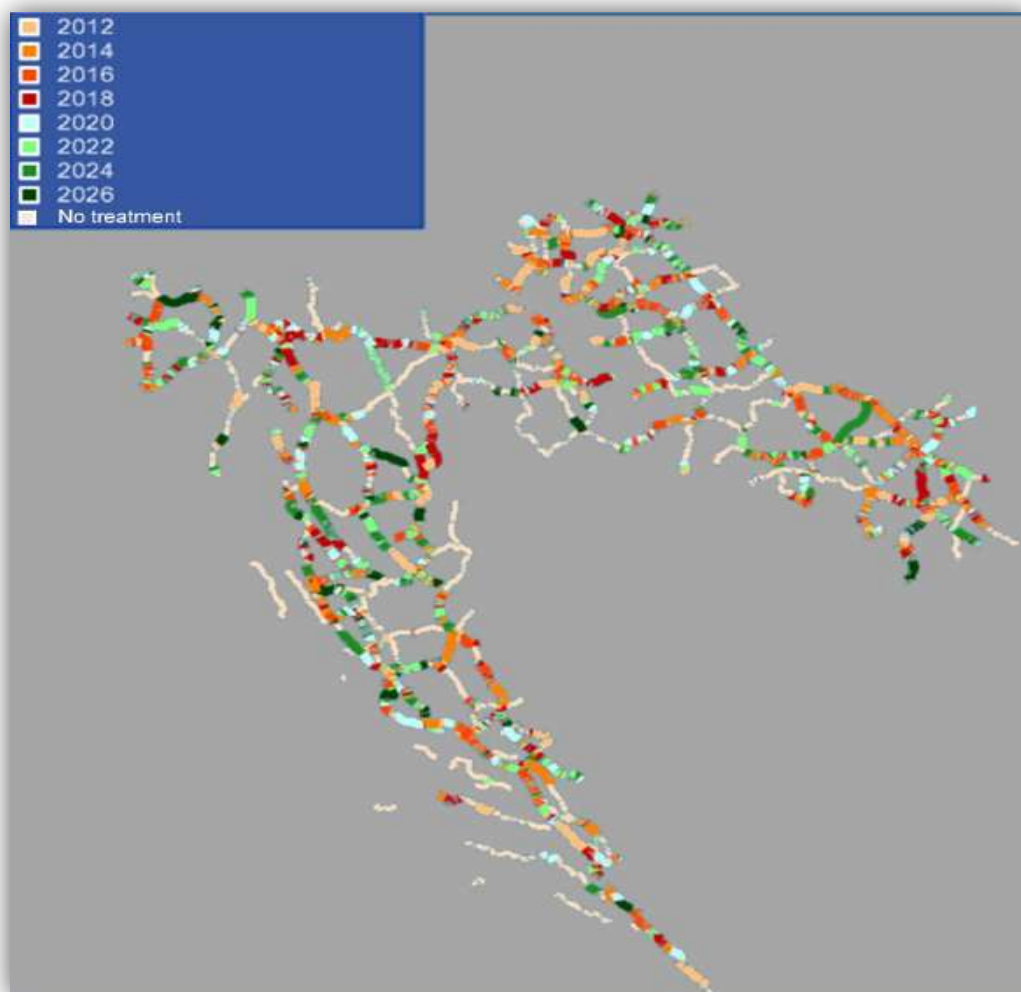
Prema ograničenjima proračuna za održavanje za svaku pojedinačnu analiziranu dionicu je odabrana optimalna strategija održavanja kolnika. Slika 26 pokazuje razdiobu zahvata za scenarij održavanja „500 milijuna kuna“, bez obzira na preporučenu godinu izvođenja zahvata.



- potpuna rekonstrukcija
- ojačanje kolnika
- presvlačenje
- zamjena asfaltnih slojeva
- bez zahvata

Slika 26. Distribucija vrsta zahvata na kolnicima državnih cesta za scenarij „500 milijuna kuna“

Vremenska distribucija zahvata za isti scenarij održavanja je prikazana na slici 27 bez obzira na vrstu zahvata na kolniku.



Slika 27. Vremenska distribucija zahvata na kolnicima državnih cesta za scenarij „500 milijuna kuna“

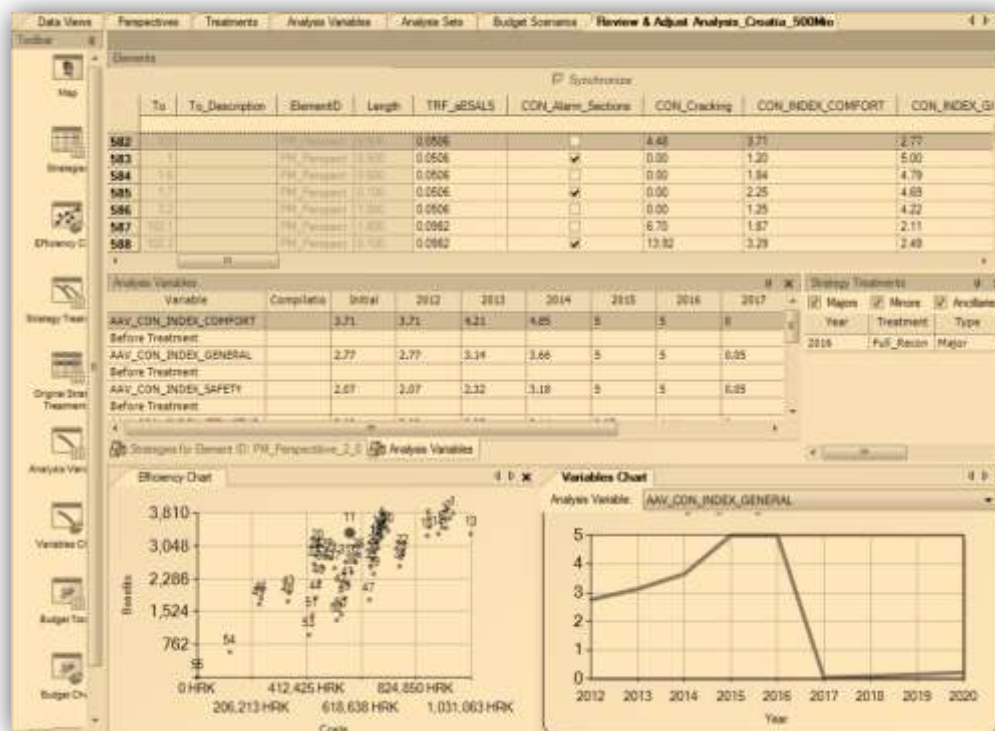
Dodatne informacije za svaku analiziranu dionicu mogu se direktno preuzeti iz dTIMS CT softvera, što uključuje listu svih mogućih strategija održavanja za tu dionicu, pri čemu se svaka strategija sastoji od jednog ili više zahvata održavanja. Vidljive su slijedeće informacije (vidi sliku 28):

- Lista ulaznih informacija
- Lista strategija održavanja za svaku dionicu koji uključuju troškove, koristi i ekonomske parametre (odnos troškova/koristi) i preporuku za određeni scenarij proračuna
- Dijagram učinkovitosti (dijagram troškova/koristi)
- Predviđanje ponašanja svih analiziranih varijabli u obliku tabela i karata
- Preporučeni program radova sortiran po dionicama ili godinama

5 KORIŠTENJE INFORMACIJA DOBIVENIH SUSTAVOM GOSPODARENJA KOLNICIMA

Uspostava sustava gospodarenja kolnicima državnih cesta i informacije dobivene provedenim analizama sigurno omogućavaju veliki korak naprijed u učinkovitom održavanju državnih cesta, pogotovo jer se radi o najvrednijem elementu državne cestovne infrastrukture na koji se troši i

najveći dio proračuna za održavanje državnih cesta. Da bi se postigao pozitivan učinak u gospodarenju cestovnom mrežom potreban je još jedan ključan korak, a to je odluka da se informacije dobivene sustavom gospodarenja stvarno i koriste u planiranju radova održavanja cestovnih kolnika. Iako se navedeni korak čini logičnim i sam po sebi razumljivim, iskustva iz prošlosti u mnogim upravama za ceste u svijetu upozoravaju da taj proces nije tekao bez problema. Naime, bilo je potrebno promijeniti ustaljeni način odlučivanja, pa se kod mnogo ljudi stvarao osjećaj da su godinama krivo radili. Naravno da to nije tako i razlog je tome da jednostavno takve informacije prije nisu postojale. Svi oni koji takve sustave već godinama koriste, brzo su uvidjeli da korištenjem dobivenih informacija mogu značajno racionalnije održavati sve starije cestovne mreže kojima upravljaju, što je naročito bitno u situaciji kada su raspoloživa sredstva manja od potrebnih, a to je uvijek slučaj.

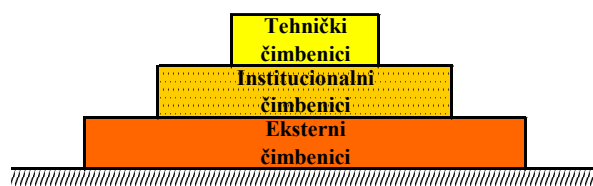


Slika 28. Operativno programiranje u softveru dTIMS CT

Treba istaknuti i slijedeće, vrlo bitno za promjenu načina gospodarenja postojećim cestovnim mrežama. Na način na koji se provodi gospodarenje cestama, kao i na ograničenja kojima je izloženo utječu *interni* i *eksterni* čimbenici u odnosu na upravu odgovornu za gospodarenje cestovnom mrežom. Interni čimbenici su *tehnički* i *institucionalni* i njih uprava za ceste može kontrolirati. Tehnički čimbenici odražavaju njenu sposobnost da izvrši fizičke ili inženjerske zadatke. Institucionalni čimbenici uključuju organizacijsko uređenje, financiranje, ljudske resurse i slično. Eksterni ili vanjski čimbenici su oni nad kojima uprava nema direktnu kontrolu, a koji ograničavaju njen način rada (zakonski okvir i regulativa, politička situacija, makroekonomija, ukupnu vladina politika, odnosi s drugim institucijama). Nema mogućnosti djelotvornog ponašanja u jednom području bez komplementarnog ponašanja u drugim područjima.

Dosadašnja iskustva upućuju na zaključak da je izostanak značajnijih poboljšanja u praksama gospodarenja cestama rezultat općenitog usmjeravanja na poboljšanje tehničkih mogućnosti uprave, bez da se prvo osigurala potpora kroz institucionalne mogućnosti i eksterno okruženje. Naime, između navedenih čimbenika postoji hijerarhijski odnos. Ta hijerarhija se može razmatrati kao

piramida, s eksternim čimbenicima kao osnovom, tehničkim čimbenicima na vrhu, i institucionalnim čimbenicima u sredini, kao što je to ilustrirano na slici 29.



Slika 29. Hijerarhija čimbenika vezanih uz gospodarenje cestama

Razvoj racionalnog gospodarenja cestovnom infrastrukturom iziskuje postojanje odgovarajućeg eksternog okruženja prije nego što se može na zadovoljavajući način razmatrati institucionalne čimbenike. Isto tako, ako nema zadovoljavajućih institucionalnih mogućnosti, nema mogućnosti za razvoj tehničkih potencijala. To ukazuje da se piramida mora graditi od dna prema vrhu. Za uspješna tehnička poboljšanja moraju postojati zadovoljavajuće institucionalne mogućnosti. Dalje, ukoliko eksterno okruženje nije odgovarajuće, cijela piramida će se urušiti, i ne mogu se postići značajnija poboljšanja.

6 ZAKLJUČNE NAPOMENE

Hrvatske ceste su napravile značajan iskorak u stvaranju pretpostavki za učinkovito održavanje kolnika državnih cesta, koji predstavljaju pojedinačno najvredniji element državne cestovne infrastrukture i na koji se troši najveći dio proračuna za održavanje. Provedene analize u sustavu gospodarenja kolnicima jasno ukazuju na potrebu povećanja ulaganja u održavanje državnih cesta. Ulaganje u obnovu kolnika državnih cesta na razini 500 milijuna kuna godišnje, što sa svim aktivnostima održavanja svih elemenata državnih cesta, uključujući i redovno održavanje, iziskuje godišnji proračuna održavanja na razini 1,0 milijarde kuna dostatno je za bitno usporavanje trenda pogoršanja stanja državnih cesta, prosječno stanje kolnika će se tek neznatno pogoršati (Globalni indeks će porasti sa sadašnjih nešto manje od 2,5 na gotovo 2,6 a zaostatak u održavanju porasti sa sadašnjih 1800 kilometara na oko 2500 kilometara 2022. godine, od ukupno 6800 kilometara državnih cesta. Tek ulaganje u obnovu kolnika državnih cesta na razini 750 milijuna, kuna što sa svim aktivnostima održavanja svih elemenata državnih cesta, uključujući i redovno održavanje, iziskuje godišnji proračuna održavanja na razini 1,5 milijarde kuna rezultira poboljšanjem stanja kolnika u analiziranom razdoblju – Globalni indeks stanja kolnika će se sa sadašnjih nešto manje od 2,5 za deset godina (2022. godine) sniziti na 2,1, a zaostatak u održavanju smanjiti sa sadašnjih 1800 kilometara (26% mreže) na 1400 kilometara državnih cesta, odnosno na oko 20% ukupne državne mreže. Sve navedeno vrijedi samo u slučaju da se održavanje provodi prema smjernicama dobivenim analizama u sustavu gospodarenja kolnicima, u protivnom se ne mogu očekivati navedeni učinci.

Hrvatske ceste po prvi put raspoložu ovako kvalitetnim informacijama o posljedicama različitih razina proračuna za održavanje na stanje državnih cesta za deset ili više godina i optimalnom načinu održavanja svih dionica na državnoj mreži. Ostaje da definiramo kakvo stanje državnih cesta želimo u budućnosti i tome onda prilagodimo proračun za njihovo održavanje (naravno u realnim okvirima), poštujući preporuke dobivene provedenim analizama.

Navedeni opis uspostave sustava gospodarenja kolnicima državnih cesta mogao bi poslužiti kao podloga za uspostavu takvih sustava i na drugim dijelovima mreže javnih cesta u Hrvatskoj, uvažavajući specifičnosti tih cestovnih mreža kao i podataka s kojima upravljači tih mreža raspoložu.