



GRAĐENJE I ODRŽAVANJE PUTEVA

XIV dio

Prof.dr Miloš Knežević, dipl.ing.građ.

Studijska 2015/16.





UCG

Univerzitet Crne Gore



XIV-STRATEGIJE ODRŽAVANJA PUTEVA





UCG

Univerzitet Crne Gore



EKONOMSKI PARAMETRI U ANALIZI OPTIMALNIH STRATEGIJA/ALTERNATIVA ODRŽAVANJA PUTEVA



Cilj upravljanja kolovozima

- Cilj upravljanja kolovozima: Održavanje i unapredjenje stanja putne mreže kako bi se saobraćaj odvijao efikasno i bezbjedno.
- Upravljanje kolovozima - kombinuje primjenu inženjerskih principa i ekonomske teorije da bi se unaprijedio proces odlučivanja.



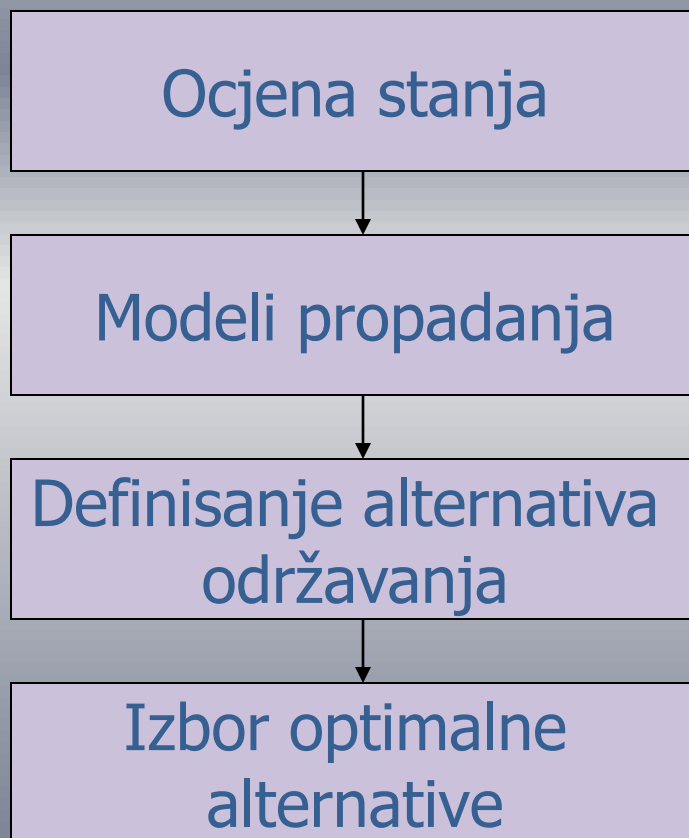


UCG

Univerzitet Crne Gore



Proces upravljanja kolovozima





UCG

Univerzitet Crne Gore



Ocjena stanja

- Indikatori stanja:
 - Strukturnih karakteristika
 - Nosivost $\Rightarrow$ Brzina propadanja
 - Ravnost (poprečna) $\Rightarrow$ Stanje slojeva
 - Funkcionalnih karakteristika
 - Ravnost $\Rightarrow$ Upotrebljivost i udobnost
 - Ravnost (poprečna) $\Rightarrow$ Bezbednost
 - Stanje oštećenosti površine kolovoza (pukotine, kolotrazi...) $\Rightarrow$ Upotrebljivost i udobnost
 - Hrapavost $\Rightarrow$ Bezbednost





UCG

Univerzitet Crne Gore



Ocjena stanja kolovoznih konstrukcija

- Indikatori stanja
 - Nosivost: Ugibi
 - Podužna ravnost: IRI (International Roughness Index, m/km)
 - Poprečna ravnost: Dubina kolotraga (mm)
 - Stanje površine:
 - PCI (Pavement Condition Index)
 - 19 tipova oštećenja za fleksibilne kolovoze
 - Skala 0 - 100
 - ...
 - Hrapavost
 - Mikro i makro hrapavost (SCRIM, SRT ...)





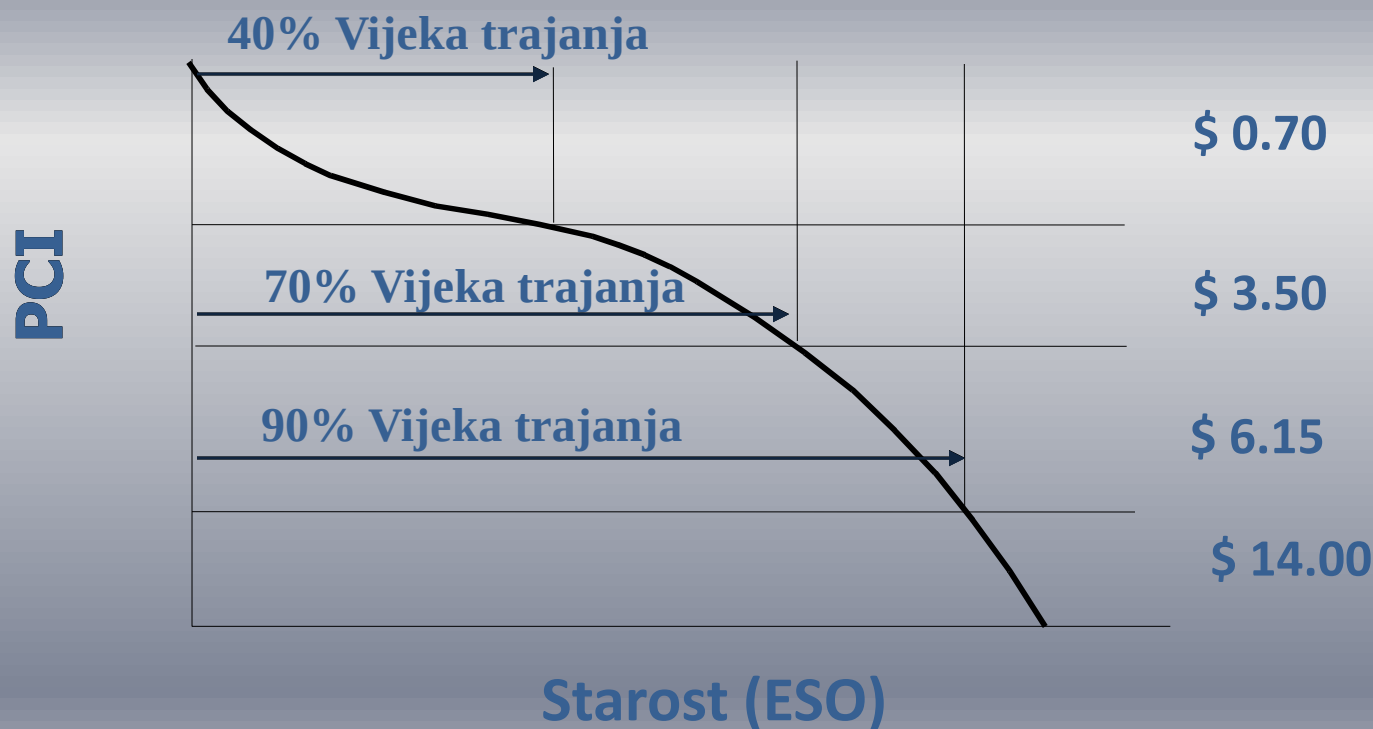
UCG

Univerzitet Crne Gore



Modeli propadanja

- predviđanje stanja:



Alternative održavanja

- Redovno održavanje
 - Održavanje drenaže, bankina, rastinja...
 - Održavanje kolovoza (zalivanje pukotina, krpljenje rupa, opravka ivica...)
- Preventivno održavanje
 - Presvlačenje tankim slojevima
 - Površinske obrade
 - Tanki asfaltni slojevi
- Rehabilitacija (Korektivno održavanje)
- Rekonstrukcija



Redovno održavanje

- Popravka oštećenja, održavanje elemenata za odvodnjavanje, održavanje bankina i trupa puta
- Cilj: usporiti proces propadanja
- Nema povećanja nosivosti
- Na duži rok neminovno dovodi do pada vrijednosti indikatora stanja i nivoa usluge



Preventivno održavanje

- Periodično obnavljanje habajućih slojeva izradom tankih slojeva – površinskih obrada
- Cilj: usporiti propadanje kolovoznih konstrukcija
- Vrlo malo (beznačajno) povećanje nosivosti
- Primjena ima smisla kada je kolovoz u dobrom stanju sa malim procentom oštećenja koja su tek u početnoj fazi razvoja
- Akcenat: prevencija razvoja oštećenja
- Omogućava održavanje saobraćajnice na relativno visokom nivou



Rehabilitacija

- Izrada novih nosećih i habajućih slojeva preko postojeće strukture
- Cilj: Povećanje nosivosti kolovozne konstrukcije - Prilagođavanje saobraćajnom opterećenju
- Obuhvata i:
 - Preuređenje i reviziju sistema za odvodnjavanje
 - Poravnanje i uređenje bankina, parkinga, stajališta
- Vrijednosti indikatora stanja se održavaju na relativno visokom nivou



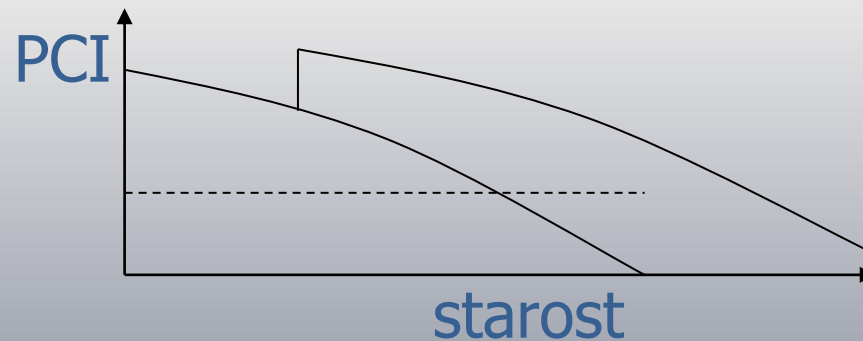
Rekonstrukcija

- Promjena elemenata situacionog plana i podužnog profila uz izgradnju nove kolovozne konstrukcije



Modeli ekonomskog odlučivanja

- Cilj: ostvarenje maksimalne koristi (dobiti)
- Dobit:
 - Poboljšanje indikatora funkcionalnih i nosivih karakteristika kolovoznih konstrukcija



- Poboljšanje uslova i kvaliteta vožnje – smanjenje troškova korisnika
 $\Delta T_k = T_{k1} - T_{k2}$



UCG

Univerzitet Crne Gore



Nivoi upravljanja kolovozima

Nivo	Primena
Mreže	“Strateški” (dugoročni) program (> 5 godina)
Programa	“Taktički” (srednjoročni) program (3-5 godina)
Projekta	Izbor optimalne intervencije (LCC)

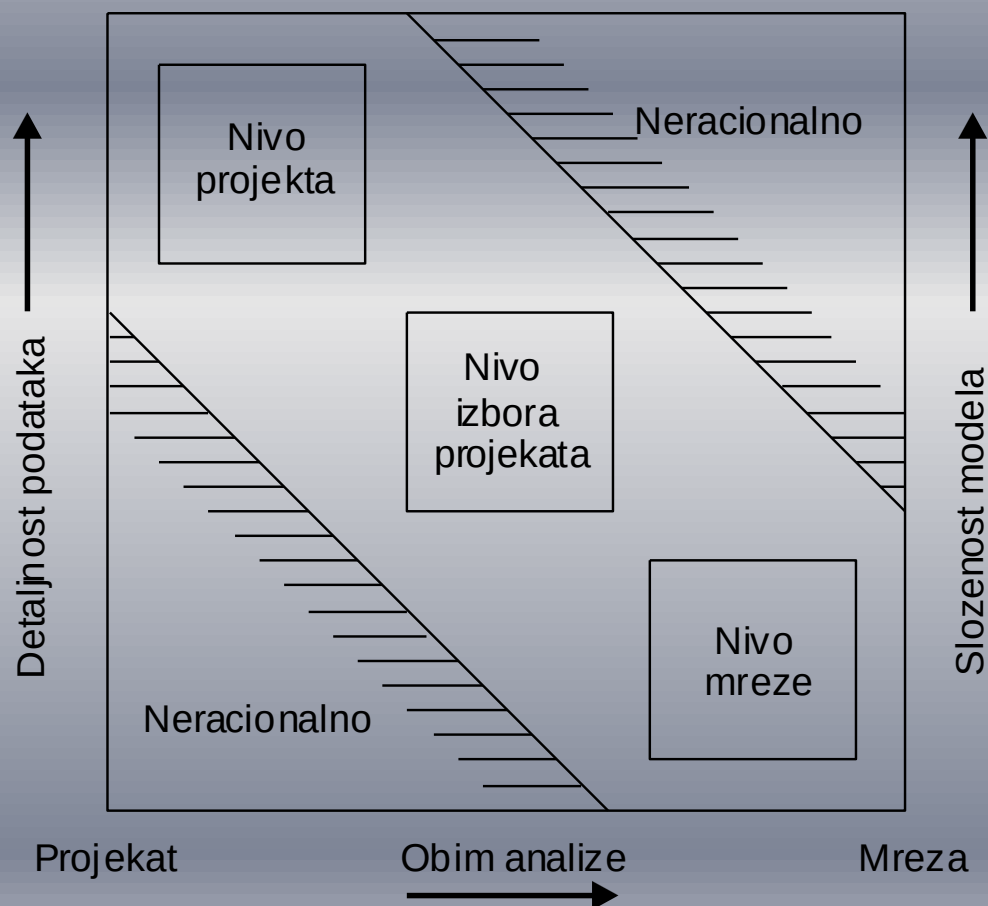


UCG

Univerzitet Crne Gore



Nivoi upravljanja kolovozima



Izvor: Haas, Hudson, Zaniewski. Modern Pavement Management, 1994.

Nivo mreže/projekta

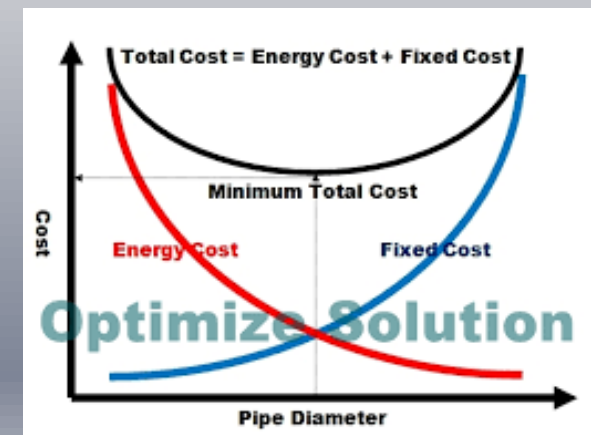
- **Nivo mreže:** odgovor na pitanja:
 - **GDJE** investirati u održavanje i rehabilitaciju?
 - **KAKO** (koju alternativu primijeniti)?
 - **KADA** izvesti intervenciju?

- **Nivo projekta:** odgovor na pitanja:
 - **KAKO** (koji tretman primijeniti)?
 - **KADA** izvesti intervenciju?



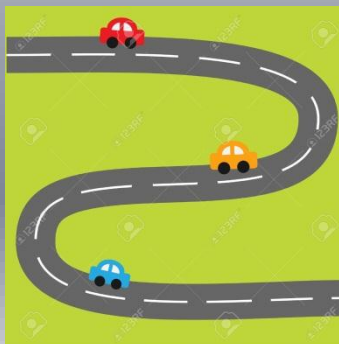
Podjela troškova

- Troškovi:
 - Početni (osnovni, investicioni) troškovi
 - Periodični troškovi
- Troškovi koji se ulažu u putnu infrastrukturu:
 - Početna vrijednost investicije
 - Vrijednost budućih investicija u okviru alternative
 - Troškovi održavanja
 - Troškovi administracije
 - Preostala vrijednost objekta-negativni trošak



Troškovi korisnika

- Operativni troškovi vozila: Zavise od funkcionalnih karakteristika kolovoza i geometrijskih elemenata puta (gorivo, mazivo, pneumatici, rezervni delovi...)
- Troškovi vremena putovanja
- Troškovi saobraćajnih udesa
 - Sa fatalnim posljedicama
 - Sa teškim tjelesnim povredama
 - Sa lakim tjelesnim povredama
 - Sa materijalnom štetom
- Troškovi prouzrokovani radovima na putevima





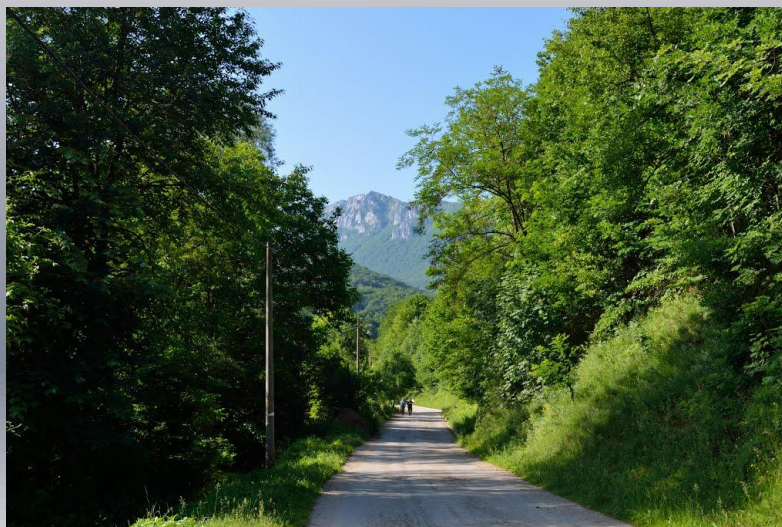
UCG

Univerzitet Crne Gore



Osnovni elementi proračuna

- Dužina perioda analize, ograničena
 - Trajanjem tehničkih mera
 - Mogućnošću predviđanja (max 25-30 god.)
- Stepen aktuelizacije – diskontna stopa 8-12 % u našim uslovima
- Stopa inflacije
- Troškovi održavanja
- Troškovi korisnika
- Preostala vrijednost objekta na kraju perioda analize





UCG

Univerzitet Crne Gore



Osnovni principi ekonomske analize

- Odrediti nivo na kome se izvodi analiza
- Ne postoji veza između metoda ekonomskog odlučivanja i uslova finansiranja
- Porede se konkurentne alternative
- Jednake dužine perioda analize za sve alternative
- Treba uzeti u obzir i troškove korisnika



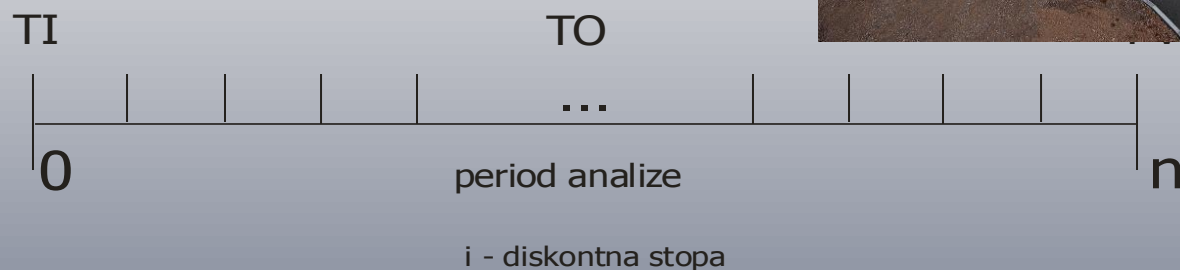
Tipovi modela/metode

- **Modeli troškova u okviru vijeka trajanja**
 - *Metoda srednjih godišnjih troškova*
 - *Metoda sadašnje vrijednosti troškova*
- **Modeli odnosa troškova i dobiti**
 - Metoda neto dobiti
 - Metoda jednakih godišnjih neto povraćaja
 - *Metoda neto sadašnje vrijednosti*
 - *Metoda interne stope rentabiliteta*
 - Metoda dobiti u prvoj godini
 - *Metoda odnosa troškova i dobiti*



Metod srednjih godišnjih troškova (EUAC)

- Equivalent Uniform Annual Cost (EUAC)
- Svodi sve troškove (investicione, troškove održavanja i preostalu vrijednost) na jednake godišnje anuitete



$$AC = TI \cdot CRF(i, n) - PV \cdot SFF(i, n) + TO$$

EUAC

- Faktor nadoknade kapitala (Capital Recovery Factor - **CRF**)
 - Dobija se vrijednost rate kojom se tokom perioda analize nadoknađuje sadašnja vrijednost kapitala

$$CRF = \frac{i \cdot (1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

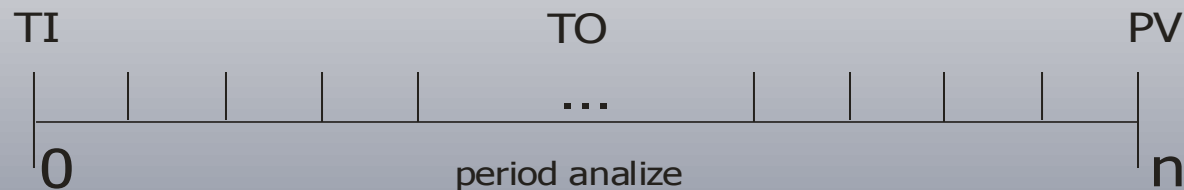
- Faktor amortizacije (Sinking Fund Factor – **SFF**)
 - Vrijednost rate da bi se akumulirala neka vrijednost na kraju perioda analize



$$SFF = \frac{i}{(1+i)^n - 1}$$

Metod sadašnje vrijednosti troškova (PWC)

- Present Worth Cost (PWC)
- Svodi sve troškove (investicione, troškove održavanja i preostalu vrijednost) na sadašnju vrijednost



i - diskontna stopa

$$AC = TI - PV \cdot DF(i, n) + TO \cdot PWAF(i, n)$$



UCG

Univerzitet Crne Gore

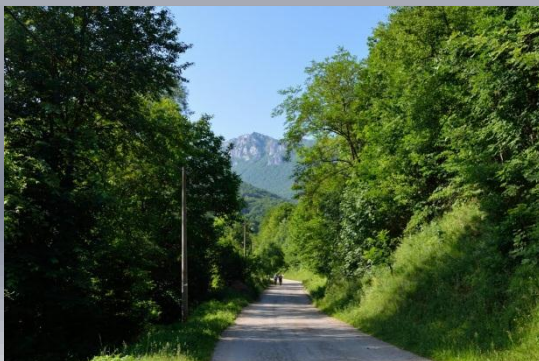


PWC

- Faktor sadašnje vrijednosti anuiteta (Present Worth of an Annuity Factor - **PWAF**)
 - Sadašnja vrijednost “duga”

$$PWAF = \frac{(1+i)^n - 1}{i \cdot (1+i)^n} = \frac{1}{CRF}$$

- Diskontni faktor (Discount Factor – **DF**)
 - Sadašnja vrijednost neke sume koja se ulaže u budućnosti



$$DF = \frac{1}{(1+i)^n}$$

Metodi troškova u okviru vijeka trajanja

- Ne uzimaju u obzir troškove korisnika $\Rightarrow$ mogu se koristiti za poređenje alternativa koje daju jednake troškove korisnika
- Mogu se koristiti za ocjenu pojedinih projekata, **ne** na nivou mreže
- Veliki uticaj diskontne stope



Metoda neto dobiti

- Aktuelizovana neto dobit neke strategije – razlika aktuelizovanih troškova i dobiti
- Aktuelizovani troškovi
- Aktuelizovana dobit



$$TI_{A,n} + \sum_{t=0}^{t=n} \frac{1}{(1+i)^t} \cdot (TO_{A,t} + TK_{A,t}) - PV_{A,n} \cdot \frac{1}{(1+i)^n}$$

$$\sum_{t=0}^{t=n} \frac{1}{(1+i)^t} \cdot D_{A,t}$$

Metoda jednakih godišnjih neto povraćaja

- Equivalent Uniform Annual Net Return (EANR)
- Sve dobiti se prevode u jednake godišnje vrijednosti oduzimanjem od godišnjih troškova



© Can Stock Photo - csp4415613

$$\text{EANR} = (\text{TK}_A - \text{TK}_B) + (\text{PV}_B - \text{PV}_A) \cdot \text{SFF}(i, n) - (\text{TI}_B - \text{TI}_A) \cdot \text{CRF}(i, n) - (\text{TO}_B - \text{TO}_A)$$

Metoda neto sadašnje vrijednosti

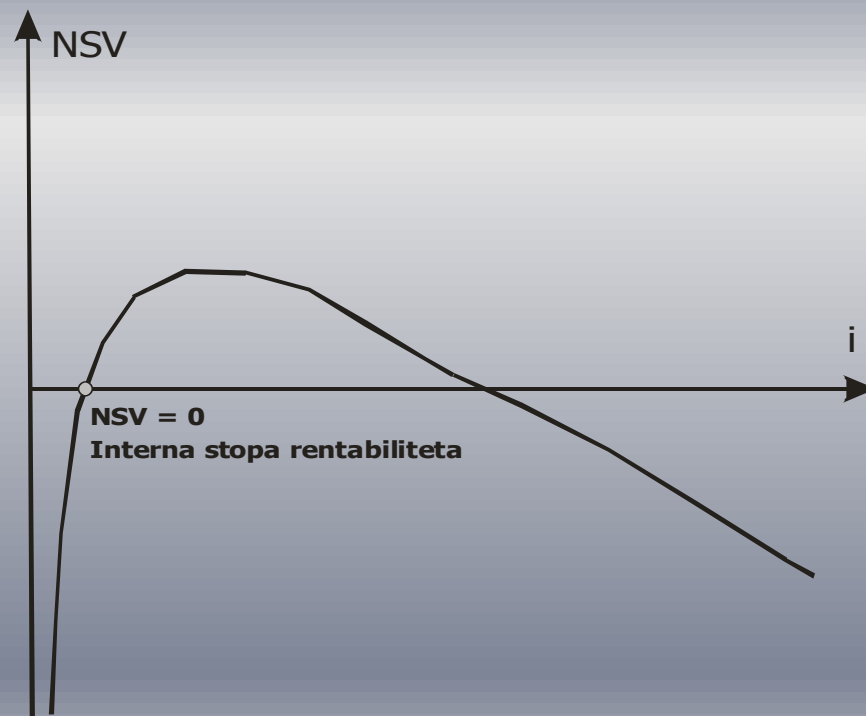
- Net Present Value (NPV)

$$\text{NPV} = (\text{TK}_A - \text{TK}_B) \cdot \text{PWAF}(i, n) + (\text{PV}_B - \text{PV}_A) \cdot \text{DF}(i, n) - (\text{TI}_B - \text{TI}_A) - (\text{TO}_B - \text{TO}_A) \cdot \text{PWAF}(i, n)$$

- Porede se dvije alternative
- Sadašnja vrijednost dobiti se oduzima od sadašnje vrijednosti troškova
- Uraditi analizu osjetljivosti za više diskontnih stopa – osjetljivost na inflaciju
- Nivo projekta i nivo mreže

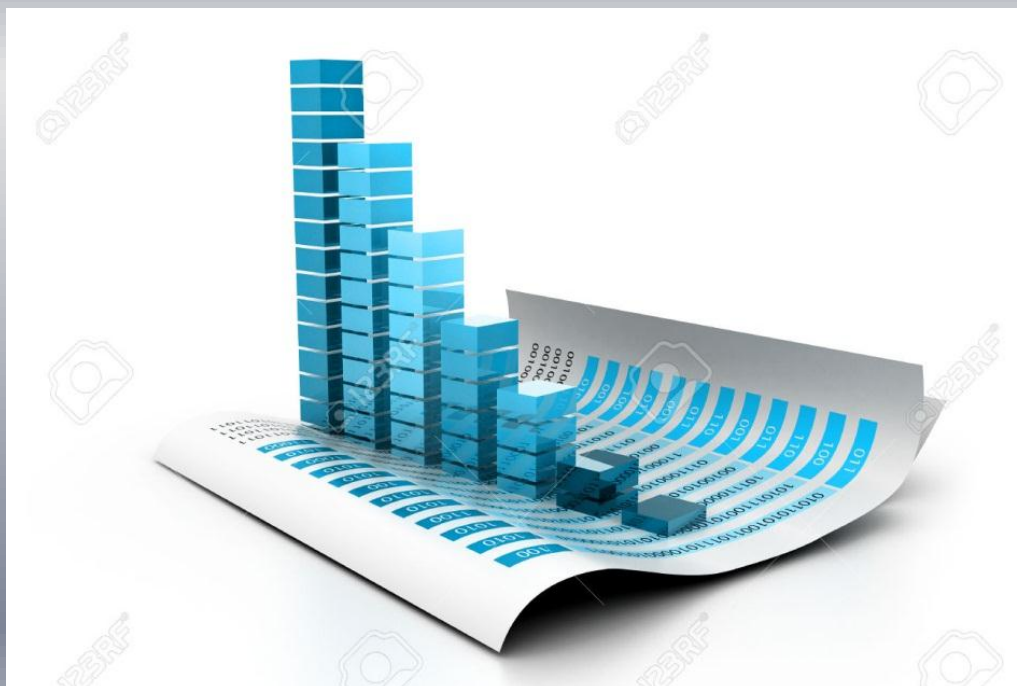
Metoda interne stope rentabiliteta (IRR)

- IRR – vrijednost diskontne stope pri kojoj je $NSV = 0$
- $IRR < 0 \Rightarrow$ neekonomična alternativa
- Visoka IRR $\Rightarrow$ trebalo znatno ranije sprovesti



Metoda dobiti u prvoj godini

- Dobit u prvoj godini – kriterijum za izbor optimalnog perioda za intervenciju
- Odnos dobiti u prvoj godini i porasta troškova tokom perioda analize





UCG

Univerzitet Crne Gore



Metoda odnosa dobiti i troškova

- “Benefit-Cost” analiza, odnos B/C
- Odnos:
 - Sadašnje vrijednosti dobiti i troškova
 - Ekvivalentnih srednjih godišnjih vrijednosti dobiti i troškova
- $B/C > 1 \Rightarrow$ ekonomski opravdana alternativa





UCG

Univerzitet Crne Gore



Metode troškova i dobiti

- Treba kvantifikovati dobit
- Primjena zahteva automatizaciju
- Periodi analize mogu biti različiti ukoliko se porede prosječni godišnji troškovi i dobiti





UCG

Univerzitet Crne Gore



PITANJA ?

