

6. ČINITELJI POUZDANOSTI MOSTOVA

6.1. NAČELA SIGURNOSTI MOSTOVA

6.2. UPORABLJIVOST

6.3. TRAJNOST

6. ČINITELJI POUZDANOSTI MOSTOVA

- zadatak graditelja: *da konstrukciju mosta tako osmisle, projektiraju i izvedu da ona može preuzeti djelovanja kojima će biti izložena i da pritom svi bitni zahtjevi budu ostvareni barem iznad minimalno dopustive razine, i da takva potraje kroz predviđeno vremensko razdoblje*
- nemoguće je postići apsolutnu sigurnost, vječitu trajnost ili savršenu uporabljivost ali moramo težiti stanju optimuma

6.1. NAČELA SIGURNOSTI MOSTOVA

- ujednačavanjem tehničke regulative na europskoj razini dolazi do promjene:

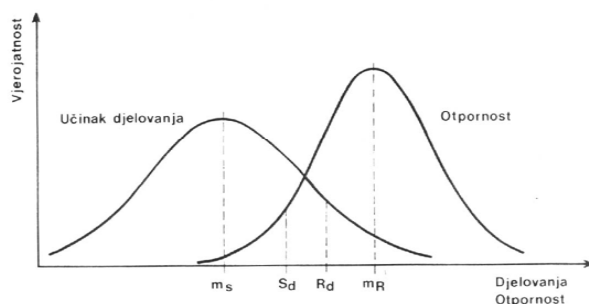
DOKAZ SIGURNOSTI PREKO
DOPUŠTENIH NAPONA

DOKAZ OSIGURANJA GRANIČNE
NOSIVOSTI I UPORABLJIVOSTI



- analize se svode na vjerojatnost da će konstrukcija biti sigurna
- vjerojatnost događanja određenih kombinacija djelovanja
- vjerojatnost ostvarenja svojstava otpornosti na djelovanja

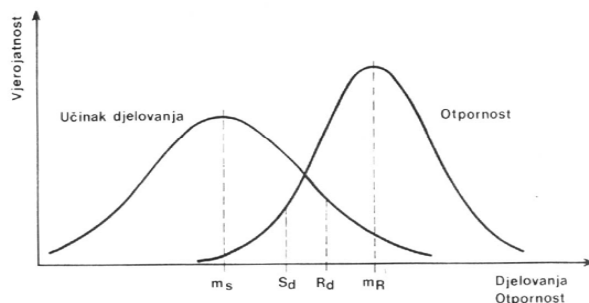
DOKAZ OSIGURANJA GRANIČNE NOSIVOSTI



$$S_d \leq R_d \quad \text{ili} \quad S_k \cdot \gamma_s \leq \frac{R_k}{\gamma_R} \quad \text{za zonu sigurnosti } Z \geq 0$$

S_d – računsko djelovanje
 R_d – računska otpornost
 S_k – karakteristično djelovanje (95% fraktila)
 R_k – karakteristična otpornost (5% fraktila)
 γ_s – parcijalni faktor sigurnosti za djelovanja
 γ_R – parcijalni faktor sigurnosti za otpornost

DOKAZ OSIGURANJA GRANIČNE NOSIVOSTI I UPORABLJIVOSTI

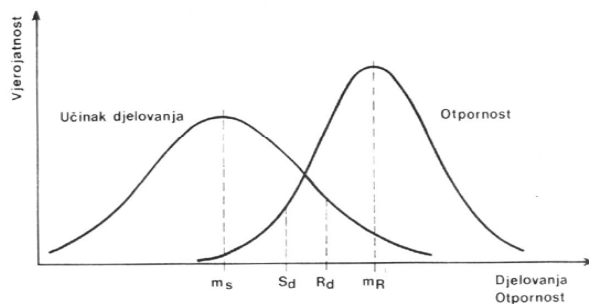


$$S_d \leq R_d \quad \text{ili} \quad S_k \cdot \gamma_s \leq \frac{R_k}{\gamma_R} \quad \text{za zonu sigurnosti } Z \geq 0$$

- ako su γ_s i γ_R krivulje normalne raspodjele i učestalost funkcije područja sigurnosti γ_Z će biti normalna krivulja, a njena srednja vrijednost:

$$m_Z = m_R - m_S$$

DOKAZ OSIGURANJA GRANIČNE NOSIVOSTI I UPORABLJIVOSTI



$$S_d \leq R_d \quad \text{ili} \quad S_k \cdot \gamma_s \leq \frac{R_k}{\gamma_R} \quad \text{za zonu sigurnosti } Z \geq 0$$

- faktor sigurnosti γ pokriva sve moguće slučajeve u kojima bi djelovanje bilo veće od otpornosti:

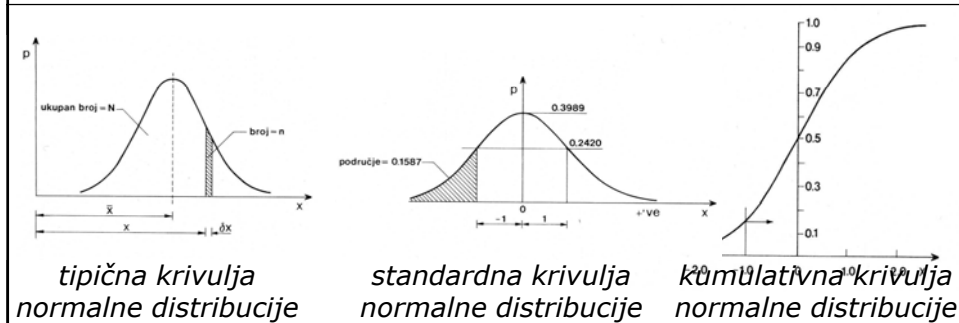
$$\gamma = R_d / S_d$$

$$\gamma = \gamma_R \cdot \gamma_S$$

- parcijalni faktor sigurnosti γ_S je različit za različita djelovanja ($\gamma_{S1}, \gamma_{S2}, \gamma_{S3}, \dots$) pa se zbog različitih vjerojatnosti istodobnog djelovanja uvodi redukcijski faktor: $\psi \leq 1$

$$\frac{R_k}{\gamma_R} \geq (\gamma_{S1} \cdot S_1 + \gamma_{S2} \cdot S_2 + \dots + \gamma_{Si} \cdot S_i) \cdot \psi$$

- različiti propisi sadrže različite iznose za pojedine parcijalne faktore sigurnosti kao i različite kombinacije djelovanja koje treba analizirati
- različite razine vjerojatnost za granično stanje nosivosti (rušenje građevine) i granično stanje uporabljivosti (uporaba građevine)



6.2. UPORABLJIVOST

- jednaka načela kao i kod sigurnosti samo uz drugačije faktore i strože zahtjeve

MOSTOVI SU PROMETNE GRAĐEVINE



moraju zadovoljiti uvjete svoje namjene



prometni uvjeti → neprestani proces mijenjanja

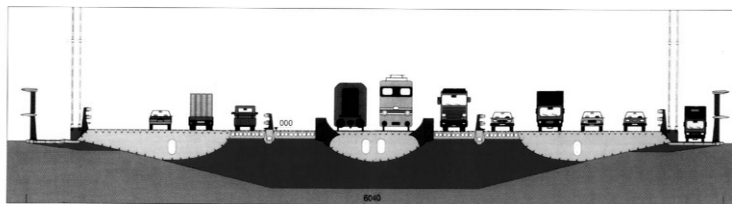
- suvremeni odnosi značajnih parametara mosta i prometa postaju takvi da kriteriji uporabljivosti postaju mjerodavni



...prošlosti...

Primjer zahtjeva uporabljivosti u...

...i danas.



GRANIČNA STANJA UPORABLJIVOSTI DEFINIRAJU SE KROZ:

- zadržavanje elastičnog ponašanja konstrukcije u njenom vijeku trajanja
- zadržavanje deformacija konstrukcije i njenih elemenata unutar granica koje bitno ne utječu na pretpostavke proračunskog modela za nosivost konstrukcije
- zadržavanje deformacija u granicama koje su definirane s obzirom na udobnost prometa
- zadržavanje vibracija unutar granica zadanih s motrišta sigurnosti konstrukcije
- zadržavanje vibracija u granicama koje nisu nepovoljne s obzirom na udobnost prometa
- osiguranje uvjeta koji će onemogućiti rezonantne pojave

1. Granice elastičnog ponašanja konstrukcije

- do sada su mostovi bili tako projektirani da nisu ulazili u područja plastičnog ponašanja materijala pa je ovaj kriterij bio sam po sebi zadovoljen
- danas kada se analiziraju granična stanja nosivosti i uporabljivosti uzima se da je baš granica uporabljivosti uz faktor sigurnosti $\gamma=1$ granica između elastičnog i plastičnog ponašanja gradiva konstrukcije
- odnos P/G – ako je stalni teret relativno veliki u odnosu na promjenjivi već tada smo blizu graničnih vrijednosti elastičnog ponašanja konstrukcije te pri svakom malom prekoračenju u veličini promjenjivih djelovanja ulazimo u područje plastičnog ponašanja

2. Ograničenja progiba i nadvišenja

- izobličenja prometne podloge – utječu na udobnost prometa

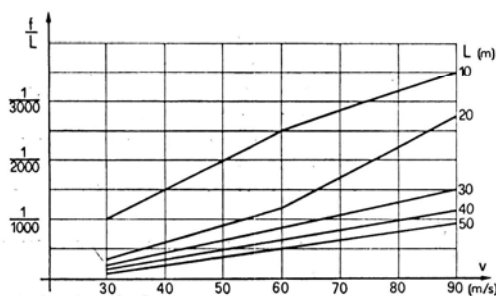
↓
moraju se ograničiti

↓
mjerodavno kod velikih brzina i velikog P/G

PROGIBI SE OGRANIČAVAJU U OVISNOSTI O:

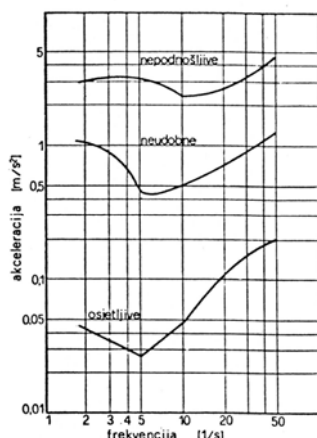
- rasponima mosta
- ukupnoj dužini mosta
- zadanoj brzini prometa

ograničavanje progiba zbog vibracija kod prometa velikih brzina



3. Ograničenje titranja

- odgovor mosta na uzbudna djelovanja pješaka, vozila, vjetra, itd. mora biti što manje zamjetan
- osobito se ovo odnosi na pješake jer je i izloženost takovom opterećenju dulja nego kod vozila koja se daleko brže kreću



granične vrijednosti utjecaja vibracija na ljude

OBILJEŽJA TITRANJA:

- frekvencija
- vertikalna ubrzanja
- trajanje izloženosti njihovu djelovanju

KRITERIJ:

- vlastita frekvencija sklopa ne smije biti između 3 i 6 Hz ako su uzbuđivači takvi da izazivaju titranja većih ubrzanja od $0,3 \text{ m/s}^2$
- ubrzanja – nikad iznad 1 m/s^2

ZAKLJUČNO O UPORABLJIVOSTI:

- promjene u prometu su uvjetovale su i *promjene parametara utjecaja pokretnih opterećenja*
- *brzina prelaženja i odnos P/G* su glavne varijable ocjene prometne i konstrukcijske vrijednosti mosta
- spomenute promjene uvjetuju sve opsežniju *dinamičku analizu*
- razina uporabljivosti mosta je sve manje zadovoljena zahtjevima nosivosti i sve češće *postaje mjerodavna*

GRANIČNIM STANJIMA UPORABLJIVOSTI MORA SE DATI PRIMJEREN ZNAČAJ!

6.3. TRAJNOST

DEFINICIJA: sposobnost posjedovanja zahtijevane razine sigurnosti i uporabljivosti u određenom vremenskom razdoblju

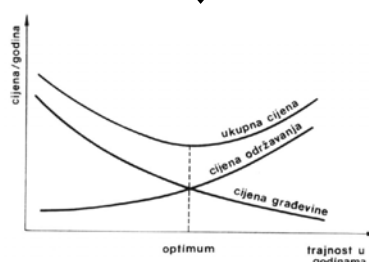
RAZLIČITI PRISTUPI ZADATKU

u prošlosti: želja da mostovi traju vječno

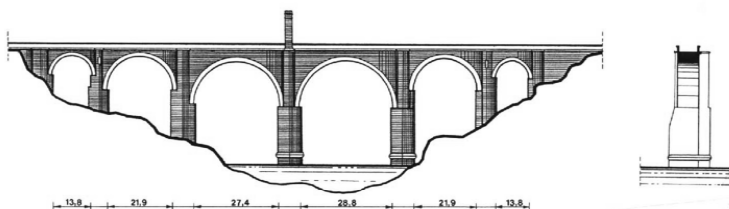
razdoblje intenzivne gradnje: zanemarivani činitelji trajnosti

današnji pristup:
treba težiti optimumu trajnosti
s obzirom na najznačajnije činitelje

- izbjegava se rasipništvo jeftinog građenja
- optimizacija uložениh sredstava obzirom na vijek trajanja



Çaius Iulius Lacer, graditelj mosta na rijeci Tagus u Alcantari u Španjolskoj u 1. st. dao je na mostu uklesati natpis PONTEM PERPETUI MANSURUM IN SAECOLA MUNDI uvjeren da će mu djelo trajati vječno



6.3.1. POJMOVI I PRORAČUN TRAJNOSTI

UOBIČAJENA TRAJNOST:

- vrijeme kroz koje su građevine sličnog tipa i od odgovarajućeg materijala prosječno bile uporabive
- prosjek stvarno ostvarene trajnosti svih ili većine do sada izgrađenih mostova tog tipa

POTREBNA TRAJNOST:

- kriterij postavljen od strane investitora ili društva izražen kroz vrijeme u kojem bi određena građevina trebala trajati:

Vrsta mosta	Trajnost (godina)
Masivni mostovi	100
Mostovi od čelika na kamenim ili betonskim potpornjima	70
Propusti od kamena, betona, armiranog betona	50
Mostovi od drva na kamenim ili betonskim potpornjima	30
Mostovi od drva na drvenim potpornjima	15
Pomoćni mostovi	5

6.3.1. POJMOVI I PRORAČUN TRAJNOSTI

PROJEKTIRANA TRAJNOST:

- vijek trajanja građevine usvojen kao kriterij u projektiranju kome je podređen izbor svih svojstvenih činitelja građevine sposobnih da ju i ostvare

PROGNOZIRANA TRAJNOST:

- preostalo očekivano vrijeme trajanja već postojećeg mosta utvrđeno na osnovu analize

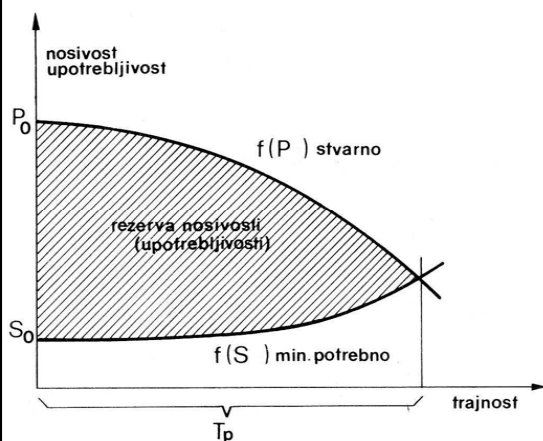
STVARNO POSTIGNUTA TRAJNOST:

- razdoblje u kojem je most stvarno i trajao

➤ nastojanje je da se većina ovih razdoblja poklopi

KORACI U ANALIZI I PROJEKTIRANJU TRAJNOSTI:

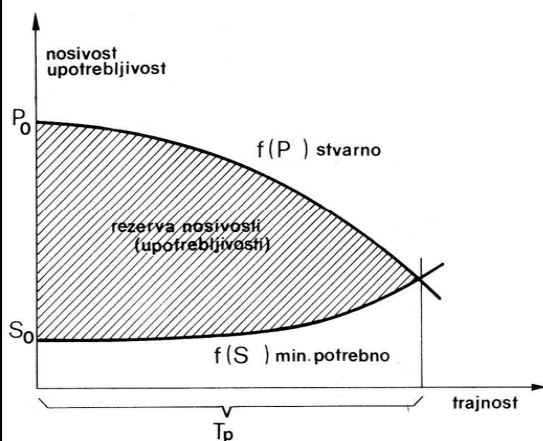
1. Na temelju definirane i zadane optimalne trajnosti i izučavanja dodatnih okolnosti ambijenta, monumentalnosti i prometnog značaja građevine, prognoze razvoja prometnih zahtjeva itd. ustanovljuje se projektirana trajnost mosta



T – trajnost mosta (god)
 T_p – projektirana trajnost mosta
 S_0 – minimalno dopustiva razina promatranog svojstva u trenutku projektiranja
 P_0 – početno ostvarena razina promatranog svojstva nosivosti ili uporabljivosti
 $f(P)$ – funkcija degradacije promatranog svojstva u vremenu
 $f(S)$ – funkcija promjene minimalno zahtijevane razine dotičnog svojstva

KORACI U ANALIZI I PROJEKTIRANJU TRAJNOSTI:

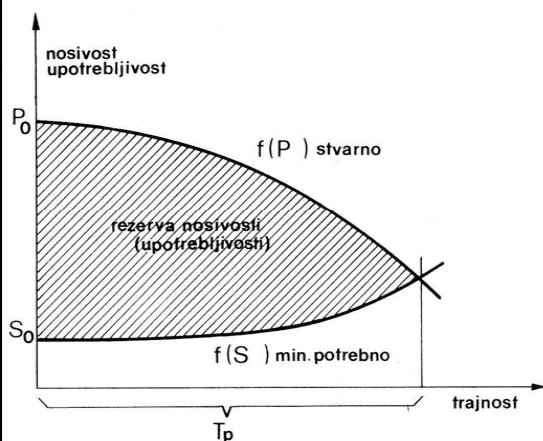
2. Definira se danas minimalno dopustiva razina promatranog svojstva nosivosti ili uporabljivosti i prognozira njen razvoj u budućnosti (linija $f(S)$)



T – trajnost mosta (god)
 T_p – projektirana trajnost mosta
 S_0 – minimalno dopustiva razina promatranog svojstva u trenutku projektiranja
 P_0 – početno ostvarena razina promatranog svojstva nosivosti ili uporabljivosti
 $f(P)$ – funkcija degradacije promatranog svojstva u vremenu
 $f(S)$ – funkcija promjene minimalno zahtijevane razine dotičnog svojstva

KORACI U ANALIZI I PROJEKTIRANJU TRAJNOSTI:

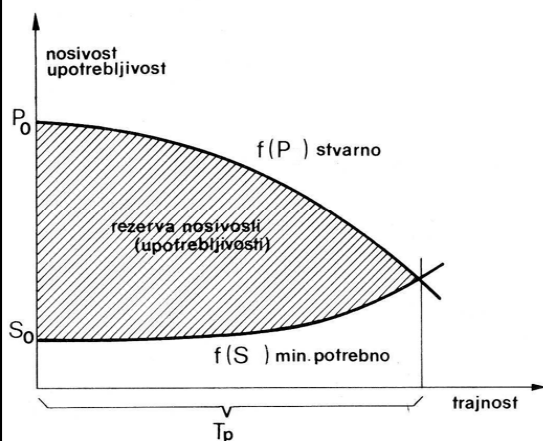
3. Na temelju iskustva o ponašanju gradiva, detalja i konstrukcijskih sustava u okolnostima sličnim onima u projektu, definira se linija degradacije promatranog svojstva nosivosti ili uporabljivosti građevine u vremenu njegova postojanja (linija $f(P)$)



- T – trajnost mosta (god)
- T_p – projektirana trajnost mosta
- S_0 – minimalno dopustiva razina promatranog svojstva u trenutku projektiranja
- P_0 – početno ostvarena razina promatranog svojstva nosivosti ili uporabljivosti
- $f(P)$ – funkcija degradacije promatranog svojstva u vremenu
- $f(S)$ – funkcija promjene minimalno zahtijevane razine dotičnog svojstva

KORACI U ANALIZI I PROJEKTIRANJU TRAJNOSTI:

4. S obzirom na zahtjeve projektirane trajnosti i usmjerenosti krivulja $f(P)$ i $f(S)$ određuje se potrebna rezerva promatranog svojstva $P_0 - S_0$



- T – trajnost mosta (god)
- T_p – projektirana trajnost mosta
- S_0 – minimalno dopustiva razina promatranog svojstva u trenutku projektiranja
- P_0 – početno ostvarena razina promatranog svojstva nosivosti ili uporabljivosti
- $f(P)$ – funkcija degradacije promatranog svojstva u vremenu
- $f(S)$ – funkcija promjene minimalno zahtijevane razine dotičnog svojstva

- kod analize postojećih građevina postupak je obrnut
- ako se ustanovi prekratak preostali vijek građevine pristupa se sanaciji

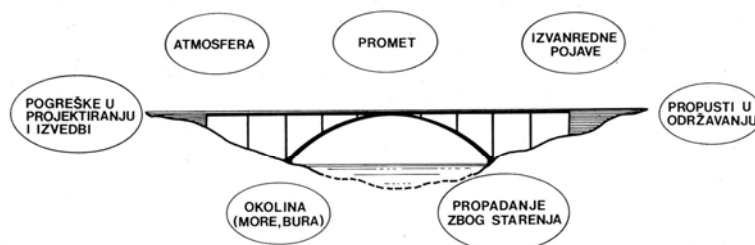
POSTUPAK PROJEKTIRANJA TRAJNOSTI TEMELJI SE NA:

- iskustvenim veličinama
 - gdje takve ne postoje pristupa se proučavanju i znanstvenoj obradi djelovanja na mostove i ponašanja mostova
- odnosi se posebno na armiranobetonske mostove koji imaju kratku povijest

6.3.2. UTJECAJI NA TRAJNOST

SKUPINE ČINITELJA TRAJNOSTI MOSTOVA:

- utjecaji unutrašnjih obilježja građevine
- utjecaji okoline
- utjecaji prometnih opterećenja
- održavanje



- ove utjecaje treba promatrati u međudjelovanju a ne odvojeno

1. Utjecaji vlastitih obilježja mostova

- vrsta i kvaliteta gradiva
 - gradivo cijelog mosta i gradivo detalja
 - projektirano gradivo, odabrano gradivo, ostvarena kvaliteta gradiva
 - beton – najbitnija nepropusnost – uvjetuje je veličina pora na koju se može utjecati sastavom i njegovanjem i produljiti trajnost betona
- odabrana konstrukcija i detalji u njoj
 - potrebno odabrati takav tip konstrukcije da su postojeći degradacijski utjecaji što manji
 - ispravan odabir detalja – predvidjeti zamjenu onih manje trajnosti i izbjegavati one koji propadanjem izazivaju propadanje drugih dijelova mosta



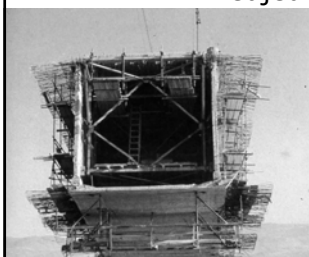
*primjer lošeg
rješenja
odvodnje
mosta*



primjer dotrajalog ležaja

1. Utjecaji vlastitih obilježja mostova

- načini i postupci izgradnje
 - brže propadanje spojeva između konstrukcijskih elemenata
 - neujednačenost kvalitete gradiva duž konstrukcije



*gradnja luka Krčkog
mosta – tisuće metara
sljubnica koje smanjuju
trajnost*

*propadanje spoja na
konstrukciji*



- zaštita elemenata i struktura



- sredstva i postupci povećavanja trajnosti gradiva
- npr. impregnacija drva, zaštita čelika i betona od korozije

*zaštita betona luka Krčkog mosta
od korozije*

2. Utjecaji okoline

- djelovanje prirodnih sila i pojava

- snijeg, led, vjetar, kiša, stajaća i tekuća voda, sunce, temperaturne promjene, agresivni agensi iz mora, tla...



*primjeri djelovanja mora
nošenog burom na beton
Paškog mosta*



- umjetna onečišćenja

- posljedica ljudskih aktivnosti
- industrija

- namjerna djelovanja jednaka kemijskim učincima okoliša

- soljenje prometne plohe zimi protiv poledice

3. Utjecaji prometnih opterećenja

- nepovoljna s gledišta trajnosti zbog svoje promjenjivosti:

- promjenjivost stanja opterećenja (dinamička djelovanja)
- promjenjivost u razvoju tokom vremena (veće mase i brzine)



*primjer dotrajalosti prijelazne naprave uslijed
prometnog opterećenja*

4. Utjecaj održavanja

- radovi održavanja moraju biti unaprijed propisani!
- periodična zaštita dijelova konstrukcije – ličenje metalnih dijelova
- čišćenje zbog nesmetane funkcije dijelova odvodnje
 - slivnici i cjevovodi
- izmjena trošenju podložnih dijelova
- svako zaostajanje u održavanju uvjetuje oštećivanje drugih dijelova!

DJELATNOST ODRŽAVANJA UKLJUČUJE:

- preglede
- dijagnostiku stanja
- provođenje redovitih radova na zaštiti gradiva
- specijalne intervencije i sanacije