

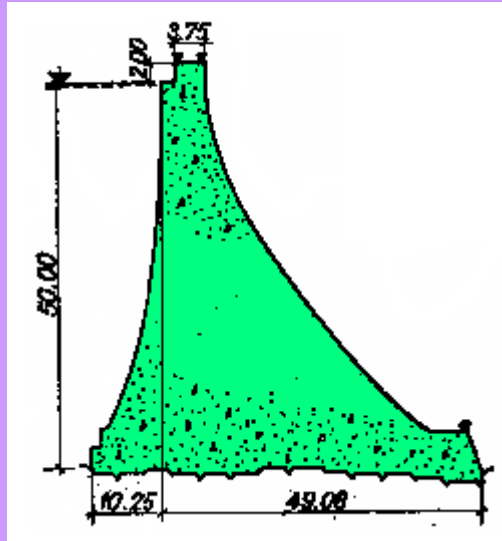
# GRAVITAZIONE BRANE



# 1. ISTORIJAT

IDEJA FORMIRANJA AKUMULACIONIH JEZERA SA BRANAMA JE VRLO STARA.

OVU IDEJU U ŠPANIJU SU DONELI RIMLJANI. BRANE SU GRAĐENE OD KAMENA I ZEMLJE.

<p><b><u>PRVE GRAVITACIONE BRANE</u></b></p>	<p><b><u>SVEDOCI</u></b> RIMSKOG VREMENA-SU BRANE:</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PERSERPINA (H= 12.00 M, LKR=420 M)</li> <li>• CORNAVALO (H= 19.5 M, LKR= 195 M)</li> </ul>	<p>BRANE OD KAMENIH ZIDOVA, PODUPRTIH KONTRAFORIMA I PREKRIVENI ZEMLJOM</p>
	<p><b><u>NAJSTARIJE BRANE</u></b> U ŠPANIJI SU:</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ALMONACID (1220), ALMANSA (1395), ALICANTE (1579),</li> <li>• KASNIJE: PUENTES (1791) I NIJAR (1850).</li> </ul>	
	<p><b><u>DO PRVE POLOVINE</u></b> <b><u>IXX</u></b> VEKA U</p>	<p>FRANCUSKOJ OD 1830 DO 1850 GODINE SAGRAĐENE SU BRANE</p>	<p>CHAZILLY, GLOMEL, SETTONS</p>
		<p>RUSIJI KAMENA BRANA</p>	<p>NA RECI NEGLIMAIA, DATIRA IZ 1616 ITD.</p>
<p><b><u>PRVE OSNOVE</u></b> ZA PRORAČUN GRAVITACIONIH BRANA</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DATE SU U FRANCUSKOJ 1855 GODINE.</li> <li>• BRANA FURENS (SL.3.1) GRAĐENA JE U FRANCUSKOJ OD 1830 DO 1850 GODINE I PRETSTAVLJA PROTOTIP MODERNIH GRAVITACIONIH BRANA.</li> </ul>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• U XX VEKU PRELAZI SE NA IZGRADNJU <u>BRANA OD BETONA</u></li> </ul>		

SL.3.1. BRANA FURENS.

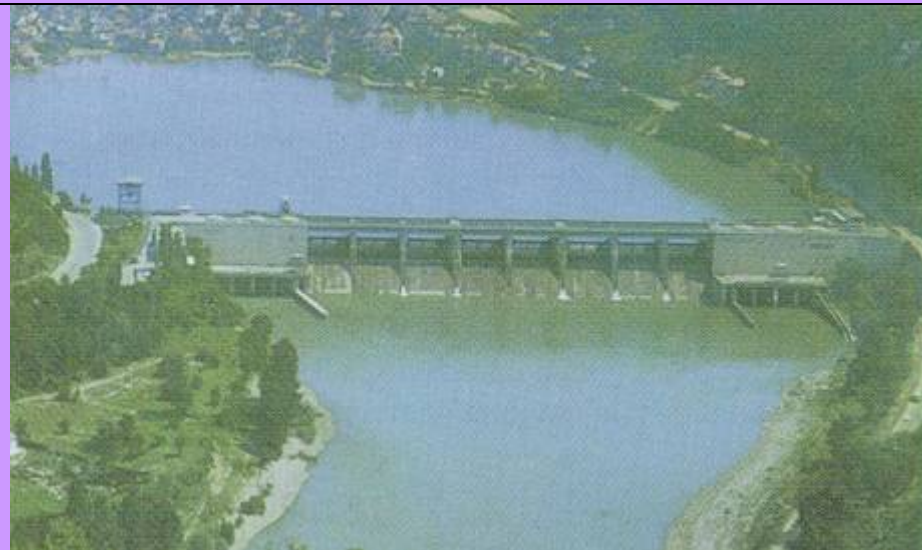
## 2. ELEMENTI GRAVITACIONIH BRANA

- **POD GRAVITACIONIM BRANAMA SE, NADALJE, PODRAZUMEVAJU GRAVITACIONE BETONSKE BRANE.**

GRAVITACIONE  
BRANE SE IZVODE  
KAO:

### 1. PRELIVNE

- **PRELIV JE U SKLOPU BRANE KORISTI SE ZA EVAKUACIJU VELIKIH POPLAVNIH VODA , PRIMER BRANA „ĐERDAP I“ I DRUGE BRANE.**



### 2. NEPRELIVNE



POPREČNE  
DILATACIJE

- SPREČAVAJU STVARANJE PUKOTINA U BRANI KOJE SE JAVE USLED:

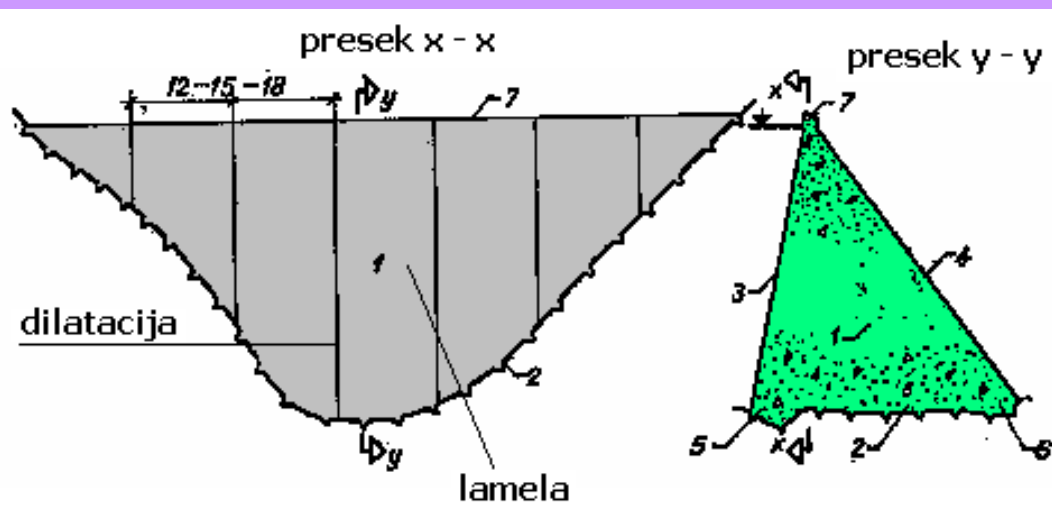
- KONTRAKCIJE BETONA
- TEMPERATURNE RAZLIKE
- DEFORMACIJE FUNDAMENTA

- POSTAVLJAJU SE NA RAZMAKU OD 12,00 - 15,00-18,00 M
- DELE BRANU NA LAMELE

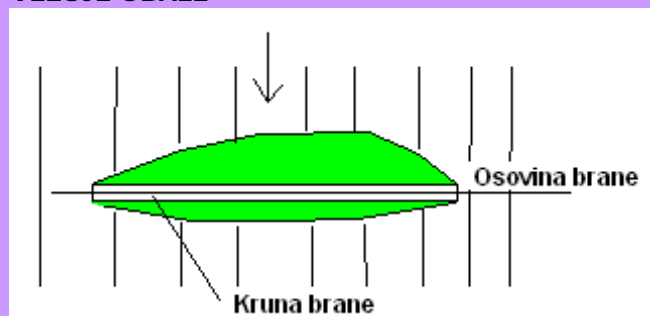
PROFIL  
BRANE

ČINI POPREČNI PRESEK SA SLEDEĆIM ELEMENTIMA:

1. TELO BRANE - LAMELA
2. POVRŠINA FUNDAMENTA
3. UZVODNO LICE
4. NIZVODNO LICE
5. UZVODNA NOŽICA
6. NIZVODNA NOŽICA
7. KRUNA BRANE

OSOVINA  
BRANE

PROLAZI KROZ SREDINU KRUNE BRANE I VEZUJE OBALE



SL.3.2. KARAKTERISTIČNI ELEMENTI GRAVITACIONE BRANE:  
1 –TELO BRANE - LAMELA; 2 – POVRŠINA FUNDAMENTA; 3 – UZVODNO LICE; 4 – NIZVODNO LICE; 5 - UZVODNA NOŽICA; 6 – NIZVODNA NOŽICA; 7 – KRUNA BRANE.

### 3. GEOLOŠKI USLOVI

<b>GEOLOŠKI USLOVI</b> LOKACIJE BRANE UTIČU NA:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• KONCEPCIJU REŠENJA BRANE</li> <li>• NAČIN IZVOĐENJA BRANE</li> <li>• SIGURNOST IZVOĐENJA RADOVA</li> <li>• EKONOMIČNOST RADOVA</li> </ul>
	<b>UZROK KATASTROFA</b> NA BRANAMA JE U: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 5% SLUČAJA DEFJEKT U BRANI</li> <li>• 15% SLUČAJEVA NEMOGUĆNOST EVAKUATORA DA EVAKUIŠE POPLAVNI TALAS</li> <li>• 80% SLUČAJEVA NEODGOVARAJUĆI USLOVI FUNDIRANJA</li> </ul>
	<b>PRIMER KATASTROFE:</b> <p>BRANA SENT FRANCIS U SAD SRUŠILA SE 1928. :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• VISINA BRANE 64 M</li> <li>• ZAPREMINA UGRAĐENOG BETONA 105 000 m<sup>3</sup></li> <li>• ZAPREMINA JEZERA 47 MIL.M<sup>3</sup></li> <li>• VODA JE KORIŠĆENA ZA VODOSNABDEVANJE SANT FRANCISKA</li> <li>• POSLEDICE 400 MRTVIH I VELIKA MATERIJALNA ŠTETA</li> </ul>
<b>POTREBNE</b> <b>KARAKTERISTIKE FUNDAMENTA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>DOVOLJNA NOSIVOST FUNDAMENTA</u> DA PREUZME OPTREĆENJE KOJE PRENOSI BRANA</li> <li>• <u>MALA I UNIFORMNA – RAVNOMERNA SLEGANJA</u></li> <li>• <u>AKO JE BRANA VI SOKA FUNDAMENT MORA BITI NESTIŠLJIV</u></li> <li>• <u>MALA VODOPROPUSNOST</u> I STABILNOST NA DEJSTVO FILTRACIONIH VODA</li> <li>• STRUKTURA STENE <u>MONOLITNA I BEZ PUKOTINA</u></li> </ul>
<b>KARAKTERISTIKE</b> <b>PRIRODNIH USLOVA</b> <b>LOKACIJE</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. TEŠKO JE NAĆI LOKACIJU KOJA ISPUNJAVA SVE NAPRED NAVEDENE USLOVE</li> <li>2. PREDUZIMAJU SE MERE ZA POBOLJŠANJE KARAKTERISTIKA FUNDAMENTA RADI:           <ul style="list-style-type: none"> <li>• PREUZIMANJA OPTEREĆENJA KOJE PRENOSI BRANA,</li> <li>• ODUPIRANJA DELOVANJU VODE.</li> </ul> </li> </ol>
<b>ZADATAK</b> <b>MEHANIKE STENA</b>	<b>DA DA POTREBNE MEHANIČKE KARAKTERISTIKE STENSKE MASE, NEOPHODNE ZA PRORAČUN STABILNOSTI BRANE:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>MODUL ELASTIČNOSTI</b></li> <li>• <b>DOZVOLJENI NAPON NA PRITISAK</b></li> <li>• <b>KOEFICIJENT TRENJA STENA – BETON</b></li> <li>• <b>PRAVAC PROSTIRANJA PUKOTINA</b></li> </ul>

## 4. KARAKTERISTIKE POPREČNOG PROFILA GRAVITACIONIH BRANA

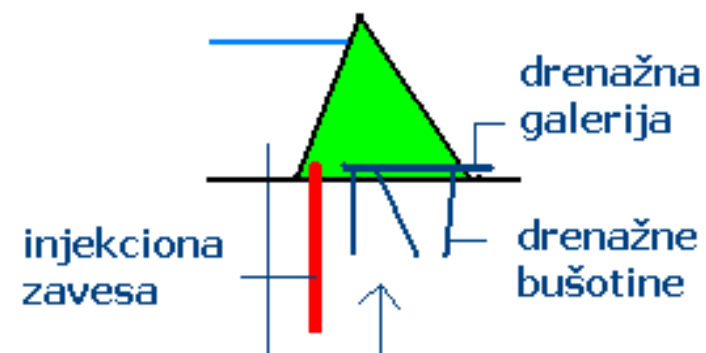
<p>PREMA <u>GEOMETRISKOJ FORMI</u> POPREČNI PROFIL MOŽE BITI SA:</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• VERTIKALNIM UZVODNIM LICEM (A)</li> <li>• NAGNUTIM UZVODNIM I NIZVODNIM LICEM, (B) I</li> <li>• IZLOMLJENIM UZVODNIM I NIZVODNIM LICEM (C)</li> </ul>	
<p>PREMA <u>MOGUĆNOSTI EVAKUA- CIJE VELIKIH VODA</u> POPREČNI PROFIL BRANE SE DELI:</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• NA PRELIVNE POPREČNE PROFILE (E) I</li> <li>• NEPRELIVNE POPREČNE PROFILE (D,F)</li> </ul>	
<p>OD 1900 GODINE VEĆINA GRAVITACIONIH BRANA IMA <u>TROUGAONU FORMU</u> U POPREČNOM PRESEKU GDE SU SVI UGLOVI MANJI OD 90° (SL.B). TROUGAONA FORMA JE <u>RACIONALNIJA</u> OD TRAPEZNE FORME ILI PRAVOUGLOG TROUGLA (A).</p>		
<p><u>VELIČINA UGLOVA</u> U TROUGLU ZAVISI OD:</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• KARAKTERISTIKA FUNDAMENTA</li> <li>• KRITERIJUMA ZA DIMENZIONISANJE GRAVITACIONE BRANE</li> </ul>	
<p>NA OSNOVU <u>ANALIZA VEĆEG BROJA</u> <u>IZVEDENIH GRAVITACIONIH</u> <u>BRANA</u> MOŽE SE KONSTATOVATI SLEDEĆE (SL.3.3):</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>DA NIZVODNO LICE ZAKLAPA VEĆI UGAO SA VERTIKALOM OD UZVODNOG LICA U MNOGIM SLUČAJEVIMA;</u></li> <li>• <u>DA UZVODNO I NIZVODNO LICE IMA IZLOMLJENU LINIJU, ZAVISNO OD OPTEREĆENJA KOJE DELUJE ILI IZ NEKIH DRUGIH RAZLOGA;</u></li> <li>• <u>DA JE PROSEČAN, ODNOS <math>\lambda = B/H</math>, IZMEĐU ŠIRINE BRANE U OSNOVI <b>B</b> I VISINE <b>H</b> OD 0.75 DO 0.85;</u></li> <li>• <u>DA JE ŠIRINA KRUNE BRANE NEKOLIKO METARA I IZNOSI MIN. 3.00 M. NAJVEĆU ŠIRINU KRUNE BRANE IMA BRANA DIXANS, 22.00 M;</u></li> <li>• <u>DA JE DEO BRANE U KRUNI ZAobljen DA BI OMOGUĆIO PRELIVANJE VODE PREMA NIZVODNOM LICU BRANE.</u></li> </ul>	

### 3. DRENAŽA FUNDAMENTA

#### DRENAŽOM FUNDAMENTA SMANJENJE SE UZGON

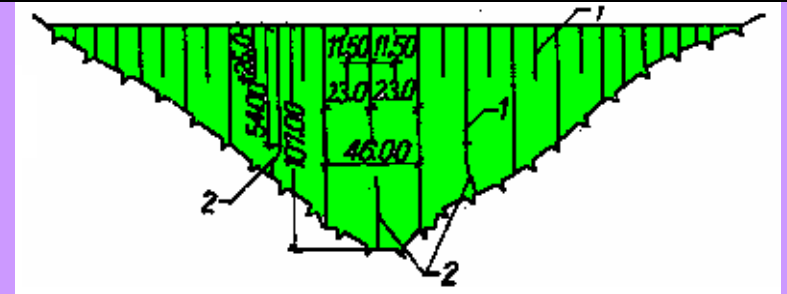
#### KARAKTERISTIKE DRENAŽE FUNDAMENTA

- **PREČNIK DRENOVA JE 10 DO 20 CM.**
- **DRENAŽA SE IZVODI NAKON IZVEDENOG VEZNOG I KONSOLIDACIONOG INJEKTIRANJA, IZA ZAVESE.**
- **DRENAŽNE BUŠOTINE MOGU BITI VERTIKALNE I KOSE.**
- **JEDAN KRAJ DRENAŽNE BUŠOTINE SE ZAVRŠAVA U HORIZONTALNOJ GALERIJU ZA OSMATRANJE PREKO KOJE SE ODVODI VODA IZ DRENAŽNIH BUŠOTINA.**
- **RAZMAK DRENOVA JE DO 3.00 M.**
- **DRENOVI SE PUNE GRANULISANIM PESKOM DA BI SE SPREČILO ISPIRANJE SITNIH ČESTICA IZ FUNDAMENTA (DEGRADACIJA FUNDAMENTA).**

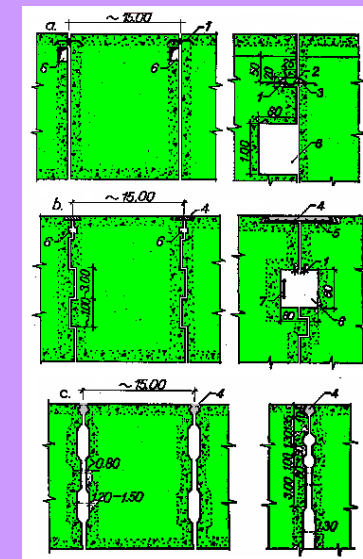


## 5. POPREČNE DILATACIJE

<p><b>UTICAJE KOJI U TELU BRANE STVARAJU <u>PUKOTINE</u> ČINE:</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• KONTRAKCIJA BETONA,</li> <li>• NADUVAVANJE BETONA,</li> <li>• PROMENA TEMPERATURE I</li> <li>• NERAVNOMERNO SLEGANJE TERENA.</li> </ul>	<p>LOŠ EFEKAT NAVEDENIH UTICAJA JE UTOLIKO VEĆI UKOLIKO JE BRANA KONTINUALNIJA (IMA VEĆU DUŽINU) OD OBALE DO OBALE (SL.3.7).</p>
<p>DA BI SE IZBEGLI LOŠI EFEKTI NAVEDENIH UTICAJA, BRANA SE DELI <b>SISTEMOM DILATACIJA</b> NA LAMELE. DILATACIJE OMOGUĆUJU NEZAVISAN RAD JEDNE LAMELE U ODNOSU NA DRUGE.</p>		
<p><b>KARAKTERISTIKE DILATACIJA ČINE:</b></p>	<p>1. <u>RAZMAK</u> DILATACIJA</p>	
	<p>2. <u>OBLIK</u> DILATACIJA U OSNOVI</p>	
	<p>3. <u>ELEMENTI</u> DILATACIJA</p>	
<p><b>RAZMAK DILATACIJA</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>RAZMAK</b> JE MAX. 15 M U RECI I 10 DO 12 M NA OBALI.</li> <li>• <b>ŠPANSKE NORME</b> PREPORUČUJU RAZMAK DILATACIJA MAX. 15 M A AMERIČKE I JAPANSKE OD 15 DO 18 M.</li> <li>• RAZMAK DILATACIJE SE SMANJUJE SA SMANJENJEM VISINE BRANE.</li> </ul>	
<p><b>PO OBLIKU DILATACIJE U OSNOVI MOGU BITI:</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• JEDNOSTAVNE</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PRAVE I IZLOMLJENE</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DUPLE ILI PROŠIRENE</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• POLIGONALNE</li> </ul>

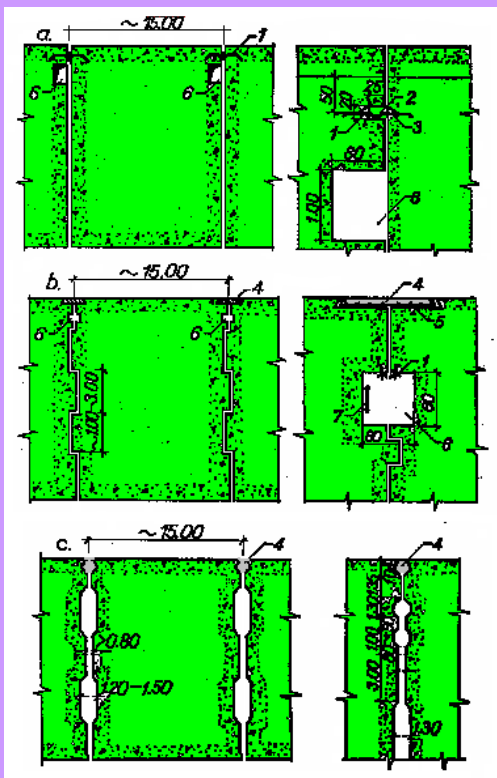


SL.3.7. PUKOTINE U NASTAVKU DILATACIJA BRANE PARDEE VISINE 107 M:  
1 – DELIMIČNE DILATACIJE; 2 – PUKOTINE.

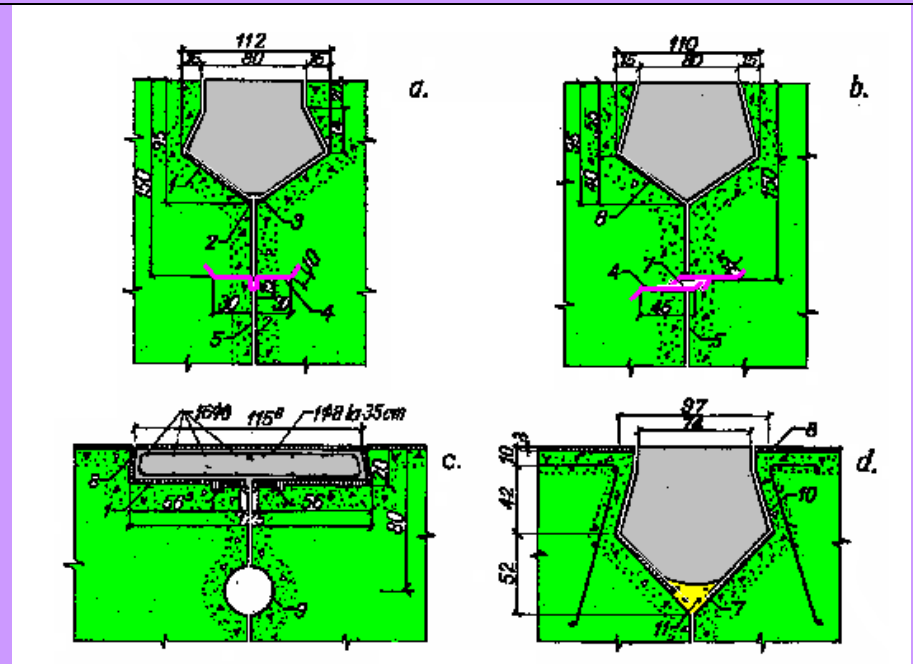




<p><b>ELEMENTI POPREČNIH DILATACIJA SU:</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>KLIN</b> OD ARMIRANOG BETONA:</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• POSTAVLJA SE NA UZVODNOM LICU.</li> <li>• PRESEK KLINA U OSNOVI ČINI TRAPEZNA PLOČA ILI PLOČA SA POLIGONALNOM KONTUROM.</li> <li>• KLIN SE PRESVLAČI SA NEKOLIKO SLOJEVA BITUMINIZIRANOG KARTONA ILI JUTE (SL.3.9).</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>TOLA ILI TRAKA</b> ZA ZAPTIVANJE:</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• POSTAVLJA SE NA 1.0 DO 1.5 M OD UZVODNOG LICA</li> <li>• RADI SE OD BAKRA, CINKA (d=2 – 3 mm, ŠIRINE 75 – 150 cm, DUŽINE 3.0 DO 4.0 m) ILI</li> <li>• PVC</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>ŠAHT</b> ZA OSMATRANJE.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>ŠAHT ZA OSMATRANJE</b> JE PREČNIKA 0.8 DO 1.20 m.</li> <li>• POSTAVLJA SE IZA ZAPTIVNE TRAKE I SLUŽI ZA OSMATRANJE GUBITKA VODE KROZ DILATACIJU I POPRAVKU TRAKE ZA ZAPTIVANJE (SL.3.12).</li> </ul>




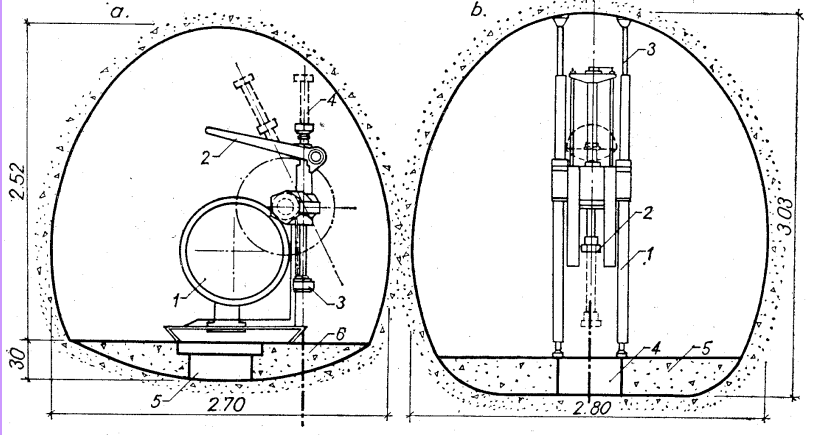
**SL.3.8. TIPOVI DILATACIJA KOD GRAVITACIONIH BRANA:** A – PRAVE, SPOJENE; B – POLIGONALNE, SPOJENE; C – DUPLJE ILI PROŠIRENE; TOLA OD BAKRA; 2 – ISPUNA OD ASFALTA; 3 – BITUMENSKI MASTIK; 4 – KLIN OD ARMIRANOG BETONA;



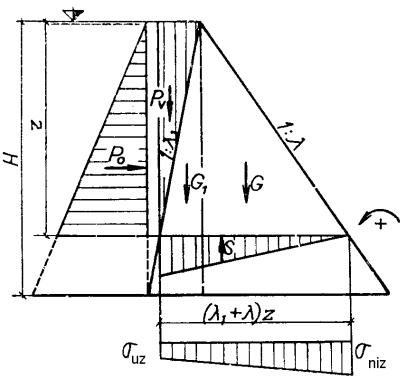
**SL.3.9. KLIN ZA ZAPTIVANJE:**

A, B, D – SA POLIGONALNOM KONTUROM; C – TRAPEZNA PLOČA; 1 – BITUMENSKI PREMAZ; 2 – PLASTIČNI KIT; 3 – PLOČA OD ASFALTA SA AZBESTOM; 4 – ZAPTIVNA TRAKA OD BAKRA; 5 – ASFALTNA PLOČA; 6 – BITUMENIZIRANO PLATNO OD JUTE; 7 – MASTIK; 8 – DRENAŽNI ŠAHT; 10 – BITUMENIZIRANA TRAKA; BAKARNE ŽICE.

## GALERIJE I ŠAHTE ZA OSMATranJE BRANE

<p><b>ZADATAK</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• OSMATranJE DRENAŽNE MREŽE I MREŽE ODVODA</li> <li>• ODRŽAVANJE ELEMENATA ZA ZAPTIVANJE DILATACIJA,</li> <li>• OSMATranJE PONAŠANJA BETONA,</li> <li>• ODRŽAVANJE INJEKCIONE ZAVESE I</li> <li>• ODRŽAVANJE I SMEŠTAJ APARATA ZA OSMATranJE PONAŠANJA BRANE.</li> </ul>		
<p><b>GALERIJE</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• U TELU BRANE</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• MOGU BITI U JEDNOJ LAMELI ILI DA POVEZUJU VIŠE LAMELA.</li> <li>• POSTAVLJAJU SE NA UZVODNOM LICU, NA 5 DO 6 M OD UZVODNOG LICA.</li> <li>• PO VISINI SE POSTAVLJAJU NA 20 DO 30 M.</li> <li>• MINIMALNE DIMENZIJE GALERIJE SU 1.2 x 2.0 M I IDE DO MAKSIMUM 2.0 x 3.0 M (SL.3.13).</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• U BLIZINI FUNDAMENTA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IMAJU NEŠTO VEĆE DIMENZIJE, ŠIRINA U OSNOVI JE 2.5 ... 3.0 I VISINA 3.5 ... 4.5 M.</li> <li>• U OVIM GALERIJAMA SU SMEŠTENI UREĐAJI ZA INJEKTIRANJE FUNDAMENTA (SL.3.14).</li> </ul>	
<p><b>ŠAHTE</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>ŠAHTE</b> SU SMEŠTENE U DILATACIONIM SPOJNICAMA.</li> <li>• DIMENZIJE SE KREĆU U GRANICAMA OD 0.8 M DO 1.2 M U PREČNIKU.</li> <li>• U SPECIJALNIM SLUČAJEVIMA ONE SE IZVODE I U BRANI – LAMELI.</li> </ul>		 <p style="text-align: center;"><b>SL.3.14. NEOPHODNI GABARITI GALERIJA U BLIZINI FUNDAMENTA.</b></p>

## 6. PRORAČUN NAPONA

<b>METODE ZA PRORAČUN NAPONA</b>	<b>1. ELEMENTARNA METODA</b>	
	<b>2. METODA TEORIJE ELASTIČNOSTI – METOD BESKONAČNOG KLINA.</b>	
<b>1. ELEMENTARNA METODA</b>		
<b>PRETPOSTAVKE</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li><b>U TELU BRANE VLADA RAVNO STANJE NAPONA</b>, JER JE BRANA DILATACIJAMA IZDELJENA NA LAMELE. ZA PRORAČUN SE UZIMA 1 METAR ŠIRINE LAMELE;</li> <li><b>TROUGAONI PROFIL BRANE JE OPTEREČEN:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>SOPSTVENOM TEŽINOM,</li> <li>PRITISKOM VODE, I</li> <li>UZGONOM;</li> </ul> </li> <li><b>VERTIKALNI NAPON</b> U NEKOM HORIZONTALNOM PRESEKU, NA DUBINI <math>Z</math>, DEFINISAN JE IZRAZOM:           <math display="block">\sigma_{niz}^{uz} = \frac{\sum V}{A} \pm \frac{\sum M}{W}</math> </li> </ol>	
<b>SILE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>SOPSTVENA TEŽINA:</b></li> <li><b>HORIZONTALNI PRITISAK VODE:</b></li> <li><b>VERTIKALNI PRITISAK VODE:</b></li> <li><b>UZGON:</b></li> </ul>	$G = \frac{1}{2} \gamma_b \cdot \lambda \cdot z^2$ $G_1 = \frac{1}{2} \gamma_b \cdot \lambda_1 \cdot z^2$ $P_o = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot z^2$ $P_v = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot \lambda_1 \cdot z^2$ $S = \frac{1}{2} \cdot c \cdot \gamma \cdot (\lambda_1 + \lambda) \cdot z^2$
	 <p>SL.3.15. SILE KOJE DELUJU NA TROUGAONI PROFIL.</p>	
	<b>SA KRAKOM SILE U ODNOSU NA TEŽIŠTE PRESEKA</b>	
	$(\lambda - 3 \cdot \lambda_1) \cdot \frac{z}{6}$	
	$(3 \cdot \lambda - \lambda_1) \cdot \frac{z}{6}$	
	$\frac{z}{3}$	
	$(\lambda_1 + 3 \cdot \lambda) \cdot \frac{z}{6}$	
	$(\lambda_1 + \lambda) \cdot \frac{z}{6}$	

<b>SUMA VERTIKALNIH SILA</b>		$\sum V = G + G_1 + P_v - S = \frac{1}{2} \cdot [\gamma'_b \cdot (\lambda_1 + \lambda) + \gamma \cdot \lambda_1] \cdot Z^2$		$\gamma'_b = \gamma_b - c \cdot \gamma$ ; <b>C – KOEFICIJENT REDUKCIJE UZGONA</b>
<b>MOMENAT SILA U ODNOSU NA TEŽIŠTE PRESEKA</b>		$M = \frac{1}{12} \cdot [\gamma_b \cdot (\lambda^2 - \lambda_1^2) + \gamma \cdot \lambda_1 \cdot (\lambda_1 + 3 \cdot \lambda) - c \cdot \gamma \cdot (\lambda_1 + \lambda)^2 - 2 \cdot \gamma] \cdot Z^3$		
<b>TROUGAONI PROFIL</b>	<b>VERTIKALNI NAPON ZA</b>	<b>PUNO JEZERO</b>	$\sigma_{niz}^{uz} = \frac{\sum V}{(\lambda_1 + \lambda) \cdot z} \pm \frac{\sum M}{\frac{1}{6} \cdot (\lambda_1 + \lambda)^2 \cdot z^2} \quad \text{ILI} \quad \sigma_{niz}^{uz} = \frac{1}{2 \cdot (\lambda_1 + \lambda)^2} \{ \gamma'_b \cdot (\lambda_1 + \lambda)^2 - \lambda_1 \cdot \gamma \cdot (\lambda_1 + \lambda) \pm$ $\pm [\gamma_b \cdot (\lambda^2 - \lambda_1^2) + \gamma \cdot \lambda_1 \cdot (\lambda_1 + 3 \cdot \lambda) - c \cdot \gamma \cdot (\lambda_1 + \lambda)^2 - 2 \cdot \gamma] \cdot z$	
		<b>PRAZNO JEZERO</b>	$\gamma = 0; \quad \sigma_{uz} = \frac{\lambda}{\lambda_1 + \lambda} \gamma_b \cdot z; \quad \sigma_{niz} = \frac{\lambda_1}{\lambda_1 + \lambda} \gamma_b \cdot z.$	
<b>ZAKLJUČAK</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• U OBE HIPOTEZE <b>VERTIKALNI NAPONI SU PROPORCIONALNI SA DUBINOM z</b> ;</li> <li>• <b>MAKSIMALNI VERTIKALNI NAPONI DELUJU U NOŽICI BRANE</b>, GDE JE <b>Z = H</b>.</li> </ul>			
<b>HORIZONTALNI I TANGENCIJALNI NAPONI, KOJI DELUJU U PRAVCU UZVODNOG I NIZVODNOG LICA MOGU SE ODREDITI U FUNKCIJI SRAČUNATIH VERTIKALNIH NAPONA.</b>				

## 7. STABILNOST GRAVITACIONIH BRANA

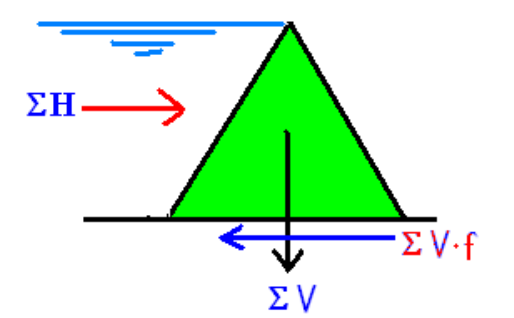
<b>1. UVOD</b>	
<p><b>GRAVITACIONA BRANA TREBA DA JE U RAVNOTEŽI POD DEJSTVOM RAZLIČITIH SILA.</b></p> <p><b>NEOPHODNO JE DA BRANA BUDE STABILNA I U SLUČAJU DELOVANJA NORMALNOG I NEPREDVIĐENOG OPTEREĆENJA.</b></p> <p><b>ZAHTEVA SE DA BRANA IMA I REZERVNU STABILNOST KOJA SE POTVRĐUJE KOEFICIJENTOM SIGURNOSTI.</b></p>	
<b>RUŠENJE GRAVITACIONE BRANE, TEORIJSKI, SE MOŽE DESITI:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>KLIZANJEM</b>, NIZVODNO PO TERENU NA KOME JE BRANA FUNDIRANA;</li> <li>- <b>PREVRTANJEM</b>, OKO NIZVODNE NOŽICE;</li> <li>- <b>ISPLIVAVANJEM</b>, POD DEJSTVOM UZGONA (PLIVANJE KONSTRUKCIJE).</li> </ul>

<b>USLOVI ZA DIMENZIONISANJE GRAVITACIONE BRANE:</b>	<b>ZA UOBIČAJENE BRANE:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- DOZVOLJENI NAPON NA KONTAKTU STENA - BETON</li> <li>- STABILNOST NA KLIZANJE (PREKO SILE TRENJA I PREKO SILE TRENJA I KOHEZIJE)</li> </ul>
	<b>ZA PRELIVNE BRANE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- STABILNOST NA ISPLIVAVANJE</li> </ul>

**KOD BRANA UOBIČAJENOG TIPA I FORME, STABILNOST NA KLIZANJE ZAJEDNO SA USLOVIMA IZ OTPORNOSTI MATERIJALA ODREĐUJU DIMENZIJE KONSTRUKCIJE.**

**U VEĆINI SLUČAJEVA BRANA KOJA JE STABILNA NA KLIZANJE ZADOVOLJAVA I USLOV STABILNOSTI NA PREVRTANJE I ISPLIVAVANJE.**

## 2. STABILNOST NA KLIZANJE PREKO SILE TRENJA

<p>STABILNOST NA KLIZANJE PREKO SILE TRENJA</p>	<p><b>KLIZANJE GRAVITACIONE BRANE PO STENOVITOM ILI POLUSTENOVITOM FUNDAMENTU</b> MOŽE NASTATI KADA JE <b>SUMA HORIZONTALNIH SILA</b>, KOJE DELUJU NA BRANU, <b>VEĆA OD SILE TRENJA</b> KOJA SE STVARA NA POVRŠINI FUNDAMENTA, U HORIZONTALNOM PRAVCU.</p>																							
	<p><b>MAKSIMALNA SILA TRENJA</b> DOBIJA SE KAO PROIZVOD <b>STATIČKOG KOEFICIJENTA TRENJA</b> IZMEĐU STENE I BETONA I <b>SUME VERTIKALNIH SILA</b>. USLOV STABILNOSTI SE OBJAŠNJAVA NEJEDNAČINOM:</p> $\sum H < f \cdot \sum V, \quad \text{ILI} \quad K_s \cdot \sum H = f \cdot \sum V$																							
	<p>ODNOS <math>\frac{\sum H}{\sum V} = \text{tg } \varphi</math> NAZIVA SE <b>KOEFICIJEN KLIZANJA KONSTRUKCIJE</b>. IZRAZ STABILNOSTI NA KLIZANJE MOŽE SE NAPISATI U OBLIKU:</p> <p><math>\text{tg } \varphi &lt; f</math>, ILI <math>K_s \cdot \text{tg } \varphi = f</math>, (MODIFIKOVANI USLOV STABILNOSTI NA KLIZANJE:)</p>																							
<p><b>U UOBIČAJENIM PRORAČUNIMA KOEFICIJENT SIGURNOSTI <math>K_s</math> SE UZIMA IZMEĐU :</b></p> <p><b>1. 0 ... 1.1</b> ZA BRANE KOJE SU FUNDIRANE NA STENI; I <b>1.3 ... 1.5</b> KADA JE BRANA FUNDIRANA NA NESTENOVITIM MATERIJALIMA.</p>																								
<p><b>KOEFICIJENT SIGURNOSTI</b></p> <p><math>K_s</math></p>	<p><b>SOVJETSKE NORME</b> DAJU <b>KOEFICIJENT SIGURNOSTI <math>K_s</math></b> U FUNKCIJI KLASSE KONSTRUKCIJE I USVOJENE VRSTE OPTEREĆENJA</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">KOMBINACIJA OPTEREĆENJA</th> <th colspan="4">KLASA KONSTRUKCIJE</th> </tr> <tr> <th>I</th> <th>II</th> <th>III</th> <th>IV</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><i>OSNOVNO OPTEREĆENJE</i></td> <td>1.30</td> <td>1.20</td> <td>1.15</td> <td>1.15</td> </tr> <tr> <td><i>OSNOVNO I IZUZETNO OPTEREĆENJE</i></td> <td>1.05</td> <td>1.05</td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> </tr> </tbody> </table>				KOMBINACIJA OPTEREĆENJA	KLASA KONSTRUKCIJE				I	II	III	IV	<i>OSNOVNO OPTEREĆENJE</i>	1.30	1.20	1.15	1.15	<i>OSNOVNO I IZUZETNO OPTEREĆENJE</i>	1.05	1.05	1.00	1.00
KOMBINACIJA OPTEREĆENJA	KLASA KONSTRUKCIJE																							
	I	II	III	IV																				
<i>OSNOVNO OPTEREĆENJE</i>	1.30	1.20	1.15	1.15																				
<i>OSNOVNO I IZUZETNO OPTEREĆENJE</i>	1.05	1.05	1.00	1.00																				
<p><b>STATIČKI KOEFICIJENT TRENJA STENA – BETON</b></p> <p><math>f</math></p>	<p>VREDNOSTI <b>STATIČKOG KOEFICIJENTA TRENJA</b> ODREĐUJU SE EKSPERIMENTALNO NA TERENU (PO PRAVILIMA MEHANIKE STENA).</p> <p><b>U PRELIMINARNIM PRORAČUNIMA</b>, MOGU SE USVOJITI SLEDEĆE VREDNOSTI :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>ZA STENOVITE FUNDAMENTE:</b> ERUPTIVNE STENE 0.65 ... 0.75; SEDIMENTNE STENE (KREČNJAK, PEŠČARI ITD.) 0.50 ... 0.65;</li> <li>- <b>ZA POLUSTENOVITE FUNDAMENTE:</b> MEŠAVINA GLINE I KREČNJAKA, ŠKRILJCI ITD. 0.30 ... 0.50;</li> <li>- <b>ZA NESTENOVITE FUNDAMENTE:</b> ŠLJUNAK 0.50; PESKOVITE ZEMLJE 0.40 ... 0.50; GLINOVITI PESAK 0.35 ... 0.40; PESKOVITE GLINE 0.25 ... 0.30; GLINE 0.20 ... 0.30.</li> </ul>																							

### 3. STABILNOST NA KLIZANJE PREKO SILE TRENJA I SILE KOHEZIJE

AKO SE UZMU U OBZIR REALNI USLOVI STABILNOSTI (KADA SE KONSTRUKTIVNIM MERAMA POBOLJŠAJU KARAKTERISTIKE FUNDAMENTA PO POVRŠINI), **USLOV STABILNOSTI NA KLIZANJE** IMA SLEDEĆI OBLIK:

$$K_s \cdot \sum H = f \cdot \sum V + c \cdot A$$

U KOME, PORED OZNAKA KOJE SU DATE RANIJE POJAVLJUJE SE :

- C - NAPON KOHEZIJE – KOHEZIJA (KOD VEĆINE AMERIČKIH BRANA IMA VREDNOST 1500 - 5000 KN/m<sup>2</sup>);
- A - VELIČINA POVRŠINE KLIZANJA U m<sup>2</sup>.

**KOEFICIJENT SIGURNOSTI K<sub>s</sub>**

- **KOEFICIJENT SIGURNOSTI K<sub>s</sub>, JE U OVOM SLUČAJU MNOGO VEĆI**, JER SE UZIMAJU U OBZIR SVE REZERVE STABILNOSTI KONSTRUKCIJE. U SOVJETSKOJ PRAKSI SE PREPORUČUJE  $K_s \geq 4$ , U USLOVIMA NAJNEPOVOLJNIJEG OPTEREĆENJA.
- U IZRAZU USLOVA STABILNOSTI  $\sum V$  I  $\sum H$ , RASTE SA KVADRATOM VISINE. **PROMENA POVRŠINE FUNDIRANJA JE LINEARNA U ODNOSU NA VISINU BRANE.**

ZAKLJUČUJE SE DA VISOKE BRANE IMAJU VEĆU MOGUĆNOST KLIZANJA U ODNOSU NA NISKE – PRELIVNE BRANE.

### 4. KONTROLA NA ISPLIVAVANJE

**STABILNOST NA ISPLIVAVANJE DEFINISANA JE IZRAZOM:**

$$K_{isp} = \frac{\sum V}{S} = 1.2 \dots 1.3$$

GDE JE:

- $\sum V$  - SUMA VERTIKALNIH SILA, SILA BEZ UZGONA, A
- S - SILA UZGONA.

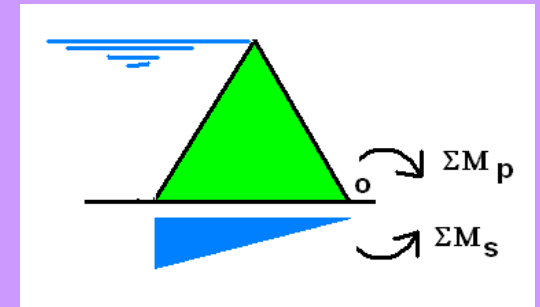
### 5. KONTROLA NA PRETURANJE

**KOEFICIJENT STABILNOSTI NA PRETURANJE OKO TAČKE NIZVODNE NOŽICE DEFINISAN JE IZRAZOM:**

$$K_p = \frac{\sum M_s}{\sum M_p} = 1.5$$

GDE JE:

- $\sum M_s$  MOMENAT KOJI OBEZBEĐUJE STABILNOST BRANE OKO NIZVODNE NOŽICE
- $\sum M_p$  MOMENAT KOJI ŽELI DA BRANU PREVRNE OKO NIZVODNE NOŽICE.



## 8. DIMENZIONISANJE GRAVITACIONIH BRANA

### 1. KRITERIJUMI ZA DIMENZIONISANJE GRAVITACIONIH BRANA

KLASIČNI KRITERIJUMI	PRVI KRITERIJUM	- <b>DA NORMALNI VERTIKALNI NAPON NA UZVODNOM LICU BUDE VEĆI, ILI U KRAJNEM SLUČAJU JEDNAK NULI</b>	$\sigma_{uz} = \frac{\sum V}{A} + \frac{\sum M}{W} \geq 0;$
	DRUGI KRITERIJUM	- <b>DA BRANA BUDE STABILNA NA KLIZANJE NA KONTAKTU SA FUNDAMENTOM</b>	$\frac{\sum H}{\sum V} \leq f$
KRITERIJUMI ZA DIMENZIONISANJE U AMERIČKOJ PRAKSI	PRVI KRITERIJUM	<b>VERTIKALNI NORMALNI NAPONI I GLAVNI NAPONI, U BILO KOM PRESEKU, MORAJU BITI PRITISAK;</b>	
	DRUGI KRITERIJUM	<b>STABILNOST NA KLIZANJE - MORA BITI OBEZBEĐENA PREKO SILE TRENJA I PREKO SILE TRENJA I KOHEZIJE;</b>	
	TREĆI KRITERIJUM	<b>MAKSIMALNI GLAVNI NAPONI PRITISKA U BRANI I FUNDAMENTU DA NE PRELAZE DOZVOLJENE VREDNOSTI.</b>	
<b>ODREĐIVANJE DIMENZIJA PROFILA NA RAZLIČITIM NIVOIMA DAJE POLIGONALNI OBLIK UZVODNOG I NIZVODNOG LICA I NE UTIČE ZNAČAJNO NA STABILNOST BRANE I EKONOMIČNOST PRESEKA.</b>			



## 9. ZAKLJUČAK VEZAN ZA GRAVITACIONE BRANE

**PREDNOST GRAVITACIONIH BRANA** U ODNOSU NA OSTALE TIPOVE OGLEDA SE U SLEDEĆEM:

1. IZVOĐENJE JE JEDNOSTAVNIJE OD OSTALIH TIPOVA BETONSKIH BRANA;
2. MOGU SE IZVODITI I U VRLO TEŠKIM KLIMATSKIM USLOVIMA;
3. MOGU BITI PRELIVNE I NEPRELIVNE;
4. U TELU BRANE MOŽE SE BEZ OPASNOSTI NA STABILNOST BRANE IZVESTI: TEMELJNI ISPUST, ZAHVAT I ČITAVE CENTRALE;
5. MOGU SE RADITI U DOLINAMA BILO KOG OBLIKA.

**NEDOSTACI GRAVITACIONIH BRANA:**

1. NOSIVOST BETONA NIJE DOVOLJNO ISKORIŠĆENJA (POGOTOVU KOD BRANA < 100 M);
2. CENA JE VEĆA U ODNOSU NA OSTALE BRANE OD BETONA;
3. MOGU IZGUBITI MONOLITNOST ZBOG POJAVA PUKOTINA;
4. VREME GRAĐENJA JE DUŽE U ODNOSU NA OSTALE BETONSKE BRANE.

**OVAJ TIP BRANE JE NAJPOVOLJNIJI U USLOVIMA:**

1. POSTOJANJA DOBROG STENOVITOG FUNDAMENATA;
2. POSTOJANJA DOVOLJNE DEPONIJE ŠLJUNKA;
3. NEOPHODNOSTI DA SE POPLAVNI TALAS I LED EVAKUIŠE PREKO BRANE.

**PROBLEM EKONOMIČNOSTI REŠAVA SE OD SLUČAJA DO SLUČAJA POREĐENJEM.**

**COYNA PODVALAČI POVOLJNOST PRIMENE GRAVITACIONIH BRANA:**

- KADA JE DOLINA ŠIROKA,
- KADA TREBA EVAKUISATI VELIKU KOLIČINU VODE; I

**NEDOSTATAK KOJI SE OGLEDA U:**

- VELIKOM OBIMU RADOVA,
- ZAMENJUJU SE U POSLEDNJE VREME KONTRAFORNIM BRANAMA, ILI
- U SPECIJALNIM SLUČAJEVIMA LUČNIM ILI ZEMLJANIM BRANAMA.

ZAKLJUČAK