

**Društvo građevinskih inženjera i tehničara  
Varaždin**

# ***P R O M E T N I C E***

*Sustavi odvodnje*

Varaždin, 4. listopada 2013.



# Odvodnja prometnice

- Pouzdana i efikasna odvodnja ceste vrlo je važna za osiguranje **stabilnosti** donjeg i gornjeg ustroja cesta. Voda se može pojaviti kao: **površinska (oborinska) voda**, **procjedna voda** i **podzemna voda**. U načelu treba održavati princip da se svi oblici pojave vode drže pod stalnom kontrolom i odvede najkraćim putem u **stalne** ili **povremene prirodne vodotoke**.
- Djelovanje vode ovisi o: **načinu njezine pojave**, **geološkoj građi** i **hidrogeološkim obilježjima terena**, **geomehaničkim svojstvima materijala** od kojih je građevina izgrađena, o **vrsti građevine** i o drugim vanjskim uvjetima.
- Pravilnim izborom geometrijskih odnosa i gradiva pri izvedbi vozne plohe postiže se brže odvodnjavanje, a s tim u vezi povećava se stupanj prometne sigurnosti.
- Cijena uređaja za odvodnju i svih mjera poduzetih da se spriječi štetan utjecaj vode iznosi 5-20 posto (pa čak i 30 posto) cijene građevinskih radova.





# Osnovni hidrološki podaci

- Rješavanju odvodnje prethode prethodna hidrološka mjerenja i istraživanja, a dobro poznavanje hidrologije i hidraulike preduvjet su za optimalna, ekonomična i efikasna rješenja.
- Za odvodnju značajnije građevine potrebno je poznavanje hidrometeoroloških podataka kao što su: **intenzitet, visina, trajanje i učestalost oborine, temperaturne oscilacije, trajanje i dubina prodiranja mraza** i sl.



# Količina oborine

- Količina oborine iskazuje se visinom stupca vodenog taloga (**mm**) u određenom vremenu, pod uvjetom da nema ishlapljivanja ni procjeđivanja.
- Za građevinsko-tehničku praksu koristi se:
- **maksimalna dnevna i satna količina oborine,**
- **maksimalna 15-minutna oborina i**
- **slučajno registrirani podaci.**
- Konkretno: za visinu oborine (**h**) 1 mm koja je pala u jednoj minuti na površinu 1ha (10.000 m<sup>2</sup>) iznosi količina oborine:

$$q_w = \frac{10.000 \text{ m}^2}{60''} \times 1 \text{ mm} = 166,67 \text{ [l/s/ha]}$$

$$h = 0,6 \text{ mm/min} = 6 \text{ mm}/10 \text{ min} = 9 \text{ mm}/15 \text{ min}$$





# Intenzitet oborine

- Intenzitet oborine izražen je odnosom između količine oborine i jedinice vremena (mm/min).

$$i = \frac{h}{t} [\text{mm/min}]$$

- Srednji intenzitet se iskazuje u jedinici [l/s/ha]:

$$i_s = \frac{10.000}{60} \times \frac{h}{t} = 166,67 \times \frac{h}{t} [\text{l/s/ha}]$$

- Pri dimenzioniranju uređaja za odvodnju na gradskim prometnicama određeno je npr. da raster slivnika mora zadovoljiti jakost pljuska intenziteta  $i_s = 150$  (120) l/s/ha u trajanju od  $t = 15$  minuta. Iz odgovarajućeg nomograma može se očekivati pripadna vrijednost  $h_{15} = 13,5$  mm.



# Trajanje oborina

- Na temelju dugogodišnjih promatranja uočene su određene zakonitosti između **intenziteta** i **trajanja** oborine:
- 1. što je veći intenzitet ( $i$ ), to je kraće vrijeme trajanja oborine ( $t$ ),
- 2. svaki intenzitet ( $i$ ) pripada određenom trajanju oborine ( $t$ ).
- **Srednja oborina sliva** dobiva se proračunom iz rezultata mjerenja u ombrometrijskim (kišomjernim) stanicama.
- Srednja visina oborina sliva ( $H_s$ ) se dobije postupnim proračunom iz izraza:

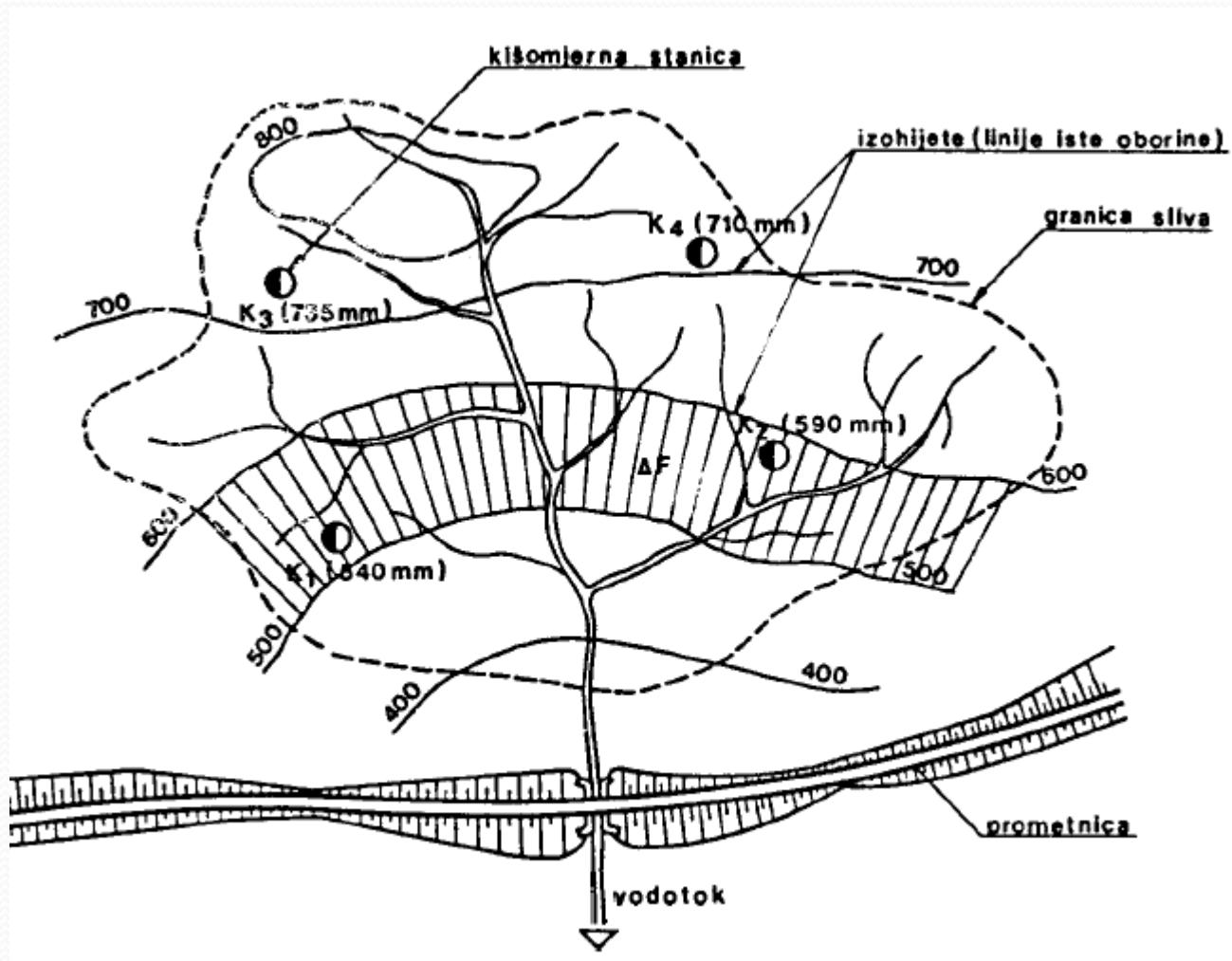
$$H_s = \frac{V}{\sum \Delta F} [\text{mm}]$$

- Gdje je  $V$ ...ukupna količina oborina u slivu  $V = \sum \Delta F * H_x$  ( $\text{m}^3$ );  
 $H_x$ ...prosječna visina oborina između dvije susjedne izohijate  
 $\Delta F$ ...parcijalna površina između izohijeta (linije istih oborina),





# Trajanje oborina



# Koeficijent oticanja i zakašnjenja

- Koeficijent oticanja  $\psi$  definiran je kao odnos vode u oticanju i oborinske vode na određenoj površini:

$$\psi = i_2 / i; \quad i_2 = \psi \cdot i_1$$

- Količina vode koja otječe s površine slivnog područja:

$$Q = i_2 \cdot F = \psi \cdot i_1 \cdot F$$

- Koeficijent zakašnjenja  $\varphi$  predodređen je odnosom između vremena oticanja u uređaj za odvodnju i vremena trajanja proračunske oborine.

$$\varphi = \frac{1}{\sqrt[n]{F}}, \quad (n = 4 - 8)$$





# Vrijeme dotoka

- **Vrijeme dotoka  $t$**  je vrijeme potrebno oborinskoj vodi da stigne s područja padanja do uređaja za odvodnju.

$$t = \frac{L}{v} [s]$$

- Orijentacijski su dane vrijednosti i odnos između srednje brzine  $v$  [m/s] i prijeđenog puta  $L$  [m] u vremenu  $t = 15$  min:

V (m/s)	0,8	1,0	1,5	2,0	2,5
L (m)	720	900	1350	1800	2250

- Osnovni parametri za određivanje vremena dotoka su: **intezitet oborina, put doticanja, srednji nagib puta doticanja, koeficijent oticanja**



# Otapanje snijega i protok

- **Otapanje snijega** u kombinaciji s proljetnim kišama znatno može opteretiti uređaje za odvodnju (slivnike, propuste, kanale).
- U višim predjelima moraju se obvezno uzeti u obzir dodatne količine vode od otopljenog snijega.
- Aproximativni odnos između visine snijega i visine otopljene vode je:

$$h_s : h_w \cong 10 : 1$$

- Određivanje **protoka** u poznatom presjeku korita ili cijevi obavlja se na temelju mjerene srednje brzine toka vode  $v_s$  i poznatog presjeka protjecanja  $F$ :

$$Q = v_s \cdot F \text{ [m}^3\text{/s]}$$





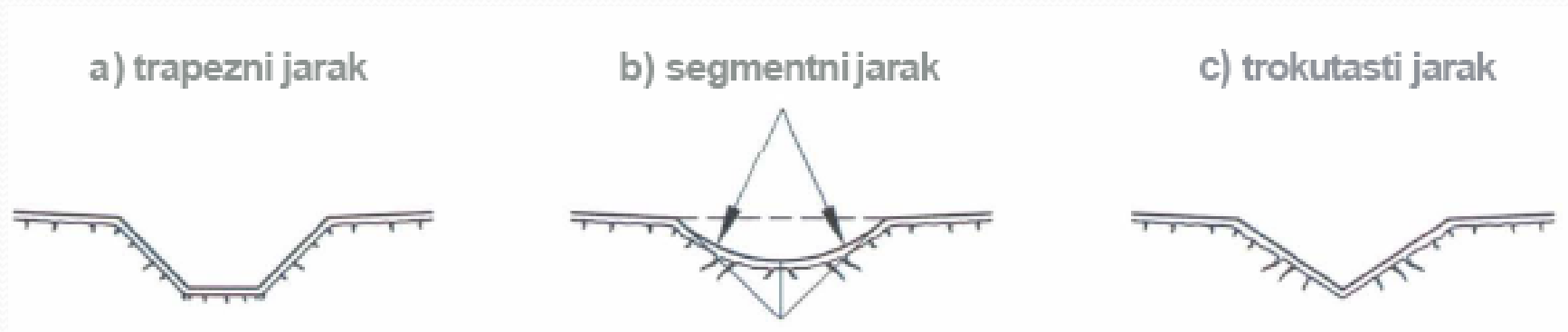
# Površinska odvodnja kolnika

- Građevinama površinske odvodnje prihvaća se oborinska voda u obliku **kiše** ili od topljenja **snijega** i **leda**. Ta se voda odvodi s površine građevine ili gornjeg ustroja (kolnika i željezničke pruge) otvorenim **jarcima**, **rigolima** različitih presjeka i propustima te ispusta u **recipijente**. Oblik i dimenzije uređaja za površinsku odvodnju ovise o: **količini vode koju trebaju prihvatiti**, **vrsti materijala** u kome su izgrađeni, **uzdužnom nagibu** i njihovoj **namjeni**.
- Površinski odvodni sustav čine:
- **odvodni jarci**,
- **zaštitni jarci** i
- **rigoli**.



# Odvodni jarci

- Odvodni jarci primaju vodu s kolnika i s pokosa usjeka.
- Poprečni presjek jarka mora odgovarati količini vode koju mora odvesti.

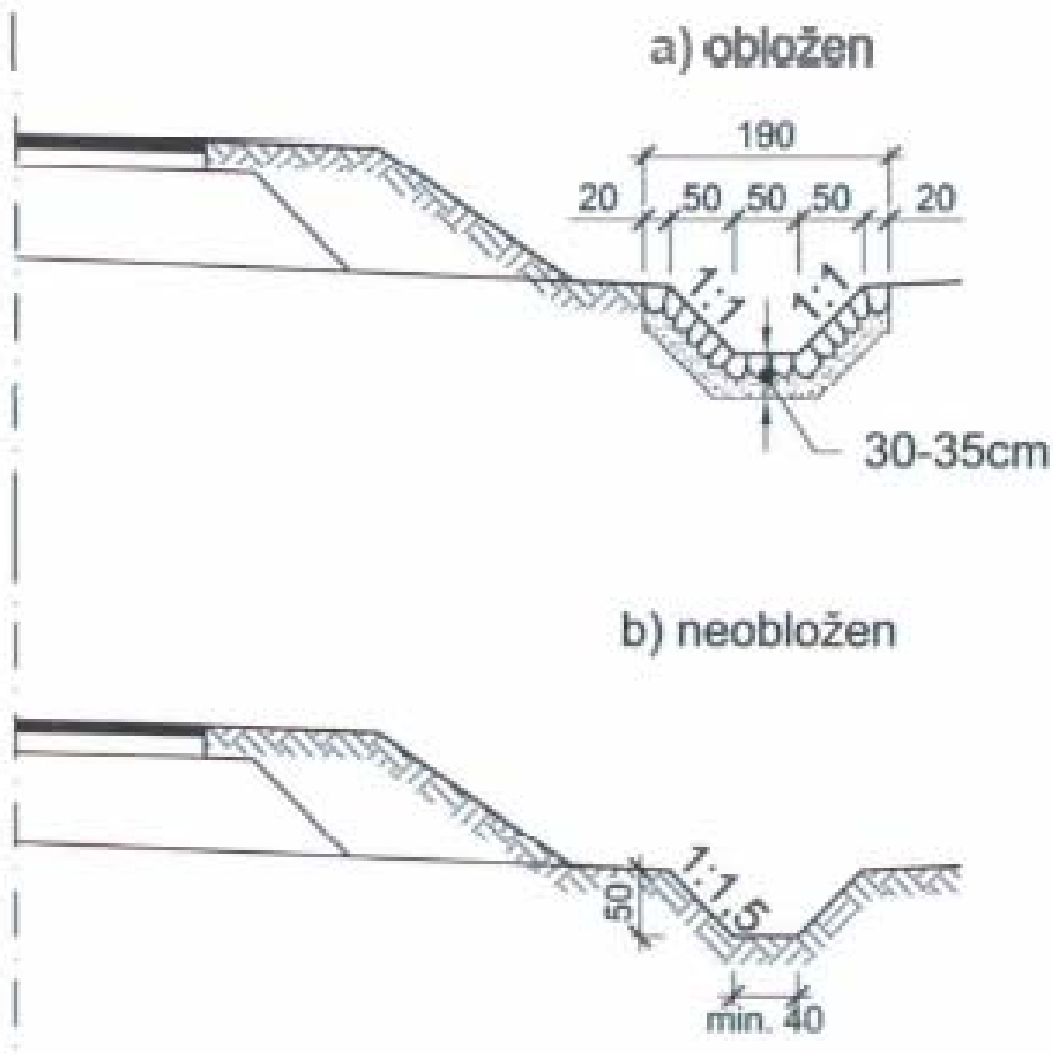


- Odvodni jarci moraju imati odgovarajući uzdužni nagib, koji ovisi o vrsti tla kao i o tome je li jarak obložen ili nije, a sve radi djelotvorne odvodnje.



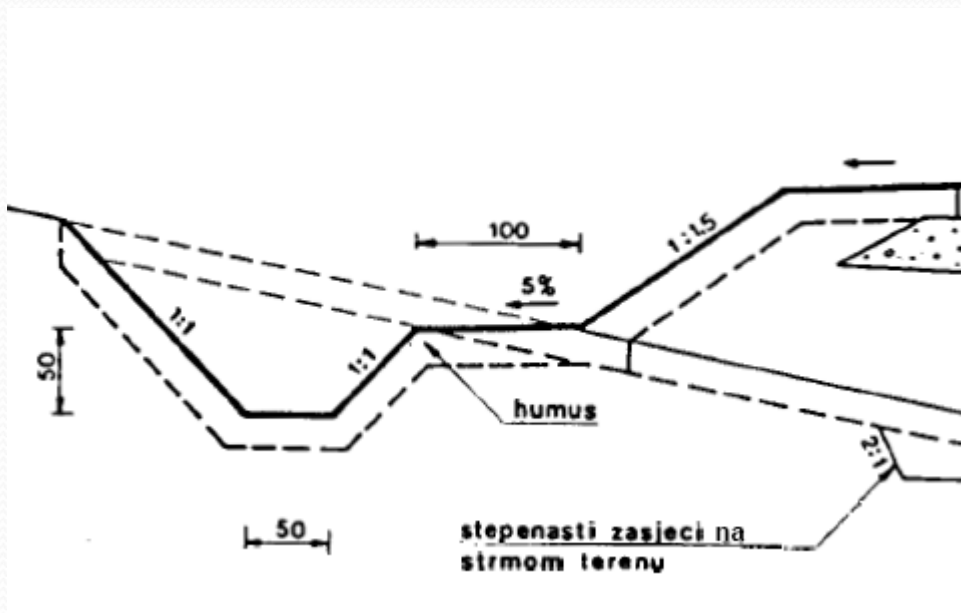


# Uzdužni nagibi jaraka-oblaganje



# Trapezni jarci

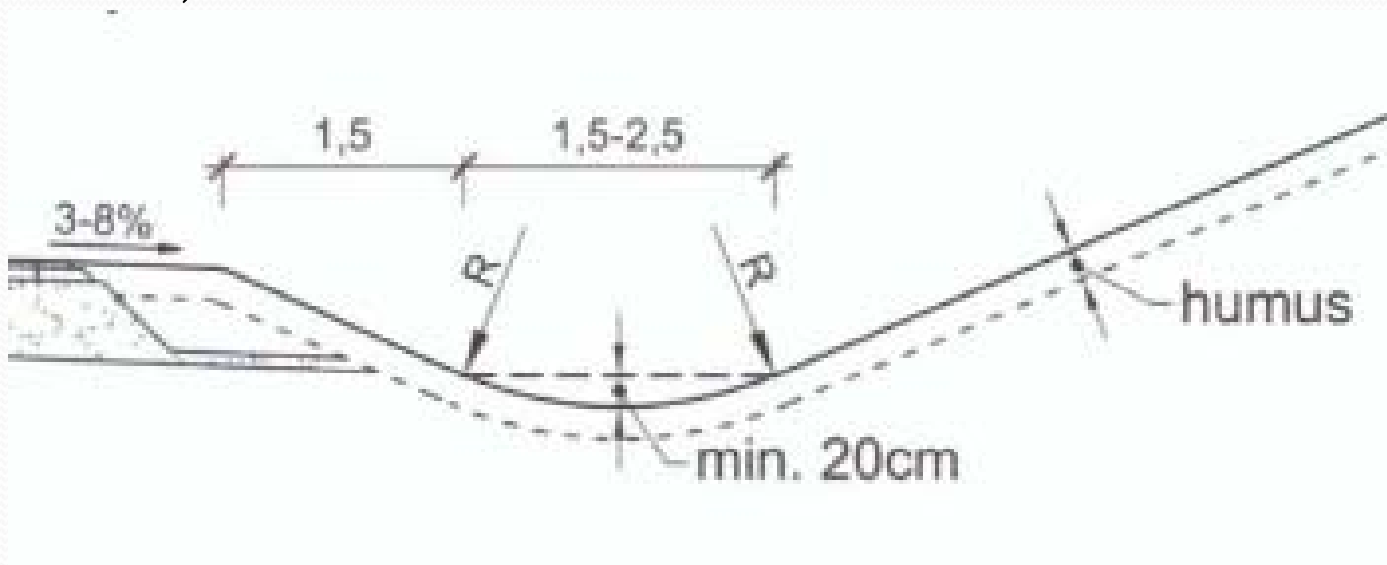
- Upotrebljavaju se za odvođenje većih količina vode te ako se radi o cestovnim jarcima uz ceste manje važnosti.
- Minimalna širina dna trapeznog jarka je 40 cm (iznimno 35 cm). Nagib pokosa neobloženog jarka je 1:1,5, a kod obloženih može biti i veći, ovisno o tipu obloge.





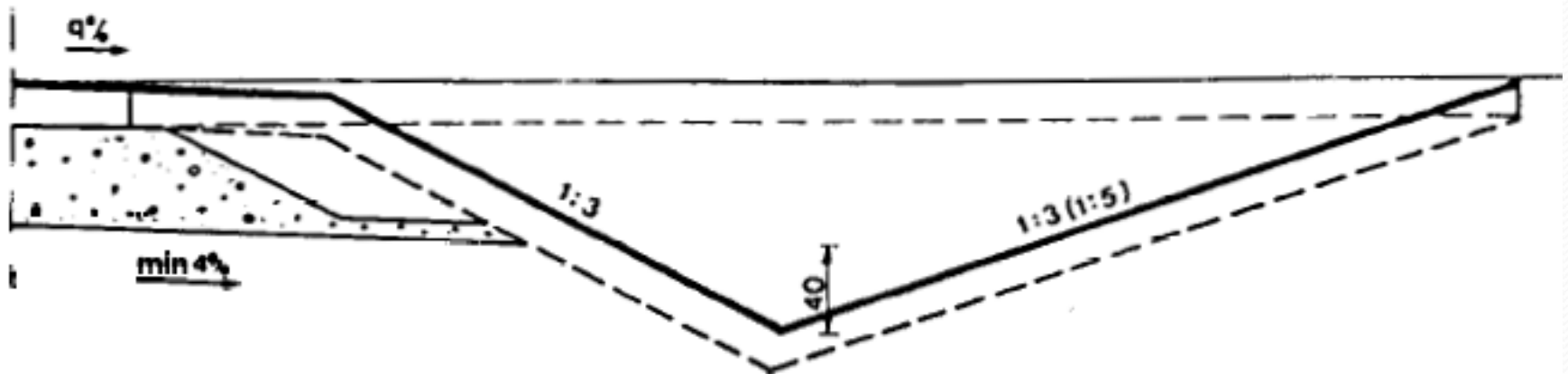
# Segmentni jarci

- Na značajnijim cestovnim prometnicama najčešće se primjenjuju **segmentni** jarci. Treba paziti da dno jarka, segmentnog ili trokutastog oblika, bude barem **20** cm niže od planuma (posteljice) prometnice kako bi se on, mogao drenirati, odnosno kako bi se **onemogućio** dotok vode iz jarka u kolničku konstrukciju



# Trokutasti jarci

- Kod suvremenih cesta odvodnja se vrši plitkim žljebovima i trokutastim rigolima.
- Ovakav žlijeb , zasijan travom, neprimjetno se uklapa u prirodu . Kod iskliznuća vozila s ceste posljedice su manje u odnosu na trapezne jarke.





# Uzdužni nagib jarka

- Uzdužni nagib jarka mora se prilagoditi uvjetima odvodnje. Ako je uzdužni nagib premali dolazi do **taloženja materijala** i **zamuljivanja**, a ako je prevelik do **erozije dna** i pokosa zbog velike brzine protjecanja vode. U oba slučaja jarak se mora obložiti.

Izbor obloge jarka ovisi o: **vrsti građevine, lokalnim uvjetima, raspoloživim materijalima i cijeni izrade.**

Oblaganje se može izvesti **kamenom, betonom, betonskim elementima, asfaltnim mješavinama** ili obradom tla **kemijskim proizvodima**



# Uzdužni nagib jarka

- Najmanji uzdužni nagib neobloženih jaraka je **0,5%** (iznimno **0,3%**). Na kratkim potezima nagib može biti i manji.
- Oblaganje dna i pokosa jarka potrebno je izvesti u slučaju ako je: njihov uzdužni nagib **manji od 0,2%** i **veći od 4%** kod cestovnih jaraka,
- nema prostora za izvedbu neobloženih jaraka.

Ako je uzdužni nagib jarka **manji od 0,2%**, oblaganje je nužno kako bi se osiguralo **normalno otjecanje vode**, a ako je **veći od 4%**, kako bi se spriječilo **erozijsko djelovanje** vode i **odnošenje materijala** iz dna jarka.





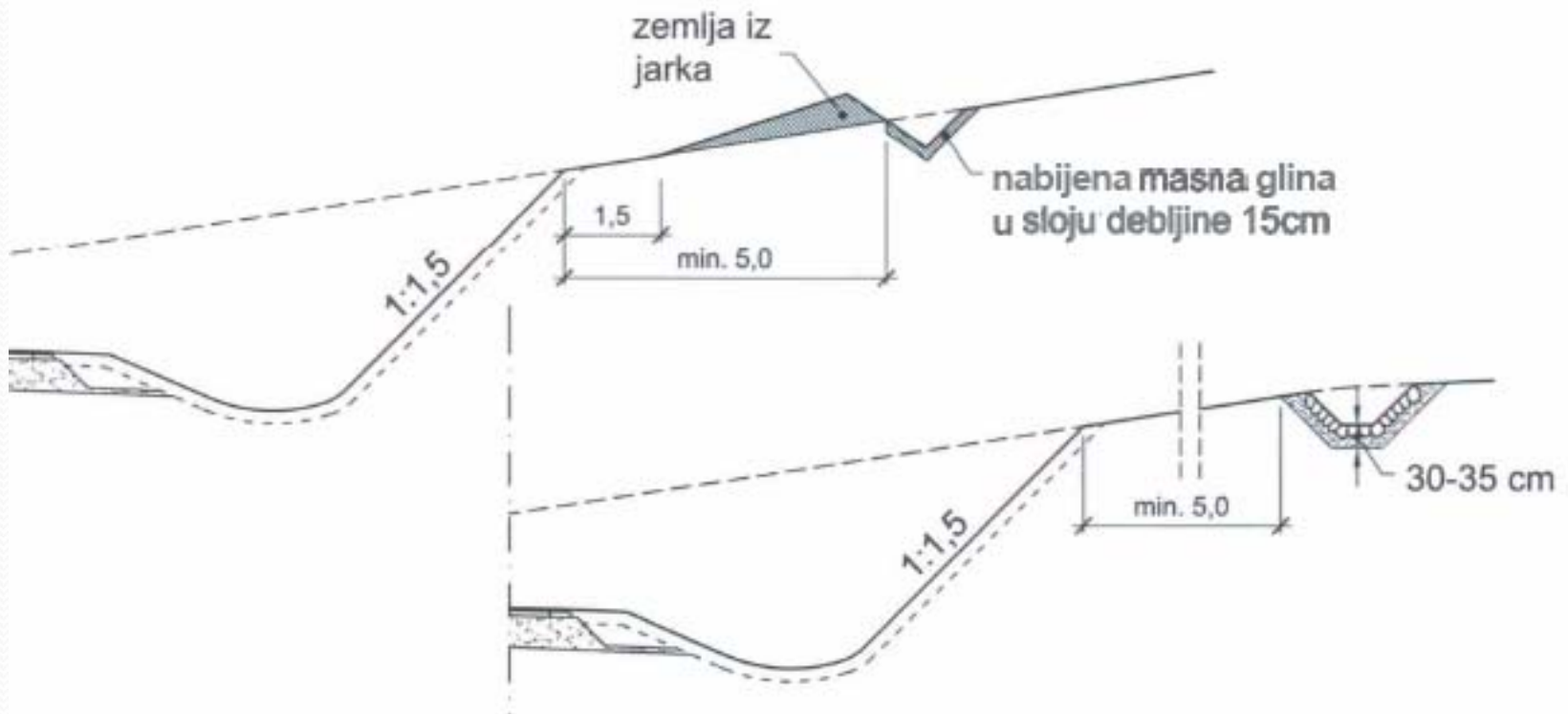
# Kaskadno izvođenje jaraka

- Kod vrlo velikog nagiba terena jarci se izvode kaskadno



# Zaštitni jarci

- Zaštitni jarci su odvodni jarci, izvan područja usjeka i nasipa, koji prihvaćaju površinske vode sa širega slivnog područja i štite prometnicu od razornog djelovanja površinskih voda.



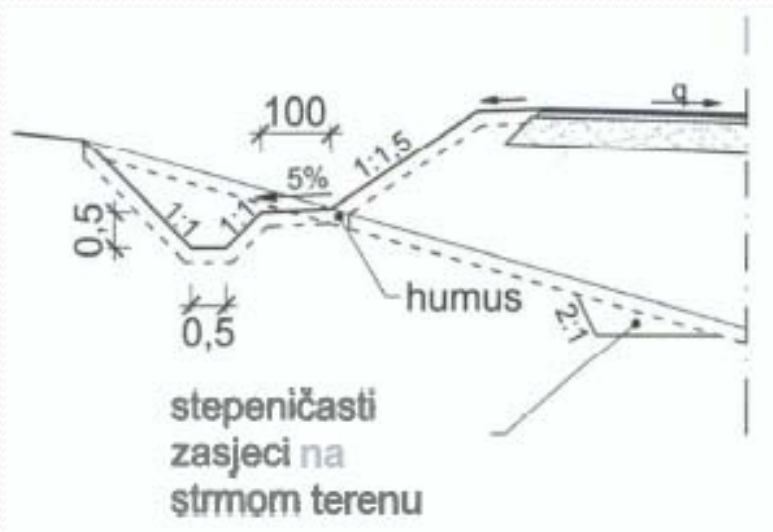


# Zaštitni jarak iznad usjeka



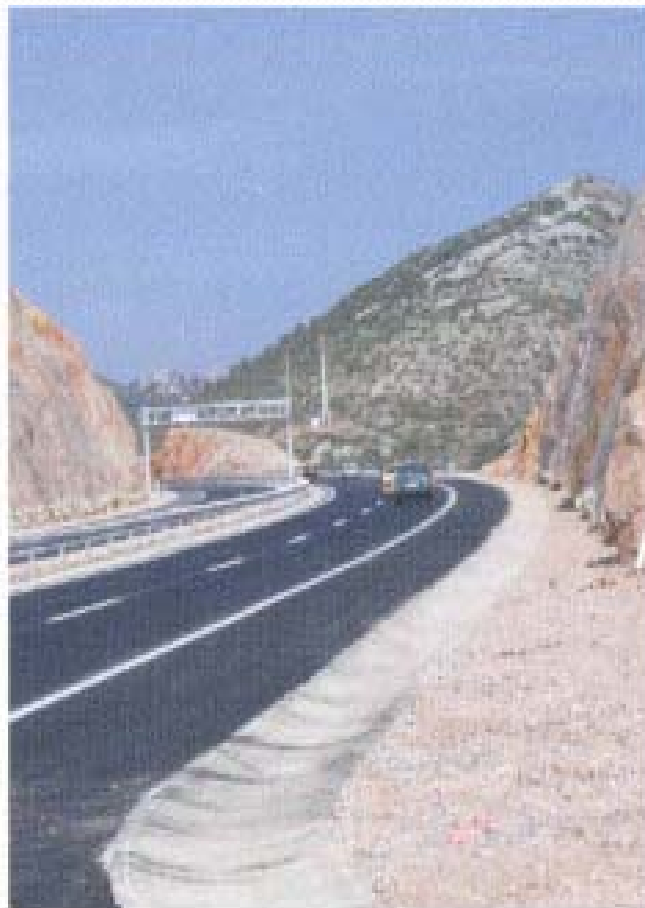
# Zaštitni jarak u nasipu

- U nasipu se izvode zaštitni jarci **segmentnog**, **trokutastog** ili **trapeznog** oblika, kako bi štitili nožicu nasipa od štetnog djelovanja pribrežnih voda.
- Minimalni uzdužni nagib jaraka je **0,5%**. Uzdužni nagib jaraka obzidanih lomljenim kamenom ili izvedenih kanalicama može biti i veći od 10%. U stjenovitim materijalima uobičajeno se primjenjuju trokutasti jarci, a rjeđe segmentni.



# Rigoli

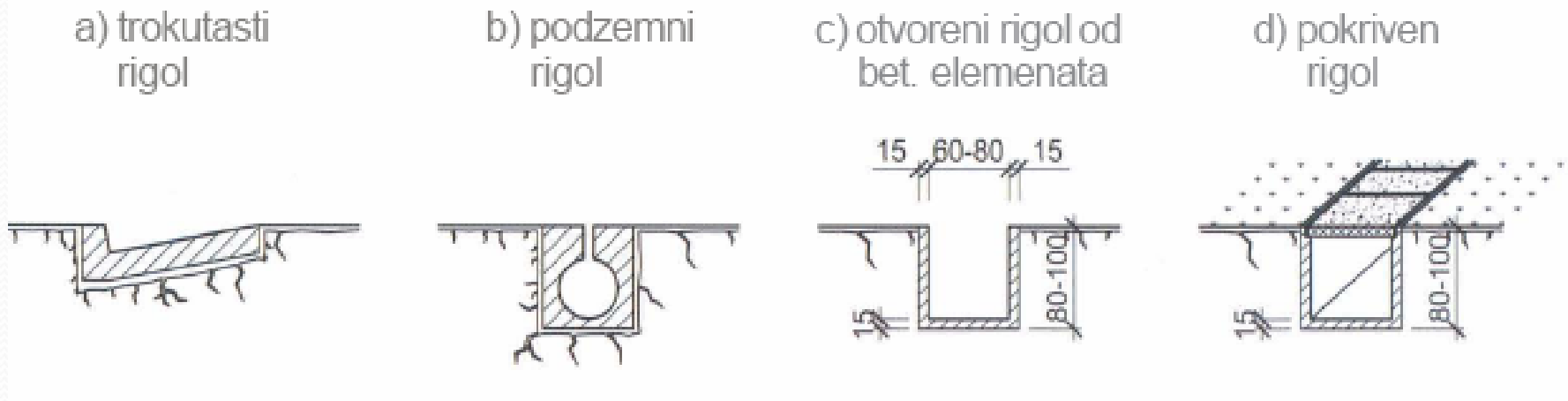
- Rigoli su mali odvodni uređaji





# Rigoli/podjela

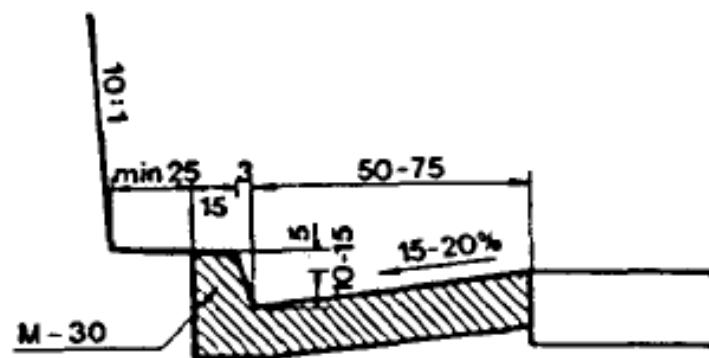
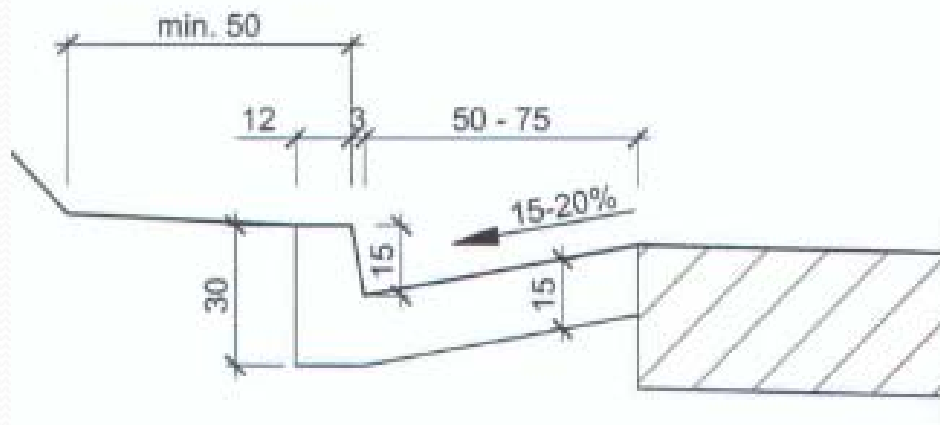
- **Otvoreni rigoli:** trokutasti, segmentni te od betonskih elemenata, podzemni,
- **Zatvoreni rigoli**



- Rigoli se najčešće rade od betona MB30. Danas se najčešće rade kontinuirano, na mjestu ugradnje. Razdjelnice se rade na razmaku **2 m**. Uzdužni nagib betonskih rigola ne smije biti manji od **0,2%**

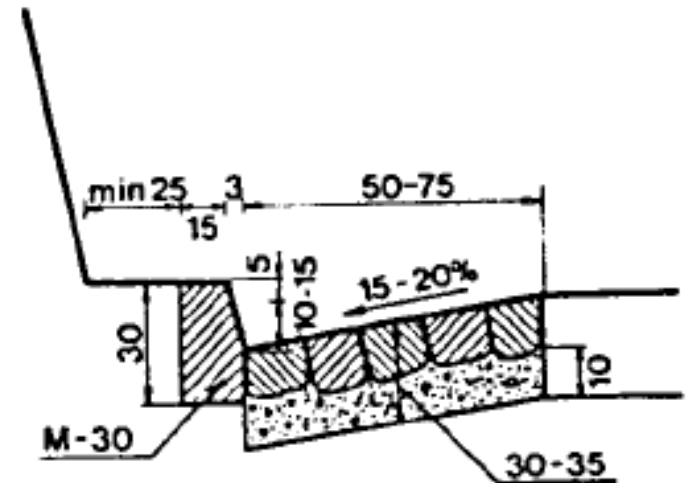
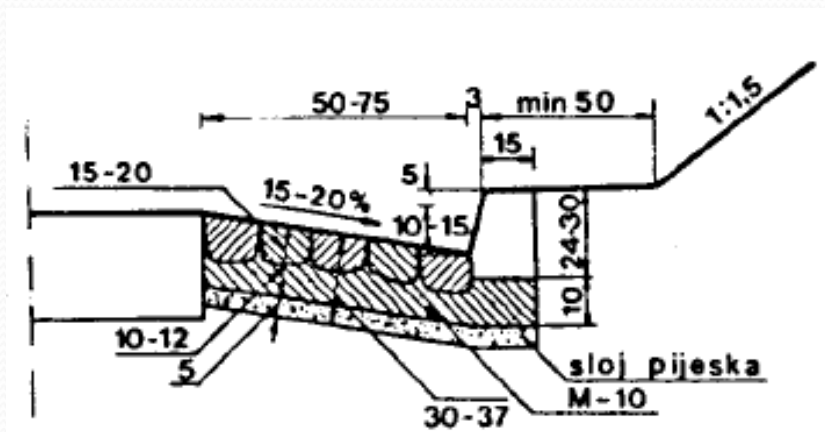


# Betonski trokutasti rigol



# Rigol od konkrelita-taraca

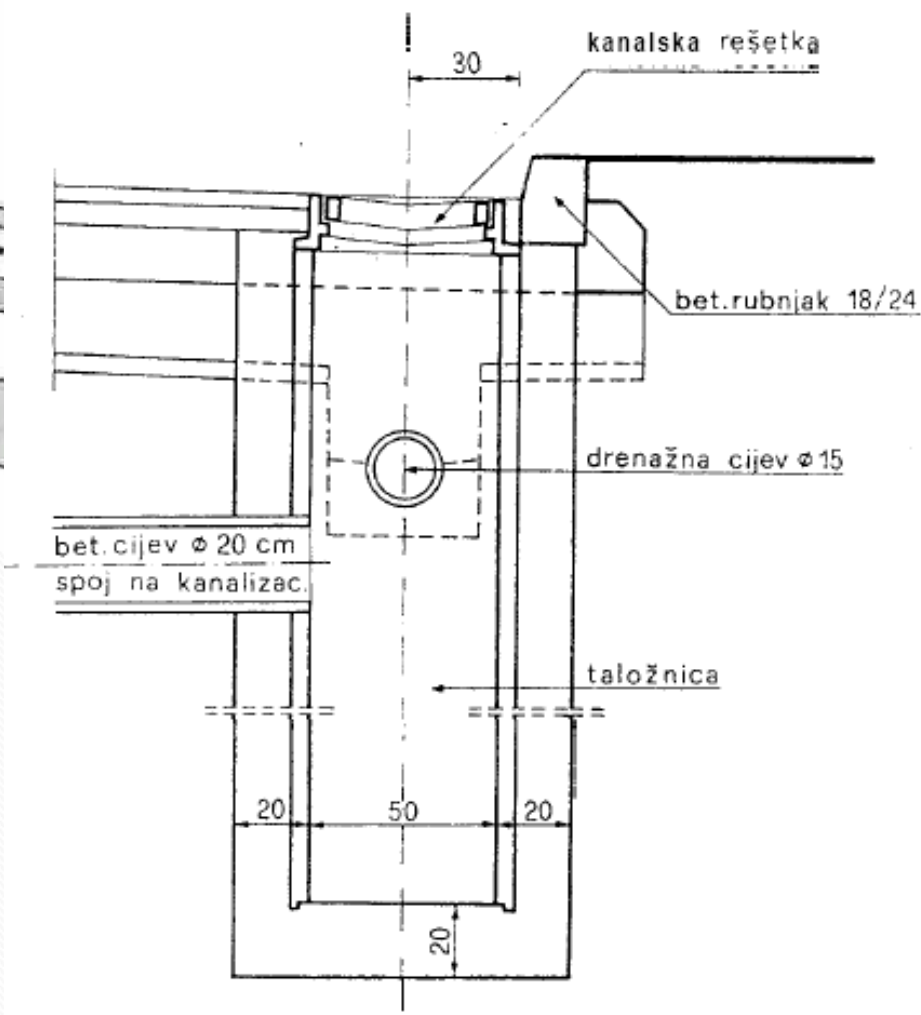
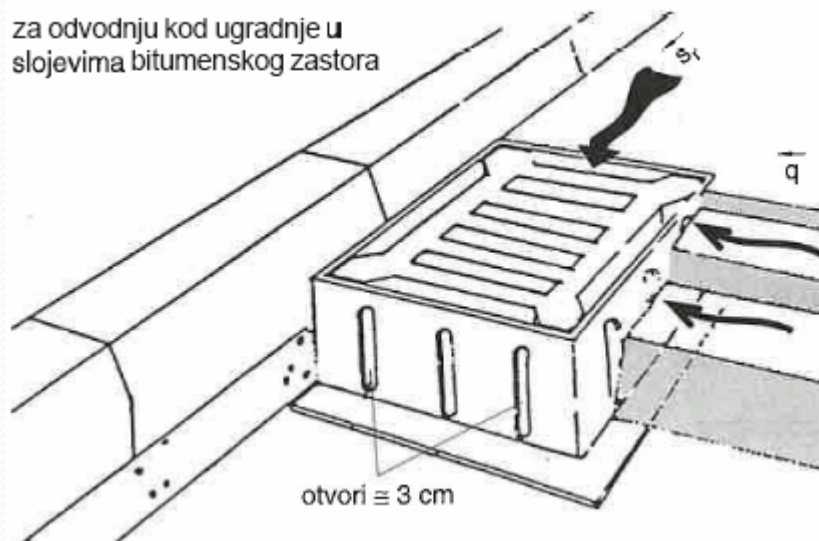
- Rigol od lomljenog kamena s posebnim rubnjakom. Tarac od lomljenog kamena polaže se u sloj pijeska ili šljunka s pijeskom, a reške se zaliju cementnom žbukom. Bolje je tarac položiti u svježi beton.





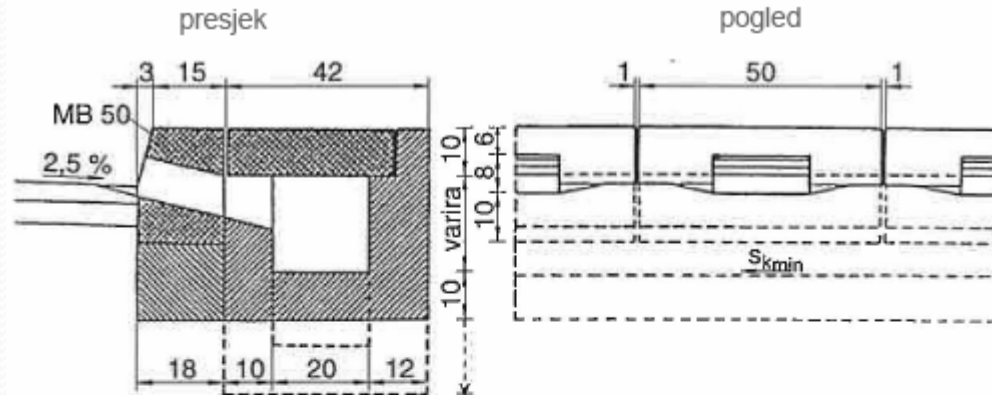
# Odvodnja u gradovima-Slivnici

za odvodnju kod ugradnje u slojevima bitumenskog zastora

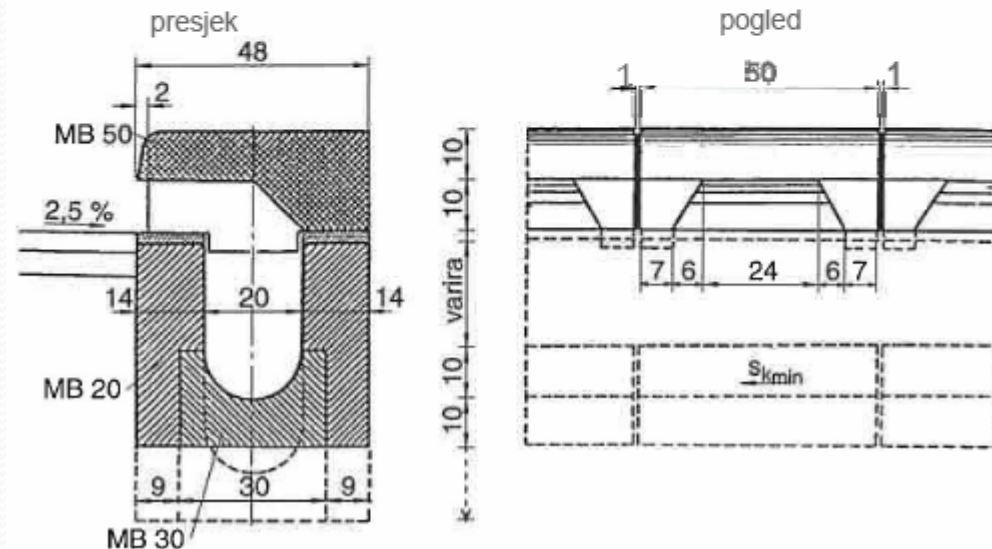


# Rješanja za gradske ulice

a) rješenje za ulice



a) rješenje za prigradske autoceste





# Podzemna odvodnja

- Prikupljanje i odvodnja podzemne vode dospjele u trup prometnice ili u teren izvan nje obavlja se kako bi se:
- odvela voda koja prodre iz posteljice, kroz bankine ili kroz gornji ustroj,
- snizila razina podzemne vode,
- prihvatila podzemna voda iz vodonosnog sloja sa strane i spriječilo njeno štetno djelovanje na pokose usjeka ili trup prometnice (osiguranje drenažama),
- poboljšala stabilnost građevine donjeg ustroja ili terena poremećene stabilnosti (klizišta).



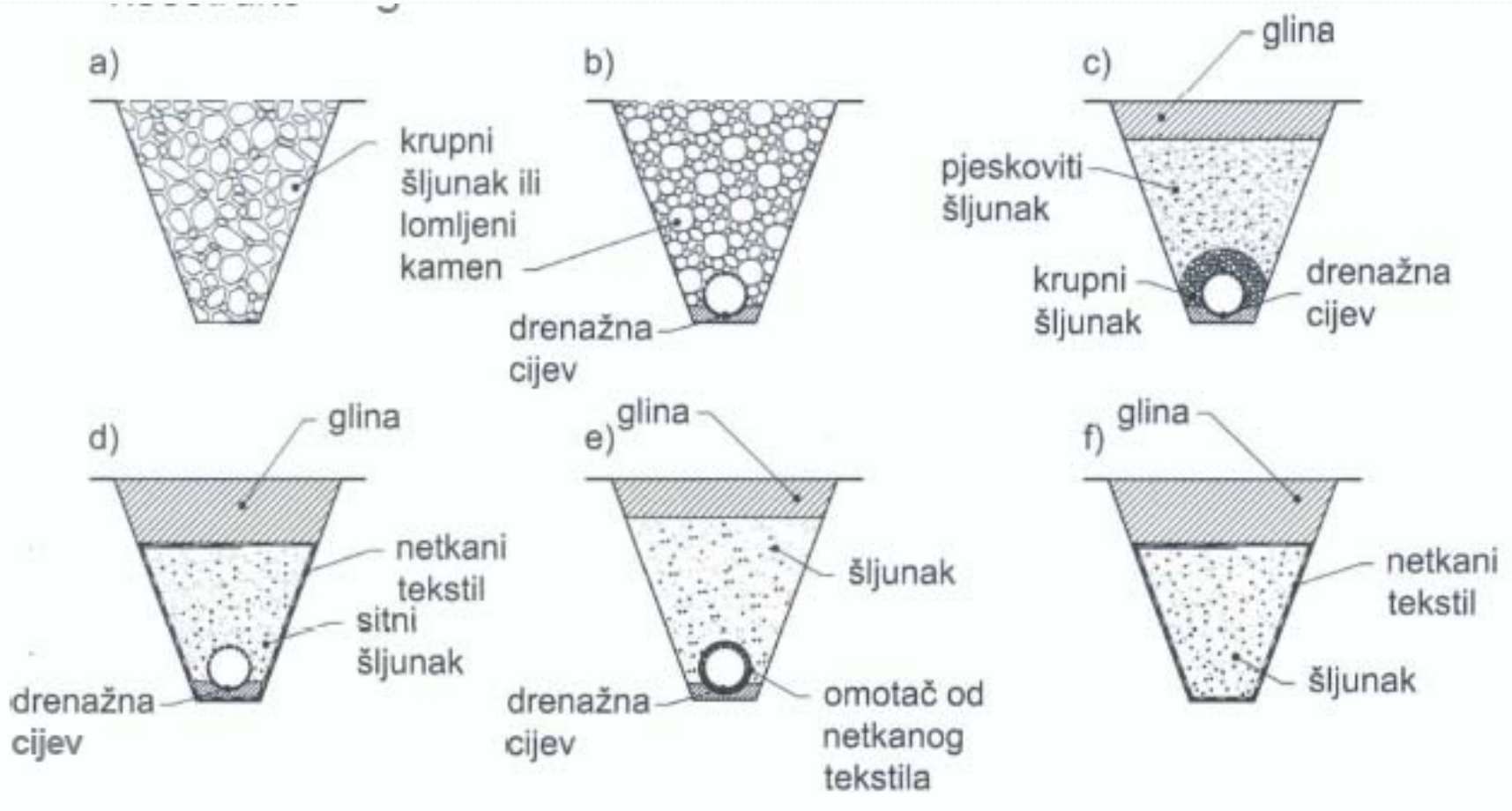
# Drenaže

- Prema položaju u odnosu na os prometnice, drenaže se dijele na :
  - **uzdužne, poprečne.**
- Prema načinu djelovanja, drenaže mogu biti:
  - **pojedinačne, vezane u zajednički sustav.**
- Ovisno o položaju i dubini, odnosno namjeni, mogu biti:
  - **otvorene (površinske), zatvorene (vertikalne ili horizontalne), na različitim dubinama.**
- Ovisno o funkciji, drenaže se mogu projektirati isključivo radi:
  - **odvodnje,**
  - **osiguranja stabilnosti pokosa,**
  - **višestruke uloge.**



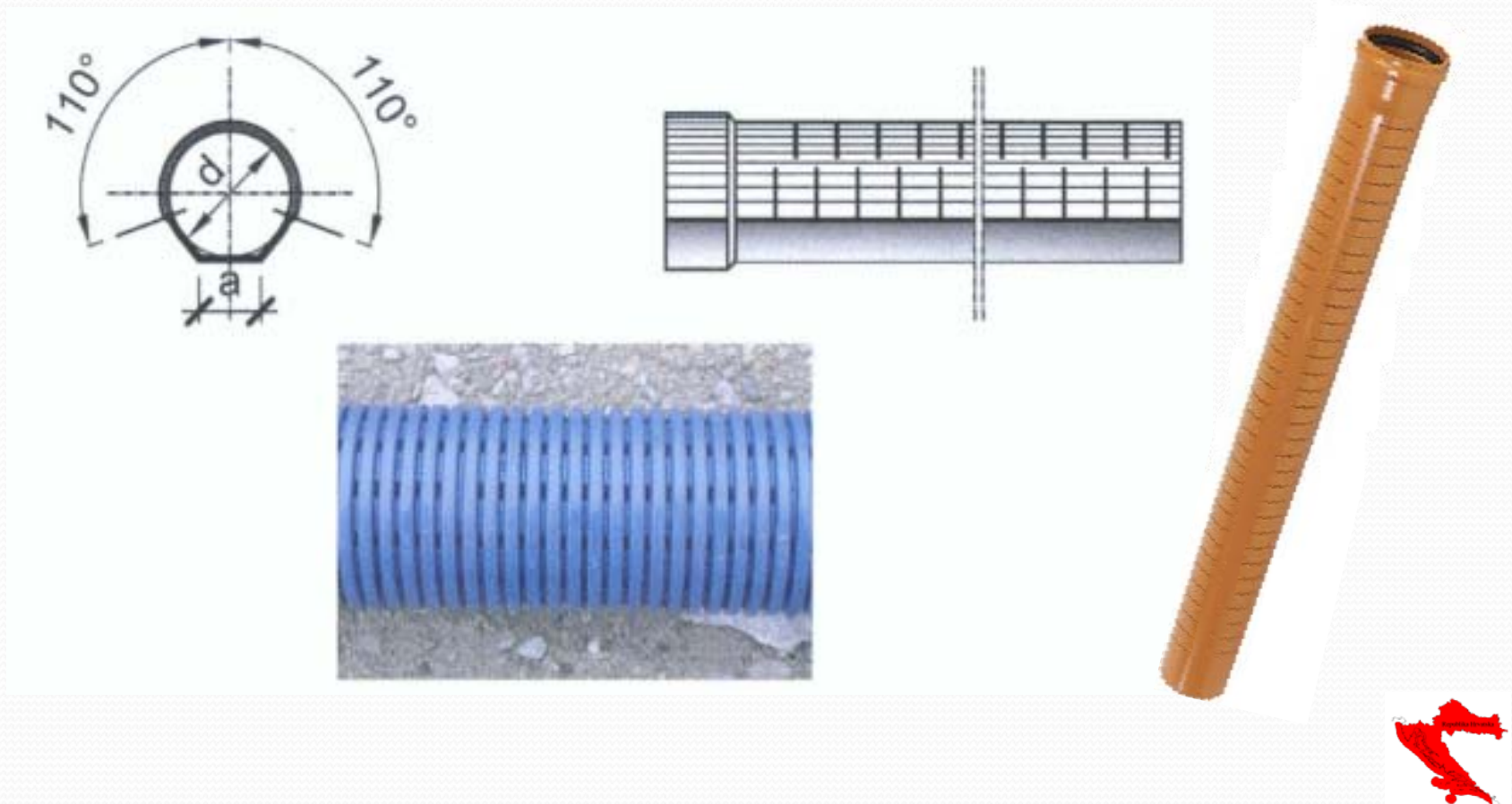


# Povjesni razvoj sustava drenaža



# Drenažne cijevi

- Drenažna cijev može biti od različitih materijala, a najčešće se upotrebljavaju plastične cijevi promjera 10, 15 ili 20 cm, koje su na gornjoj polovici perforirane (rupe promjera 10 mm).





# Drenažna ispuna

- Iznimno je važno da sustav drenažne ispune bude ispravan. Pri izradi drenaža često se za ispunu upotrebljavaju razni otpadni materijali ili materijali koji nisu prikladni (lomljeni kamen, drobljenac, krupni odsijani šljunak i sl.).
- Drenažna ispuna može biti uspješna samo ako njezin sastav odgovara sastavu okolnog terena koji drenira.
- Uloga je filtarskih slojeva da omoguće učinkovito filtriranje podzemne vode i da spriječe ispiranje čestica prirodnog tla koje se drenira, odnosno zamuljivanje procjdnog tijela





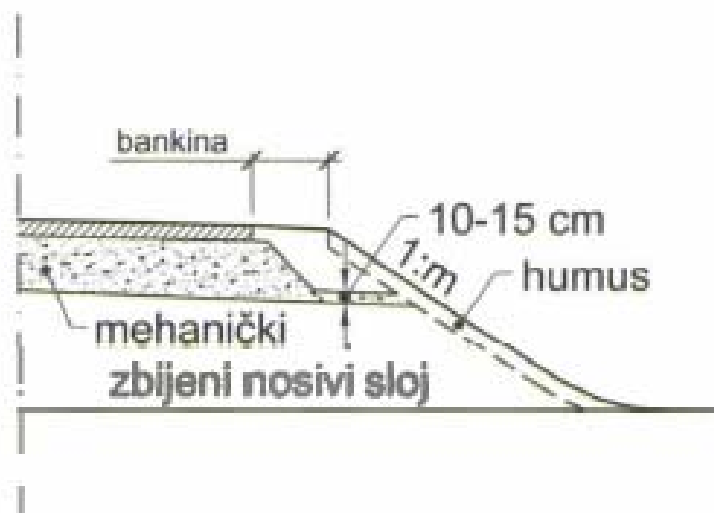
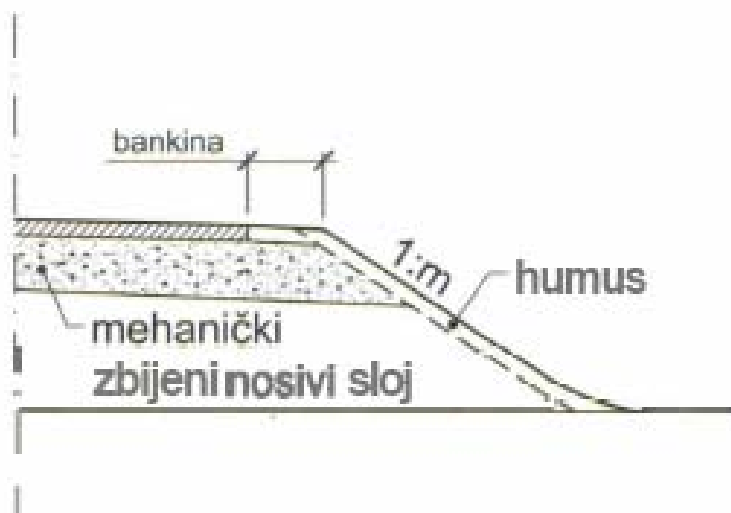
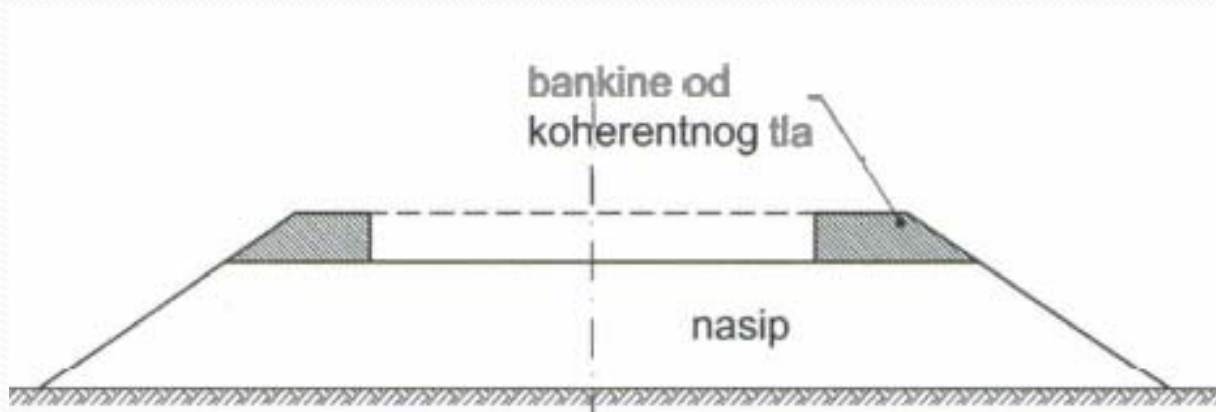
# Odvodnja posteljice

- Kako bi se voda odvela iz mehanički zbijenoga nosivog sloja cestovne prometnice, potrebno je projektirati posteljicu u poprečnom nagibu najmanje 4% kod koherentnih tla, odnosno 2,5% kod nekoherentnih vrsta materijala.
- Za uzdužni nagib 3 do 5% poprečni nagib posteljice trebao bi biti 5%, a za nagib 5 do 8% trebao bi biti oko 6%. Također je važno da na posteljici odnosno planumu ne bude lokalnih neravnina u kojima se može skupljati voda.
- Najveća je pogreška graditi bankine od nabijenog glinovitog materijala prije izvedbe konstrukcije. Tako se stvaraju korita koja ne propuštaju vodu, pa već za vrijeme gradnje nastaju problemi ako padne kiša



# Odvodnja posteljice

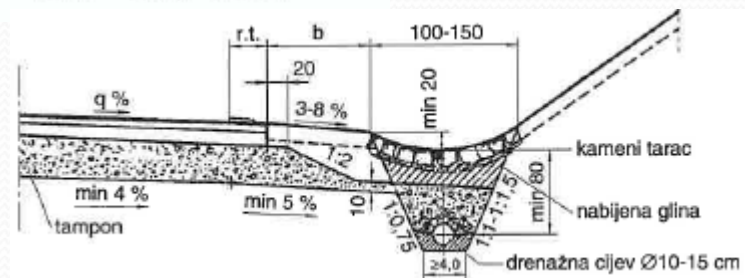
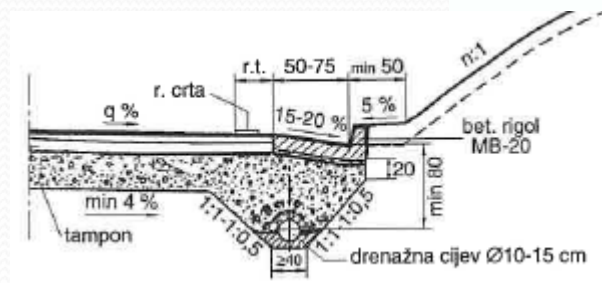
- Izvedba u nasipu





# Odvodnja posteljice u usjeku

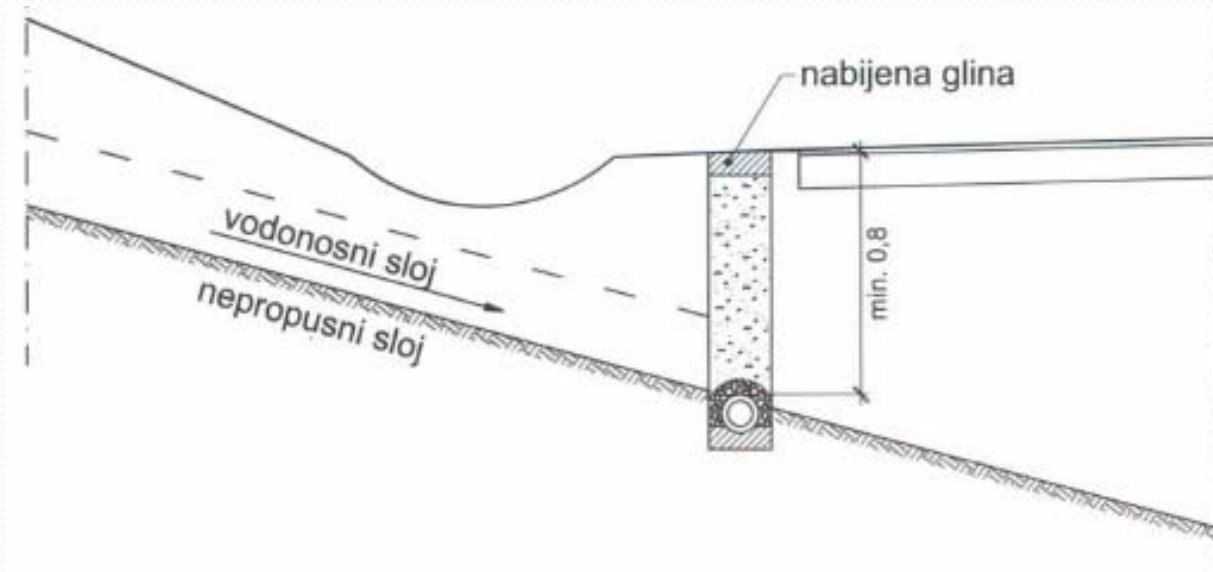
- Primjenjuju se različite konstrukcije plitkih drenaža, s perforiranom drenažnom cijevi te drenažnom ispunom i filtrom od pjeskovito šljunkovitog materijala odgovarajućega granulometrijskog sastava.





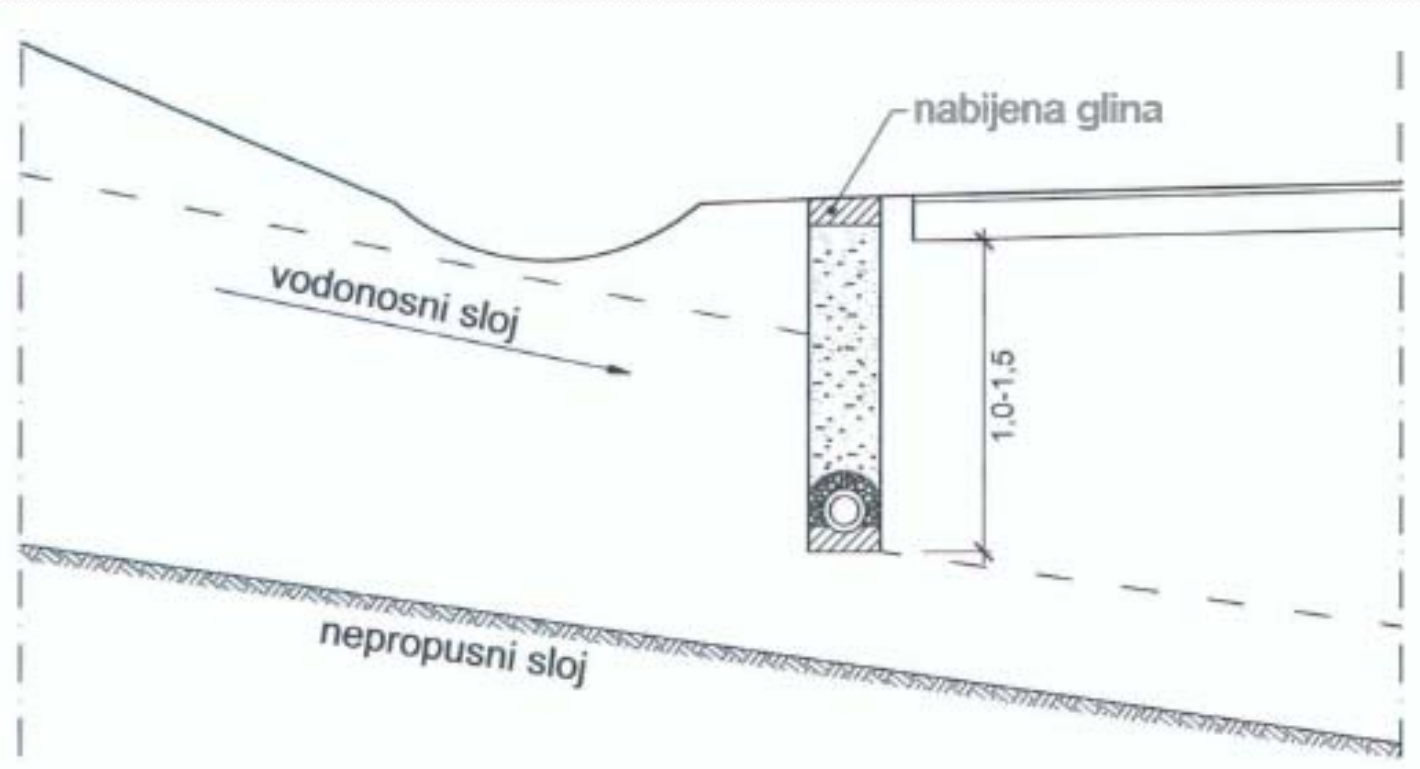
# Odvodnja pribrežnih voda

- Prihvaćanje vode iz vodonosnog sloja i osiguranje prometnice drenažama nužno je ako se gradnjom usjeka presiječe vodonosni sloj ili se dopre u njegovu neposrednu blizinu.
- Ako je zona podzemne vode koja dotječe s padine prema prometnici uska, a nepropusno tlo plitko (oko 1 m), drenažom se u potpunosti presijeca vodonosni sloj.

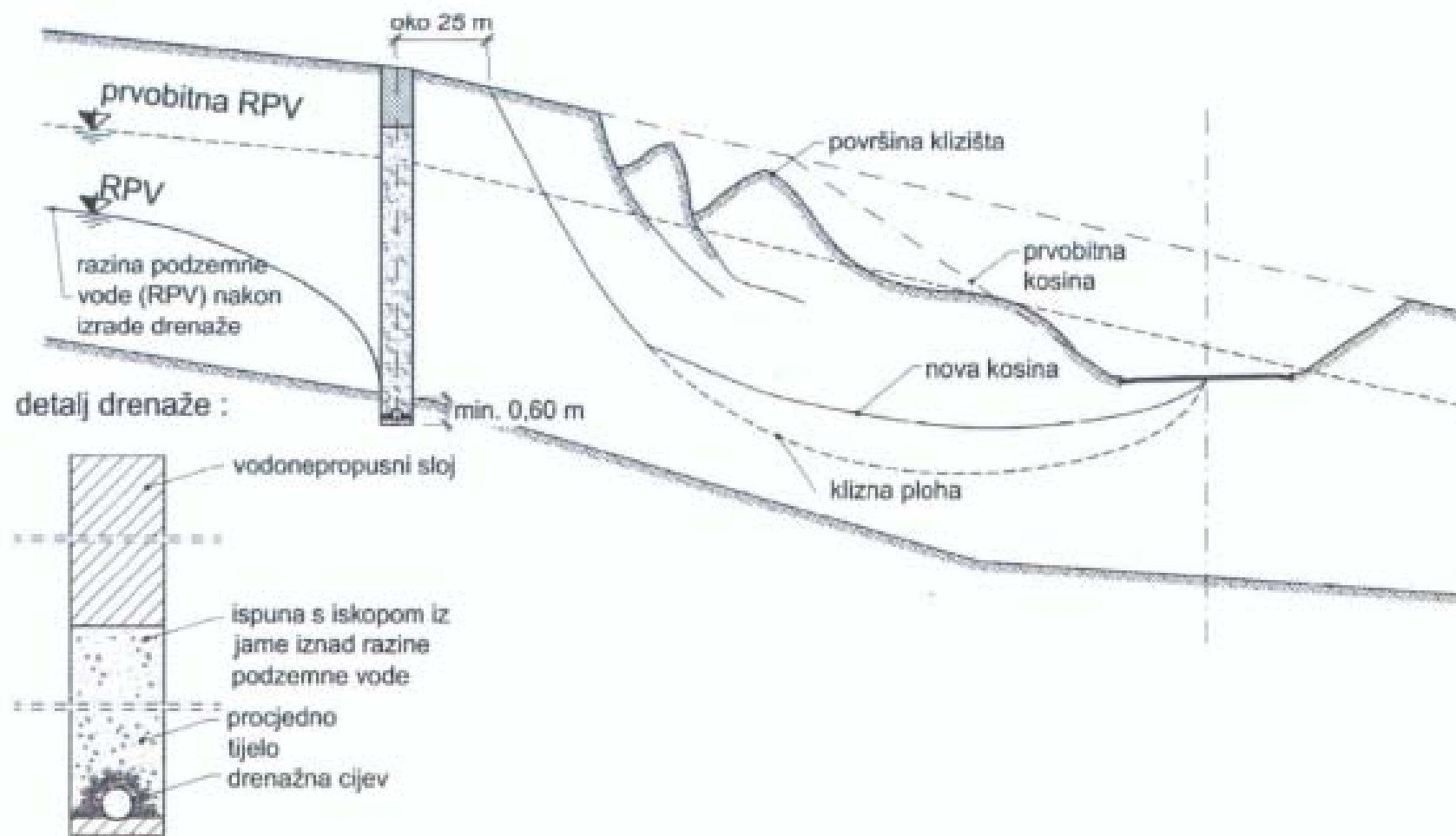


# Odvodnja pribrežnih voda

- Ako je nepropusni sloj niži, a zona vodonosnog sloja široka drenažom se samo snižava razina podzemne vode, tako da bude 1 do 1,5 m ispod posteljice odnosno planuma.



# Saniranje klizišta drenažom





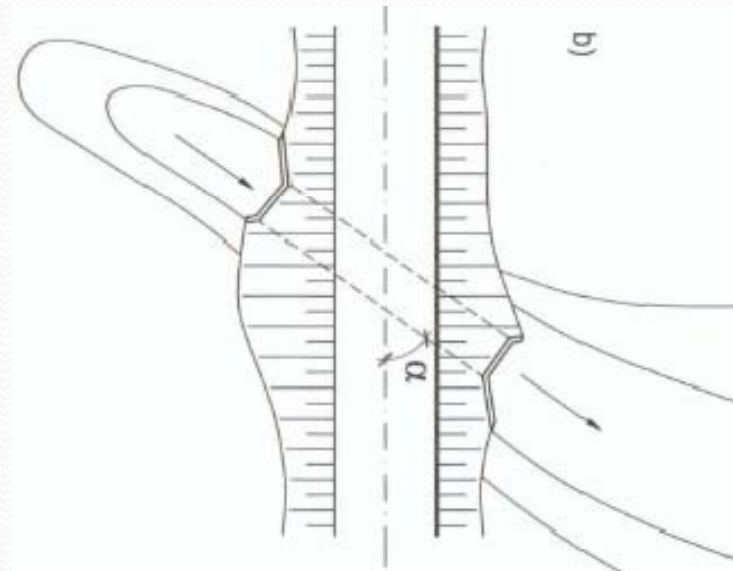
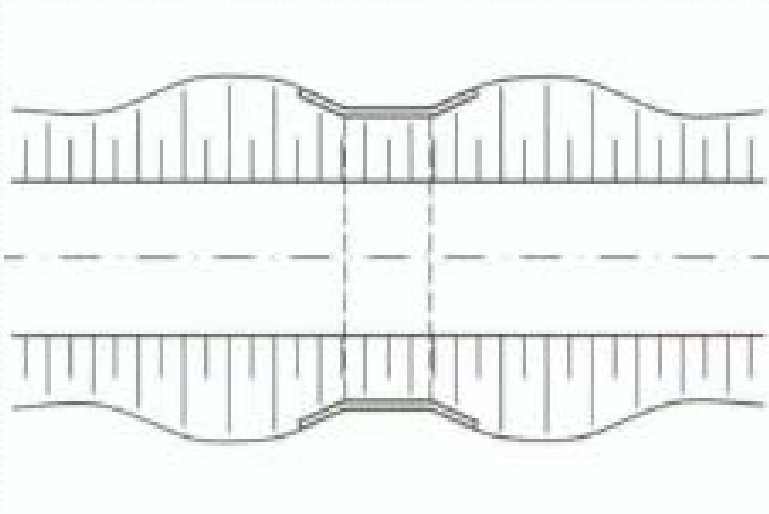
# Propusti

- Izgradnjom propusta na povoljnom mjestu u trupu prometnice omogućava se kontrolirani prolazak vode kroz njezin trup, odnosno sprječava se skupljanje vode pri nožici nasipa čime bi bila narušena stabilnost donjeg ustroja prometnice.
- **Vrste propusta:**
  - betonske,
  - armiranobetonske,
  - propuste od prednapregnutog betona,
  - čelične,
  - zidane (kamen, opeka),
  - kombinirane.



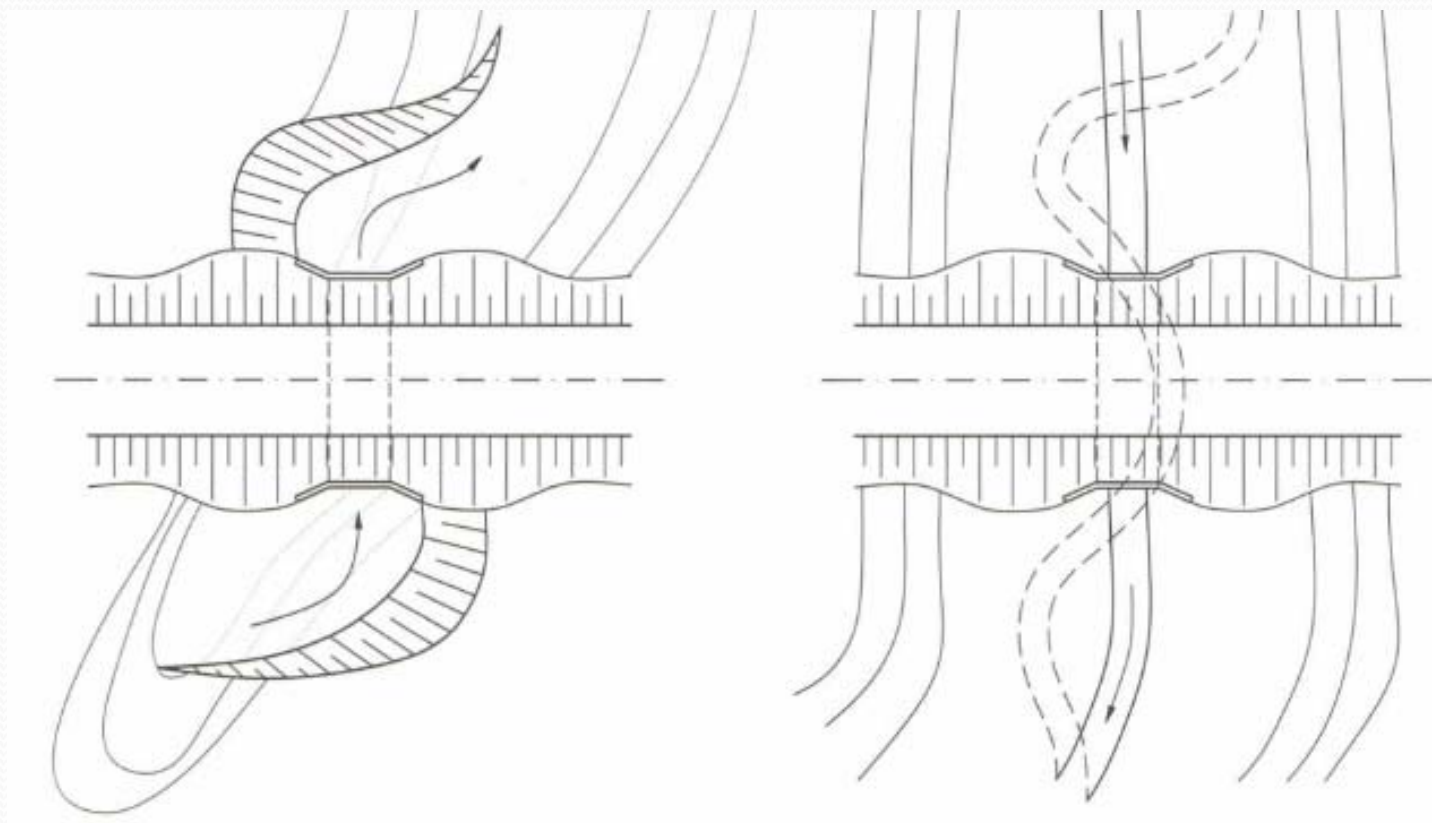
# Propusti

- Ovisno o načinu gradnje i statičkom sustavu, mogu biti:
- cijevni, svodeni, okvirni, pločasti.
- Prema obliku poprečnog presjeka dijele se na:
- kružne, ovalne, trapezne, pravokutne.
- Prema položaju u odnosu na os prometnice dijele se na:
- okomite, kose.



# Propusti

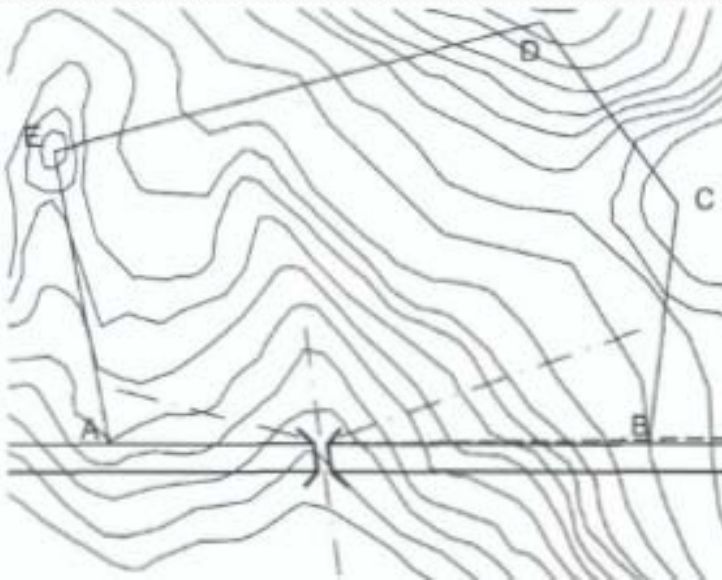
- Bez obzira na položaj vodotoka prema osi ceste, najčešće se izvodi okomiti propust na način da se rekonstruira vodotok ili se vodotok neposredno uz cestu regulira.





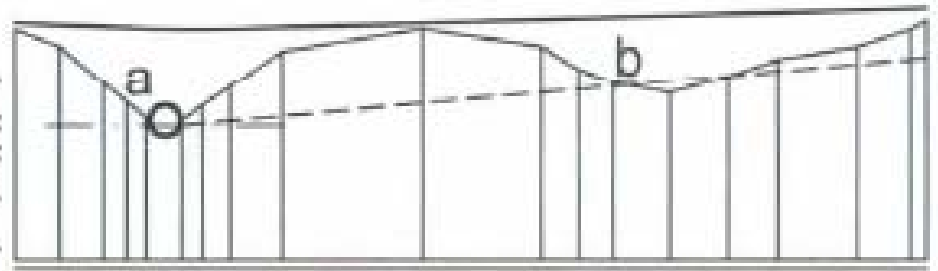
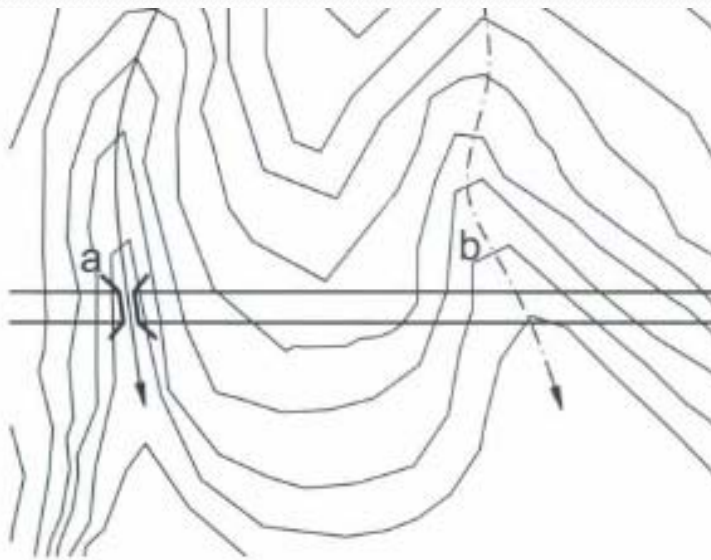
# Cijevni propusti

- Cijevni propusti imaju veću primjenu od pločastih i svodenih propusta. Često se izvode pri gradnji cesta i željeznica radi jednostavnijega građenja i temeljenja, racionalnijih rješenja i niže cijene. Smještaju se na najnižim mjestima po apsolutnim visinama.



# Cijevni propust

- Cijevni se propusti ne mogu koristiti ako je raspoloživa konstrukcijska visina nasipa manja od **0,8 m** (mjereno od gornje površine cijevi do površine planuma na najnižem mjestu).
- Propusti se izvode prije samog nasipa, a izbor određuje konfiguracija terena



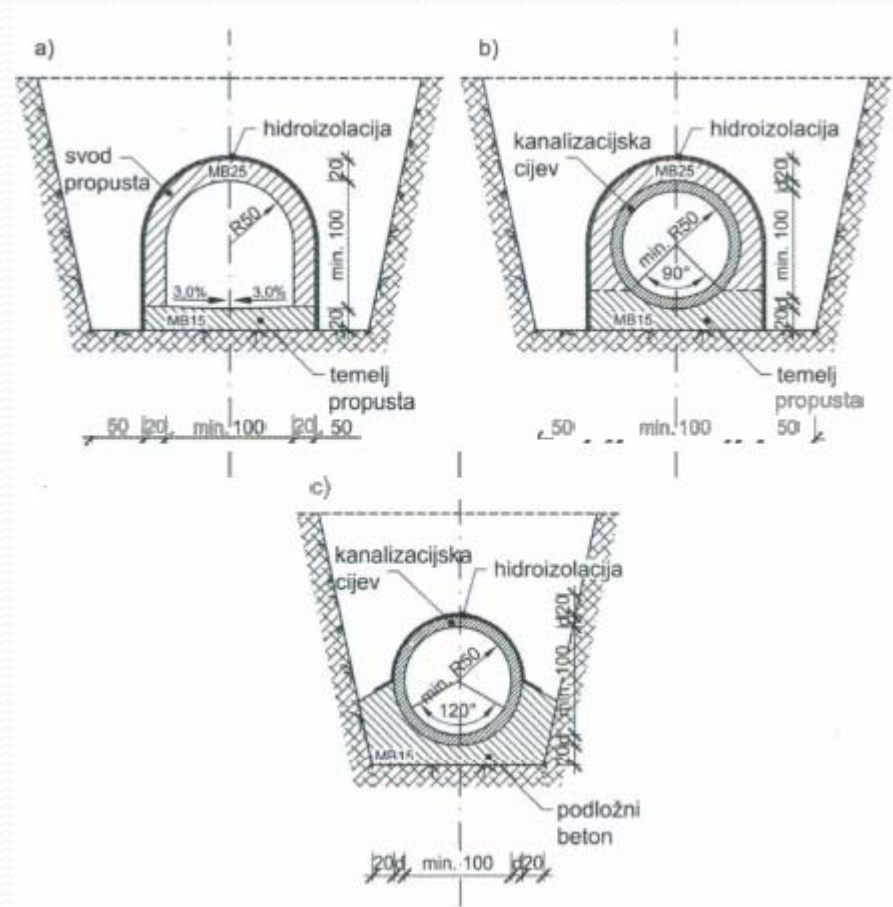


# Poprečni presjeci cijevnih propusta

Mogu se izvesti od betona tijekom građenja (slika **a.**),

Betonskih cijevi koje se sastavljaju na gradilištu i zaštićene su betonskom oblogom (slike **b**),

Od montažnih armiranobetonskih cijevi bez obloge (slika **c**),

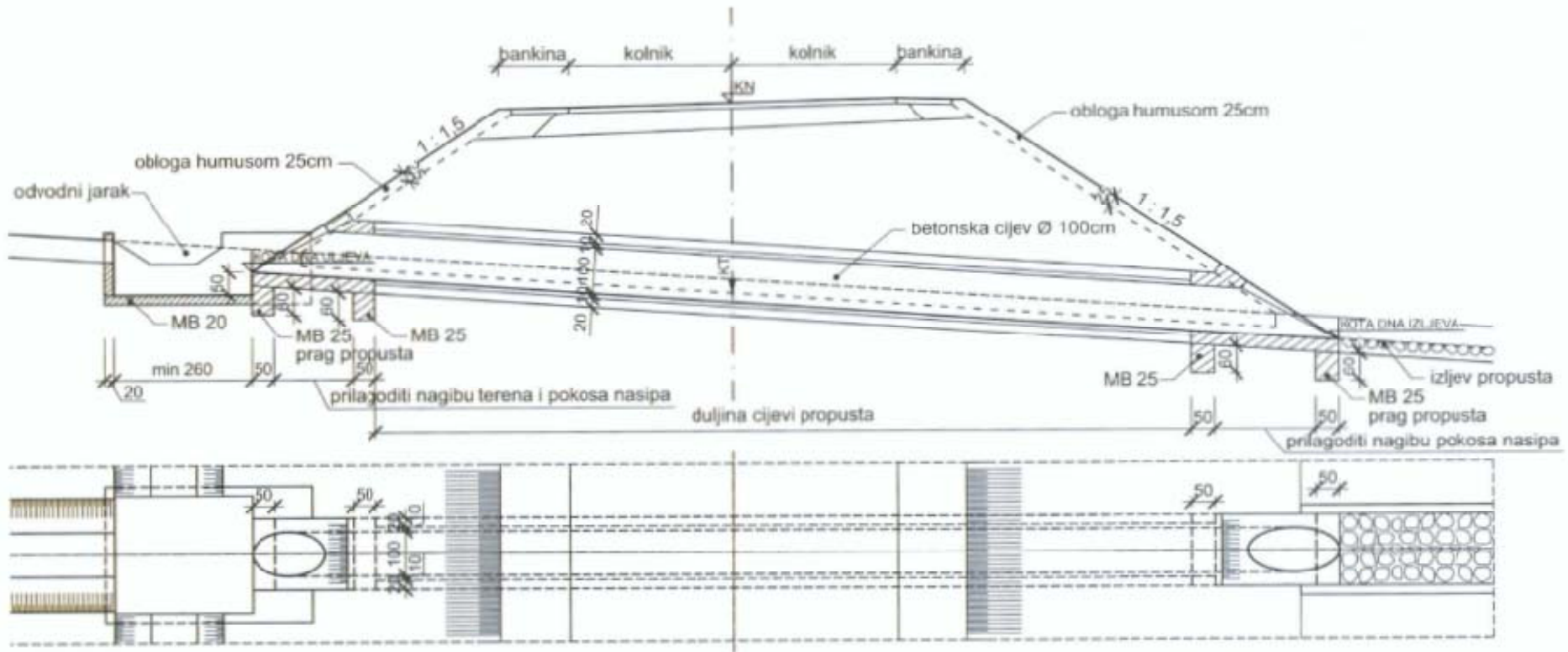




# Poprečni presjek cjevnog propusta



# Uzdužni presjek cijevnog propusta





# Pločasti betonski propust

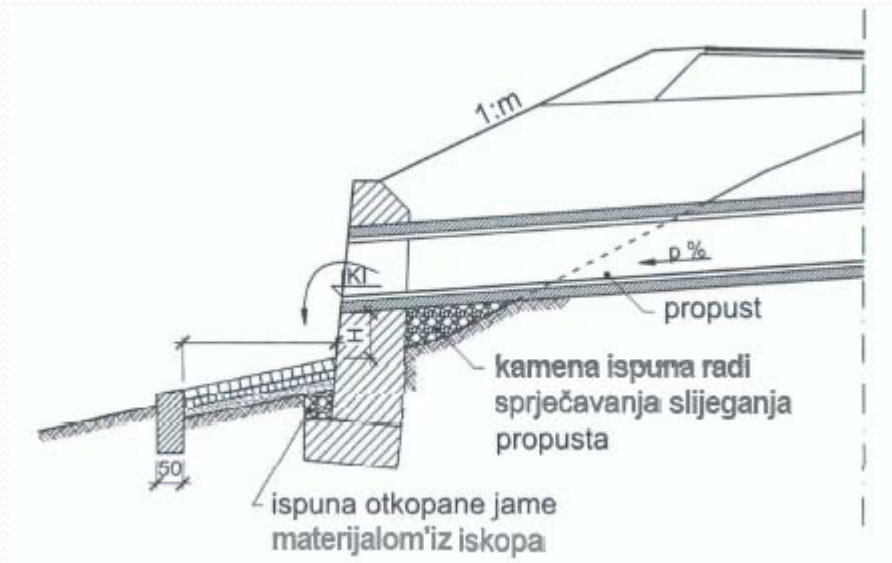
- Primjenjuju se u nasipima manjih visina, ako zbog nedovoljne konstrukcijske visine nije moguće izgraditi cijevni propust, te u usjecima. Duljina mu je jednaka plenumu!





# Projektiranje i gradnja propusta

- Pri projektiranju propusta najvažnije je da se točno odrede:
- veličina otvora propusta prema količini vode koja se očekuje sa slivnog područja, odnosno prema potrebnoj širini prolaza prometnice,
- položaj propusta u odnosu na os prometnice (okomit ili pod kutom),



# Veličina otvora propusta

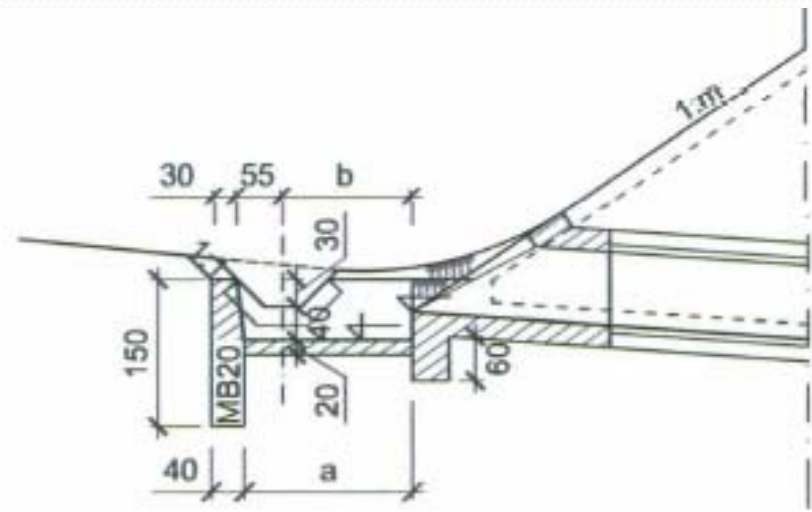
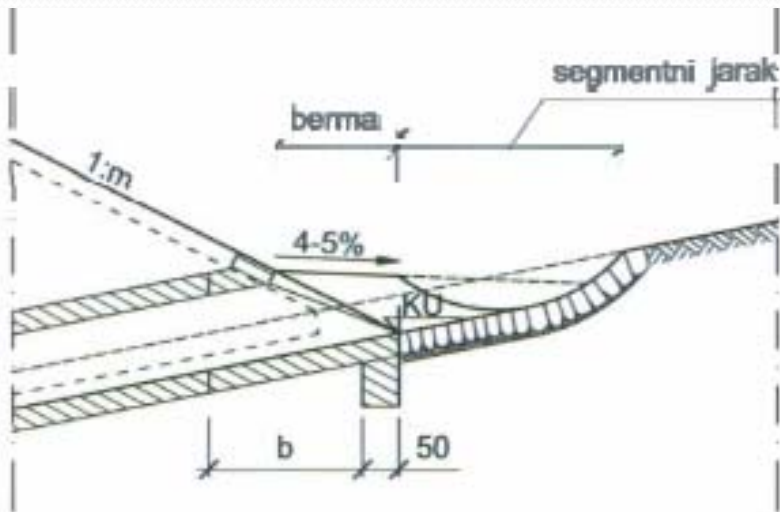
- Veličina otvora propusta određuje se ovisno o vrsti vode koju propušta:
- površinska, oborinska voda skupljena kanalima ili rigolima s kolnika i pokosa nasipa, usjeka i zasjeka, odnosno s površine terena nagnutog prema trupu prometnice,
- stalni tok manjih potoka ili izvora,
- kombinirana površinska oborinska voda i voda iz stalnih tokova,
- voda skupljena iz drenaža ili iz tajača iza zidova koji su iznad nivelete (propusti u tom slučaju zamjenjuju poprečne ispuste kao elemente drenažnog sustava).





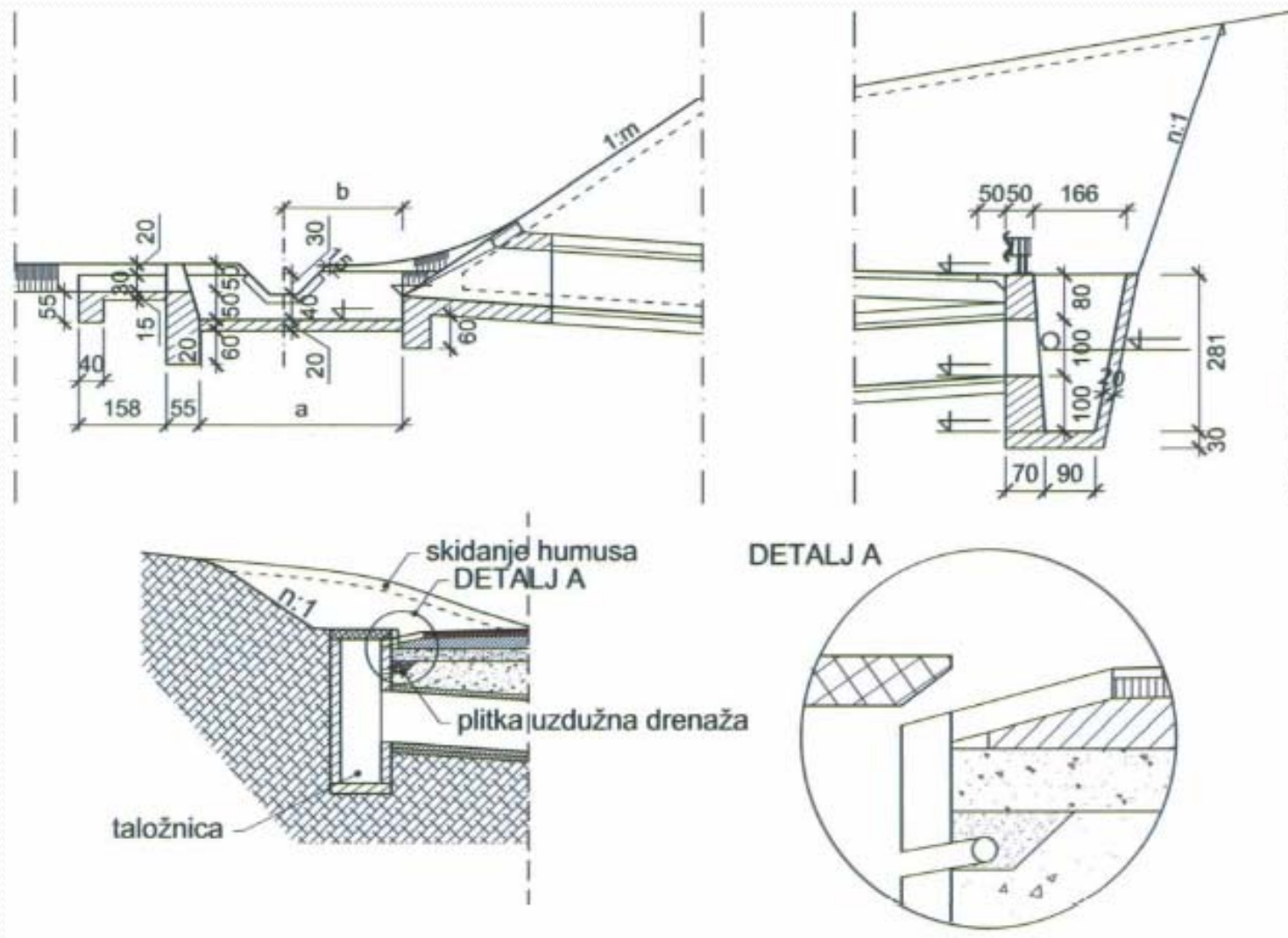
# Gradnja propusta

- Propust se sastoji od tri osnovna dijela: **glavnog provodnog dijela** **cijevi propusta** te **ulaznih** i **izlaznih dijelova** - uljevne odnosno izljevne glave.





# Primjeri uljeva propusta



# Oblici uljevne glave propusta



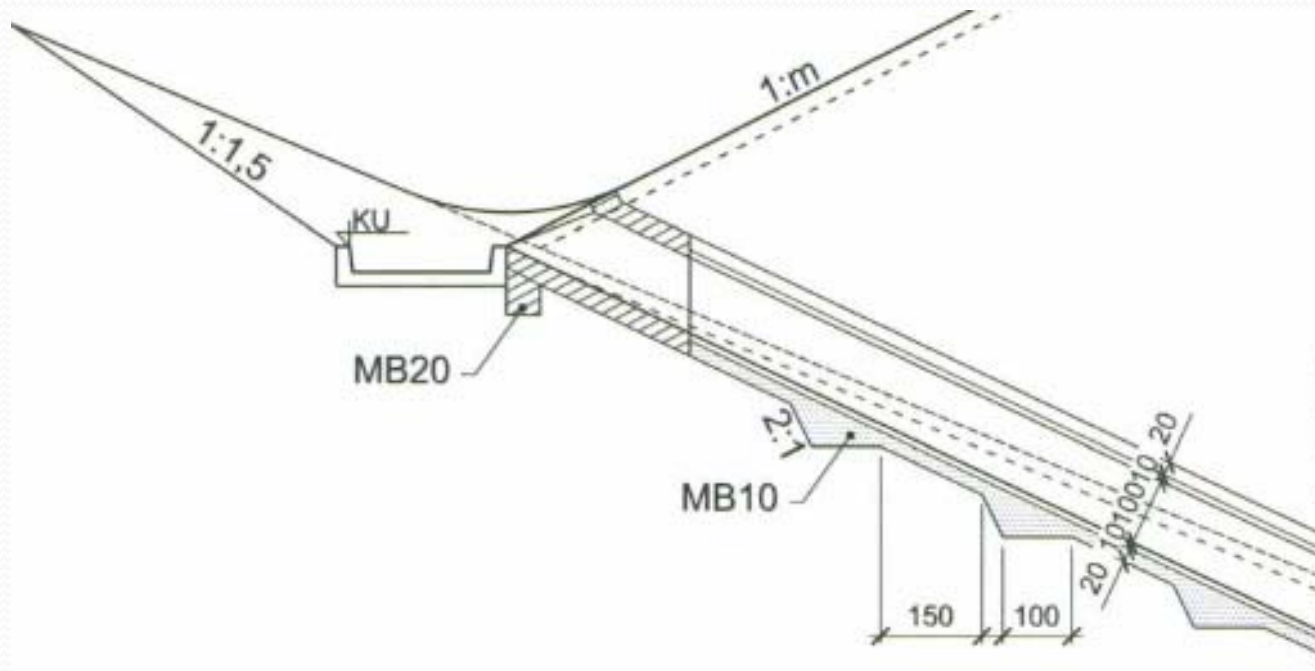


# Kaskade na uljevu u propust



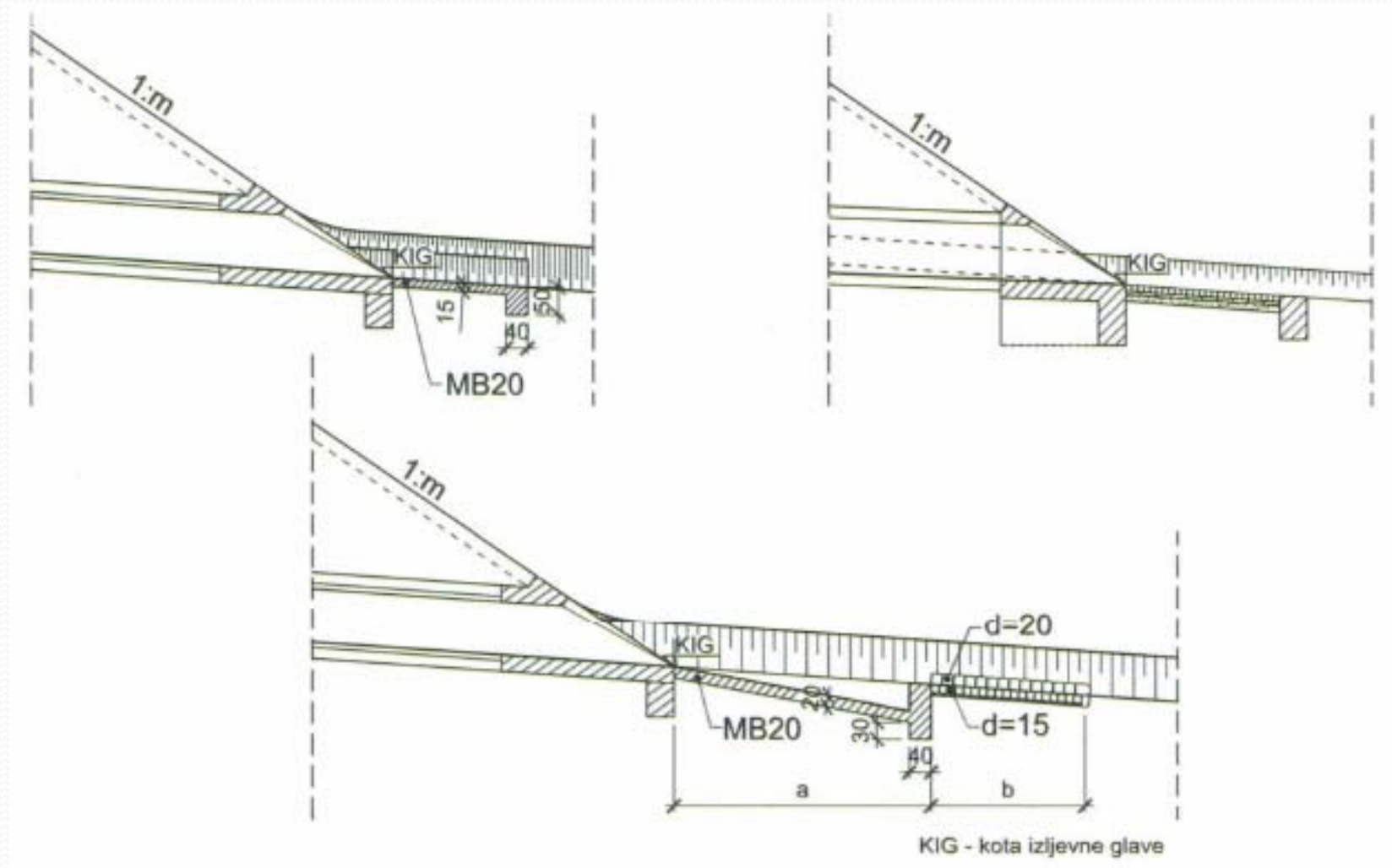
# Propust u većem nagibu

- Kada je teren u većemu nagibu, donja ploha propusta izvodi se sa stepeničastim pojačanjima kako bi se spriječilo klizanje konstrukcije. Ta stepenasta pojačanja mogu biti po cijeloj dužini kada je nagib terena  $>15^\circ$  ili na dijelu duljine propusta kad su blaži nagibi.





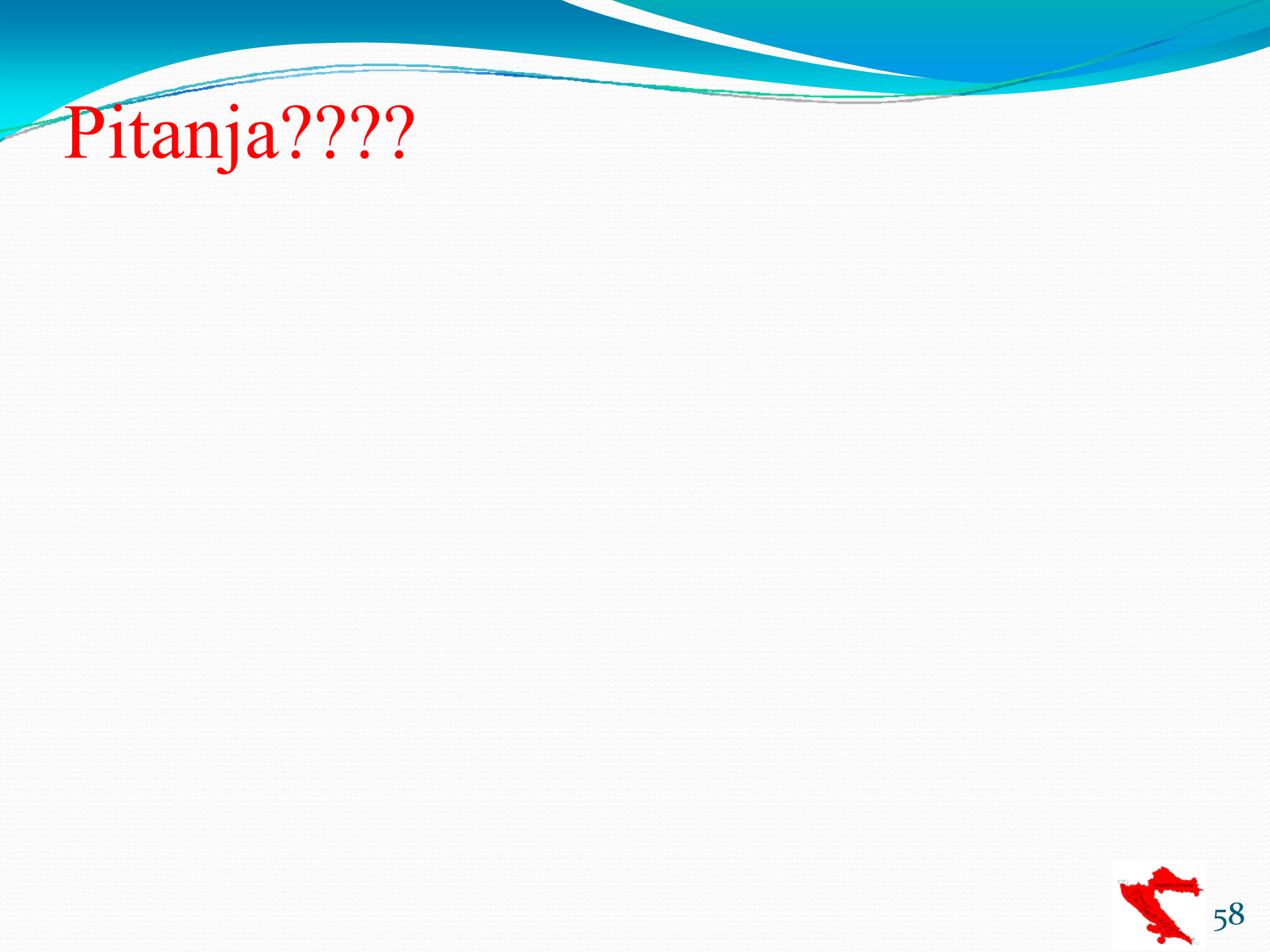
# Primjeri uređenja izljeva propusta



# Primjeri uređenja izljeva propusta







Pitanja????

