

4 BRANE

Najstarija brana¹ o kojoj postoje pouzdani podaci bila je izgrađena pre 4000. godina na Nilu, pored grada Memfisa. Ova brana naravno više ne postoji. Najstarija brana koja je još u upotrebi je brana Almanza u Španiji, izgrađena u 16. veku.

Brana² je hidrotehnička konstrukcija kojom se pregrađuje rečna dolina, čime se akumulira vodena masa uzvodno od brane. Izgradnjom brane i formiranjem akumulacionog jezera uzvodno od nje otvara se mogućnost za višenamensko iskorišćenje pregrađenog vodotoka:

- Snabdevanje naselja vodom iz akumulacionog jezera;
- Snabdevanje industrije vodom;
- Proizvodnju električne energije, obzirom da se prirodni pad vode na dužini akumulacije koncentriše kod brane, čime postaje upotrebljiv u hidroelektrani;
- Navodnjavanje okolnih poljoprivrednih površina;
- Ispuštanje³ garantovanog proticaja dovoljnog za biološki opstanak živog sveta u vodotoku nizvodno od brane u periodu suša;
- Napajanje vodom plovnih puteva nizvodno od brane;
- Retenzioniranje i transformaciju poplavnih talasa.

Sa gledišta uporebe vode i zaštite od štetnog dejstva vode, priroda će biti uspešno iskorišćena kada se sva voda koja padne na zemlju i površinski oteče uhvati i zadrži u akumulacionom jezeru i kasnije planski upotrebi.

¹ Pri pisanju ovog poglavlja korišćeni su i neki delovi tekstova iz knjige R. K. Linsley, Water-Resources Engineering, Mc Graw Hill, 1972.

² Brana ili vodojaža.

4.1 SPECIFIČNOSTI BRANA KAO GRAĐEVINSKIH KONSTRUKCIJA

U odnosu na ostale građevinske konstrukcije brane imaju niz osobenosti koje ih čine specifičnim a samim tim zahtevaju i njihovo posebno izučavanje. Ove specifičnosti biće ukratko pobrojane u nerednom tekstu:

- (A) **Delovanje vode.** Voda deluje na branu po veoma velikoj površini, stvarajući ogromne sile hidrostatičkog pritiska. Sile pritiska, zavisno od visine brane, dužine u kruni i oblika dodirne površine sa vodom, mogu se kretati od nekoliko hiljada do nekoliko miliona tona.

Brane moraju biti vodonepropustljive, što je slučaj kod betonskih brana, ili voda kroz njih provire u kontrolisanim količinama i u unapred određenom režimu, što je slučaj kod zemljanih brana.

Voda pod pritiskom provire kroz stensku masu u zoni konture brane i deluje na konstrukciju brane i stensku masu na koju se brana oslanja, stvarajući sile koje igraju značajnu ulogu u uslovima stabilnosti brane. Provirući kroz stenu, voda može da odnosi sitnije čestice rastresenih delova stenske mase ili pojedine frakcije sitnijeg materijala ukoliko prolazi kroz nevezane materijale.

U nekim slučajevima voda može da vrši i hemijski uticaj na branu.

- (B) **Oslanjanje brane.** Brana se oslanja na stensku masu po velikom delu svoje konture. Stenska masa na koju se brana oslanja po svojim svojstvima je deformibilna, nehomogena, anizotropna i sa diskontinuitetima. Kako je dodirna površina brane i stenske mase relativno velika, sa brane se na stensku masu prenose ogromna opterećenja.

Stena može da utiče u velikoj meri na rad i ponašanje brane. Sadejstvo brane i stene mora se uzeti u obzir pri proučavanju rada brane. Znatno više nego kod bilo koje građevinske konstrukcije, stenska masa u blizini površine oslanjanja predstavlja integralni deo brane.

- (C) **Kompleksnost problema.** Brane su hidrotehničke konstrukcije čije projektovanje nosi spoj različitih hidrotehničkih i konstruktivnih problema. Ovo je veoma kompleksna problematika koja zahteva poznavanje niza oblasti tehnike - mehanike, otpornosti materijala, teorije konstrukcija, mehanike stena, mehanike tla, geologije, hidraulike, hidrologije, betona, čelika, tehnologije građenja,...
- (D) **Brane kao značajni objekti.** Brane su po svojim razmerama krupni i značajni objekti, ne samo po ogromnim sredstvima koje je potrebno uložiti u njihovu izgradnju već i po učešću u privredi regiona u kome se nalaze.

Proces projektovanja brana je izuzetno složen i obiman i zahteva dugotrajna prethodna istraživanja i analize različite prirode. To su pre svega dugotrajna hidrološka merenja na slivu vodotoka koji se pregrađuje sa odgovarajućom obradom merenih vrednosti, zatim detaljna ispitivanja stenske mase na koju će se brana oslanjati i drugo. Brane najčešće menjaju geografsku sliku regiona i život ljudi u okolini, tako da u priprema istraživanja spadaju i odgovarajuće sociološke studije⁴, studije budućeg privrednog razvoja područja, urbanističko projektovanje budućih naselja, klimatološka ispitivanja⁵....

- (E) **Originalnost rešenja.** Pri rešavanju problema projektovanja jedne brane u igri je toliko različitih krupnih parametara koji na rešenje utiču da se oni praktično ne mogu ponoviti na istom mestu. Ponekad pomeranje od

⁴ Izgradnjom brane, odnosno formiranjem akumulacije često dolazi do potapanja naselja koja su nekada postojala na obali reke. Ovo nije problem samo ekonomske prirode - izgradnje novih naselja i obezbeđivanje novih radnih mesta sa njihove stanovnike. Preseljavanje ljudi iz njihovih domova je osetljiva akcija, te sociološke ankete i studije u fazi planiranja izgradnje brane treba da pokažu koliko je to uopšte opravdano raditi, bez obzira na ekonomske efekte.

⁵ Akumulacija koja se formira izgradnjom brane u izvesnoj meri menja mikroklimatske karakteristike područja. Ove promene ponekad mogu imati štetne uticaje na neke osetljive objekte, na primer kulturno istorijske spomenike od neprocenjive vrednosti, te se i takvi uticaji moraju unapred ispitati.

nekoliko metara mesta na kome će se reka pregraditi diktira drugačije rešenje. Stoga je svako tipiziranje brana isključeno a njihova klasifikacija samo opšta. Svaka brana je originalan objekat za sebe.

- (F) **Nemogućnost probnog opterećenja.** Osnovno opterećenje na svaku branu je masa vode u akumulacionom bazenu uzvodno od nje. Stoga se brane ne mogu podvrći probnom opterećenju pre puštanja u pogon, kao što je slučaj sa ostalim hidrotehničkim objektima. Njihovo prvo opterećenje je u isto vreme i radno. Zbog toga projektovanje brana mora biti posebno pažljivo i detaljno jer greške jednostavno nisu dopuštene, obzirom da delimično ili potpuno rušenje brane ima katastrofalne posledice⁶ u nizvodnom području.

4.2 AKUMULACIONA JEZERA

Prostor uzvodno od brane, ograničen branom, dnom i padinama rečne doline kojase pregrađuje naziva se akumulaciono jezero ili akumulacioni basen, obzirom da se u njemu akumulira voda koja će se koristiti u različite namene. Akumulacioni baseni se razmatraju kroz nekoliko pitanja:

- Zapremina akumulacije;
- Namene akumulacije;
- Karakteristični nivoi i delovi akumulacionog prostora;
- Step en izravnjanja i dimenzionisanje;
- Vododržljivost;
- Stabilnost padina
- Nanos;
- Potapanje i planiranje akumulacije;

⁶ Sastavni deo projektne dokumentacije jedne brane je i proračun rušenja brane, koji treba da pokaže kakve se posledice mogu očekivati ukoliko do rušenja brane ipak dođe.

- Položaj u odnosu na sliv;
- Međusobni uticaj akumulacije i okoline.

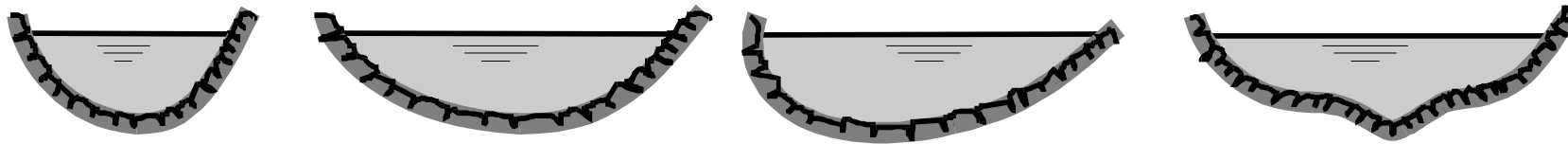
U narednom tekstu biće pomenuti zapremina akumulacije i delovi akumulacionog basena sa karakterističnim nivoima:

4.2.1 ZAPREMINA AKUMULACIJE

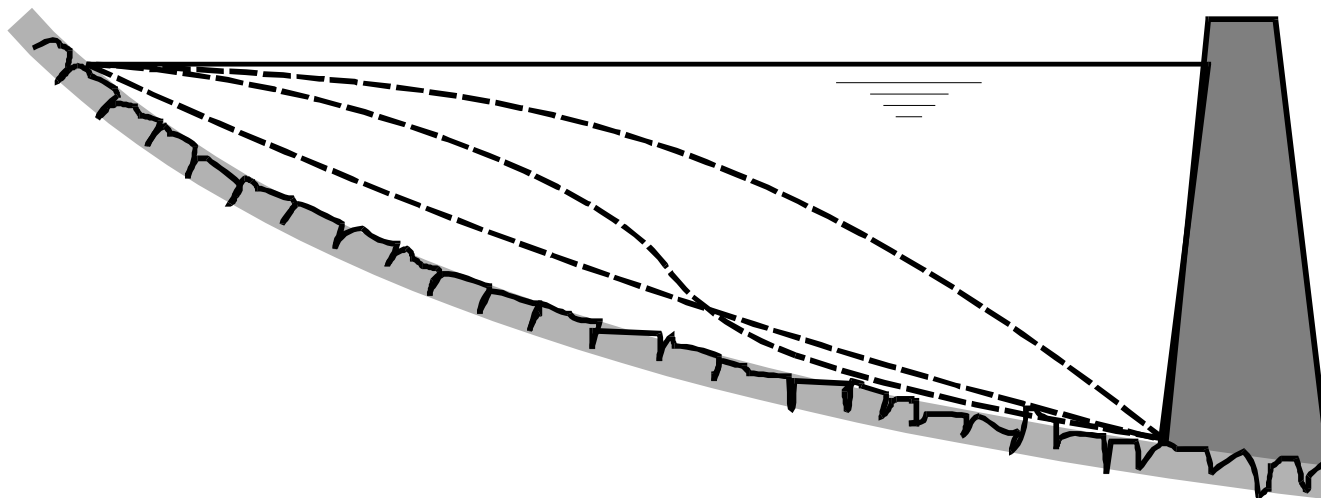
Zapremina akumulacije zavisi od visine brane i oblika rečne doline. Dolina ima povoljan oblik za izgradnju brane i formiranje akumulacije ako se uzvodno od suženog mesta, na kome se pregrađivanje predviđa, dolina dovoljno širi i ako je na tom području uzdužni pad reke blag.

Od poprečnih i uzdužnih profila rečnih dolina zavisice i odnosi visine brane, površine i zapremine akumulacije.

Na narednim slikama dati su neki mogući oblici poprečnog i podužnog profila akumulacionog basena.

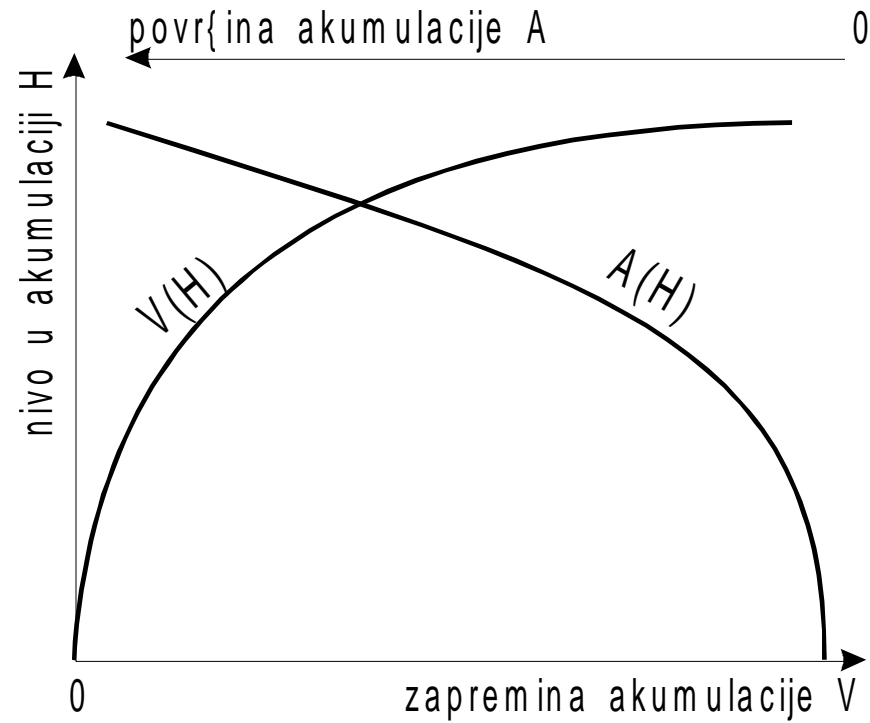


popre~ni profili akumulacionih basena



podu`ni profili akumulacionih basena

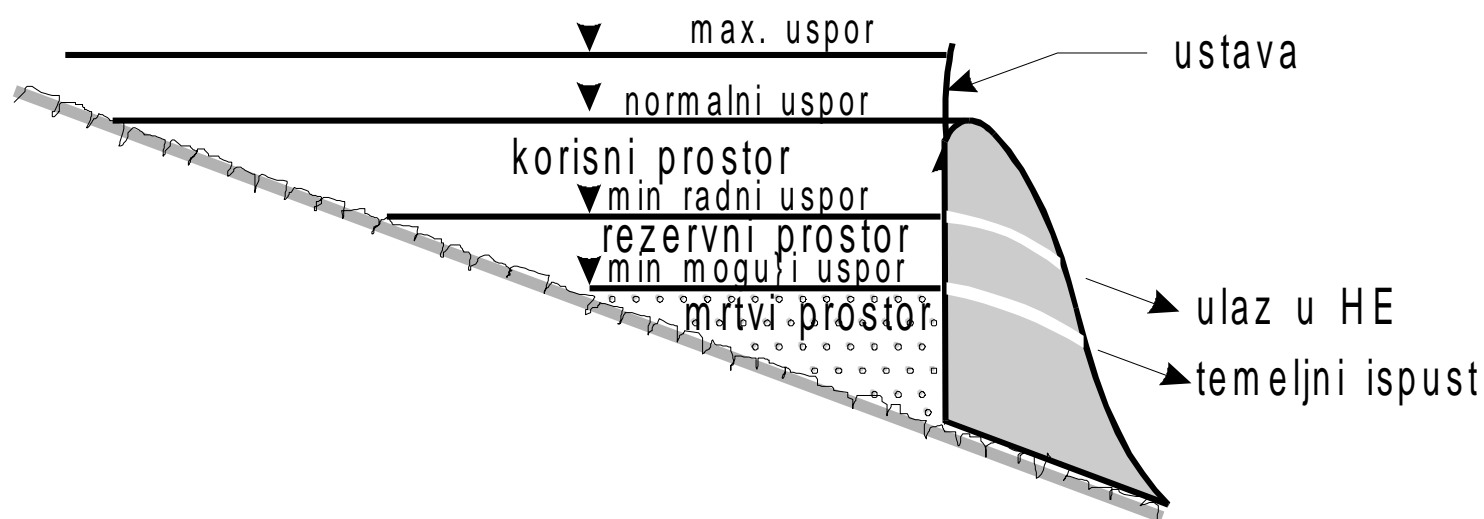
Zapremina i površina akumulacije menjaju se u odnosu na nivo vode u akumulaciji, koji je promenljiv u vremenu. Zavisnosti zapremine i površine akumulacije od nivoa vode u akumulaciji prikazane su na sledećoj slici odgovarajućim krivama.



Za svaku buduću akumulaciju ove krive moraju biti određene u početim fazama projektovanja.

4.2.2 DELOVI AKUMULACIONOG PROSTORA I KARAKTERISTIČNI NIVOI

U toku rada akumulacije ona se puni i prazni, pri čemu se nivo vode menja od najnižeg do najvišeg. Ovde će se definisati neki delovi akumulacionog prostora koji su omeđeni karakterističnim nivoima.



⇒ **Korisni prostor** ili korisna zapremina je prostor u kome se vrši izravnavanje vode. Omeđen je normalnim usporom i minimalnim radnim usporom.

⇒ **Normalni uspor** ili normalni nivo je najviši uspor u akumulaciji pri kome ne dolazi do preliivanja.

- ⇒ Ukoliko su na prelivu postavljene i ustave, one omogućavaju da, kada su spuštene, uspor bude veći od normalnog (za visinu ustave). Nivo vode koji se pri tome javlja u akumulaciji naziva se **maksimalni mogući uspor**.
- ⇒ **Minimalni radni uspor** je najniži nivo vode u akumulaciji pri kome hidroelektrana još uvek radi
- ⇒ **Rezervni prostor** ili rezervna zapremina akumulacije je prostor između minimalnog radnog uspora i nivoa vode ispod koga nije moguće prazniti akumulaciju. To je dakle prostor ograničen nivoima odvoda vode u hidroelektranu i temeljnog ispusta⁷.
- ⇒ Mrtav prostor je prostor koji se ne može prazniti. Služi za taloženje nanosa, delimično ili u celini⁸.

4.3 VRSTE BRANA

Prema materijalima od koga su napravljene brane se mogu podeliti u dve velike grupe - betonske i nasute. Betonske brane dele se dalje prema vrstama konstrukcije odnosno statičkom radu, dok se nasute dele po vrstama materijala od koga su napravljene.

Betonske brane se generalno mogu podeliti na:

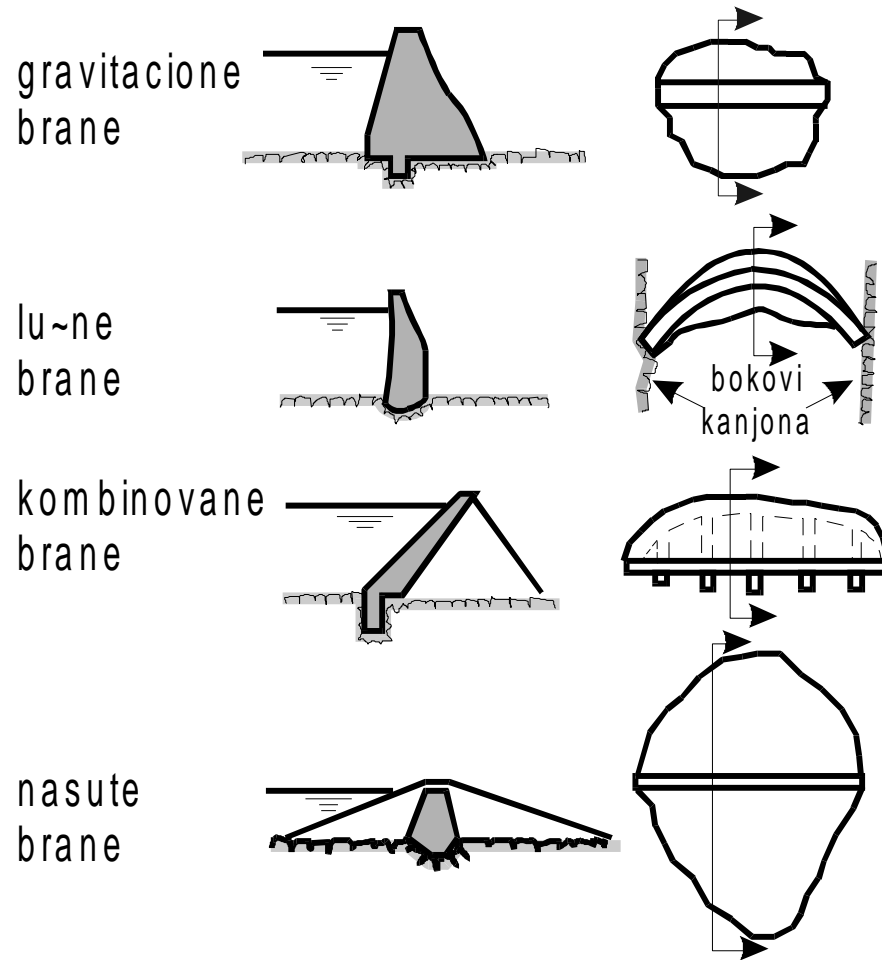
- Gravitacione;
- Lučne i

⁷ Ukoliko akumulacija ne služi i za proizvodnju električne energije, koristan prostor pruža se od normalnog radnog uspora do minimalnog mogućeg uspora. U tom slučaju ne postoji rezervna zapremina.

⁸ Ovaj prostor mora se pažljivo projektovati, kako ne bi došlo do zasipanja temeljnog ispusta nanosom. Čišćenje mrtve zapremine od nanosa je moguće ali svakako nije operacija koju treba prečesto izvoditi.

- Kombinovane

dok se nasute brane dele na one sačinjene od zemlje, kamena sa glinenim jezgrom i kamena sa zastorom.



4.3.1 GRAVITACIONE BRANE

Gravitacione brane grade se u širokim i plitkim rečnim dolinama sa dobrom podlogom.

Gravitaciona brana se silama koje teže da ugroze njenu stabilnost suprotstavlja sopstvenom težinom. To su dakle masivni betonski objekti, sa vertikalnom ili blago zakošenom uzvodnom stranom i zakošenom nizvodnom stranom u preseku. U osnovi, to su najčešće pravolinijske građevine, ali mogu biti i blago zakrivljene.

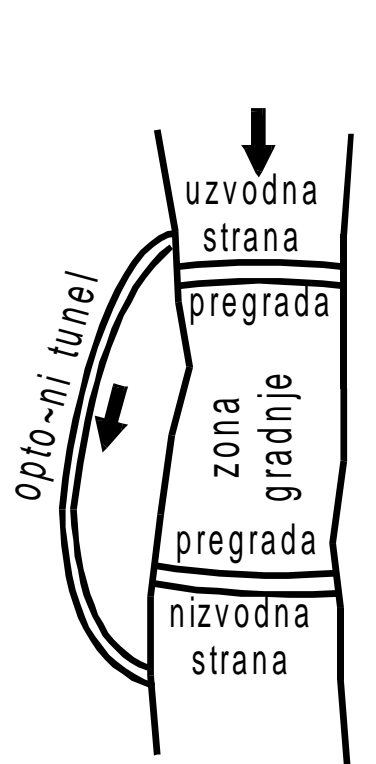
Oblik tela brane se razlikuje za prelivni⁹ i neprelivni deo. Na prelivnom delu moraju se stvoriti povoljni hidraulički uslovi za evakuaciju viška vode. To se postiže time što se na ovom delu kontura brane oblikuje tako da omogućava priljublivanje mlaza vode koji pada preko ivice brane uz telo brane, čime se povećava koeficijent prelivanja i onemogućava pojava vakuma u prostoru između mlaza i tela brane. Preliv može biti slobodan, ili opremljen ustavama kojima se reguliše visina usporene vode (od normalnog uspora do maksimalnog mogućeg uspora).

U donjem delu gravitacione brane ostavlja se kontrolna galerija za sakupljanje drenažnih voda. Iz njega se obično vrši i dodatno injektiranje¹⁰ podloge brane za vreme eksploatacije.

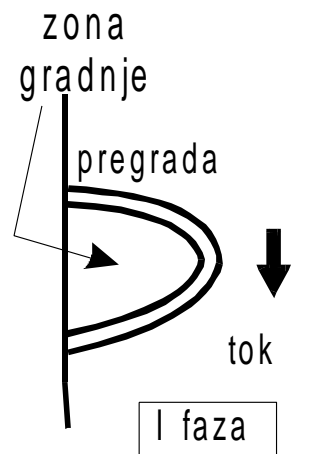
Pre nego što se pristupi izgradnji brane, buduće gradilište se mora obezbediti od vode. U principu postoje dva osnovna rešenja za ovaj problem:

⁹ Prelivni deo brane je onaj preko koga se evakuiše višak vode u jezeru kada nivo vode u njemu pređe normalni uspor.

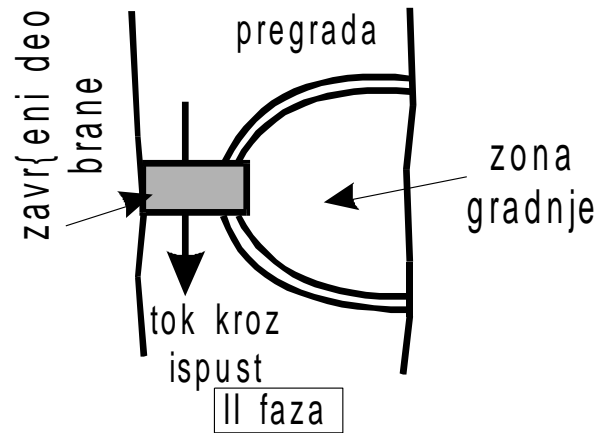
¹⁰ Injekcionim zavesama ispod brane produžava se put vodi koja procuruje ispod brane i tako smanjuje uzgon.



pregra|ivanje
sa opto~nim
tunelom



I faza



II faza

dvofazno
pregra|ivanje

Za vodotoke manje širine ima smisla privremeno pregraditi ceo rečni tok. Gradi se optočni tunel,¹¹ kojim će se voda evakuisati oko gradilišta u toku gradnje. Neposredno nizvodno od ulaza u tunel i neposredno uzvodno od izlaza iz tunela grade se privremene pregrade, brane manjih dimenzija koje u suvom ostavljaju prostor između njih¹². Ovaj prostor treba da bude dovoljan za sve tehnološke operacije u toku gradnje brane.

Kod širih vodotoka pregrađivanje se odvija u dve faze. U prvoj fazi se privremenom pregradom ogradi zona gradnje jedne polovine širine brane. Kompletan proticaj reke sada se usmerava u nebranjenu polovinu korita. Nakon što se izvede prva polovina objekta pregrađuje se druga polovina vodotoka. Evakuacija vode iz reke odvija se kroz temeljni ispust u izgrađenom delu brane a u nekim slučajevima može se dopustiti i prelivanje preko izgrađenog dela.

Osnovne i najbitnije radove na izgradnji gravitacione brane čine betonski radovi. Beton ugrađen u branu mora da zadovolji uslove vodonepropustljivosti, mora da ima dovoljnu čvrstoću i otpornost prema mrazu. U betonu ne sme biti nikakvih pukotina i mora biti monolitan. Gornji uslovi postižu se pravilnim ugrađivanjem i kvalitetom cementa. Cement treba da ima dovoljnu čvrstoću, malu hidratacionu toplotu¹³ i otpornost na koroziju. Vodonepropustljivost se postiže dobrim nabijanjem betona i niskim vodocementnim faktorom. Nabijanje betona vrši se visokofrekventnim perivibratorima. Voda za spravljanje betona ne sme sadržati agresivne sastojke. Prilikom ugrađivanja, kvalitet betona se neprestano kontroliše uzimanjem probnih tela.

¹¹ Optočni tunel izgrađen za potrebe odvođenja vode iz zone gradnje u eksploataciji brane takođe može poslužiti za evakuaciju vode iz jezera u ekstremnim situacijama.

¹² Pregrade mogu biti manje zemljane brane ali isto tako mogu biti priboji, zavisno od širine i kapaciteta vodotoka koji se pregrađuje.

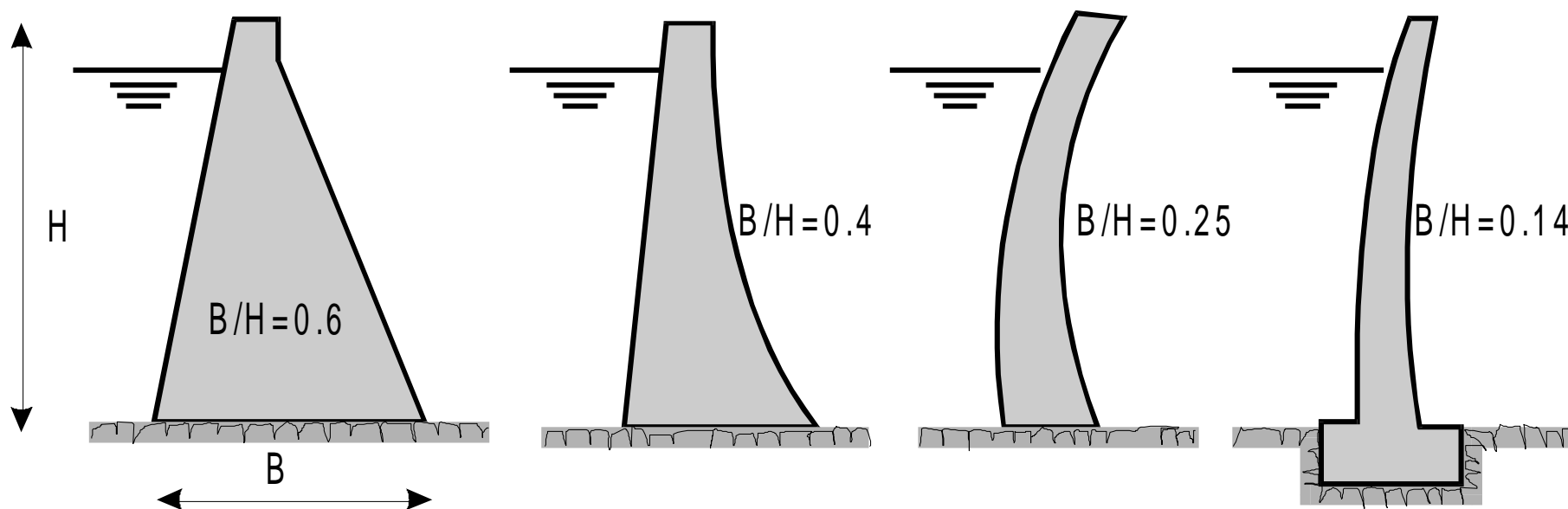
¹³ Ogromne mase betona pri očvršćavanju ispuštaju takođe ogromne količine toplote. Stoga se insistira na cementu sa malom hidratacionom toplotom.

4.3.2 LUČNE BRANE

Za pregrađivanje uzanih i dubokih rečnih dolina sa stenovitim obalama primenjuju se lučne brane. Profil korita u kome se podiže lučna brana može imati razne oblike ali najpovoljnije uslove pruža trouglasti oblik doline.

Prenošenje opterećenja kod lučnih brana se vrši uglavnom dejstvom luka na bokove dok se dejstvo potpornog zida gubi.

Između lučnih i gravitacionih brana nalaze se lučno gravitacione brane kod kojih luk ima samo dodatno dejstvo delovanju potpornog zida. Odnos širine u dnu brane prema visini brane kod lučno gravitacione brane iznosi $B/H=0.5$ do 0.6 dok je kod lučnih brana $B/H=0.1$ do 0.4 .



Odnos širine u kruni prema visini lučno gravitacione brane treba da bude $L/H \leq 3$ do 3.5 a kod čisto lužne $L/H \leq 1.5$ do 2.

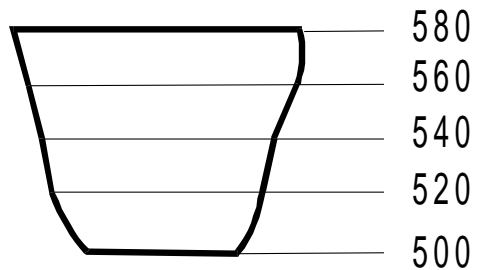
Evakuisanje vode preko brane vrši se prelivanjem sa slobodno padajućim mlazom. Kruni preлива se daje pogodan oblik koji obezbeđuje telo brane od udara prelivnog mlaza.

Kod vitkih i jako napregnutih brana ispusti za vodu se obično ne postavljaju u telo brane jer je potrebno znatno armiranje. Ako se takvo rešenje ipak usvoji potrebno je da prečnik ispusta bude što manji. Zatvarači se postavljaju na nizvodnom kraju.

Kod lučnih brana ne postavlja se pitanje drenaže jer je uticaj vode u porama neznatan. Pri građenju brane ostavljaju se poprečne vertikalne spojnice na rastojanju od 15 m zbog skupljanja i širenja betona usled temperaturnih promena. Pre puštanja vode u akumulaciju spojnice se moraju zatvoriti zbog obezbeđenja dejstva luka. Zaptivanje se vrši na temperaturi nižoj od srednje.

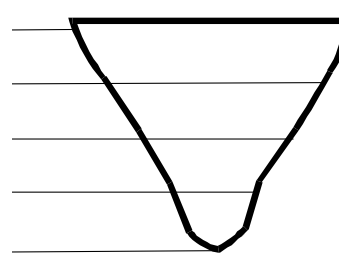
Konstrukcija lučne brane može biti različita - sa konstantnim poluprečnikom luka, sa konstantnim centralnim uglom i sa promenljivim uglom i poluprečnikom u funkciji visine. Naprezanja u luku su manja ukoliko je veći centralni ugao i manji poluprečnik luka.

brana sa konst.
centralnim uglom

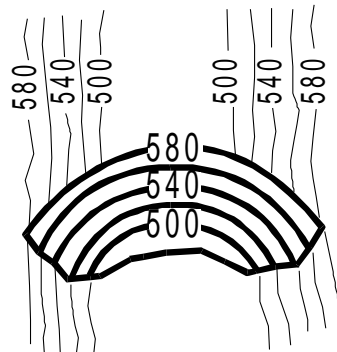


U-kanjon

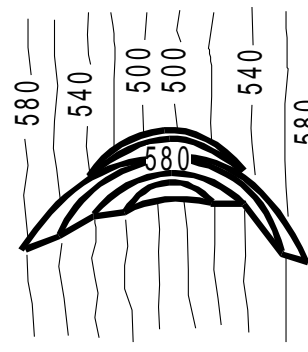
brana sa promenljivim
centralnim uglom



V-kanjon



osnova



osnova



presek



presek

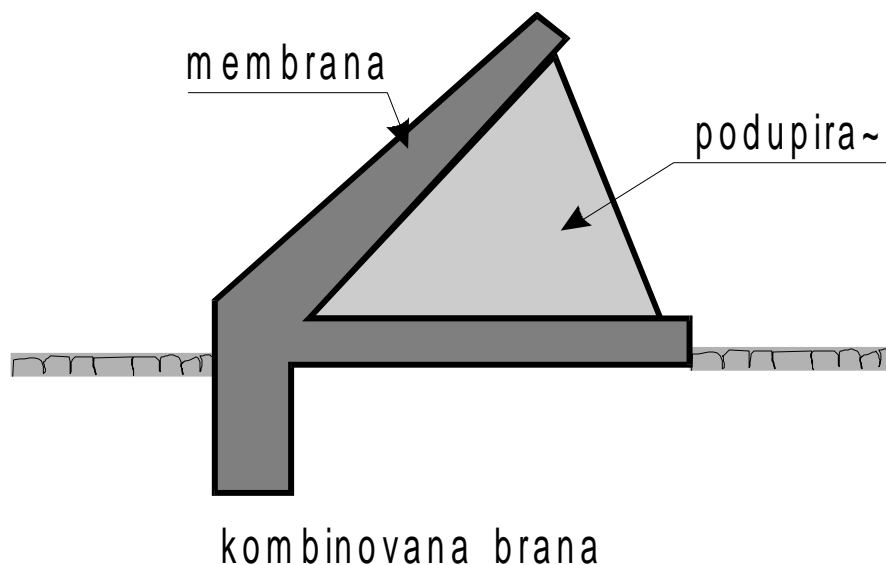
4.3.3 KOMBINOVANE BRANE

Konstrukcija brane sastoji se, u opštem slučaju, od zaptivnog tela, membrane koja može biti u obliku ploče, luka ili kupole koja prenosi opterećenje na podupirače. Ukoliko je zaptivna membrana ravanska najčešće se govori o olakšanoj graditacionoj brani¹⁴, ukoliko je pak membrana luk ili kupola naziva se višelučna brana. Primenuju se kod plitkih i širokih dolina, sa srednjim usporima i izvode obično u pravoj liniji.

Kombinovane brane su ekonomičnije od gravitacionih u pogledu uštede betona i kraćeg vremena građenja. Sa druge strane, zbog složene konstrukcije i tankih elemenata brane, izvođenje je skuplje a vek trajanja kraći usled delovanja vremenskih uticaja na branu (mraz i drugo).

Kako su lakše od odgovarajućih gravitacionih brana, pritisci na osnovu su manji pa se mogu primeniti na slabije nosivoj podlozi. Ukoliko je podloga vodopropusna, membrana se spušta do vodonepropusnog sloja. Uzvodno lice brane je obično zakošeno pod uglom oko 45° , tako da pri punom jezeru hidrostatički pritisak ima značajnu vertikalnu komponentu što doprinosi stabilnosti brane na klizanje i obrtanje..

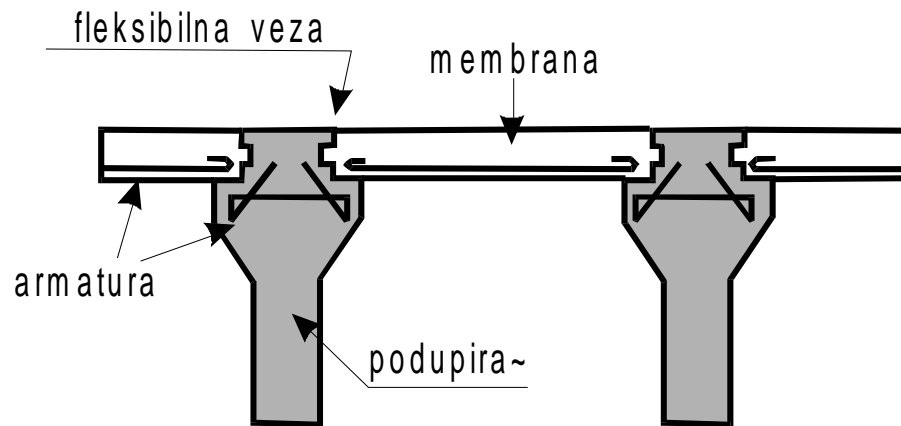
¹⁴ Olakšana gravitaciona brana zahteva 1/3 do 1/2 količine betona u odnosu na odgovarajuću gravitacionu.



Sile koje deluju na branu su principijelno iste kao i kod gravitacionih i lučnih brana. Potrebno je ipak napomenuti da kod zakošenog uzvodnog lica brane pritisci leda nisu od posebnog značaja. Takođe, uzgon je “oslobođen” postojanjem praznina između podupirača te postaje zanemarljiv, osim ako se brana ne fundira na ploči.

Na prethodnoj skici prikazan je karakterističan presek kroz olakšanu gravitacionu branu. Rastojanja između podupirača variraju u zavisnosti od visine brane od nekoliko metara do par desetina metara. Gušći podupirači mogu biti tanji ali su oni komplikovaniji za izradu.

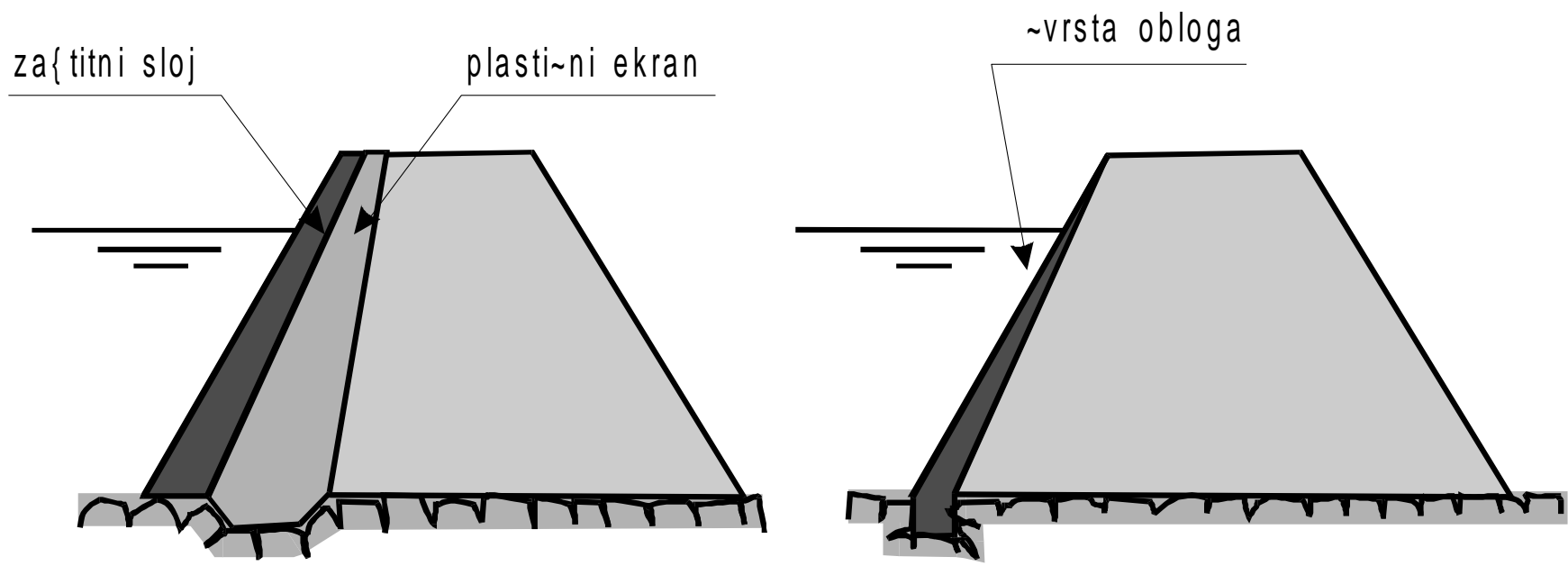
Veza između membrane i podupirača nije kruta već fleksibilna, što omogućava minimalna pomeranja membrane i neznatna sleganja.



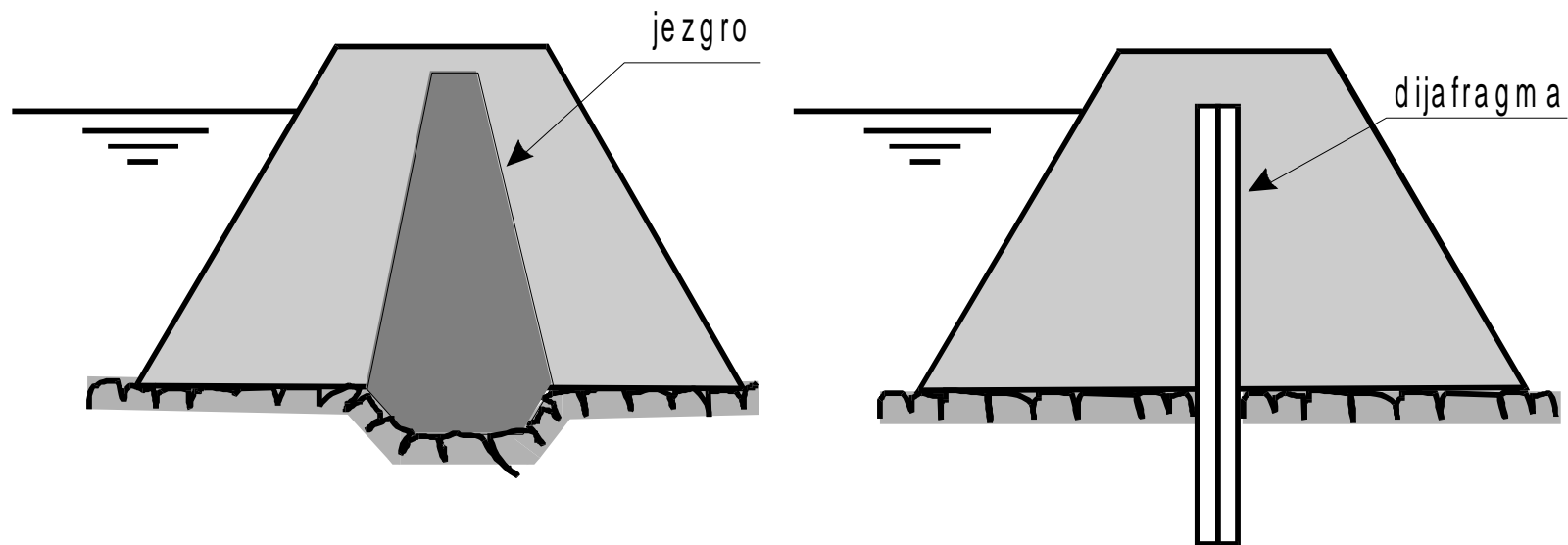
4.3.4 NASUTE BRANE

Nasute brane primenjuju se za pregrađivanje širokih i plitkih dolina, kod kojih je podloga od slabe stene ili u vidu debelog sloja nanosa. Uslov je da u blizini bude dovoljno potrebnog materijala za njenu izgradnju.

Obezbeđivanje brane od propuštanja vode vrši se izradom nepropusne obloge na uzvodnoj strani brane, od plastike, gline, betona i sličnog, a zaptivanje se može postići i jezgrom od gline ili drugim nepropusnim jezgrom u sredini brane. Kod površinskog zaptivanja zaptivni sloj se mora zaštititi od sušenja i pucanja, dok je jezgro prirodno bolje zaštićeno, ali povećava dimenzije brane, obzirom da se presek statički manje koristi.



presek kroz nasute brane sa uzvodnim zaptivanjem

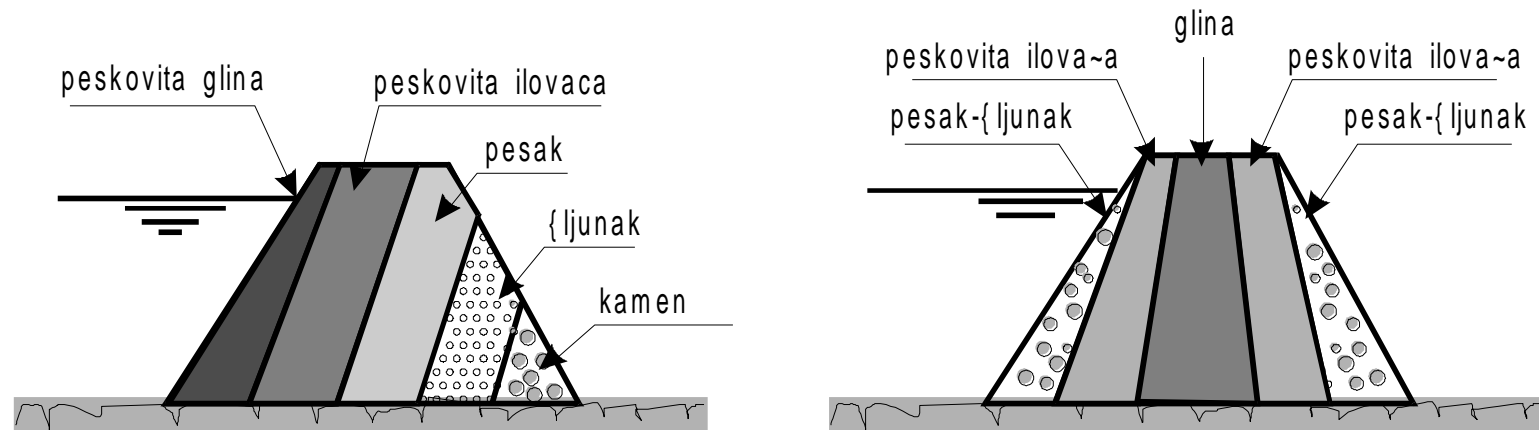


presek kroz nasute brane sa zaptivnim jezgrom

Ugrađivanje materijala u branu se može vršiti nasipanjem i nabijanjem ili hidrauličkim putem. Izbor načina gradnje zavisi od više faktora. Ako na raspolaganju stoji dovoljna količina vode i energije stvoreni su uglavnom uslovi za hidraulički način izgradnje koji je brži i daje bolje rezultate u pogledu stabilnosti brane uz ostale pogodnosti kao što su prosta mehanizacija, nezavisnost od vremenskih prilika i drugo.

Materijal za izgradnju nasutih brana može biti vezan ili nevezan ali se pre svega mora izvršiti ispitivanje njegovih osobina, jer svaki deo brane, prema svojoj nameni, mora da ima određena svojstva. Ispitivanjem treba odrediti granulometrijski sastav, zapreminsku i specifičnu težinu, ugao unutrašnjeg trenja, koheziju, koeficijent filtracije i druge osobine koje utiču na ponašanje materijala.

U branu može biti ugrađen jedan materijal - homogene brane ili više vrsta materijala poređanih određenim redom. Brane od više vrsta materijala prikazane su na narednoj skici.



presek kroz nasute brane od razli~itog materijala

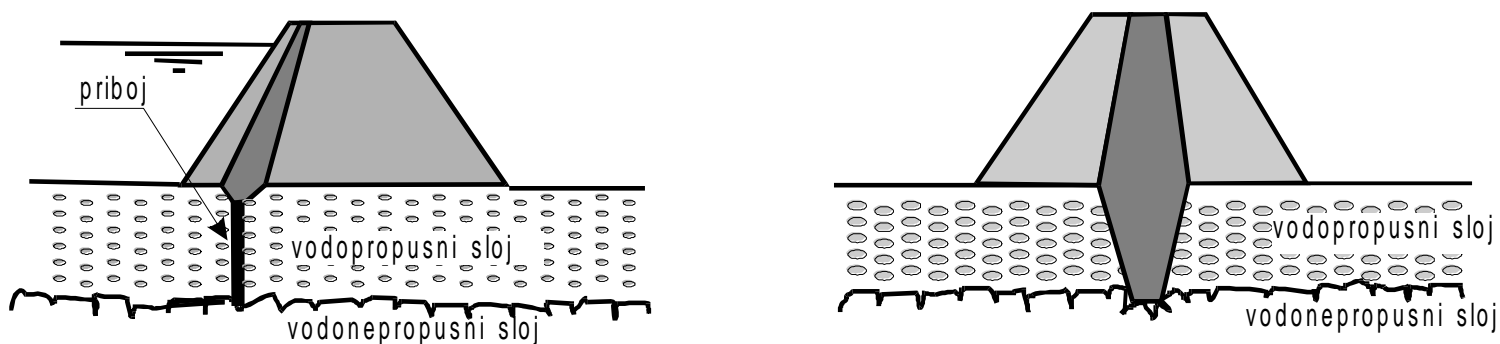
Stabilnost brane treba ispitati za slu~ajeve:

- ⇒ pre punjenja akumulacije
- ⇒ sa punom akumulacijom
- ⇒ posle naglog spuštanja nivoa akumulacije

Oblik popre~nog preseka je obično trapez. Širina brane u kruni je 4 do 6 m a može biti i veća ako se planira da preko nje ide saobraćaj.

U telo brane nije preporučljivo ugrađivati nikakve objekte - štolne, zahvate i slično. Evakuacioni organi treba da obezbede branu od preliivanja preko krune. Nadvišenje brane iznad maksimalnog nivoa mora biti 1.5 metara i veće ukoliko je brana izložena udaru talasa.

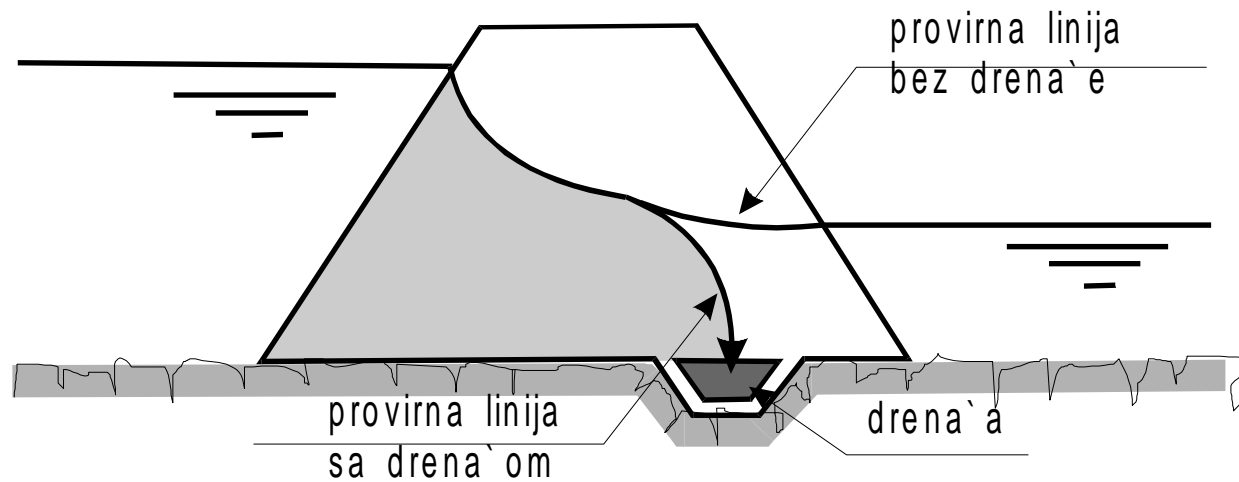
Poseban slučaj javlja se kada brana leži na vodopropusnoj podlozi. U tom slučaju zaptivno telo, površinsko ili jezgro, potrebno je vezati za nepropusnu podlogu, bilo spuštanjem glinenog jezgra u podlogu bilo pribojima.



presek kroz brane na vodopropusnoj podlozi

Radi zaštite brane od dejstva filtracije vode, koja dovodi u pitanje njenu stabilnost, neophodno je izvođenje drenaže u brani. Drenaža se pravi po filtarskom principu i ima za cilj da provirnu liniju spusti i udalji od nizvodne kosine.

Drenaža se može izvesti i pomoću cevi ili drenažne prizme na nizvodnoj nožici brane.

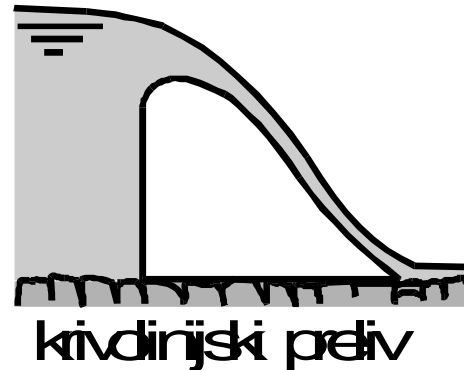
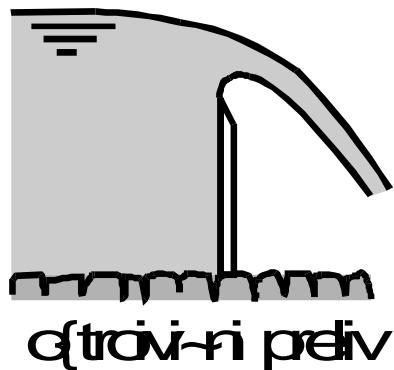


4.4 PRELIVI

Prelivi su građevine za evakuaciju viška vode iz akumulacionog basena nizvodno od brane. Projektovanje preliva za niske brane nije posebno kritično, međutim kada se radi o velikim branama, prelivanje mora da se odvija glatko, sa minimumom turbulencije.

4.4.1 VRSTE PRELIVA

Prema tipu praga prelive se dele na



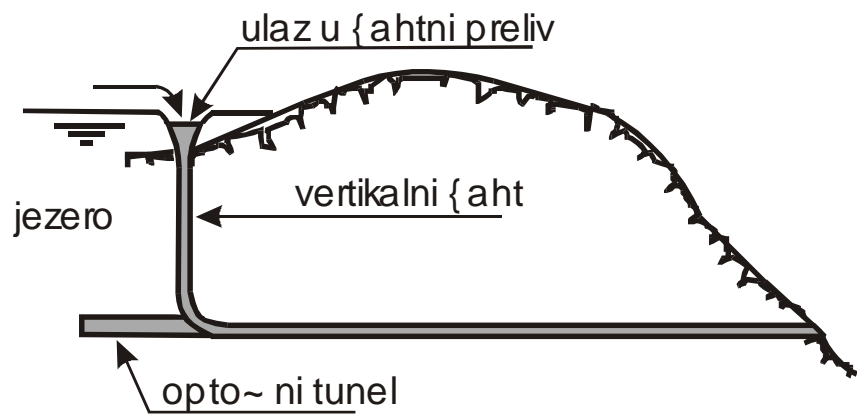
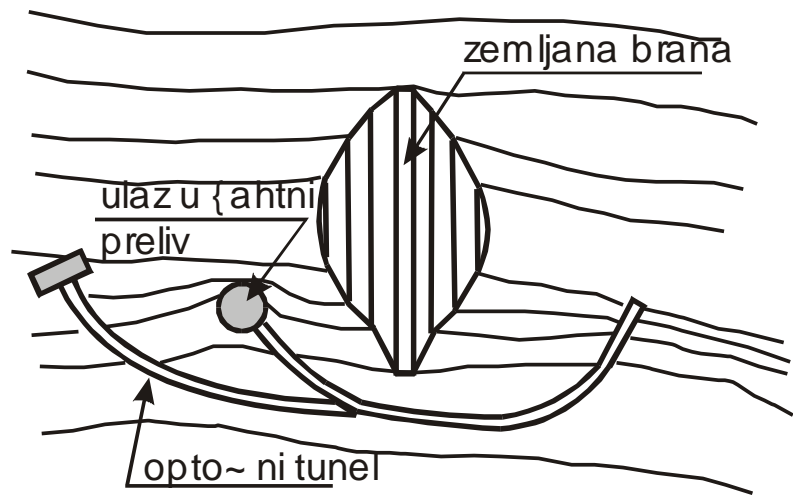
- prelive sa oštrom ivicom
- prelive preko širokog praga
- prelive krivolinijskog profila

Iako svaka od ove tri moguće prelivne ivice ima svoju namenu, najčešće se primenjuje krivolinijski profil. Naime, prelivanjem preko oštre ivice između mlaza i objekta ostaje vazduh. U ovom “džepu” stvara se vakum koji može izazvati pojavu kavitacije, a ova opet oštećenje objekta. Stoga se ovaj prostor ispunjava, i to u obliku prirodne krivine mlaza kod prelivanja preko odgovarajuće oštre ivice. Na ovaj način mlaz je uvek priljubljen uz objekat i nema opasnosti od pojave vakuma.

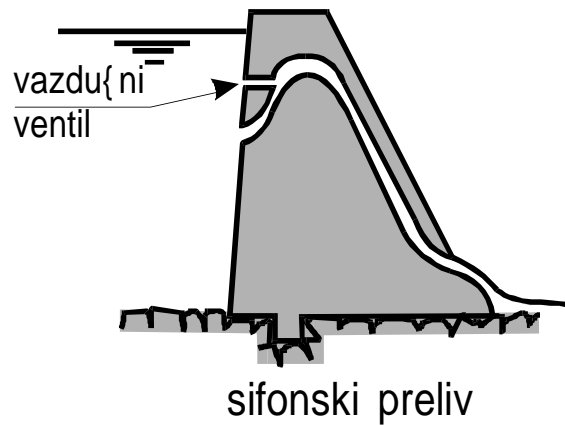
Prema položaju u odnosu na vodeni tok i obliku razlikuju se:

Bočni prelive, koji se nalaze na padini bočno od brane. Ovaj tip se upotrebljava u slučajevima kada nije moguće evakuisati prelivne vode preko brane (kod nasutih brana i nekih lučnih).

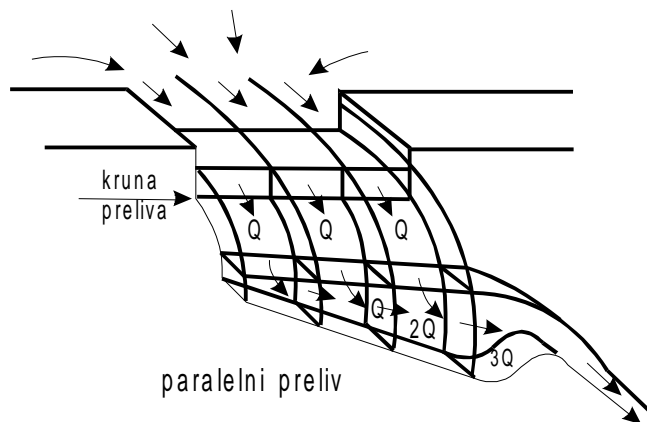
Šahtni preliv koji se primenjuje na terenima sa čvrstim brdskim padinama. Preliv čini prelivna kruna kružnog oblika, koja se nastavlja u vertikalni šaht i horizontalni odvodni tunel sproveden kroz branu ili oko nje. Preliv se dakle nalazi u jezeru, van tela brane. Najčešće se koristi kod nasutih brana, preko kojih nije dopušteno prelivanje.



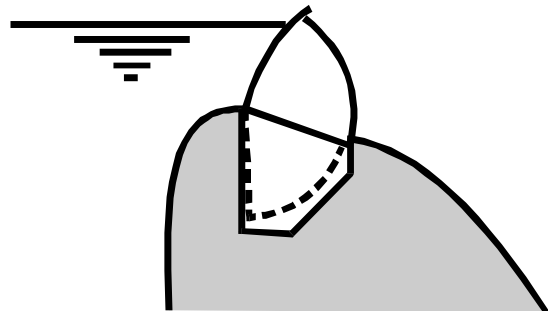
podu` ni presek kroz { ahtni preliv



Sifonski preliv se upotrebljava za automatsko evakuisanje suvišnih voda. Pri malim proticajima preliivanja, tečenje u sifonu je sa slobodnom površinom dok pri velikim proticajima važi hidraulika cevi pod pritiskom. U hidrauličkom smislu sifon je identičan sa ispustom. Sifonski prelivi mogu se primeniti kada se ne očekuje velika količina vode na prelivu i kada je prostor za primenu neke druge vrste preliva ograničen.



Paralelni preliv vodu evakuisanu preko krune brane odvodi paralelno sa telom brane. Ovi prelivi koriste se za brane u uskim kanjonima gde je širina prelivnog dela krune brane nedovoljna za izgradnju normalnog preliva.



sektorska ustava

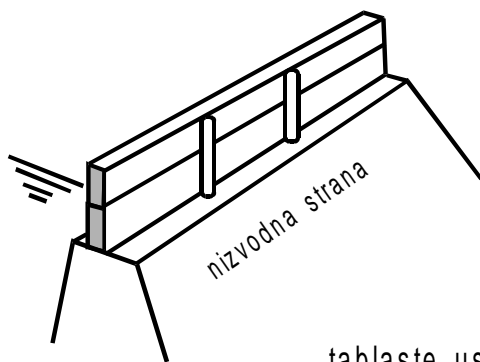
4.4.2 POKRETNI PRELIVI

Pored nepokretnih brana, za stvaranje uspora služe i ustave čijim se dizanjem i spuštanjem može uticati na visinu uspora. Postoji više tipova prelivnih ustava koji se razlikuju po obliku, načinu rada i mestu primene.

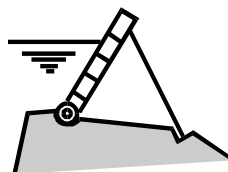
Tablasta ustava sastavljena je od drvenih talpi za raspone od 1 do 6 m i usporne visine od 0.5 do 2.5 m, dok se za veće raspone koriste čelične talpe. Ustave se dižu i spuštaju u vertikalnom pravcu, mehaničkim putem.

Segmentne ustave sačinjene su od omotača kružno cilindričnog oblika sa ukrućenjima. Ustava se diže i spušta obrtanjem oko horizontalne osovine.

Sektorska ustava, kada nije u funkciji, upušta se u telo brane tako da se preko nje preliva voda. Njeno uzvodno lice tako je zakrivljeno da upušteno u telobrane prati krivolinijsku formu preliva.

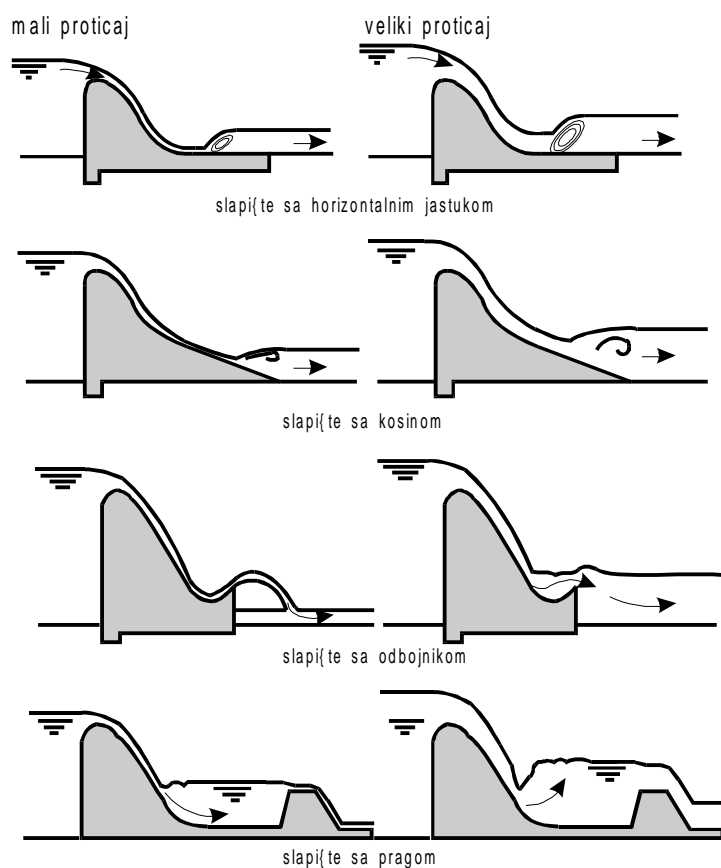


tablaste ustave



4.4.3 SLAPIŠTA

Uništavanje energije vode koja preliva preko brane vrši se u slapištu, prostoru ispod brane u koji pada voda sa preliva, pomoću vodenog jastuka u kome se vrtloženjem kinetička energija mlaza pretvara u toplotnu. Ovaj prostor treba stoga posebnim merama zaštititi.



Izgradnji slapišta se pribegava u slučajevima kada se pri prelivanju javlja odbačeni hidraulički skok. Potrebna dubina vodenog jastuka postiže se produbljivanjem korita ispod brane ili podizanjem nizvodne pregrade - odbojnog zida ili praga.