

# **SUSTAV GOSPODARENJA CESTOVNIM KOLNICIMA**

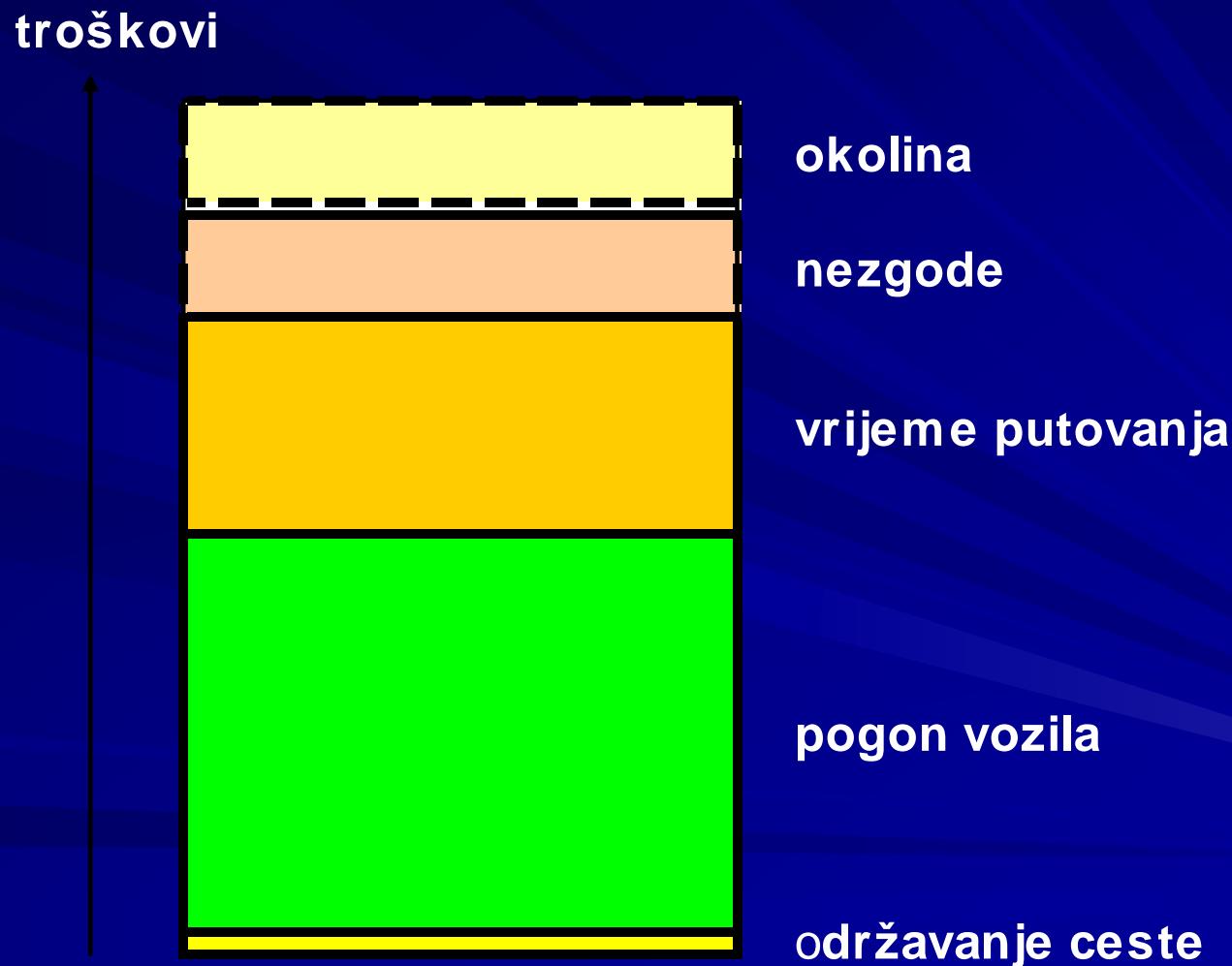
**Mr. sc. Miroslav Keller, dipl.ing.građ.**



**Seminar  
ASFALTNI KOLNICI  
Zagreb, 06.-07. veljače 2014.**

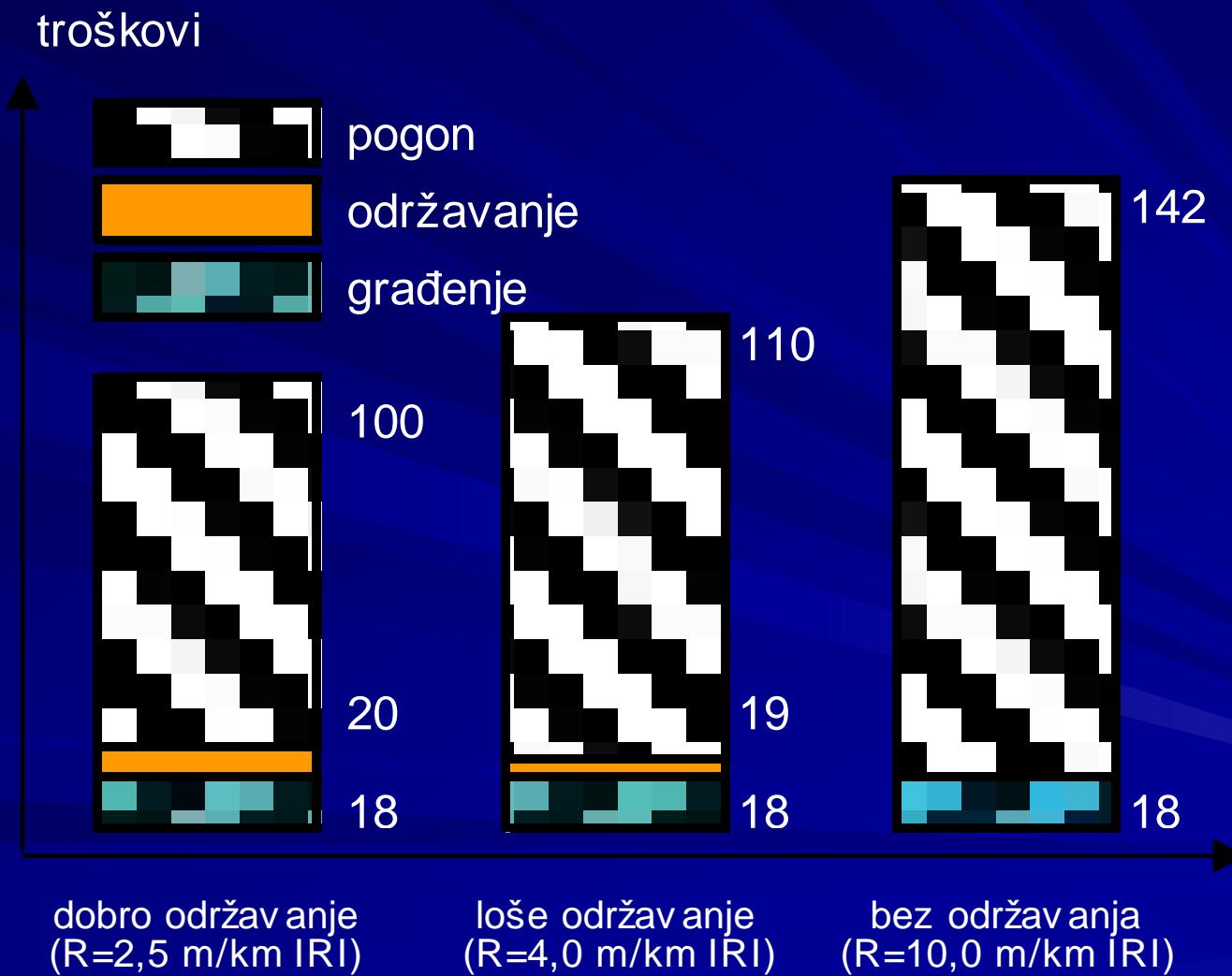
- Djelotvoran sustav cestovnog prijevoza bitan je za gospodarski razvoj zemlje
- Cestovna infrastruktura čini značajan dio nacionalnog bogatstva
- Zbog toga se izuzetno velika sredstva ulažu u gradnju, poboljšanje i održavanje cesta

# Troškovi tijekom životnog vijeka ceste



- Troškovi održavanja su veoma mali u usporedbi s troškovima korisnika ceste
- Unatoč tome, **utjecaj** održavanja na te troškove može biti vrlo značajan
- **EU preporuke:** godišnje ulaganje u održavanje bi trebalo iznositi **2% do 2,5%** sadašnje vrijednosti cestovne imovine

# Utjecaj održavanja na ukupne troškove cestovnog sustava



- Mogu se postići vrlo veliki ekonomski učinci provodeći potrebne aktivnosti održavanja i obnove postojećih cesta u odnosu na izgradnju novih cesta
- To je posljedica relativno niskih ulaganja u te aktivnosti i postizanja značajnih poboljšanja stanja cesta, što rezultira koristima za veliki broj korisnika

- Održavanje cesta je ponekad podcijenjeno i u inženjerskim krugovima, naročito u zemljama koje su još usmjerene na izgradnju cestovne mreže
- Danas je u razvijenim zemljama težište rada i interesa cestovnih stručnjaka definitivno premješteno s građenja cesta na njihovo održavanje
- U usporedbi s građenjem, sustavno održavanje cestama se pokazalo izuzetno teškom zadaćom u mnogim zemljama

- Cestovni stručnjaci su u prošlosti najvećim dijelom bili zaokupljeni gradnjom cesta i tehnikama **upravljanja projektima** izgradnje cesta
- Održavanje cesta nije projekt: projekt ima jasno definiran početak i kraj. Održavanje je trajna aktivnost bez definiranog početka ili kraja: održavanje je **proces** prije nego projekt i gospodarenje održavanjem cesta iziskuje širi pristup **poslovno - ekonomskog gospodarenja**

# Zašto mijenjati pristup održavanju

- Postojeće cestovne mreže su sve starije i iziskuje sve veća ulaganja
- Promet se iz godine u godinu povećava i iziskuje povećanje nosivosti cesta
- Sredstva za održavanje su uvijek nedostatna
- Potrebna je preraspodjela ulaganja – rast i stabilnost ulaganja u održavanje i obnovu u odnosu na građenje novih cesta
- Usmjeravanje izdataka u proračunu je politizirano, i često daleko od ekonomskog optimuma

- Potrebno je uspostaviti učinkovit pristup održavanju cesta / trebamo znati:
  - Kakvo je stanje cesta danas?
  - Koliko sredstava je potrebno godišnje ulagati da bi se popravilo stanje cesta?
  - Kako s raspoloživim sredstvima optimizirati stanje cestovne infrastrukture?
- Odgovori na ta pitanja iziskuju uspostavu modernog **sustava gospodarenja cestama**

# Mogući “problemi” uzrokovani uspostavom sustava gospodarenja

- Mijenja se ustaljeni način odlučivanja u upravama za ceste
- Mnogi inžinjeri u upravama za ceste mogu pomisliti da su do sada loše ili krivo radili, te usporavati promjene

# Čimbenici koji utječu na gospodarenje

- Na način gospodarenja utječu **interni** i **eksterni** čimbenici u odnosu na upravu za ceste
- **Interni** - uprava ih može kontrolirati:
  - **tehnički** (sposobnost uprave da izvrši fizičke ili inženjerske zadatke) i
  - **institucionalni** (organizacijsko uređenje uprave, financiranje, ljudski resursi)
- **Eksterni** - uprava nema izravnu kontrolu, ali ograničavaju njen rad (politička situacija, zakonski okvir, regulativa, makroekonomija)

Tehnički  
čimbenici

Institutionalni  
čimbenici

Eksterni  
čimbenici



# Razlozi izostanka značajnijih poboljšanja u gospodarenju cestama

Usmjeravanje na poboljšanje tehničkih mogućnosti cestovne uprave, bez osiguranja potpore kroz institucionalne mogućnosti i eksterno okruženje



Sustav gospodarenja



# Zadaća sustava gospodarenja

- Sustav gospodarenja ne donosi odluke nego pomaže donosiocima odluka, dajući im informacije koje inače ne bi imali
- Provoditi tehničke analize oštećivanja i razmatrati buduće ponašanje cesta
- Odabirati odgovarajuće zahvate za sve cestovne elemente
- Predlagati optimalne i alternativne programe
- Demonstrirati “što ako” scenarije

- Može biti jednostavan kao “najgore najprije”
- Može koristiti mišljenje eksperata za donošenje odluke
- Može koristiti kompjutorski model koji sugerira moguće zahvate i strategije

- 1960-te: počeci uspostave sustava gospodarenja kolnicima
- 1980-ih mnogi još uvijek nisu vjerovali da bi takav sustav mogao funkcionirati
- Već godinama **znamo** da sustav u praksi stvarno funkcionira

# Što je sustav gospodarenja kolnicima ?

Sustav gospodarenja cestovnim kolnicima je koordinirani set aktivnosti usmjerenih na postizanje najbolje moguće vrijednosti za raspoloživa finansijska sredstva kojim se omogućava siguran, udoban i ekonomičan cestovni prijevoz



# PODACI

*INPUT*



**PODACI**

*INPUT*

*Analyze*

**MODELI**

**PODACI**

*INPUT*

**MODELI**

*Analyze*

*OUTPUT*



**ODGOVORI:**

- na razini mreže
- na razini dionice

# Analitičke komponente imaju različite razine složenosti

## ■ Analiza stanja kolnika

- Najosnovnija forma - preporučuje ovogodišnje potrebe analizom sadašnjeg stanja kolnika i predlaže prioritete za tekuću godinu (utemeljeno na lokaciji, stanju, prometu, sigurnosti, itd)
- Limitirane je učinkovitosti jer ne razmatra buduće stanje kolnika
- Pristup na razini projekta

## ■ Modeli ocjenjivanja prioriteta

- Poboljšava analizu stanja kolnika uključujući predviđanje budućeg stanju kolnika (sustav može predvidjeti kada će kolnik iziskivati popravak)
- Koristi istu logiku odlučivanja kao prethodni sustav
- Mogu razmatrati ograničene „što ako“ scenarije (mijenjanjem podataka na razini projekta, što je vremenski zahtjevna zadaća)
- Pristup na razini projekta



## Modeli optimizacije mreže

- Analitička komponenta simultano vrednuje cijelu cestovnu mrežu i može razmatrati «balansiranje» u svjetlu ograničenja proračuna
- Sustav pomaknut u područje modeliranja, koristeći složenu matematiku, koja se naziva «optimalizacija» i određuje optimalnu strategiju gospodarenja kolnicima
- Pristup na razini mreže

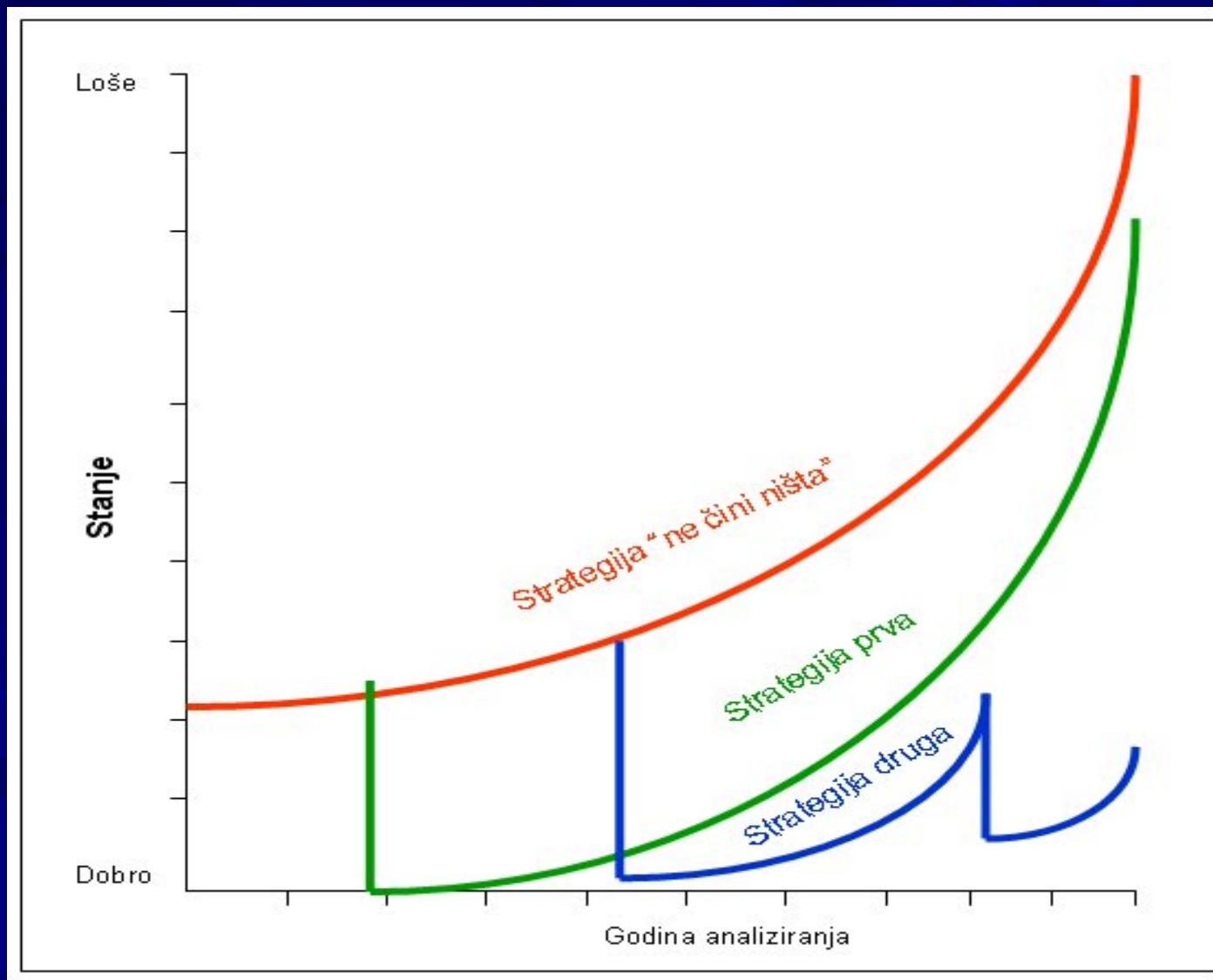
Analize se sastoje iz dva koraka:

- Prvi korak je **generiranje strategija**: određivanje liste strategija za svaki element
- Drugi korak je **optimalizacija**: odabiranje najbolje strategije za svaki element uz postavljena ograničenja proračuna na način da koristi budu najveće

# Generiranje strategija

- Strategije je serija zahvata primijenjenih tijekom više godina
- Tijekom generiranja strategija, radi se na samo jednoj homogenoj dionici
- Prvo se automatski generira «ne čini ništa» strategija (kod koje se niti jedne godine ne primjenjuju bilo koji zahvat)
- Sve ostale strategije definira korisnik koristeći usvojene zahvate i svojstva pridružena tim zahvatima

# Krivulje ponašanja za «ne čini ništa» strategiju i dvije druge strategije



# Europa koristi tri različita sustava gospodarenja

- Europski «u kući» razvijeni sustavi
- «U kući» razvijene strategije korištenjem neeuropskih softvera
- Izvozni europski «u kući» razvijeni sustavi

# Europski «u kući» razvijeni sustavi

- Najstariji sustavi u primjeni, prilagođeni lokalnim uvjetima
- Glavni nedostatak: vrijeme potrebno za uspostavu sustava prije nego što se može stvarno primijeniti
- Tijekom optimiziranja različitih modula, najviše se pažnje posvećivalo lokalnim oštećenjima, što ograničava izravnu primjenu u drugim zemljama s različitim cestovnim mrežama
- Primjeri: Danska (Belman), Engleska (UKPMS)

# «U kući» razvijene strategije korištenjem neeuropskih softvera

- Kupnja softverskog alata za brzu implementaciju sustava gospodarenja koristeći prikupljane podatke o cestama i «u kući» razvijene modele (oštećivanja, zahvata, filozofije optimiziranja)
- Na taj način se sustav može uspostaviti u kratkom vremenu, koristeći kupljeni softver kao okvir i puneći ga vlastitim modelima/podacima
- Primjeri: Belgija, Italija, Austrija, Njemačka, Švicarska, Slovenija, Hrvatska... (Deightonov softver dTIMS)

# Izvozni europski «u kući» razvijeni sustavi

- Ostale europske zemlje, koje žele uspostaviti sustav gospodarenja vrlo brzo, nemaju vremena niti za uspostavu «u kući» razvijenog sustava, niti strategije
- U tom slučaju sustav razvijen u nekoj drugoj europskoj zemlji može biti prilagođen lokalnim potrebama. Tu prilagodbu treba provesti za različite aspekte (prioritete, modele oštećivanja, vrste zahvata,...)
- Primjer: danski program Belman u Latviji

- Danas u većini zemalja više nije pitanje da li koristiti sustave gospodarenja, jer su oni već godinama u upotrebi i provjero su učinkoviti
- Pravi izazov današnjice je kako postojeće sustave gospodarenja pojedinim elementima infrastrukture (kolnicima, mostovima, opremom,...) objediniti u cjelovit sustav gospodarenja ukupnom cestovnom imovinom

# Gospodarenje u Hrvatskim cestama

- Krajem 1990-ih kupljena mjerna oprema i danski programi za gospodarenje kolnicima i mostovima
- Već desetak godina sustavno se vodi kompjuterizirana baza cestovnih podataka
- 2004. kupljen program tvrtke Deighton – dTIMS CT i započet pa zaustavljen postupak uspostave SGK
- Krajem 2010. ugovorene konzultantske usluge za uspostavu SGK s tvrtkom Viagroup, projekt dovršen u ožujku 2012.

# Zašto dTIMS CT softver ?

- Omogućava primjenu individualnih rješenja - različitih koncepata sustava gospodarenja za svakog korisnika
- Sve aplikacije su u stalnom razvoju
- Može se koristiti za različite elemente cestovne infrastrukture (ne samo kolnike)
- U našem okruženju koriste ga Austrija, Italija, Njemačka, Švicarska, Belgija, Slovenija...

# Korisnici dTIMS CT softvera



# Referentni sustav lociranja podataka

Dva su različita pristupa:

- **linearne metode:** izražavaju adresu u obliku linearog pomaka duž ceste
- **prostorne metode:** izražavaju adresu geo-koordinatama (dužinom, širinom, visinom).  
Pokretačka snaga za korištenje geo-koordinata je želja za korištenjem GIS-a

# Na državnim cestama: metoda kilometarskih oznaka

- Fizičko postavljanje oznaka (stupića) na punim kilometrima duž ceste
- Na svakoj oznaci mora biti broj koji predstavlja stvarnu kilometarsku poziciju oznake



# Prikupljanje podataka

- Prikupljanje podataka o cestama je vremenski i finansijski zahtjevna zadaća
- Podaci trebaju biti relevantni za stvaranje informacija za poboljšanje odlučivanja
- Prikupljanje podataka bez jasnog cilja nije produktivno - prikupljati samo potrebne podatke
- Prikupljati podatke s najmanjom razinom detalja dovoljnom za odgovarajuću odluku
- Prikupljeni podaci moraju se učinkovito ažurirati

# Kategorije podataka

- Inventarski podaci definiraju "stalne" fizičke karakteristike ceste (ažuriranje svakih 5 god.)
- Podaci o stanju opisuju kvalitativno i kvantitativno sadašnje stanje kolnika (svakih 1 do 5 godina)
- Podaci o prometu i okolini opisuju utjecaj prometa, temperatura, oborina

# Najčešće prikupljani podaci o stanju kolnika u Europskim zemljama

- Uzdužna ravnost: dobre metode mjerjenja opremom velikog učinka
- Poprečna ravnost (kolotrazi): dobre metode mjerjenja opremom velikog učinka
- Oštećenja površine ceste (pukotine, ud. jame i dr.): danas se navedene karakteristike većinom prikupljaju vizualnim pregledima
- Nosivost (struktturna čvrstoća) kolnika: nedostaju dobre metode za mjerjenje na razini mreže
- Otpor trenju (hvatljivost): mjerna oprema

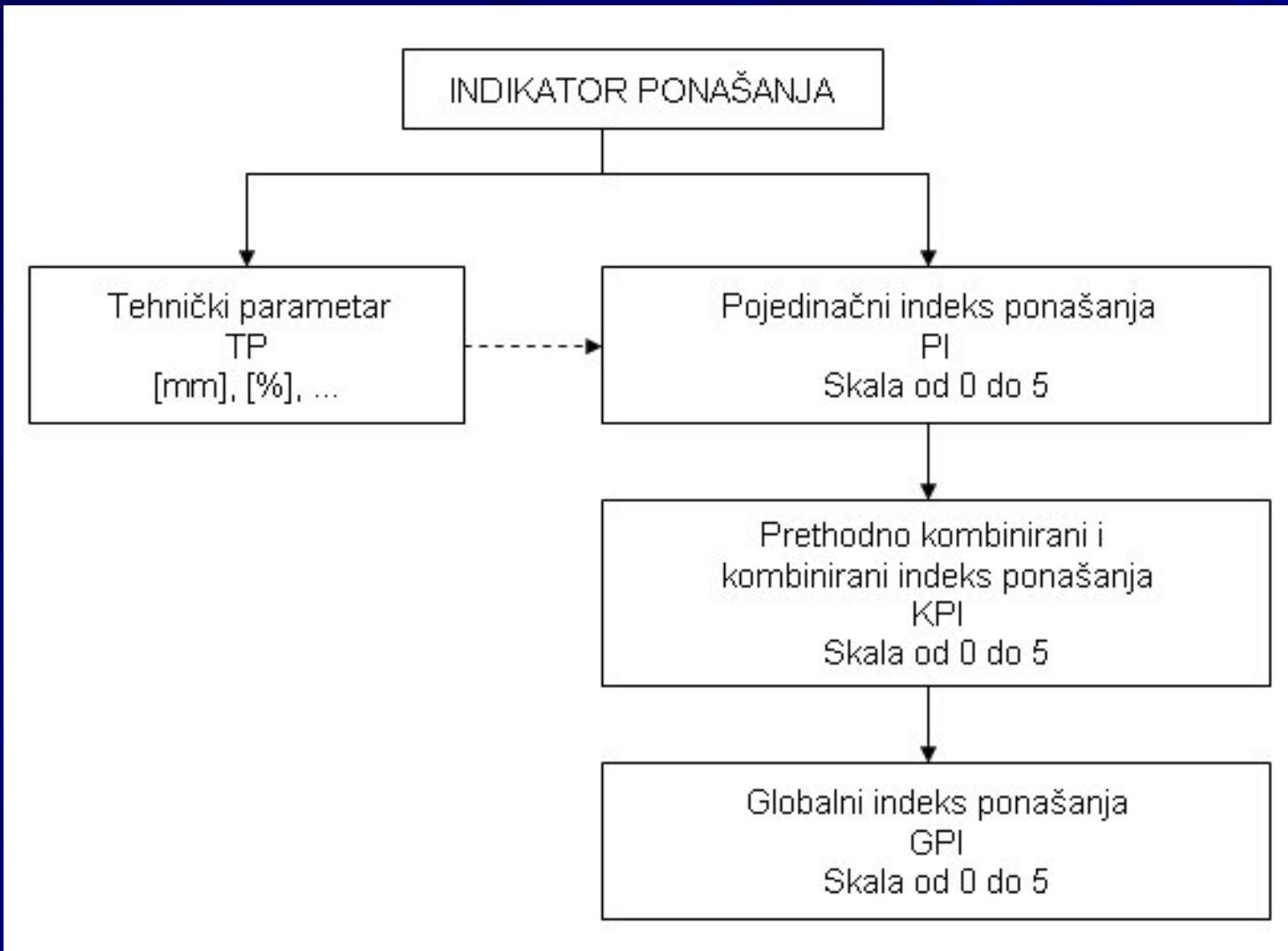
# Projekt uspostave SGK za državne ceste

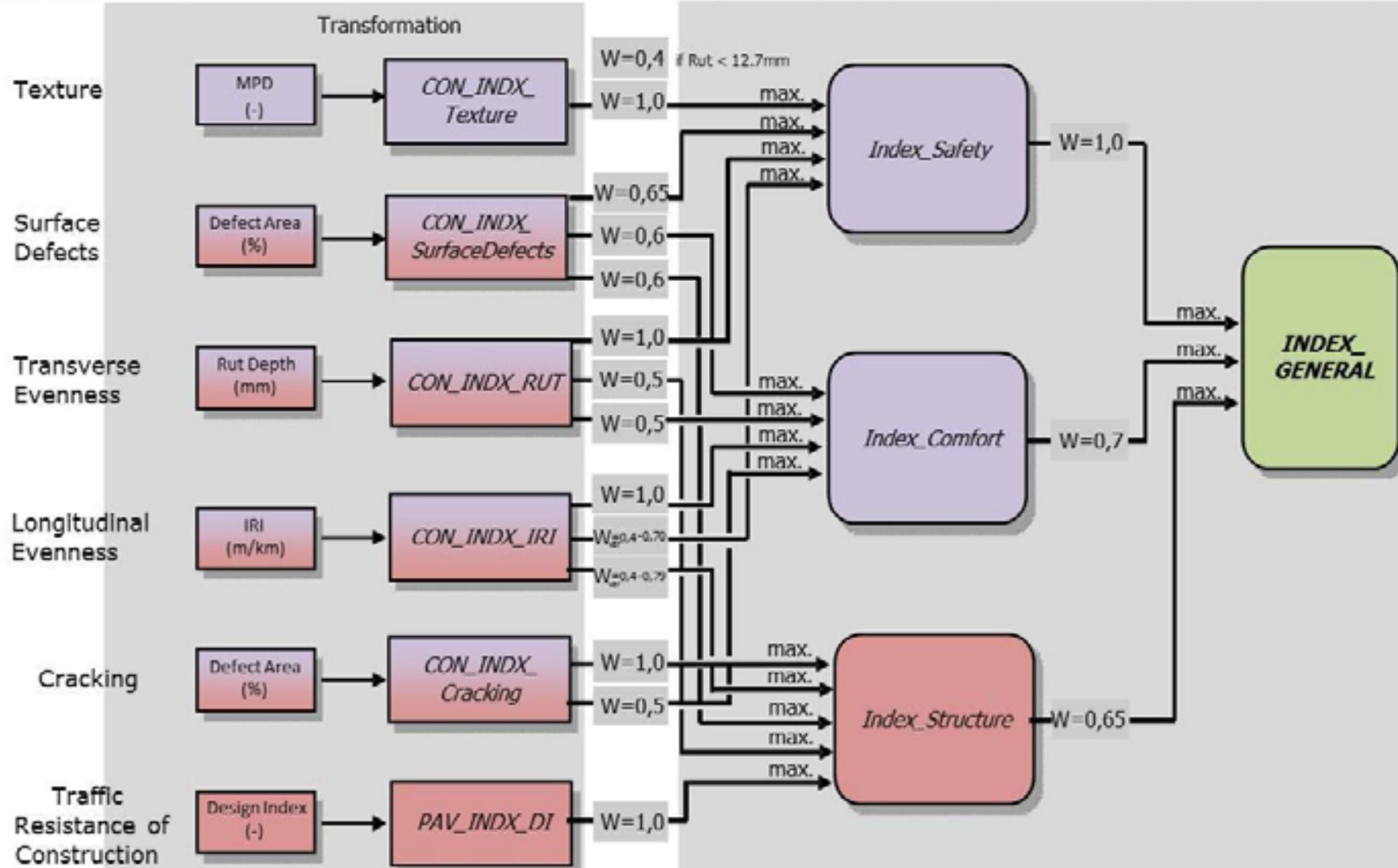
- Poboljšanje metode vrednovanja stanja kolnika
- Određivanje modela za predviđanje ponašanja kolnika
- Definiranje «koristi» za potrebe optimizacije
- Definiranje vrsta zahvata i kriterija za njihovo poduzimanje
- Definiranje načina određivanja homogenih dionica na cestovnoj mreži
- Provođenje analiza na državnoj mreži za različite scenarije ulaganja

# Ocjenvivanje stanja kolnika

- Preporuke europskog projekta COST 534 - Indikatori ponašanja cestovnih kolnika, uz prilagodbu za naše uvjete
- Stanje se ocjenjuje bezdimenzionalnim indeksima na skali od 0 – 5:
  - pojedinačni indeksi stanja
  - tri kombinirana indeksa: indeks sigurnosti, indeks udobnosti i indeks strukture
  - globalni indeks stanja kolnika

# Razvoj indikatora ponašanja kolnika





# Homogene dionice

- Temelje se na informacijama o stanju i konstrukciji kolnika:

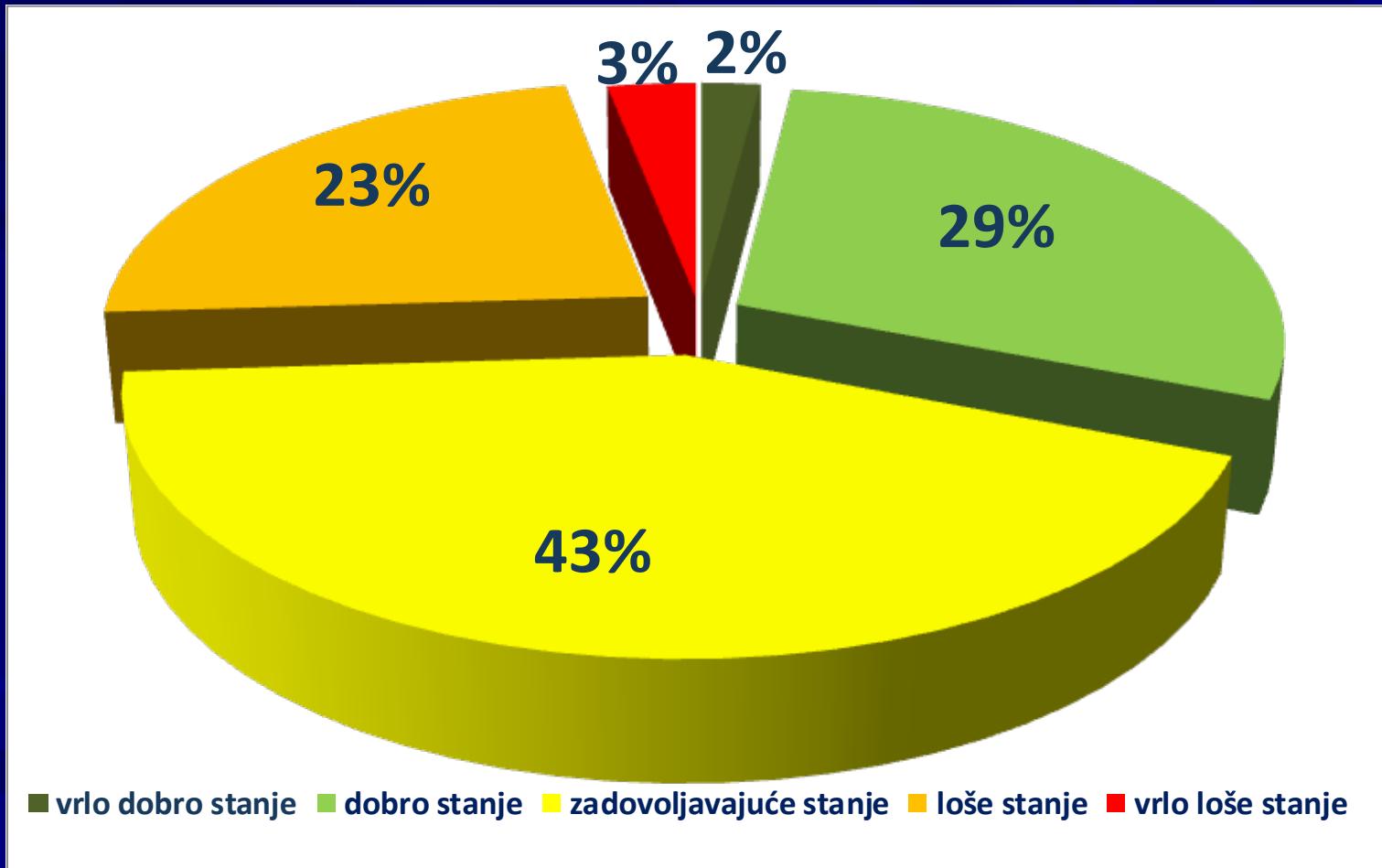
## 1. Reprezentativne vrijednosti:

Maks.(Indeks kolotraženja\_ravnosti\_raspucanosti\_teksture)

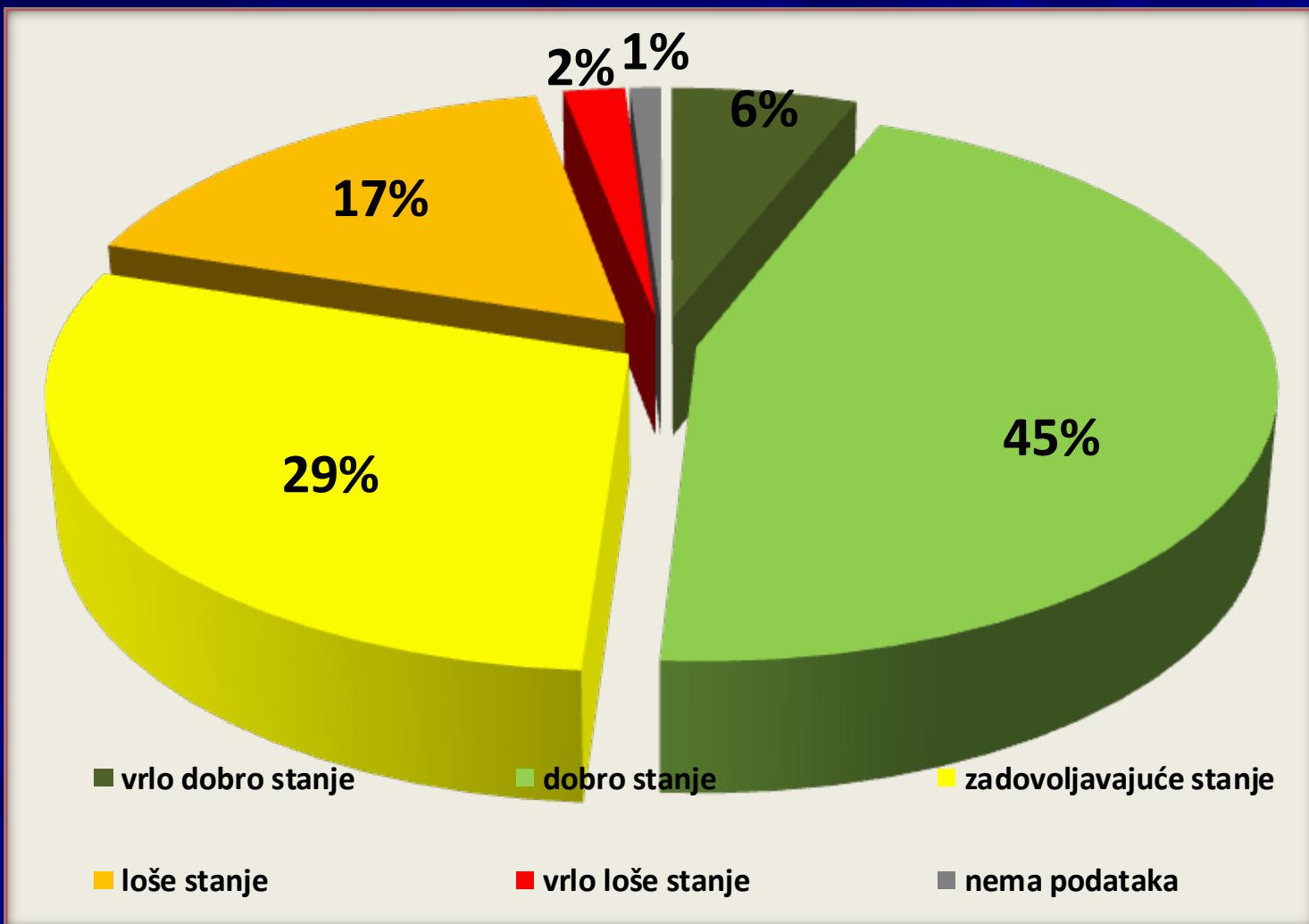
2. Pokretno uprosjećivanje na dužini 500 m
3. Ako je razlika manja od 0,6 dionice se objedinjavaju
4. Dobivene dionice se klasificiraju u tri kategorije i dionice u istoj kategoriji se objedinjavaju

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

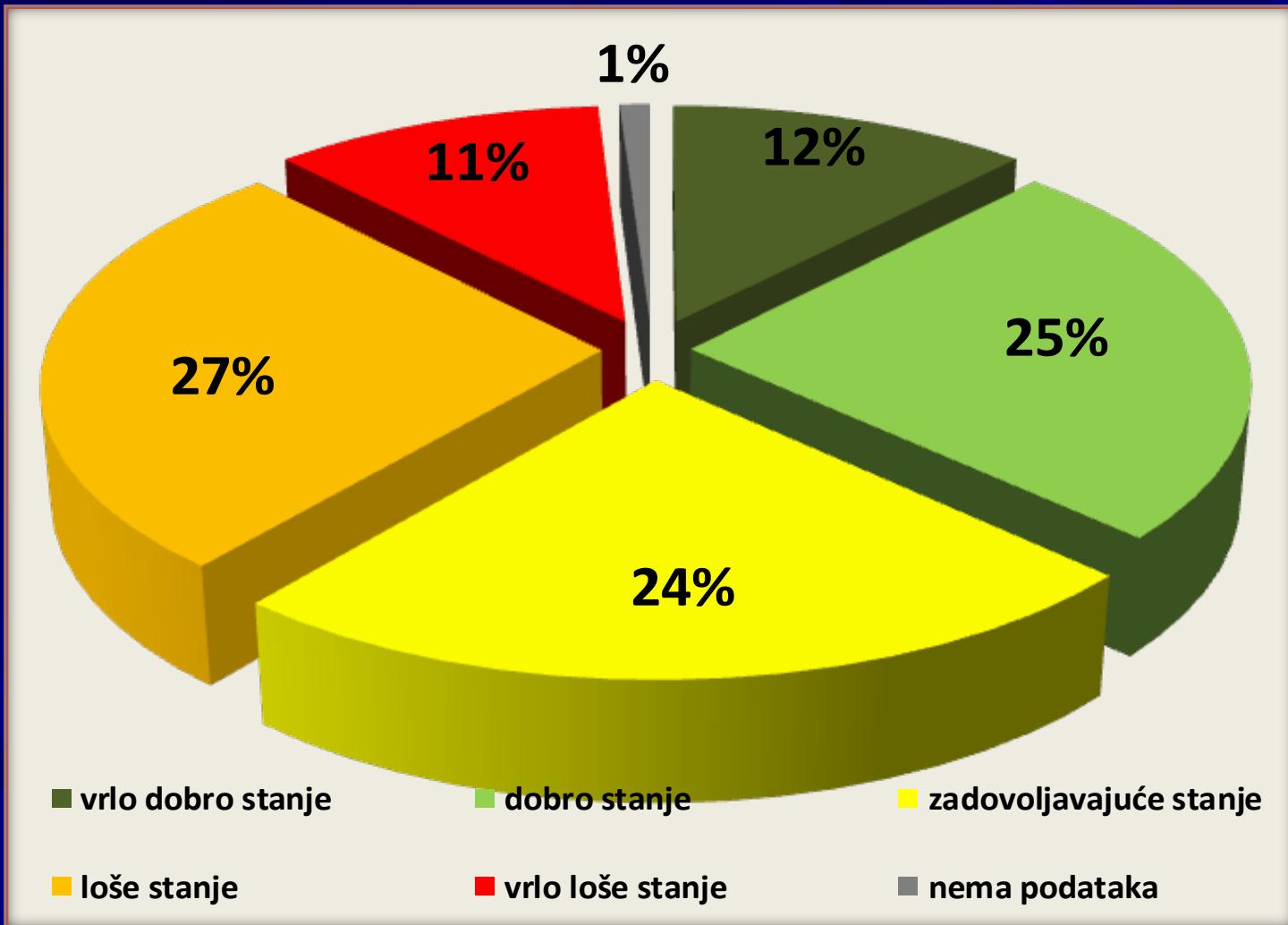
# Globalno stanje državnih cesta



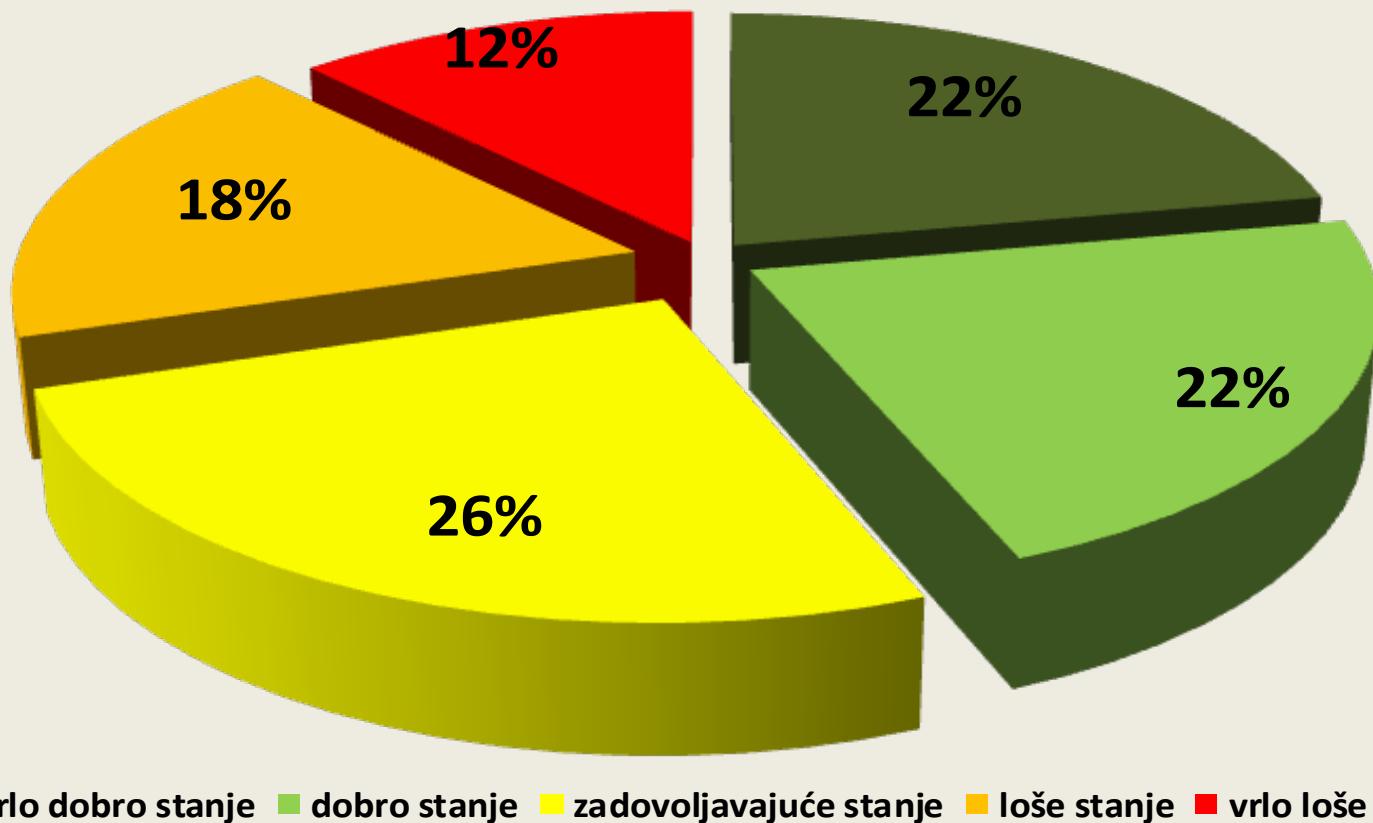
# Stanje sigurnosti državnih cesta



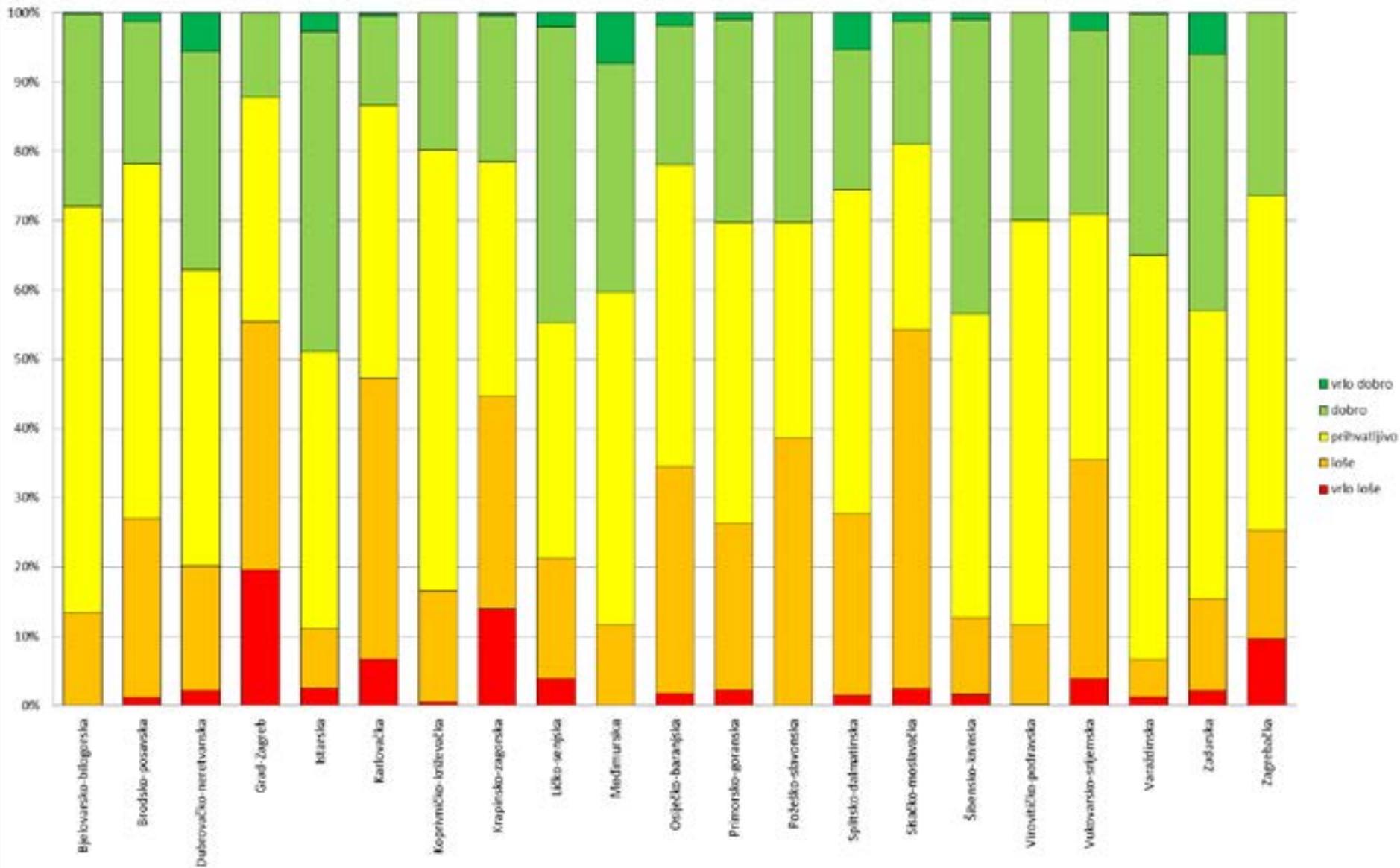
# Stanje udobnosti državnih cesta



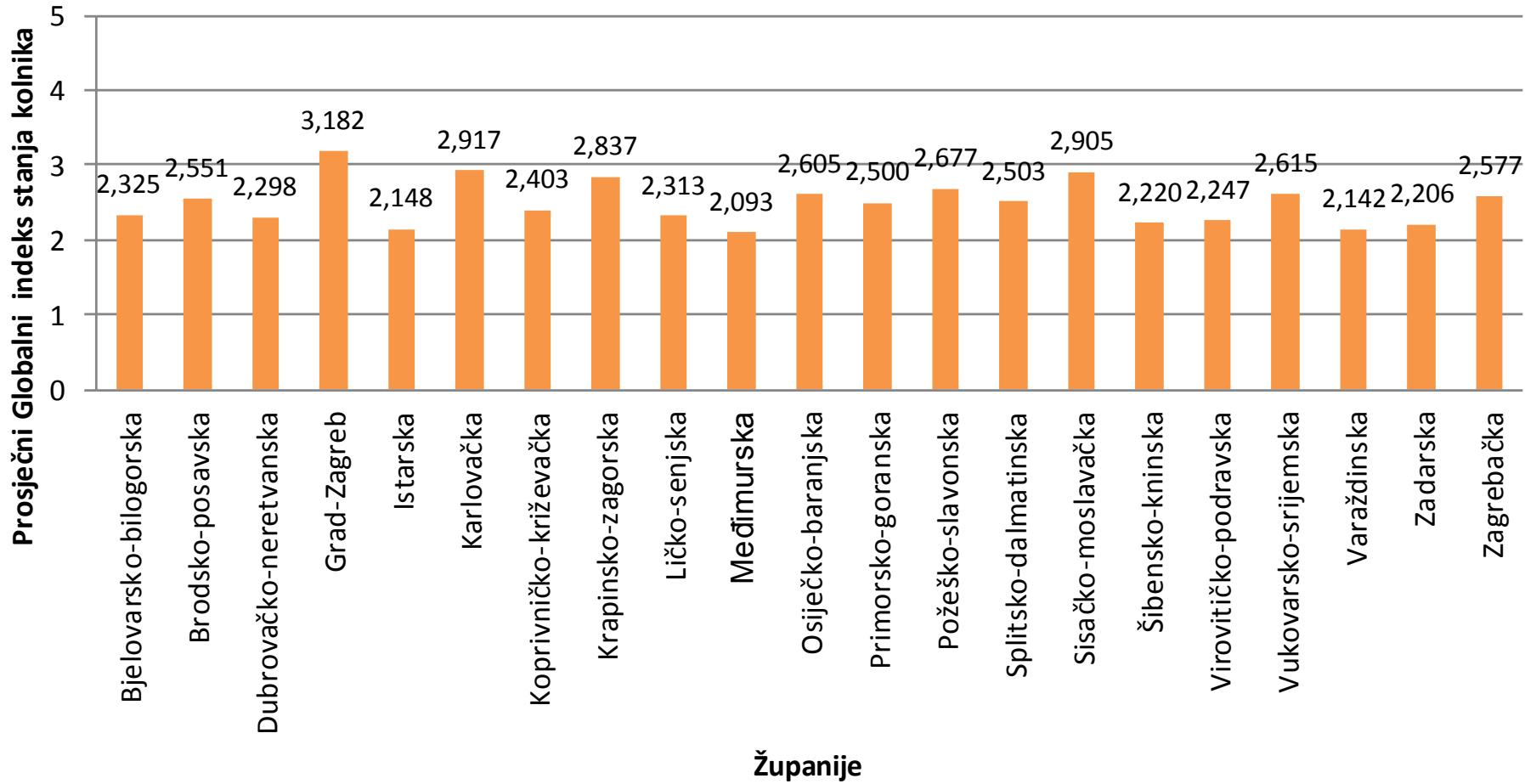
# Stanje strukture kolnika državnih cesta



### Stanje državnih cesta po županijama



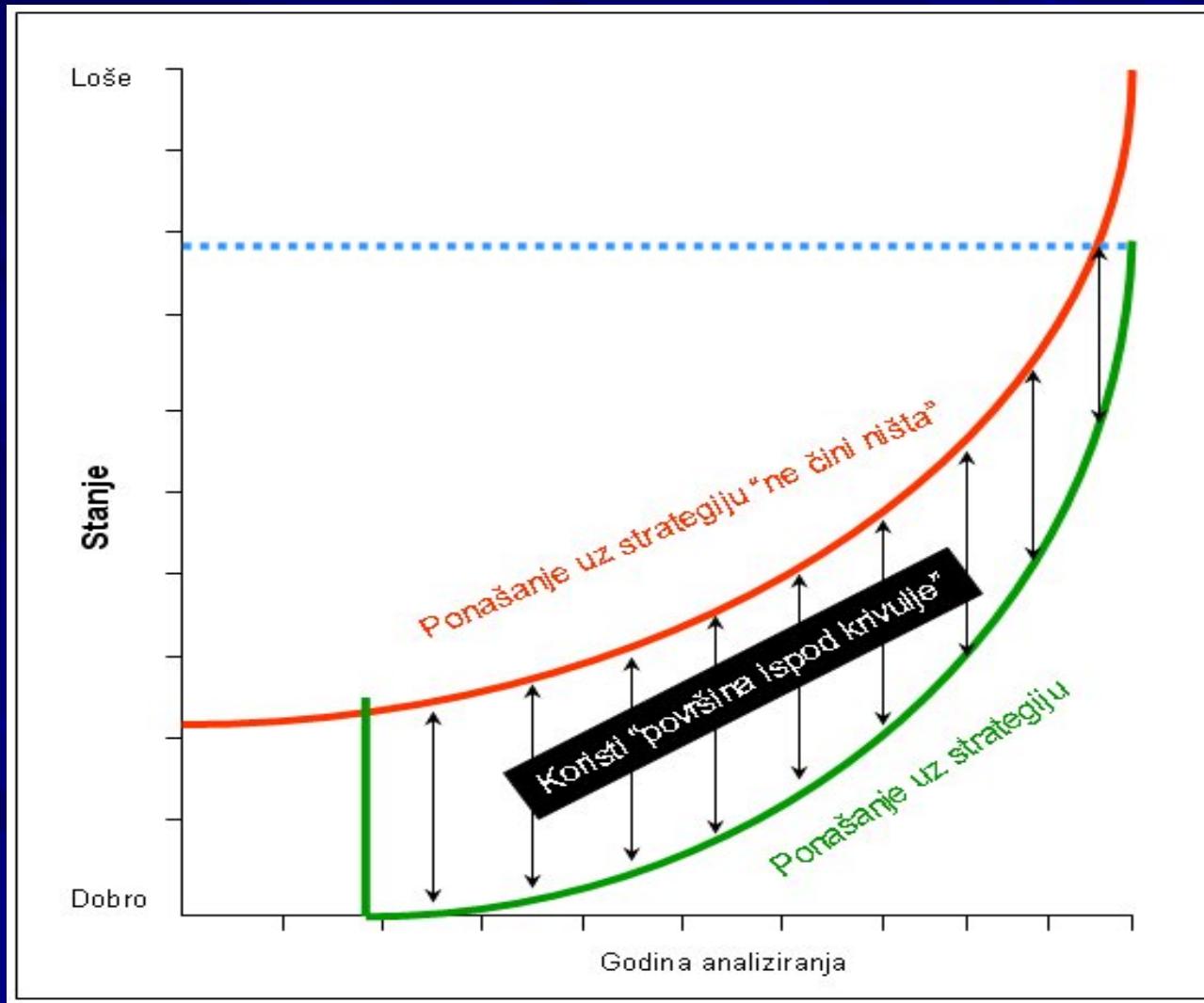
# Posječno stanje državnih cesta po županijama



# Modeli za predviđanje ponašanja kolnika

- Definirali smo modele ponašanja za:  
neravnost, kolotrage, raspucanost, oštećenja,  
makro-teksturu
- Korišteni su podaci s državnih cesta i  
provjeravani s iskustvima drugih zemalja
- Poprečna ravnost (kolotrazi):
  - $\text{Kolotrag}_{(t+1)} = \text{Kolotrag}_t + 1,33$     $\text{Kolotrag}_t < 2,0$
  - $\text{Kolotrag}_{(t+1)} = \text{Kolotrag}_t + 1,00$     $2,0 \leq \text{Kolotrag}_t < 4,0$
  - $\text{Kolotrag}_{(t+1)} = \text{Kolotrag}_t + 0,50$     $\text{Kolotrag}_t \geq 4,0$

# Izračun koristi metoda “površine ispod krivulje”



# Zahvati na uređenju kolnika

- Definirali smo:
  - Vrste zahvata
  - Jedinična cijena svakog zahvata
  - Razine stanja kolnika za primjenu svakog zahvata
  - Utjecaj svakog zahvata na stanje kolnika (resetiranje stanja)

# Vrste zahvata na kolniku

- Potpuna rekonstrukcija: zamjena svih slojeva (nema otpornosti na smrzavanje)
- Strukturno ojačanje kolnika: zamjena i prilagodba asfaltnih slojeva
- Zamjena asfaltnih slojeva: zbog površinskih ili strukturnih problema
- Obnova završnog sloja: zbog površ. problema
- Krpanje/popravci (redovno održavanje)
- Glodanje (redovno održavanje)
- Proširenje kolnika kod rekonstrukcije/ojačanja

# Analize

- Stopa diskontiranja: 3%
- Inflacija: 0%
- Početna godina: 2012.
- Razdoblje analiza: 2012.-2030.
- Rezultati su prikazani po dvogodišnjim intervalima
- Analize za različite iznose proračuna za održavanje

# Analizirani proračuni za održavanje kolnika državnih cesta

- Samo redovno održavanje
- Opcija 500 mil. kuna godišnje
- Opcija 750 mil. kuna godišnje
- Opcija 1.000 mil. kuna godišnje
- Neograničen proračun

# Ukupno ulaganje u održavanje/obnovu

## ■ Opcija "samo redovno" održavanje

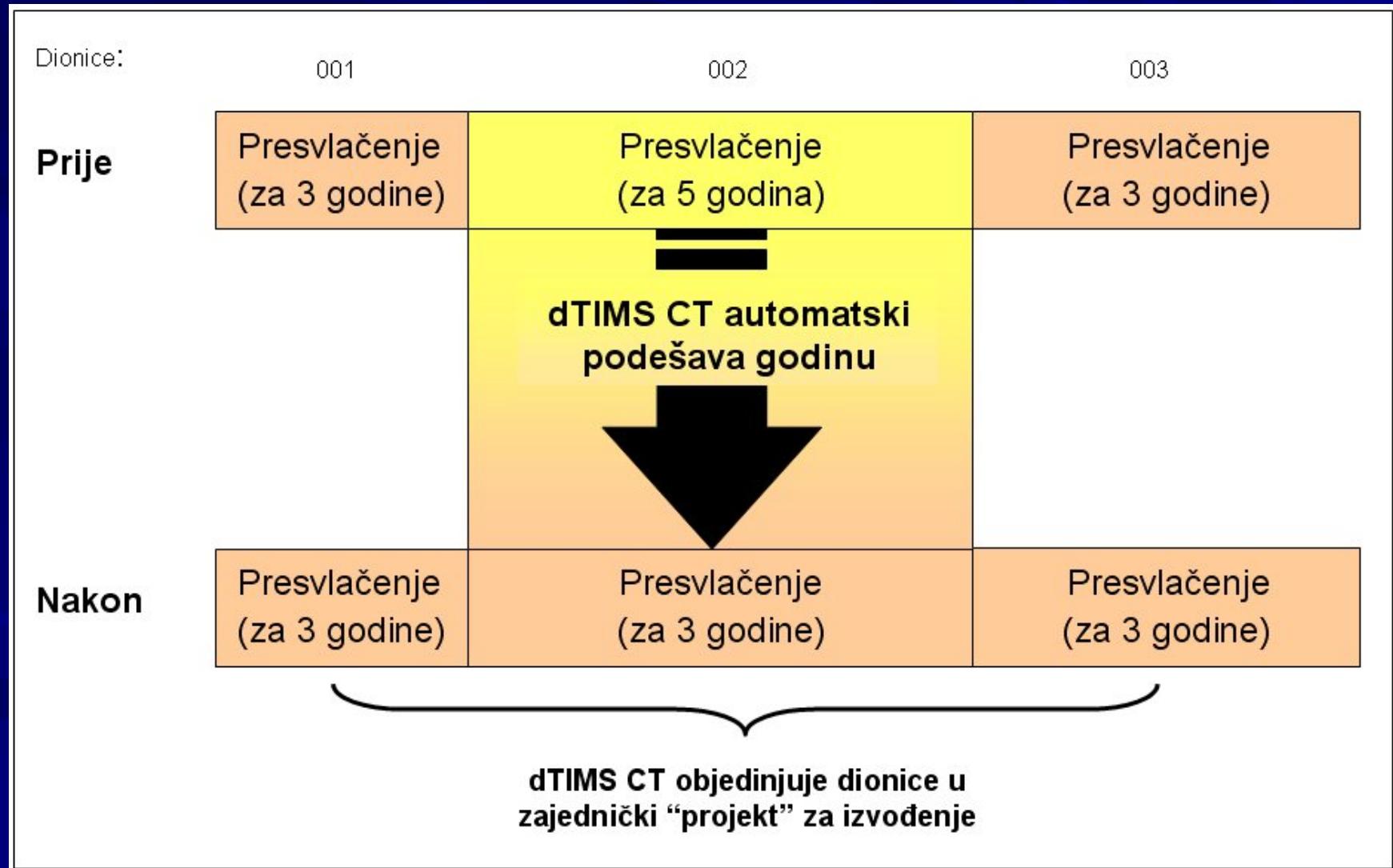
**Ukupno:** **350 mil. kuna**

## ■ Opcija "500" mil. kuna/godišnje:

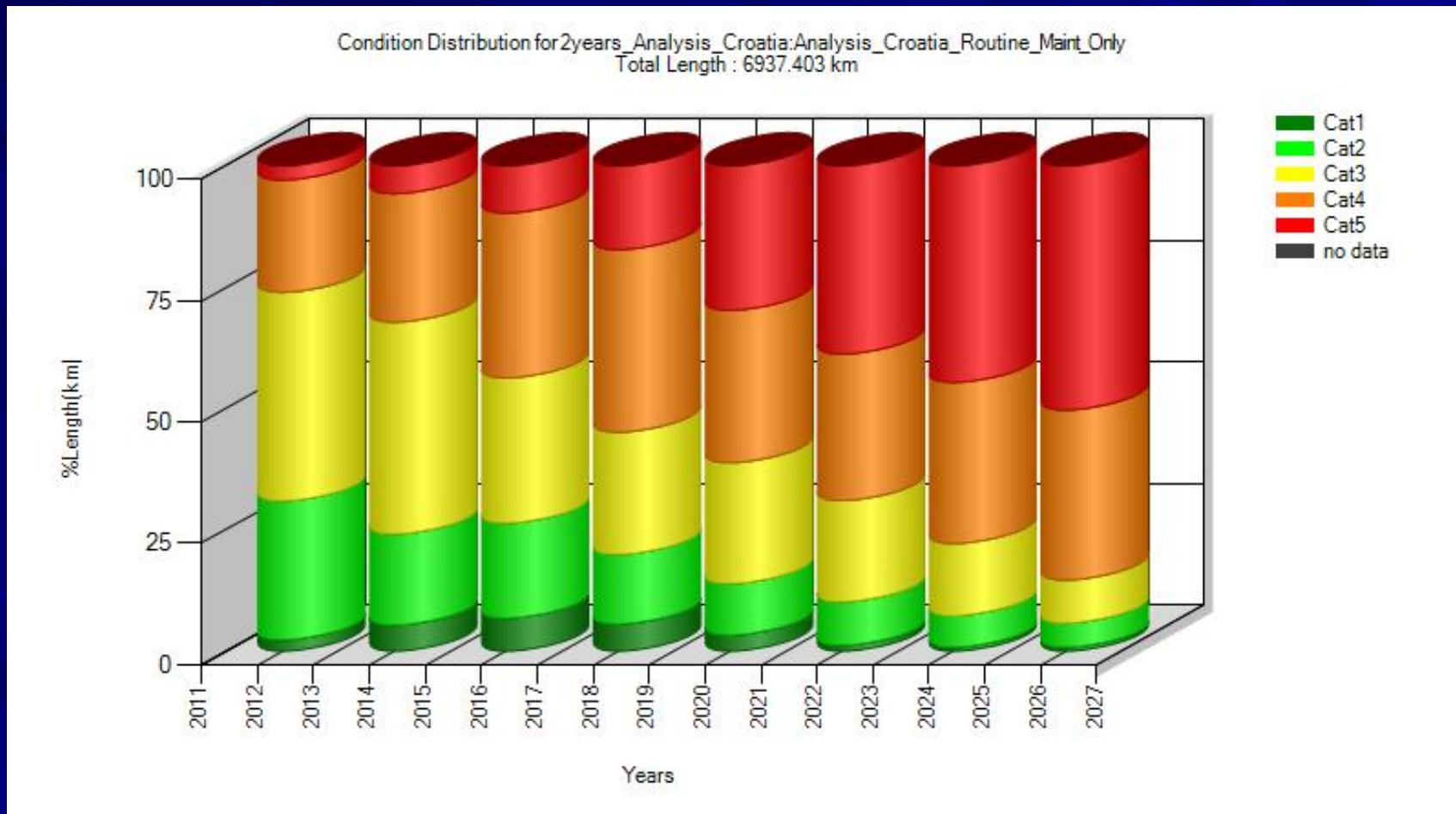
– Cestovni kolnici:	500 mil. kuna
– Cestovni objekti:	60 mil. kuna
– Uređenje raskrižja, sanacija opasnih mjesta, klizišta,.. :	60 mil. kuna
– Izrada projekata, nadzor:	30 mil. kuna
– Redovno održavanje:	350 mil. kuna
<b>– Ukupno:</b>	<b>1.000 mil. kuna</b>

- Opcija "750" mil. kuna/godišnje:
  - **Ukupno:** **1.250 mil. kuna**
- Opcija "1000" mil. kuna/godišnje:
  - **Ukupno:** **1.500 mil. Kuna**
- Opcija "neograničeno"

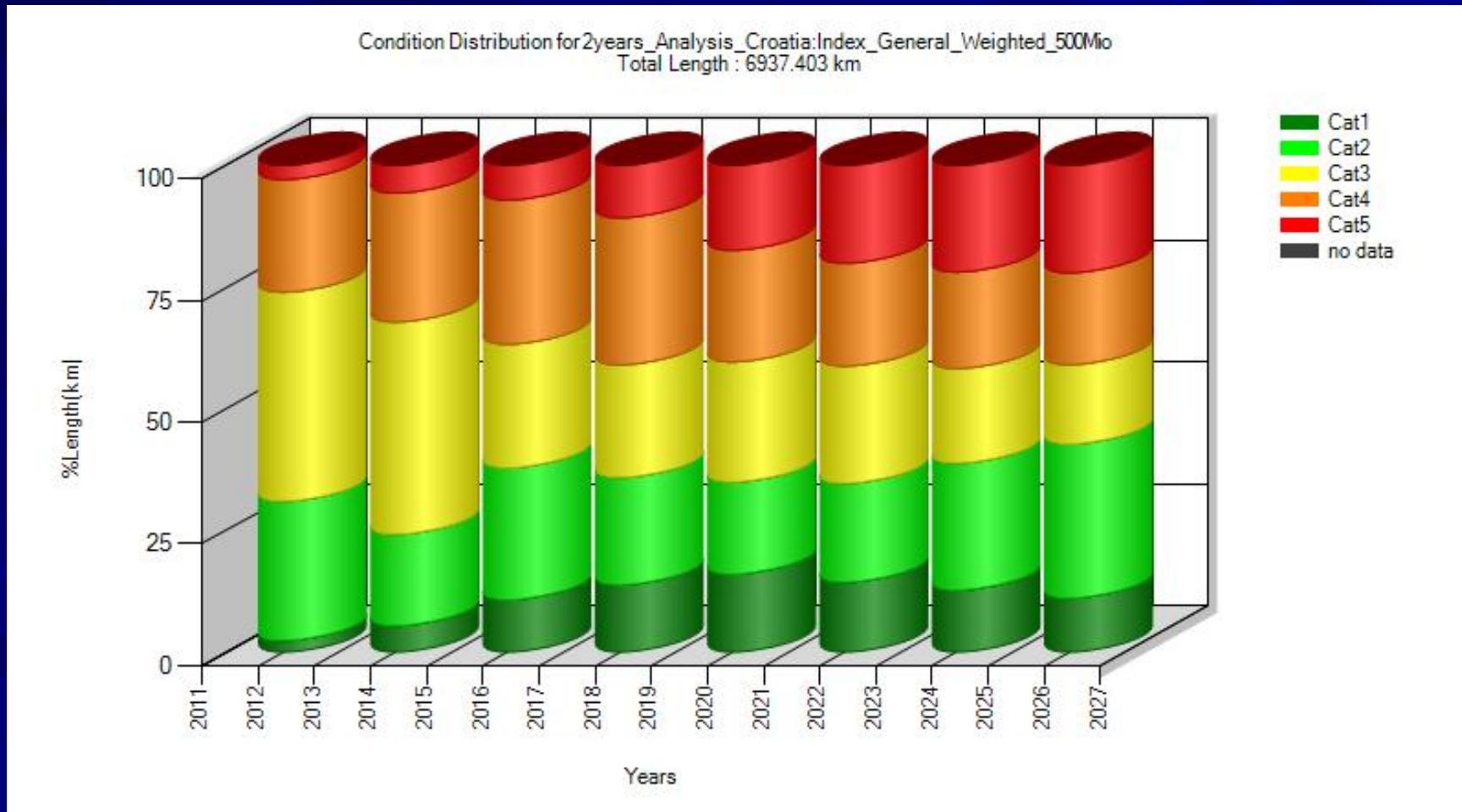
# Princip pretvaranja rezultata analiza u razumne građevinske projekte



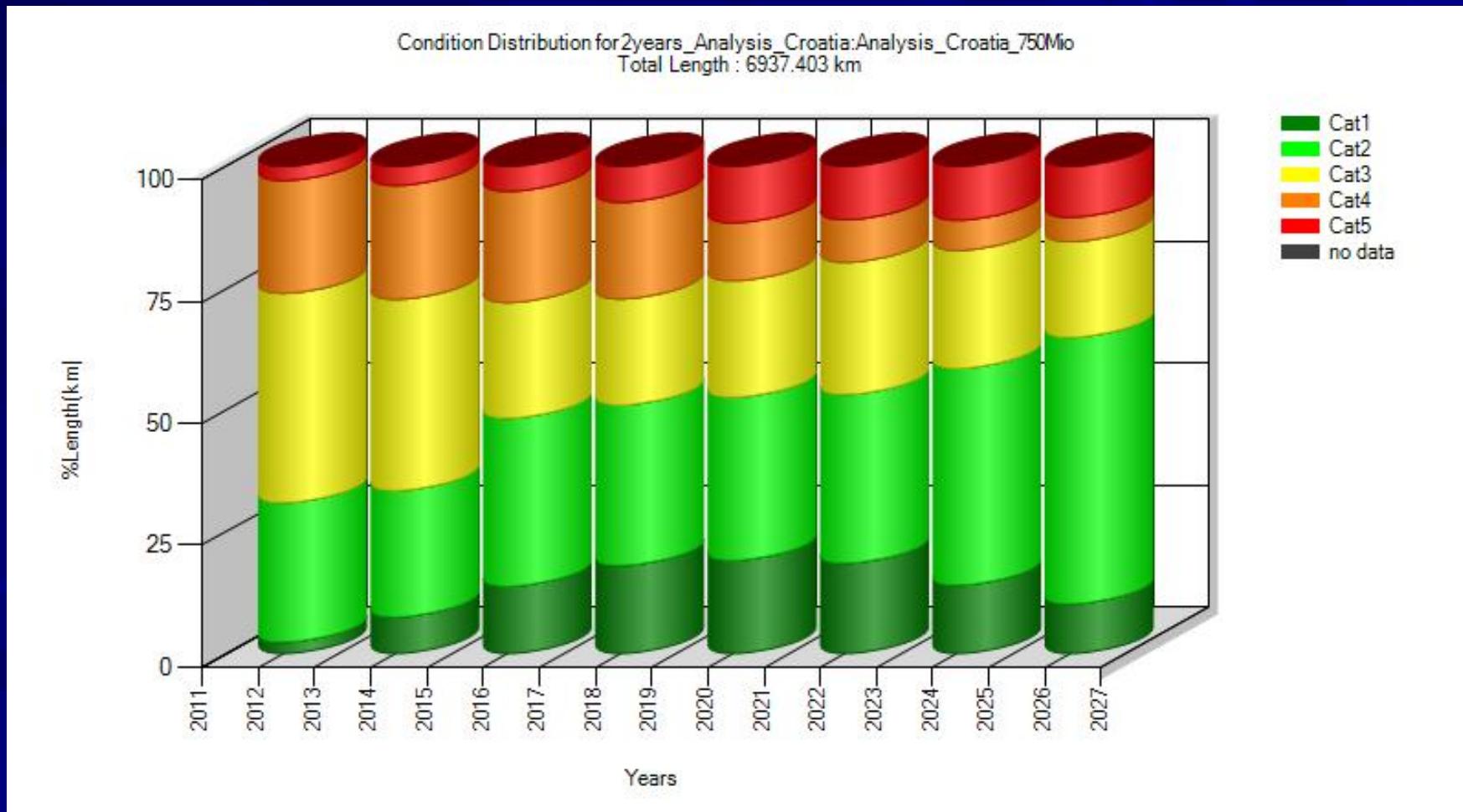
# Samo redovno održavanje kolnika



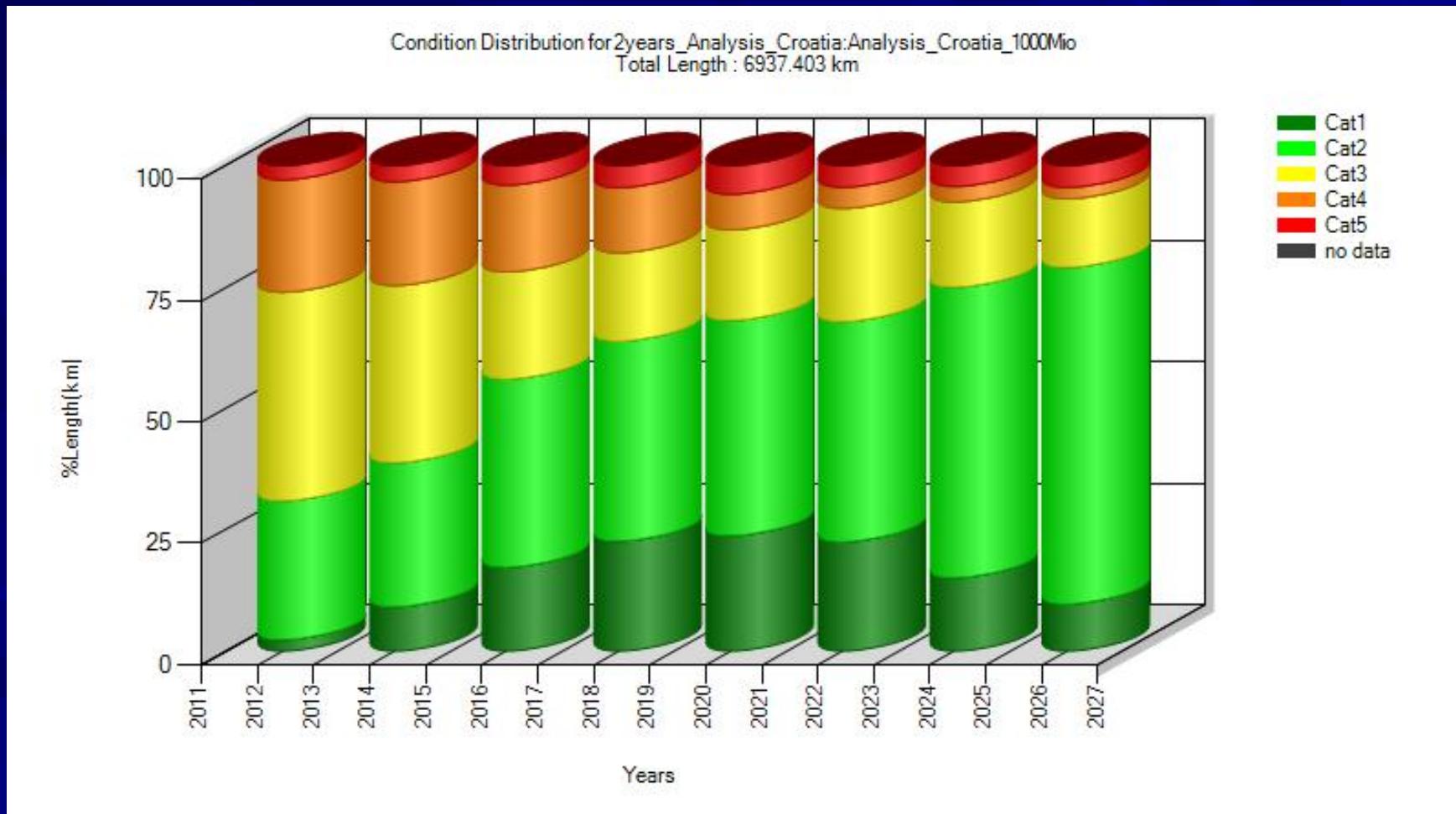
# Investicijsko održavanje kolnika 500 mil. kuna/godišnje



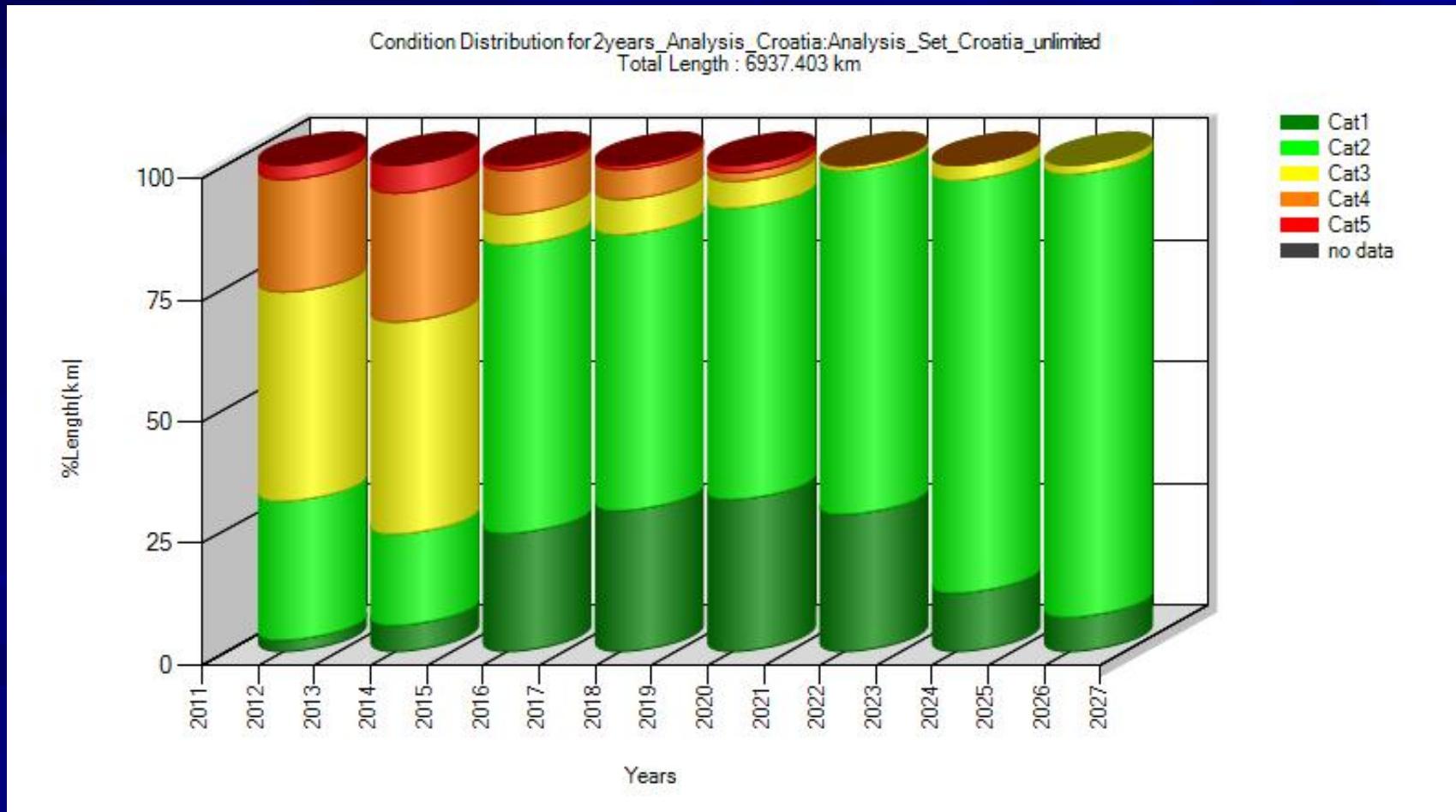
# Investicijsko održavanje kolnika 750 mil. kuna/godišnje



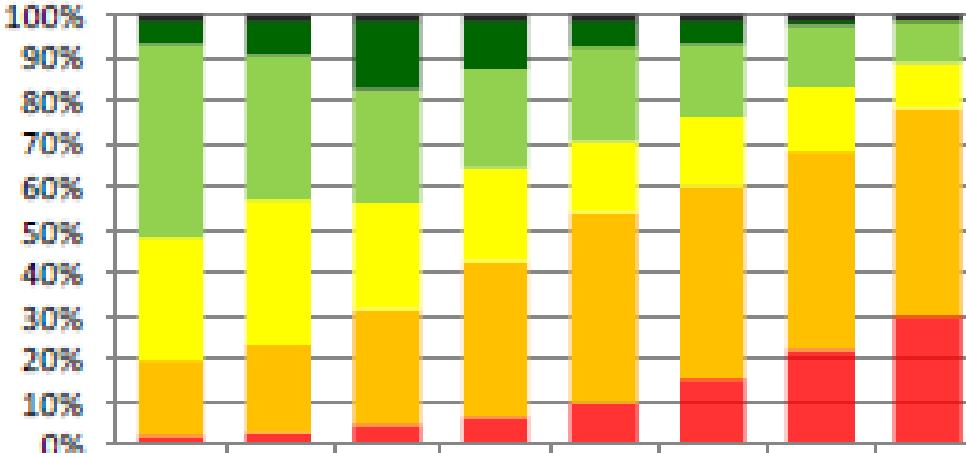
# Investicijsko održavanje kolnika 1.000 mil. kuna/godišnje



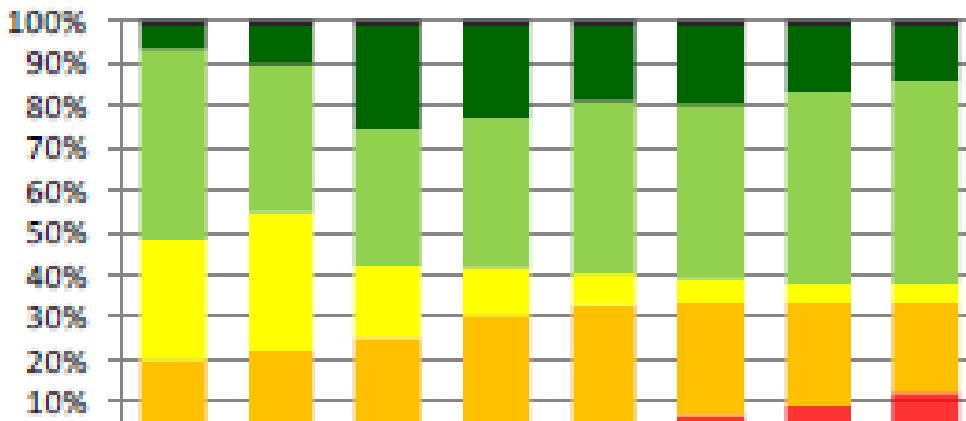
# Investicijsko održavanje kolnika neograničeno



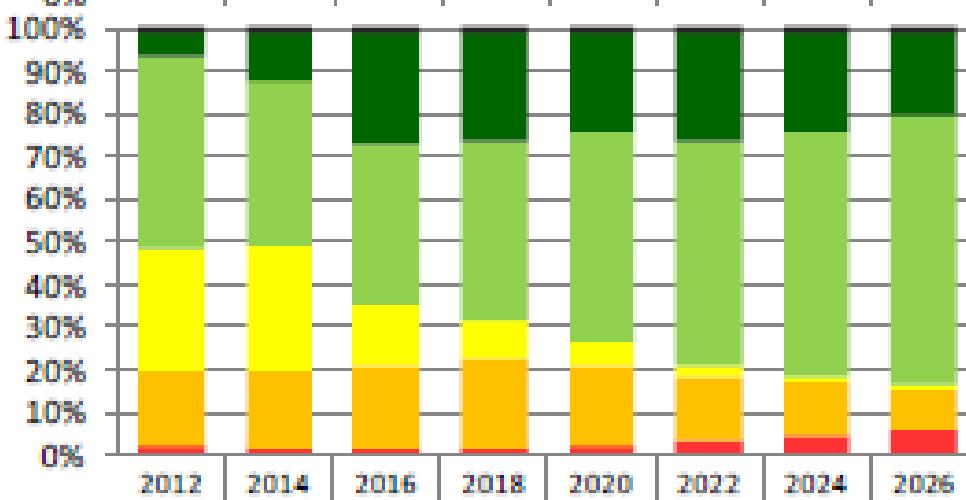
# INDEKS SIGURNOSTI



Samo redovno održavanje  
kolnika

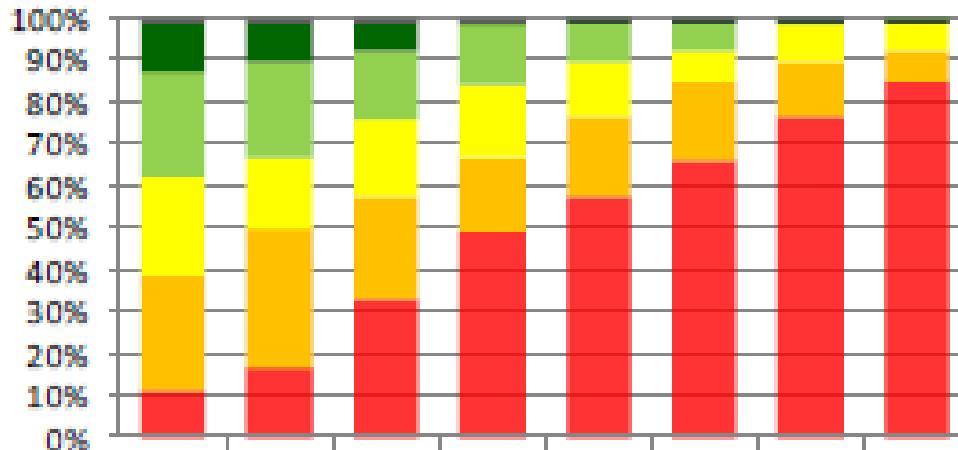


Investicijsko održavanje  
kolnika 500 mil. kuna / god.

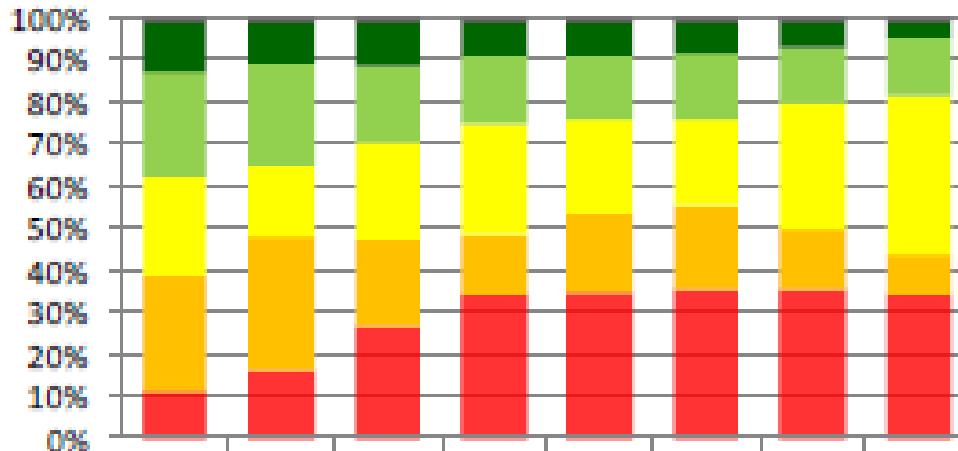


Investicijsko održavanje  
kolnika 750 mil. kuna / god.

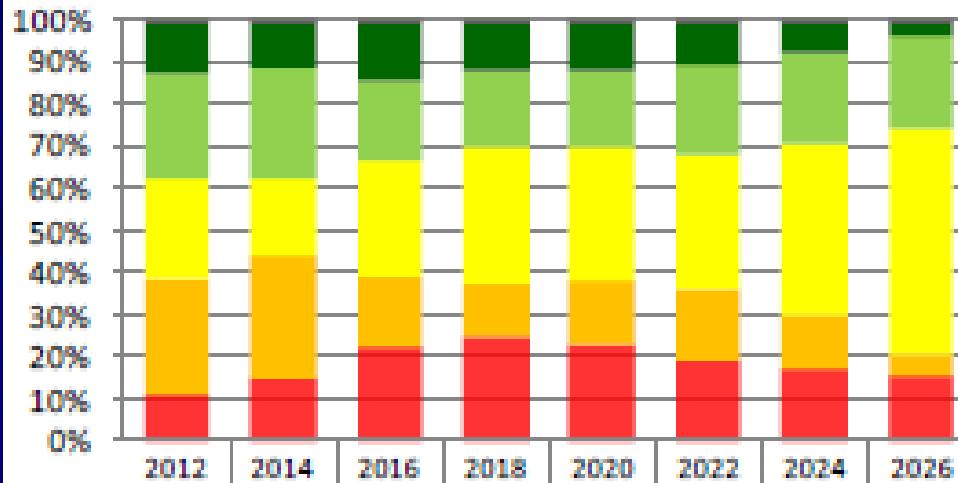
# INDEKS UDOBOSTI



Samo redovno održavanje kolnika

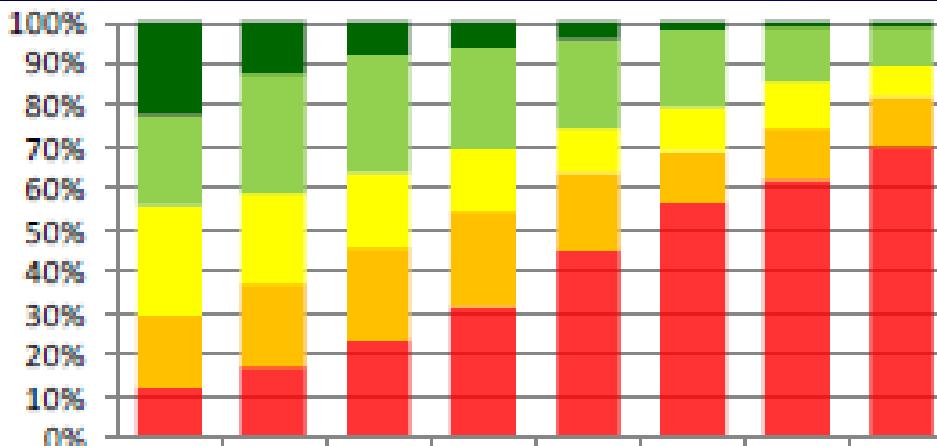


Investicijsko održavanje kolnika 500 mil. kuna / god.

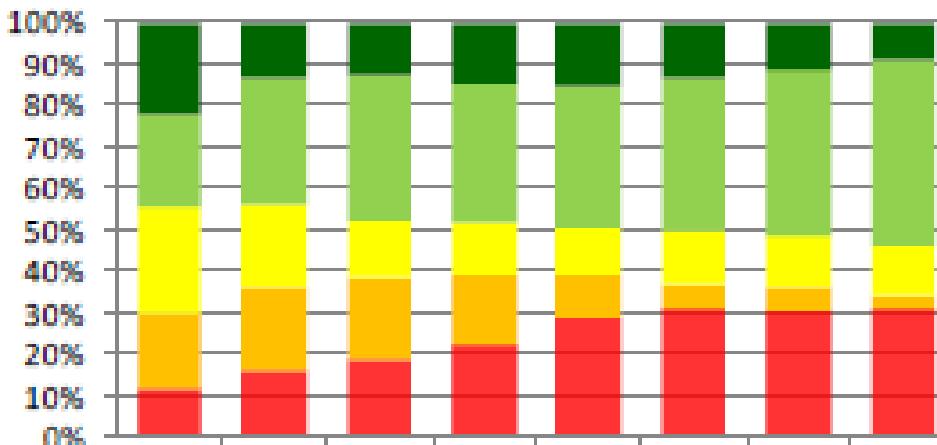


Investicijsko održavanje kolnika 750 mil. kuna / god.

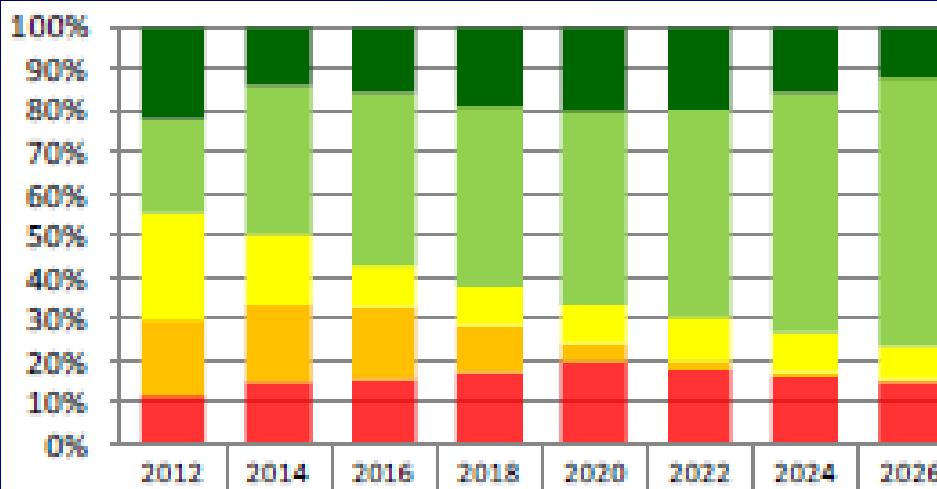
# INDEKS STRUKTUR



# Samo redovno održavanje kolnika



# Investicijsko održavanje kolnika 500 mil. kuna / god.



# Investicijsko održavanje kolnika 750 mil. kuna / god.



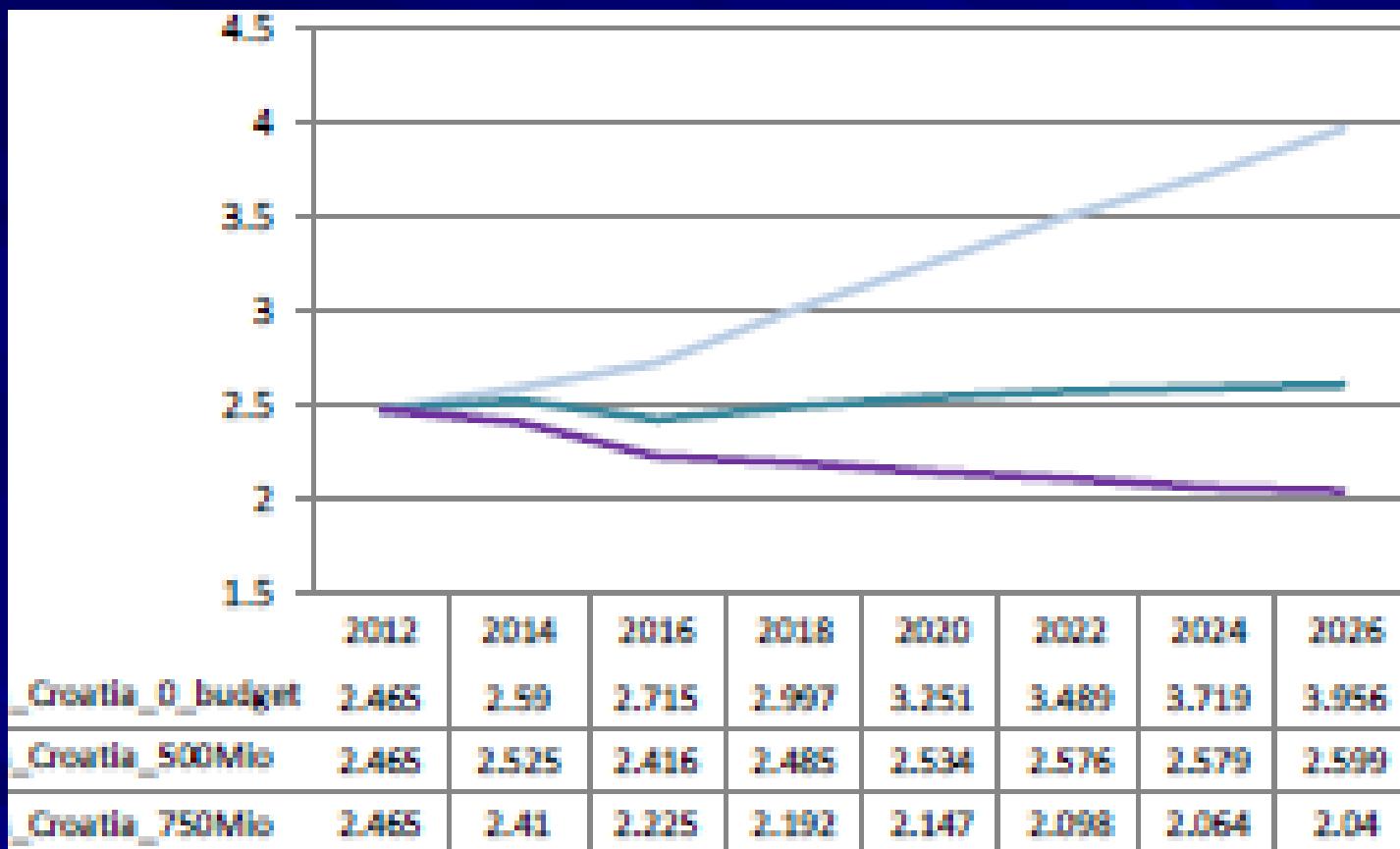
## GLOBALNI INDEKS

Samo redovno održavanje kolnika

Investicijsko održavanje kolnika  
500 mil. kuna / godišnje

Investicijsko održavanje kolnika  
750 mil. kuna / godišnje

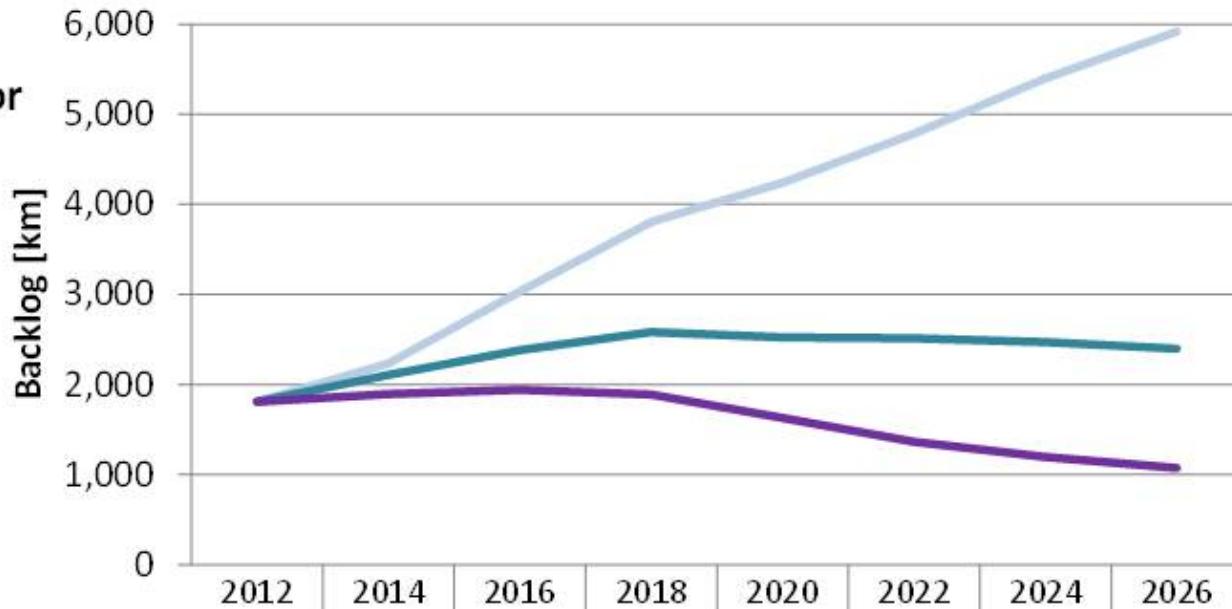
# Prosječna vrijednost globalnog indeksa



# Zaostatak u održavanju

## Globalni indeks

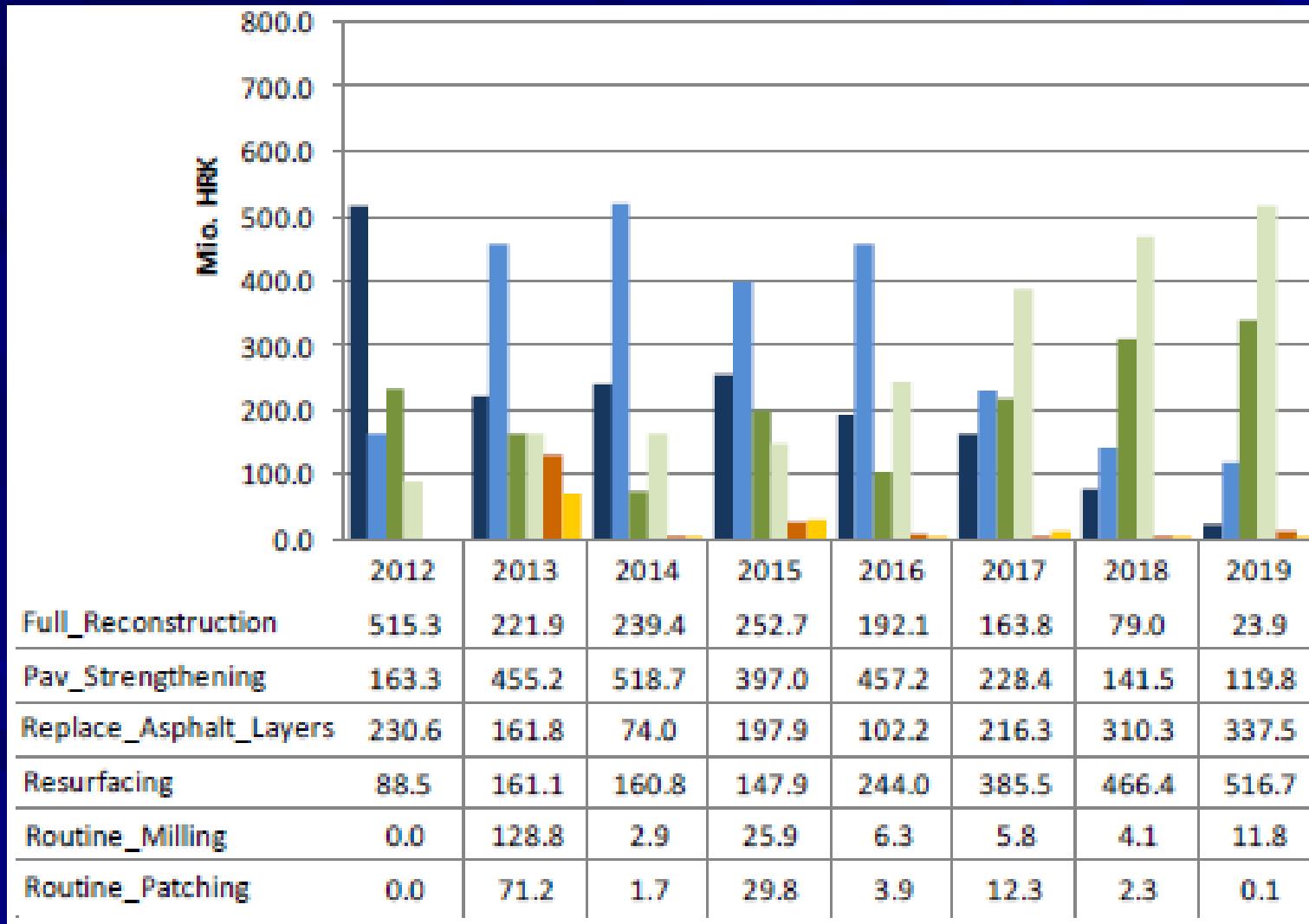
Index\_General  
poor + very poor



Analysis_Croatia_0_budget	1806.54	2233.86	3030.32	3806.17	4241.79	4782.76	5396.88	5920.11
Analysis_Croatia_500Mio	1806.54	2105.71	2379.96	2584.01	2521.46	2513.52	2469.28	2397.15
Analysis_Croatia_750Mio	1806.54	1893.39	1939.15	1886.6	1629.93	1366.18	1196.43	1071.82

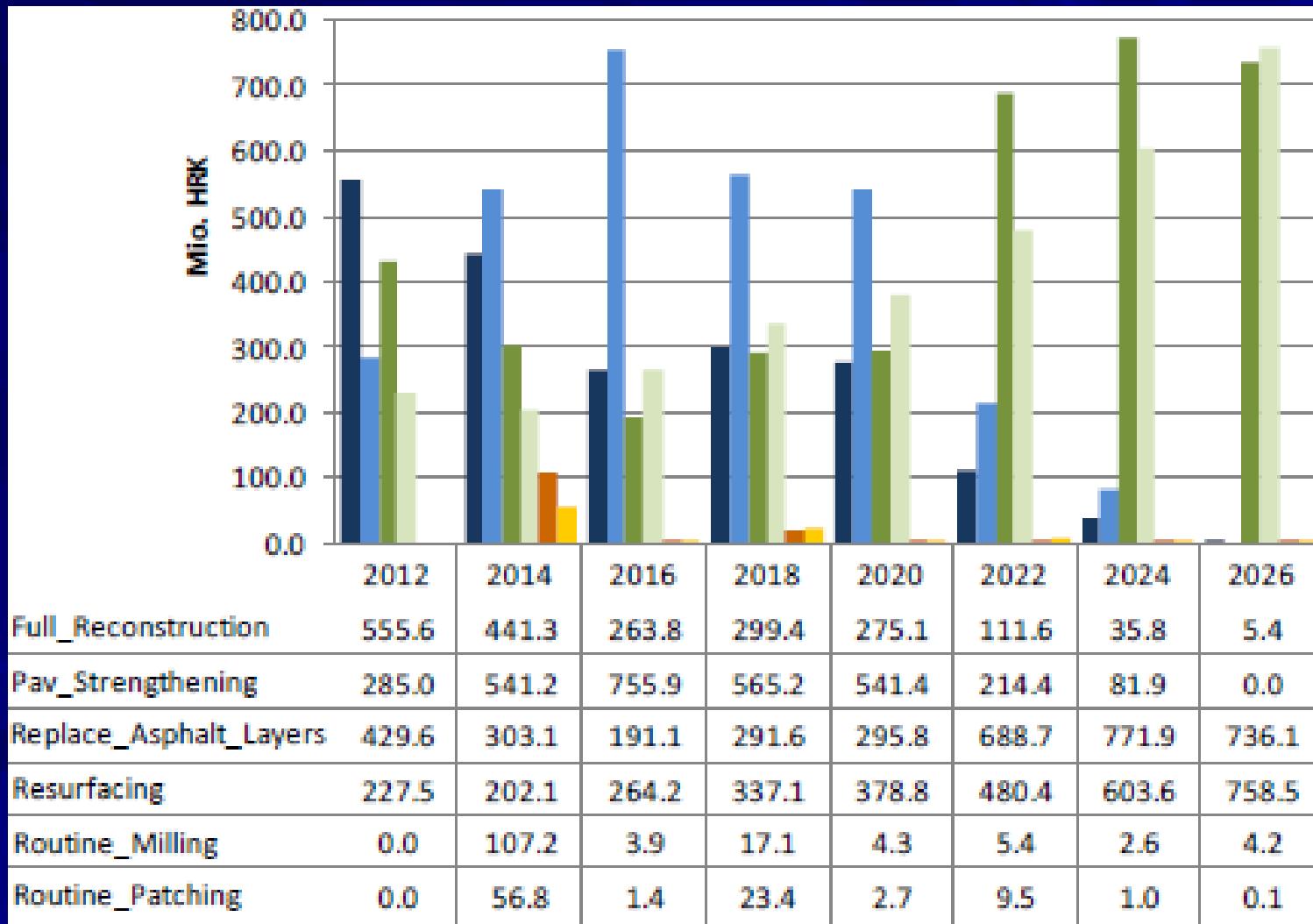
# Distribucija zahvata na kolniku – kune

## Opcija 500 mil. kuna



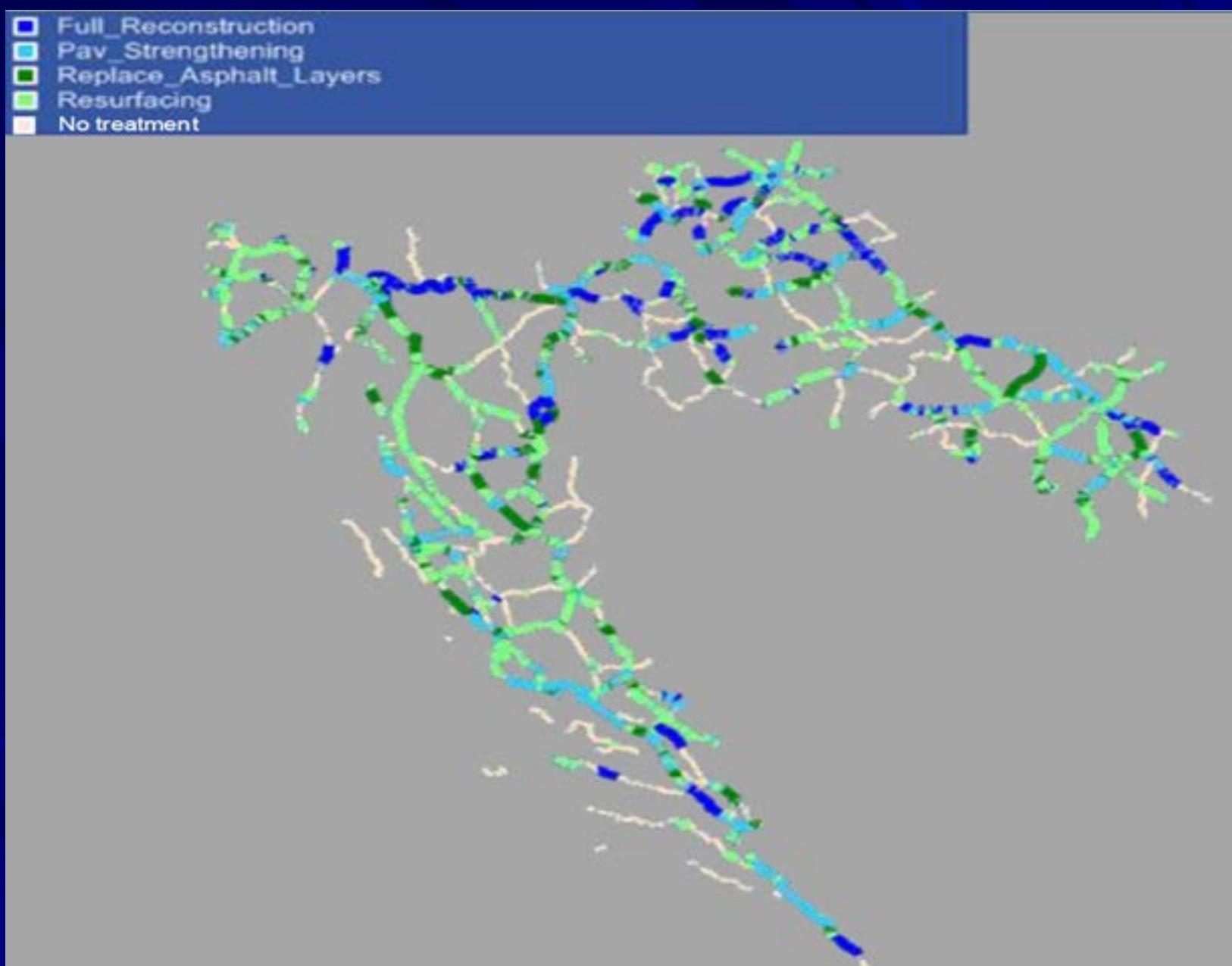
# Distribucija zahvata na kolniku – kune

## Opcija 750 mil. kuna



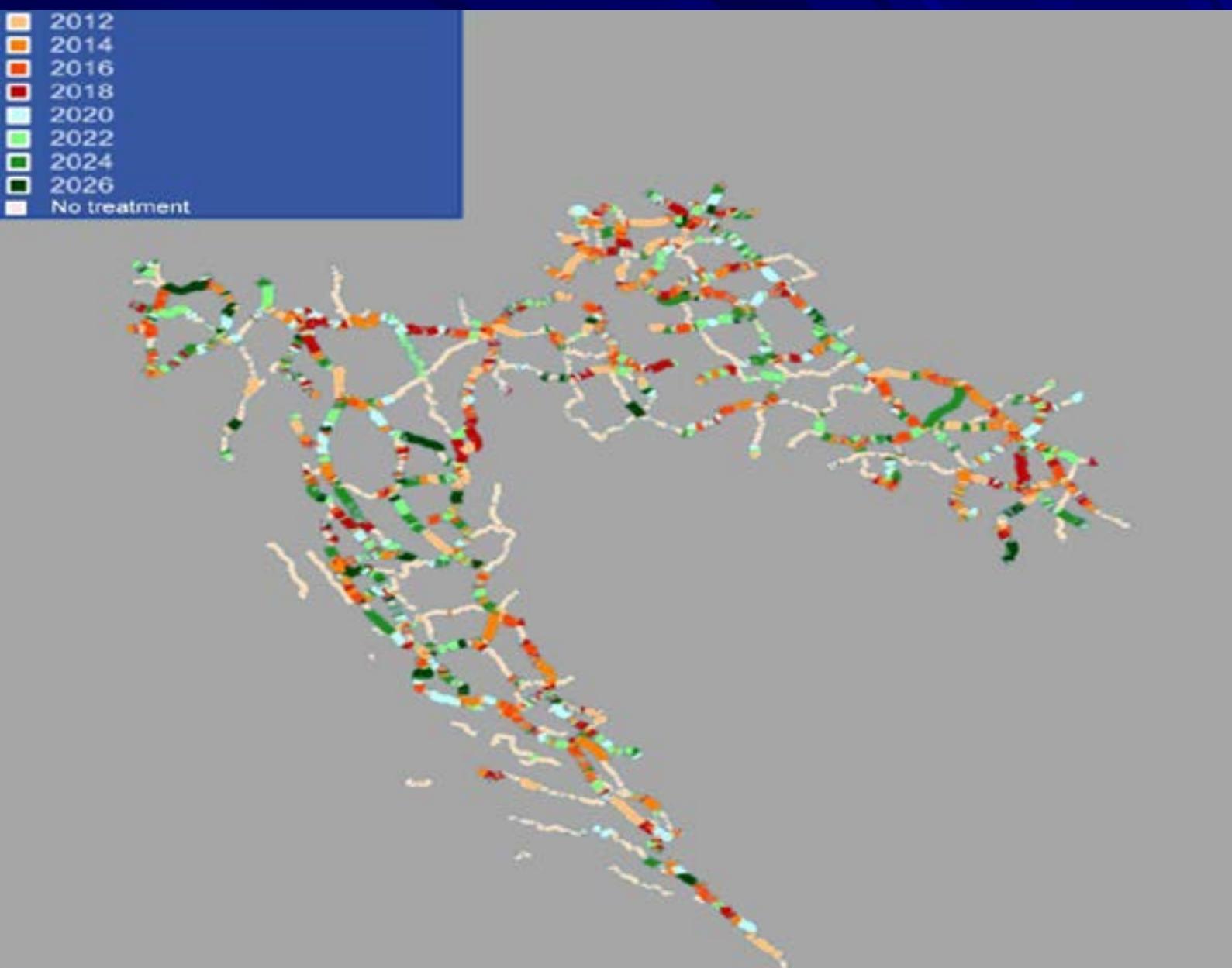
Distribucija  
po vrstama  
zahvata

Opcija  
500 mil. kn

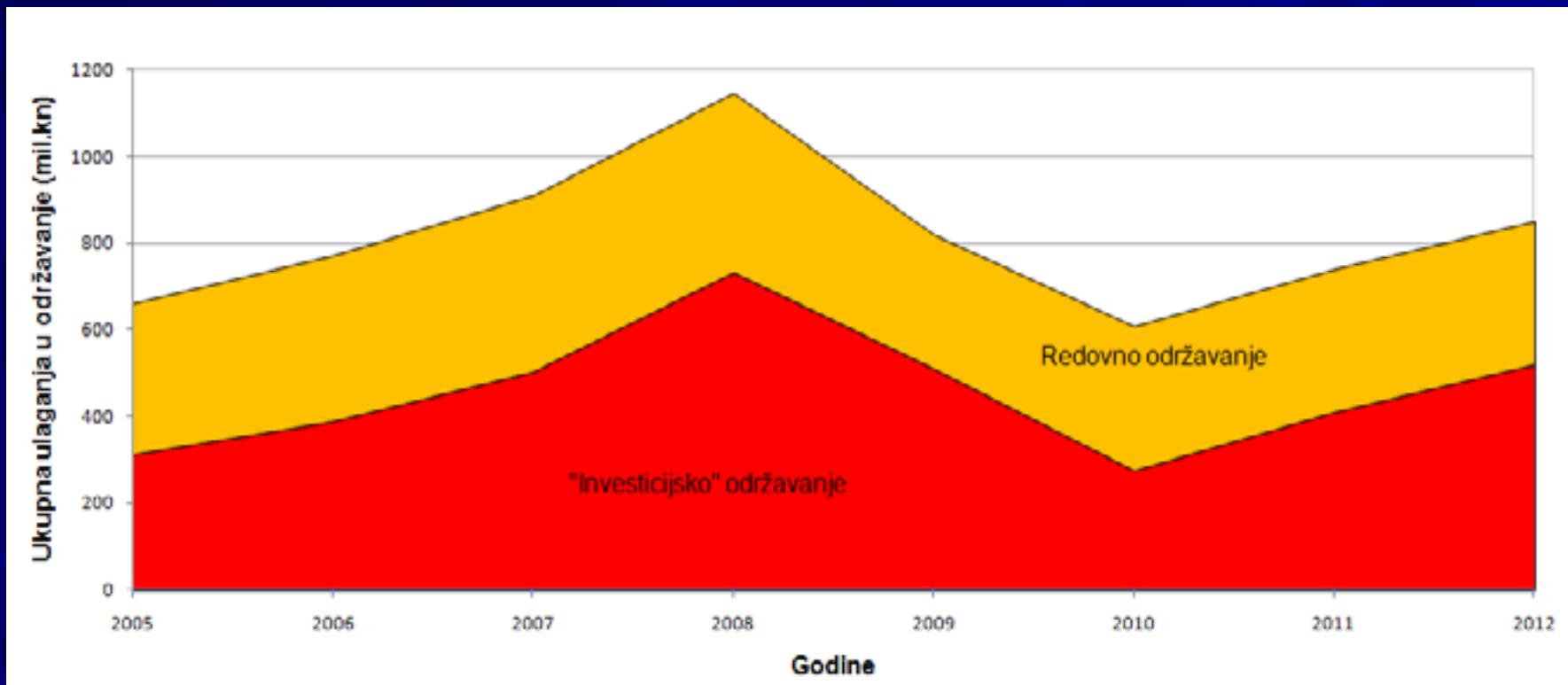


Vremenska  
distribucija  
zahvata

Opcija  
500 mil. kn



# Ulaganja u održavanje državnih cesta u razdoblju 2005. – 2012.



- Ulaganja u održavanje državnih cesta u prošlim planskim razdobljima:
  - 3,5 milijardi kuna u razdoblju 2004.- 2008.
  - 3,0 milijardi kuna u razdoblju 2009.- 2012.
- Ulaganja u “investicijsko” održavanje:
  - 1,9 milijardi kuna u razdoblju 2004.- 2008.
  - 1,7 milijardi kuna u razdoblju 2009.-2012.

# Zaključci

- Potrebno je osigurati institucionalne i tehničke uvjete za učinkovit način gospodarenja
- Potrebno je značajnije povećati i osigurati dugoročnu stabilnost ulaganja u održavanje
- Za održavanje državnih cesta: izdvajati ne manje od 1,1 milijarde kuna godišnje
- Potrebno je primjenjivati smjernice dobivene sustavom gospodarenja kolnicima
- Potrebno je stalno poboljšavati SGK

Hvala na pažnji