

PREGRADE

Univerza v Ljubljani – Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo

Pregrade

Pregrada je definirana kot stalen ali začasen objekt, ki deli vodno telo z namenom akumuliranja vode in izravnave nihanj pretokov, dviga hidravlične višine, reguliranja vodotoka ali omejitve neke snovi od ostalega prostora.

Pregrade – delitev pregrad

Zaradi potencialne nevarnosti, ki jo pregrade lahko predstavljajo za javno infrastrukturo in populacijo, ki živi na območjih dolvodno, pregrade delimo po višini na:

- **velike pregrade** (nad 15m)
- **nizke pregrade - jezove** (pod 15 m)

Višino pregrade označuje relativna višina, merjena od najnižje točke temeljev do najvišjega dela – krone pregrade)

Pregrade – delitev pregrad po ICOLD

Po stari nomenklaturi so bile pregrade razvrščene po velikosti v skladu s priporočili ICOLD (mednarodnega združenja za velike pregrade). Med **velike pregrade** so bili upoštevani objekti:

- katerih gradbena višina presega **15m**
- katerih gradbena višina presega **10m** in:
 - je njihova krona daljša od **500 m**
 - prostornina zadrževalnika presega **1hm³**
 - pretok čez pregrado presega **2.000 m³/s**
 - so težki pogoji temeljenja
 - je poseben projekt

Pregrade – delitev pregrad po ICOLD

Po novi nomenklaturi ICOLD iz julija 2011
med **velike pregrade** prištevamo
objekte:

- katerih gradbena višina presega **15m**
- katerih gradbena višina presega **5m** in
prostornina zadrževalnika presega
 $3hm^3$

Pregrade – delitev pregrad

- Med velike pregrade prištevamo tudi *začasne objekte*, ki jih gradimo za čas zapiranja gradbene jame, če ustreza kategoriji velikih pregrad, ali bi porušitev imela daljnosežne posledice dolvodno.
- Med nizke pregrade štejemo vse objekte, ki ne sodijo v kategorijo velikih pregrad in so lahko:
 - trajne zgradbe – jezovi, nasipi,
 - začasne zgradbe – nasipi za preusmeritev vodotoka za čas gradnje

Pregrade – razvrstitev po prenosu obtežb

Glede na način prenosa obtežb na pregrado ločimo:

- **težnostne pregrade**

- **nasute**

- **grajene:**

- **masivne**

- **stebrske**

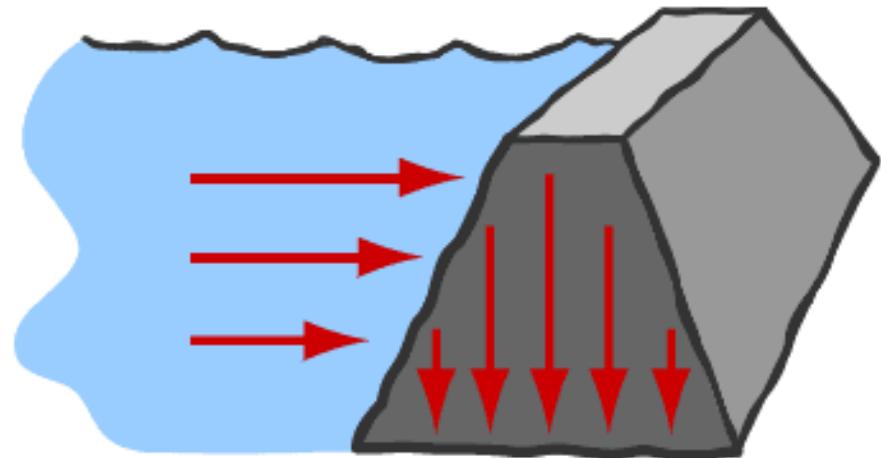
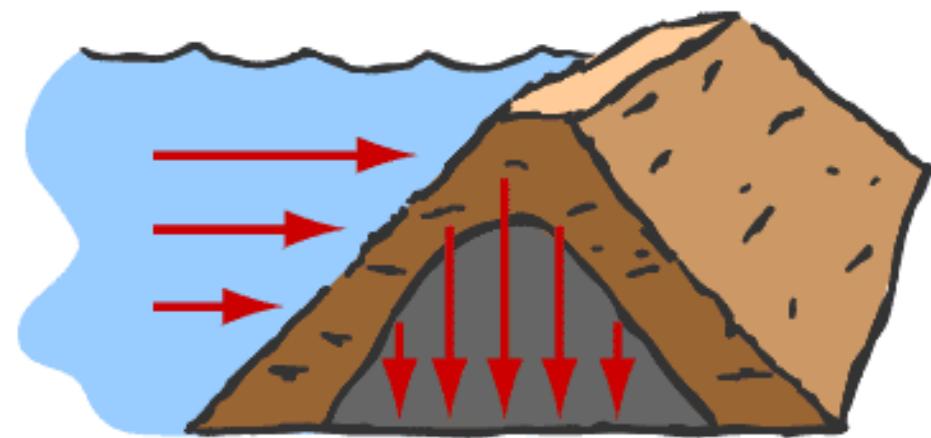
- **ločne pregrade**

Pregrade – težnostne pregrade

Pri temu tipu pregrad lastna teža pregrade drži v ravnovesju dejavne obtežbe, ki delujejo na pregrado.

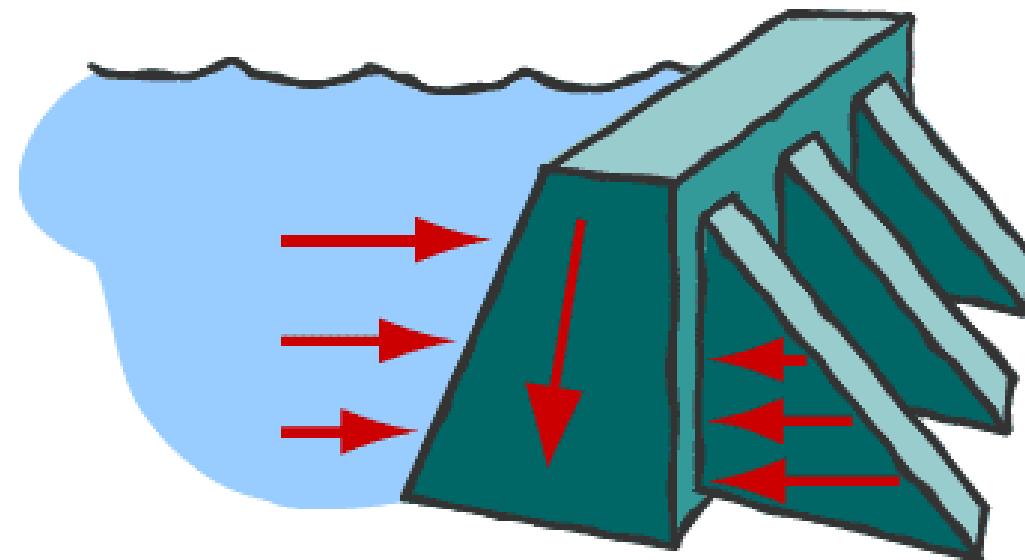
■ **nasuta pregrada**

■ **masivna pregrada**



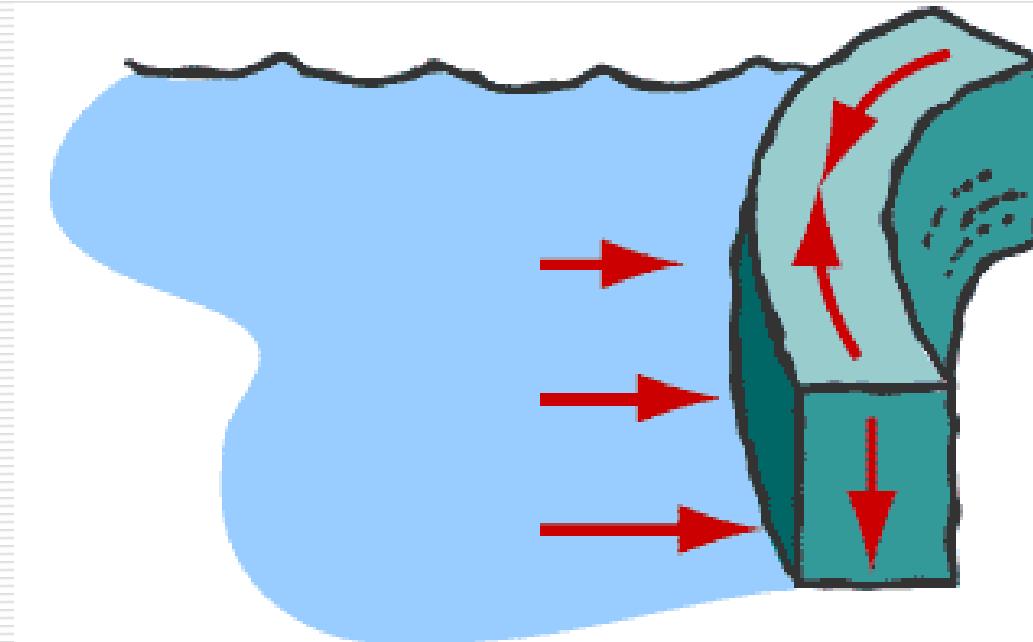
Pregrade – stebrske pregrade

Pri temu tipu pregrad kombinacija lastne teže pregrade in podpornih zidov drži v ravovesju dejavne obtežbe, ki delujejo na pregrado.



Pregrade – ločne pregrade

Pri temu tipu pregrad izkoriščamo ločni efekt pri prenosu dejavnih obtežb na temeljno hribino



Pregrade – razvrstitev pregrad

Glede na način izvedbe ločimo:

- **nasute** pregrade
- **masivne** pregrade
- **stebrske** pregrade
- **jalovinske** pregrade

Pregrade – nasute pregrade

- **Zemeljska pregrada** je nasuta pregrada v kateri je več kot 50% prostornine telesa pregrade iz zgoščenega drobnozrnatega materiala.
- **Skalometna pregrada** je nasuta pregrada v kateri je več kot 50% prostornine telesa pregrade iz naravnega ali lomljjenega kamna.

Pregrade – masivne težnostne pregrade

- **Betonska pregrada** je težnostna pregrada, ki je zgrajena iz masivnega betona.
- **Zidana pregrada** je težnostna pregrada, ki je izgrajena iz betonskih ali kamnitih blokov, vezanih z malto.
- **Olajšana (votla) težnostna pregrada** je na zunaj običajna težnostna pregrada, ki pa je votla konstrukcija.

Pregrade – steberske pregrade

- **Pregrada z masivnimi steberskimi glavami** je steberska pregrada pri kateri je gorvodni konec stebra razširjen, da prenosti režo med stebri.
- **Pregrada z ravno betonsko ploščo (Amburzen)** je steberska pregrada pri kateri je gorvodno armirano betonska plošča, podprta s stebri.
- **Ločna pregrada z oporniki** je steberska pregrada, ki je v tlorisu ukrivljena in podprta na straneh z oporniki (težnostna pregrada).
- **Večločna pregrada** je steberska pregrada, katere gorvodni del je sestavljen iz niza lokov, ki so podprt s stebri.

Pregrade – jalovinske pregrade

- **Jalovinska pregrada** je nasuta pregrada, ki ustvari bazen za odlaganje odpadnih proizvodov industrije ali rudarjenja. nasip je grajen iz običajnih materialov, včasih pa vsebuje tudi uporabne odpadne produkte.
- Običajna sta dva tipa izvedbe:
 - **postopna gradnja pregrade**, kjer nasip gradimo postopoma z napredovanjem zasipavanja zadrževalnega prostora
 - **običajna nasuta pregrada**, ki jo zgradimo v celoti in zasipavamo akumulacijski prostor dokler ne napolnimo zadrževalnega prostora

Pregrade – ločne pregrade

- **Ločno-težnostna pregrada** je ločna pregrada, ki je nekoliko tanjša od težnostne pregrade.
- **Ločna pregrada s konstantnim kotom** je ločna pregrada pri kateri je središčni kot pri katerikoli vodoravnem prerezu enak po celotni višini pregrade.
- **Ločna pregrada s konstantnim radijem (cilindrična)** je ločna pregrada, pri kateri je v katerikoli v vodoravnem prerez radij ukrivljenosti približno enak.
- **Ločna pregrada z dvojno ukrivljenostjo (kupolasti tip)** je ločna pregrada, ki je ukrivljena v horizontalni in vertikalni smeri.

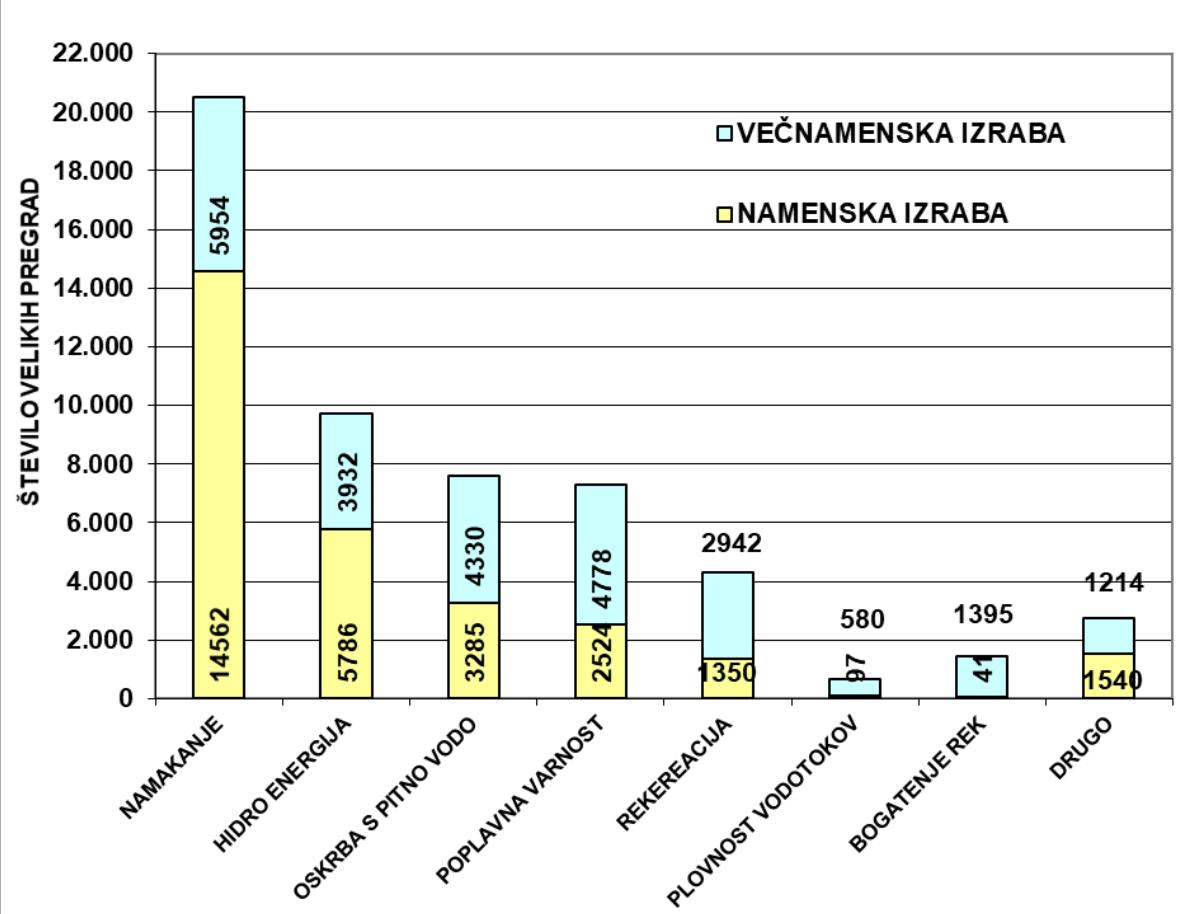
Pregrade – posebni tipi

- **Sestavljena pregrada** je zaježni objekt, ki sestoji iz najmanj dveh značilnih delov različnih tipov pregrad
- **Kaštna pregrada** (jez) je težnostna pregrada, zgrajena iz škatel, kašt, križajočih se debel ali betonskih prefabriciranih elementov in napolnjena z zemljo ali kamnom.
- **Pregrada iz žičnatih košar (gabionov)** je poseben tip kaštne pregrade, ki je zgrajena iz žičnatih košar, napolnjenih s kamni.

Pregrade – posebni tipi

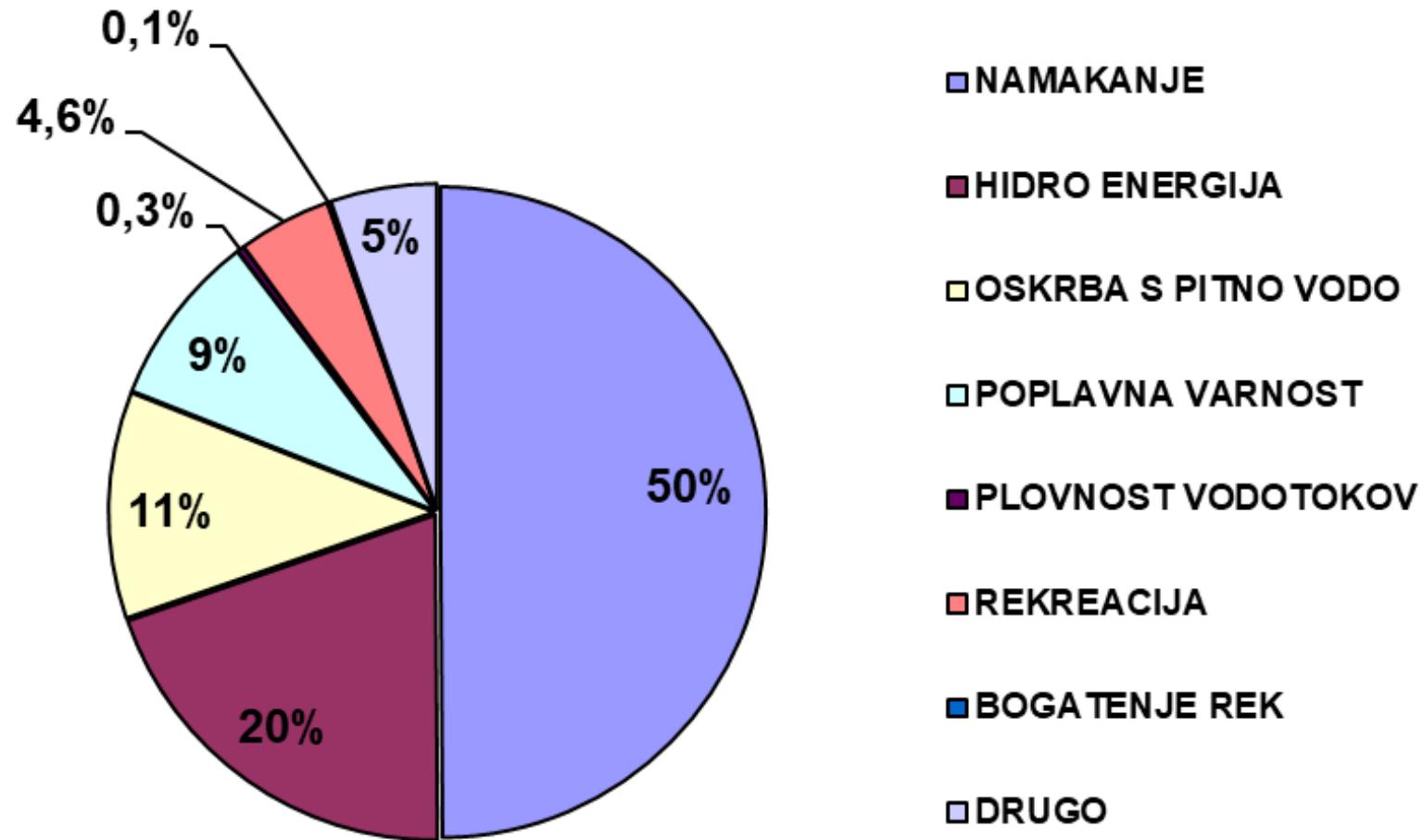
- **Pomožna pregrada** je začasna zgradba, ki ogradi gradbišče ali posamezne dele gradbišč, tako, da se gradnja izvaja v suhem.
- **Preusmeritvena** (pomožna) **pregrada** preusmeri vodotok v odvodni kanal, tunel.

Pregrade – velike pregrade v svetu (2018)

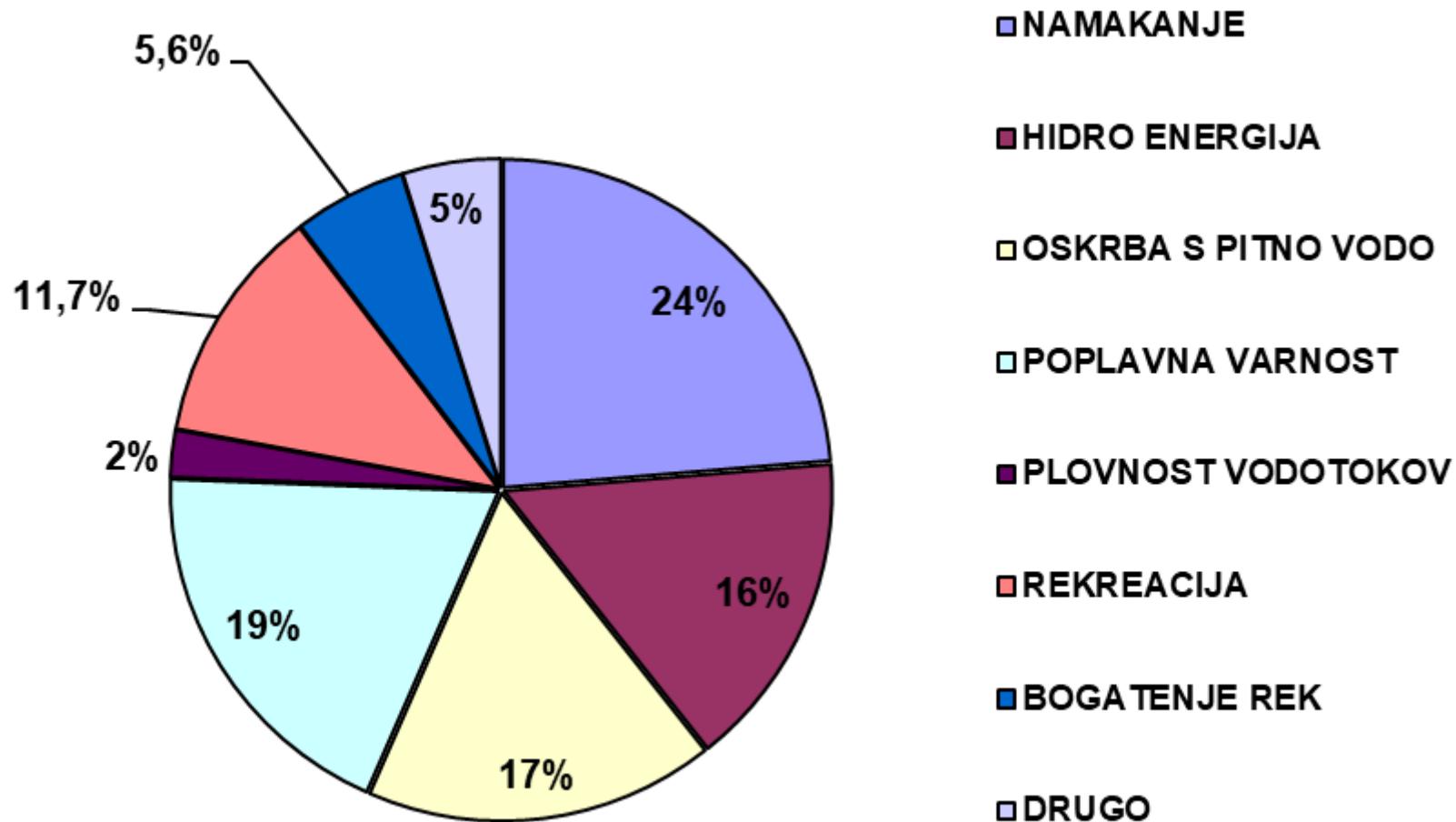


RABA	NAMENSKA IZRABA	VEČ NAMENSKA IZRABA
NAMAKANJE	14.562	5.954
HIDRO ENERGIJA	5.786	3.932
OSKRBA S PITNO VODO	3.285	4.330
POPLAVNA VARNOST	2.524	4.778
REKEREACIJA	1.350	2.942
PLOVNOST VODOTOKOV	97	580
BOGATENJE REK	41	1.395
DRUGO	1.540	1.214
REGISTRIRANE PREGRADE:	29.185	25.125
	54.310	53,74% 46,26%

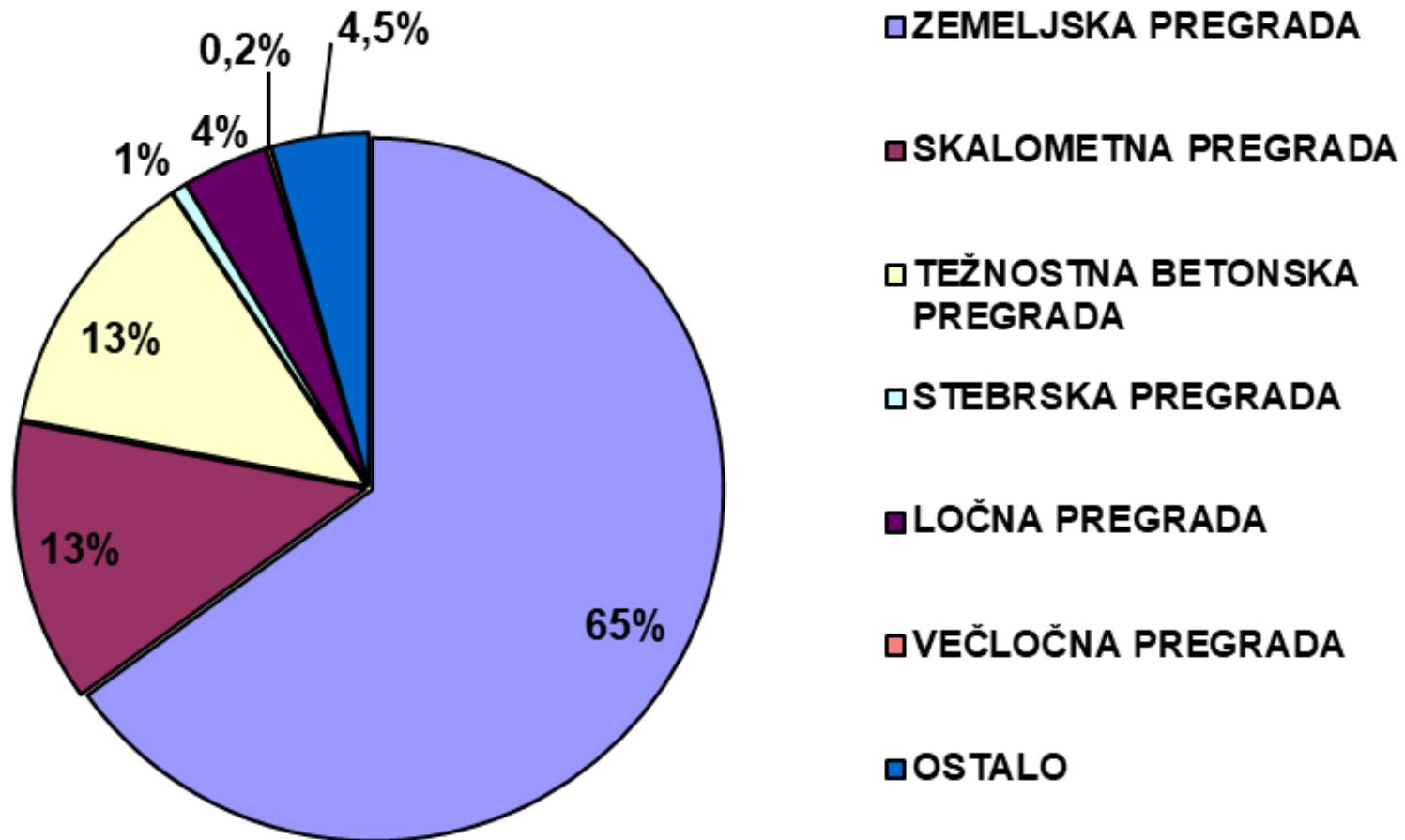
Pregrade – eno namenska raba



Pregrade – več namenska raba



Pregrade – razvrstitev po tipu pregrade



Pregrade – velike pregrade v svetu

Država	število
1 China	23.841
2 United States of America	9.265
3 India	5.100
4 Japan	3.118
5 Brazil	1.364
6 Korea (Rep. of)	1.338
7 Canada	1.169
8 South Africa	1.112
9 Spain	1.063
10 Albania	1.008
11 Turkey	974
12 France	709
13 United Kingdom	593
14 Mexico	570
15 Australia	567
16 Italy	541
17 Iran	520
18 Germany	371
19 Norway	335
20 Zimbabwe	254
53 Slovenia	39
skupaj register:	58.350

Pregrade – velike pregrade v svetu

	Ime pregrade	tip	višina [m]	država
1	ROGUN (C)	TE/ER	335	Tajikistan
2	BAKHTIYARI (C)	VA	315	Iran
3	JINPING 1	VA	305	China
4	NUREK	TE	300	Tajikistan
5	LIANGHEKOU (C)	ER	295	China
6	XIAOWAN	VA	294	China
7	XILUODU	VA	286	China
8	GRANDE DIXENCE	PG	285	Switzerland
9	BAIHETAN (C)	VA	277	China
10	DIAMER-BHASHA (C)	PG	272	Pakistan
11	INGURI	VA	272	Georgia
12	YUSUFELİ (C)	MV	270	Turkey
13	MANUEL MORENO TORRES (CHICOASÉN)	TE	262	Mexico
14	NUOZHADU	ER	262	China
15	TEHRI (THDC)	ER/TE/PG	260	India
16	HACIXIA	ER	254	China
17	MAUVOISIN	VA	250	Switzerland
18	LAXIWA	VA	250	China
19	DERİNER	MV	249	Turkey
20	MICA	TE	243	Canada

Pregrade – velike pregrade v svetu

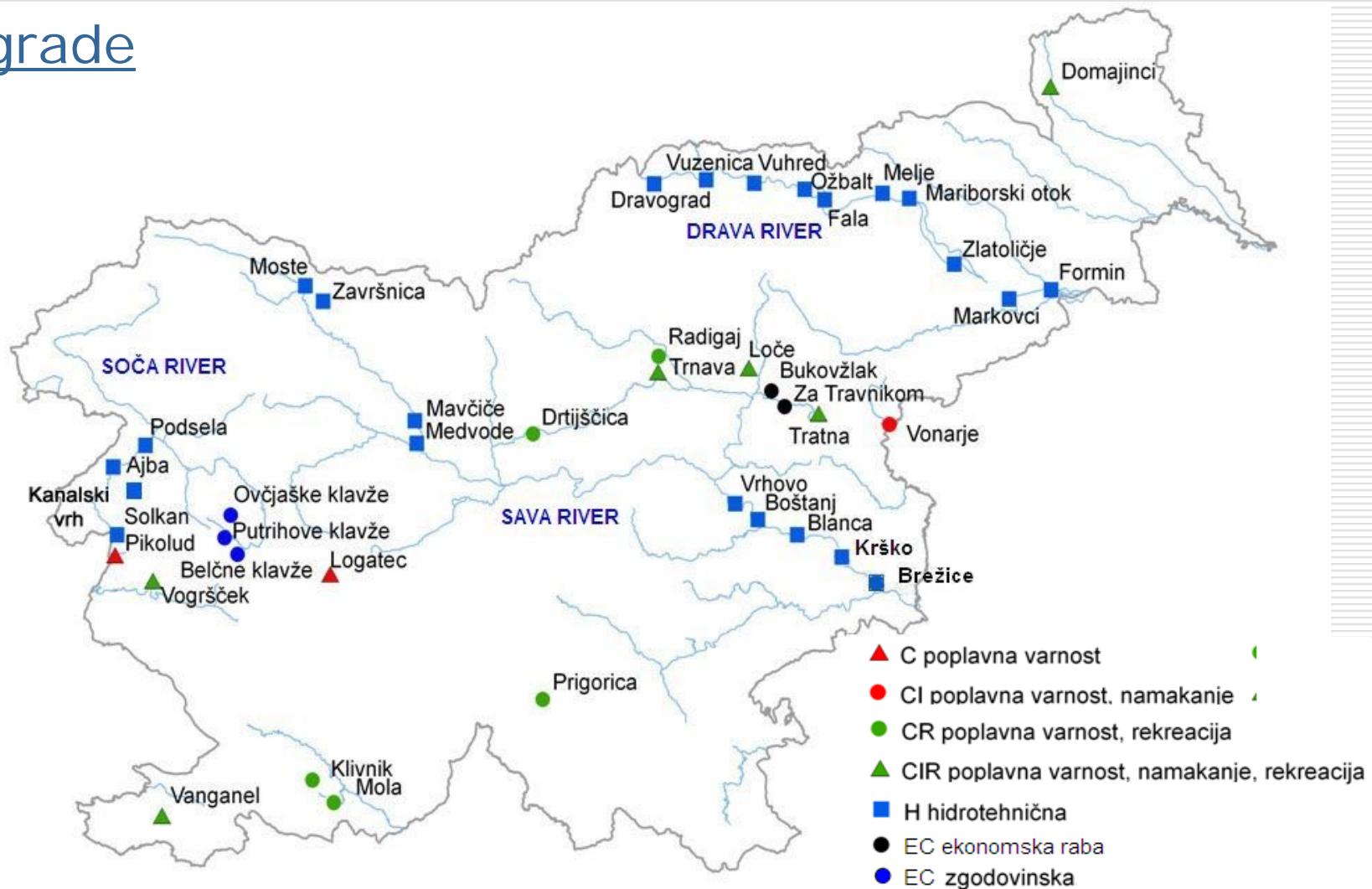
Ime pregrade	Volumen zadrževalnika (10^3 m^3)	Država
KARIBA	180.600.000	Zambia/Zimbabwe
HIGH ASWAN DAM	169.000.000	Egypt
BRATSK	169.000.000	Russia
AKOSOMBO	150.000.000	Ghana
DANIEL JOHNSON (MANIC 5)	141.851.350	Canada
GURI	135.000.000	Venezuela
BENNETT W.A.C.	74.300.000	Canada
HIDASE (C)	74.000.000	Ethiopia
KRASNOYARSK	73.300.000	Russia
ZEYA	68.400.000	Russia
ROBERT-BOURASSA	61.715.000	Canada
LA GRANDE-3	60.020.000	Canada
UST-ILIMSK	59.300.000	Russia
BOGUCHANY	58.200.000	Russia
KUIBYSHEV	58.000.000	Russia
SERRA DA MESA	54.400.000	Brazil
CANIAPISCAU	53.790.000	Canada
CAHORA BASSA	52.000.000	Mozambique
BUKHTARMA	49.800.000	Kazakhstan

Pregrade v Sloveniji - evidenca objektov

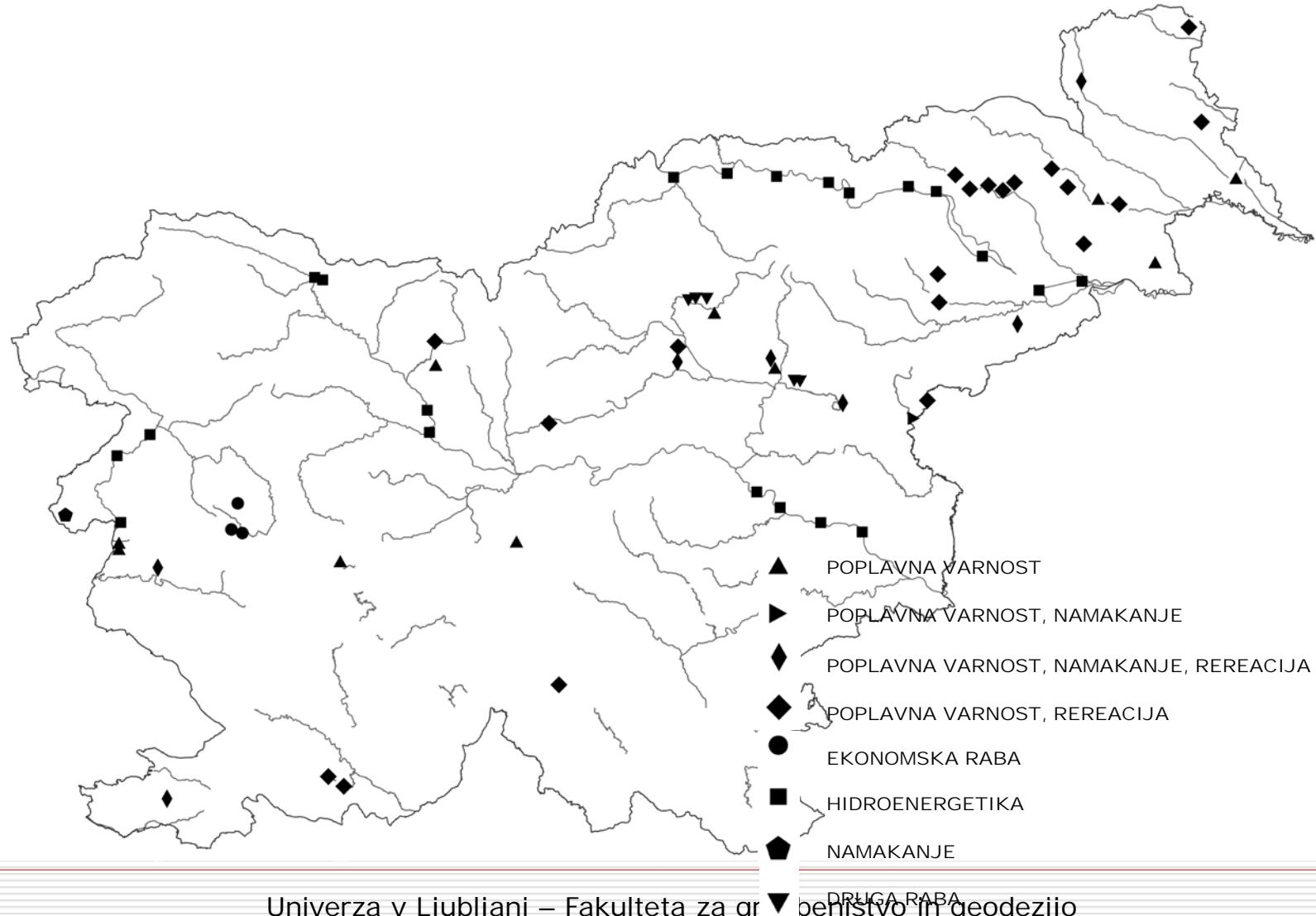
- **vodna infrastruktura (UL RS 63/06)**
 - pregrade in jezovi – 28 objektov
 - suhi zadrževalniki – 9 objektov
- register velikih pregrad – **SLOCOLD** – 43 objektov – od tega 25 energetskih pregrad in 5 pregrad za komercialno rabo
- register velikih pregrad – **IZVRS** - 32 objektov
- evidentiranih je skupno **70 objektov**

Pregrade – velike pregrade v Sloveniji

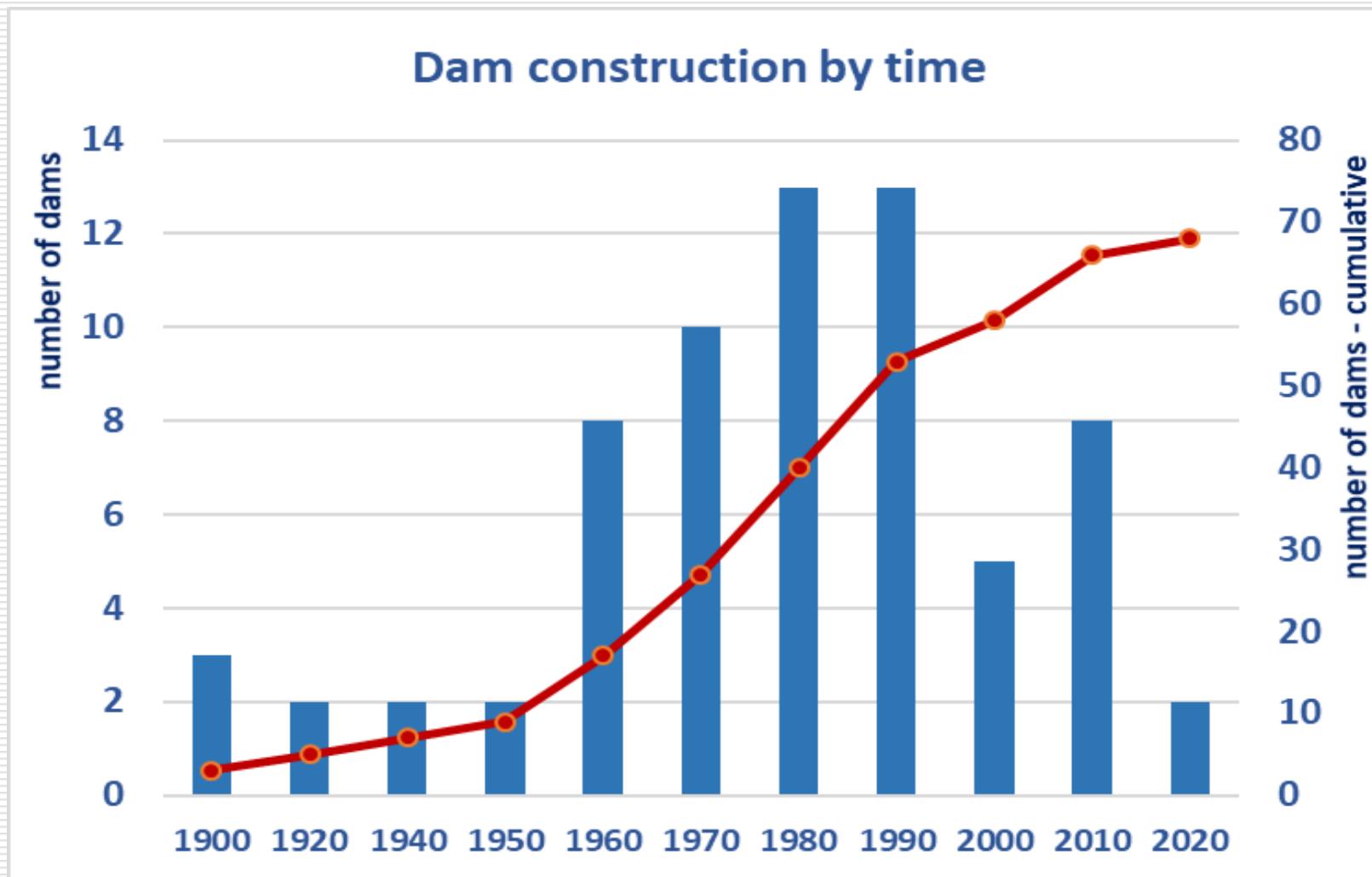
pregrade



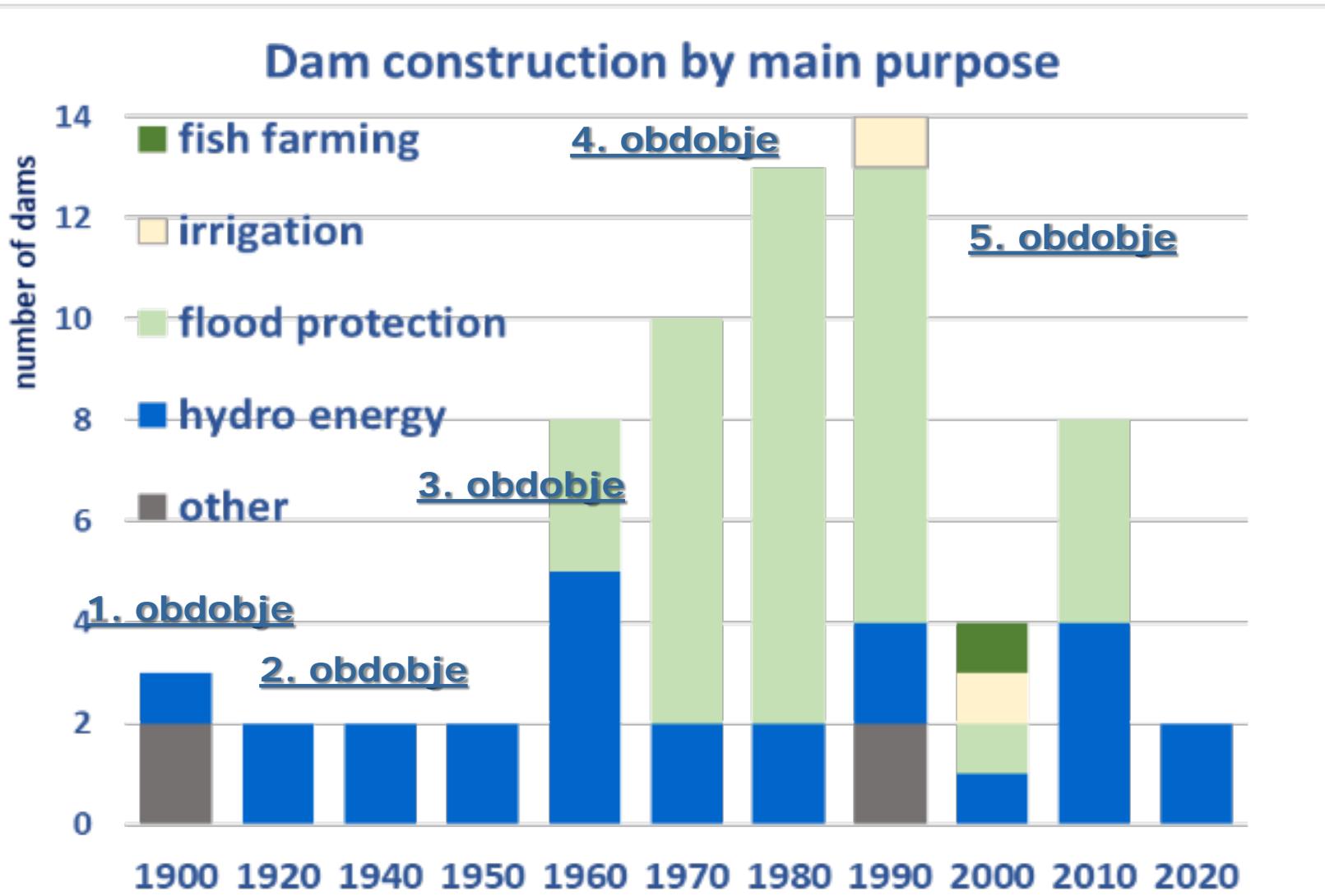
Pregrade in jezovi v Sloveniji



Dinamika gradnje pregrad v Sloveniji



Pregled pregrad po namenu



Idrijske Klavže



Kanomeljske Klavže - 16m (1812)



Putrihove Klavže – 15m (1779)

Pričetek hidroproizvodnje

Završnica, 1916



Foto: D. Wedam

Fala, 1918



Foto: DEM

Obdobje med vojnama

Podsela, 1939



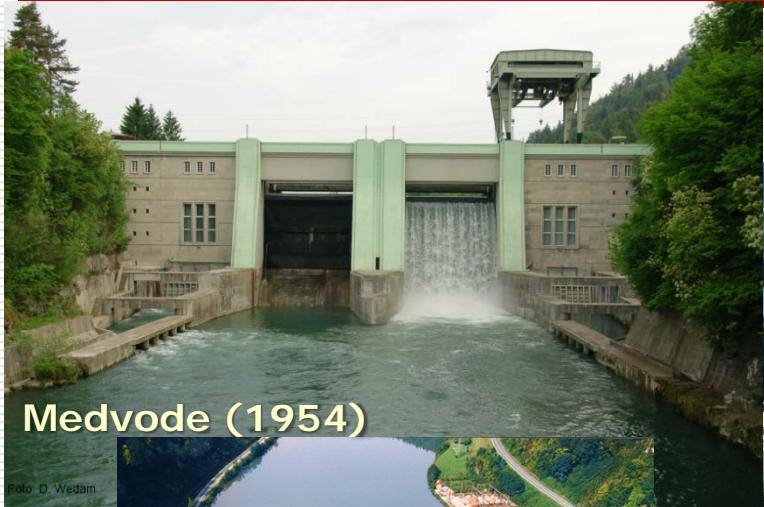
Ajba, 1940



Dravograd, 1944



Obdobje po II. svetovni vojni



Medvode (1954)

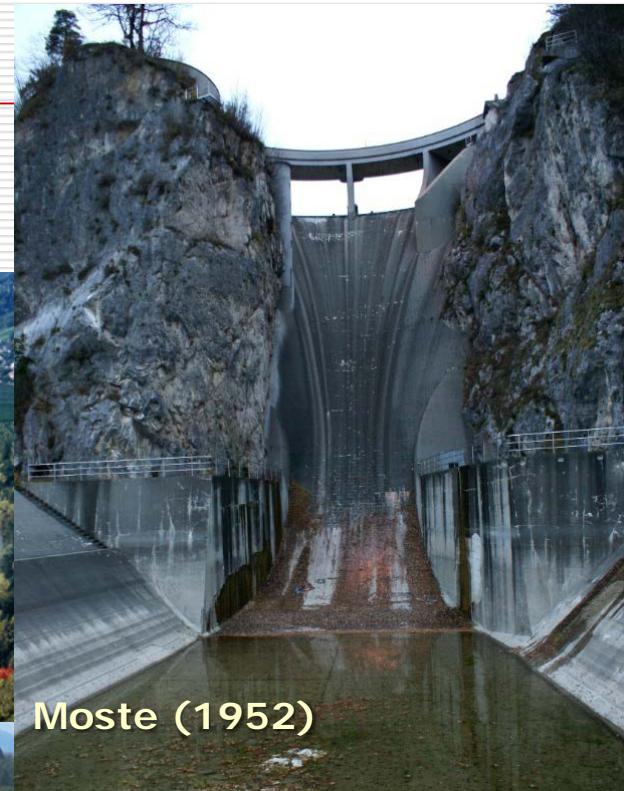
Foto: D. Wedam



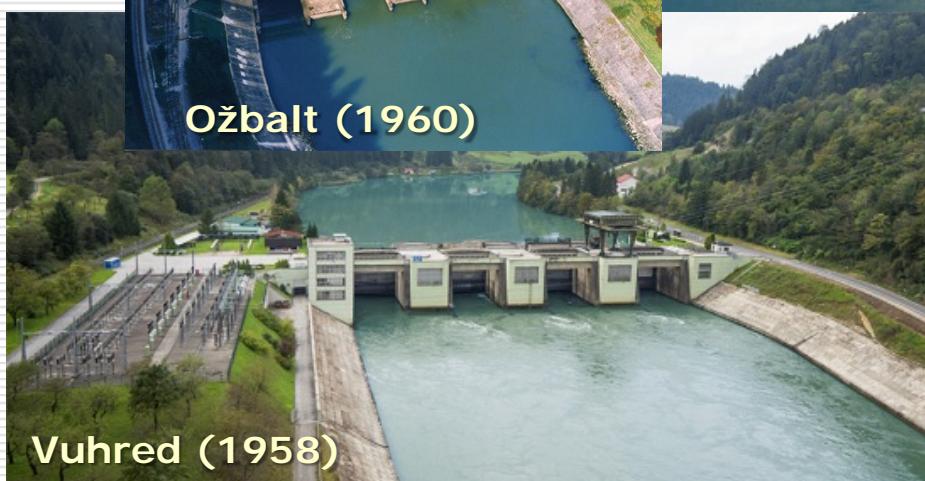
Ožbalt (1960)



Mariborski otok
(1960)



Moste (1952)



Vuhred (1958)



Vuženica (1953)

Obdobje gradnje vodnogospodarskih pregrad

Vanganel (1964)



Foto: MOP

Vogršček (1988)



Za travnikom (1991)



Klivnik (1987)



Vonarje (1980)

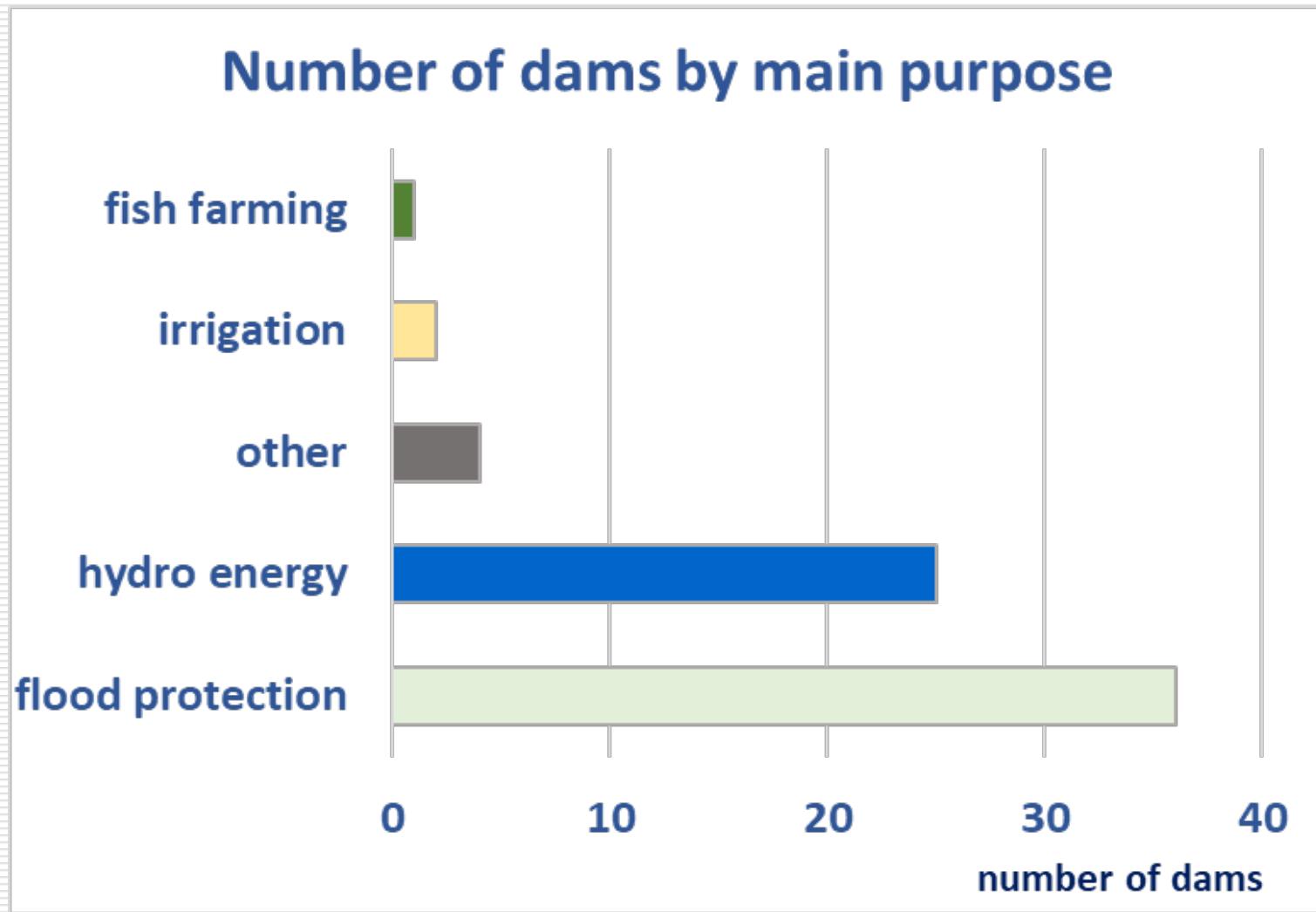


Mola (1979)

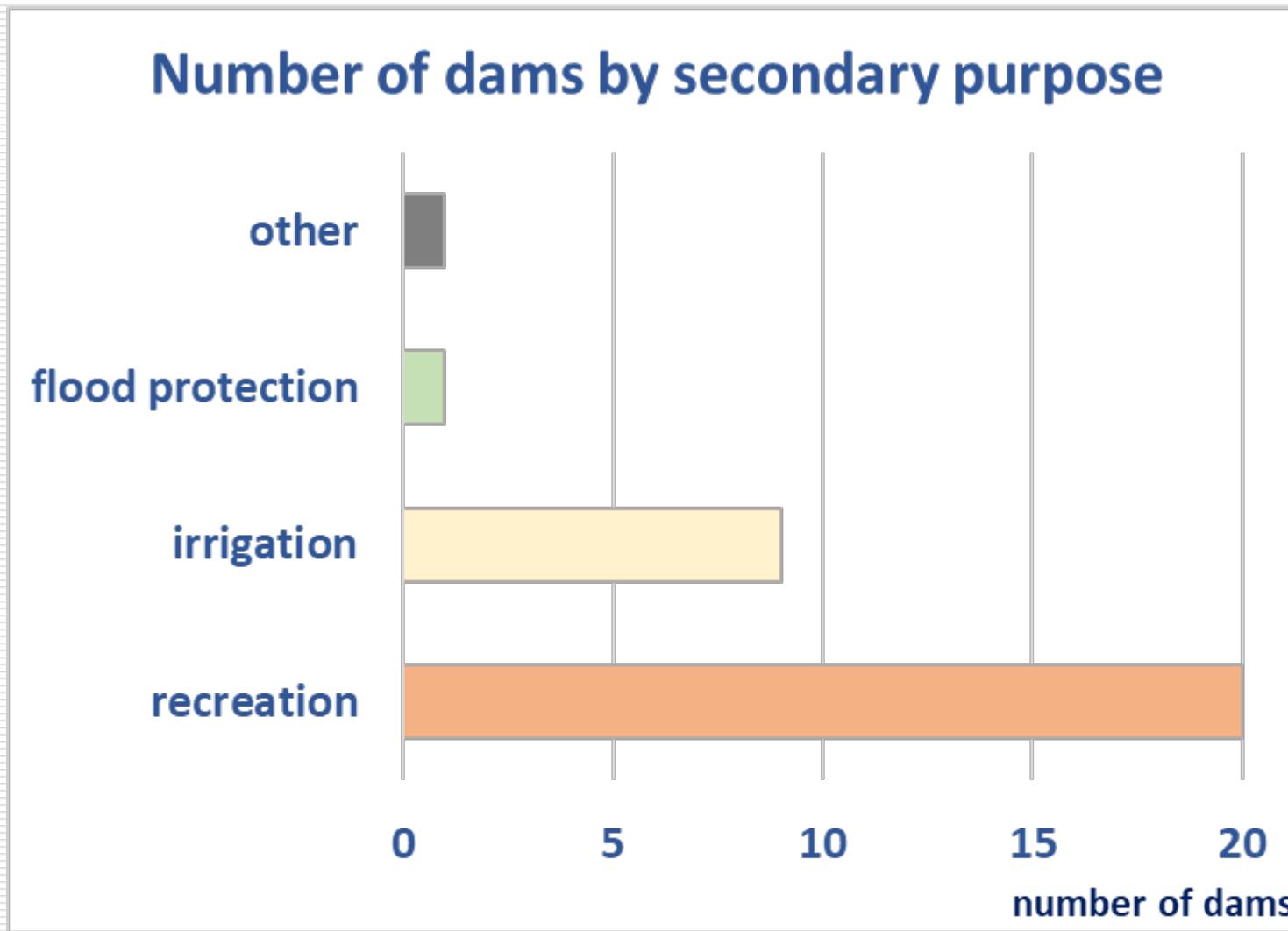
Izgradnja verige HE na spodnji Savi



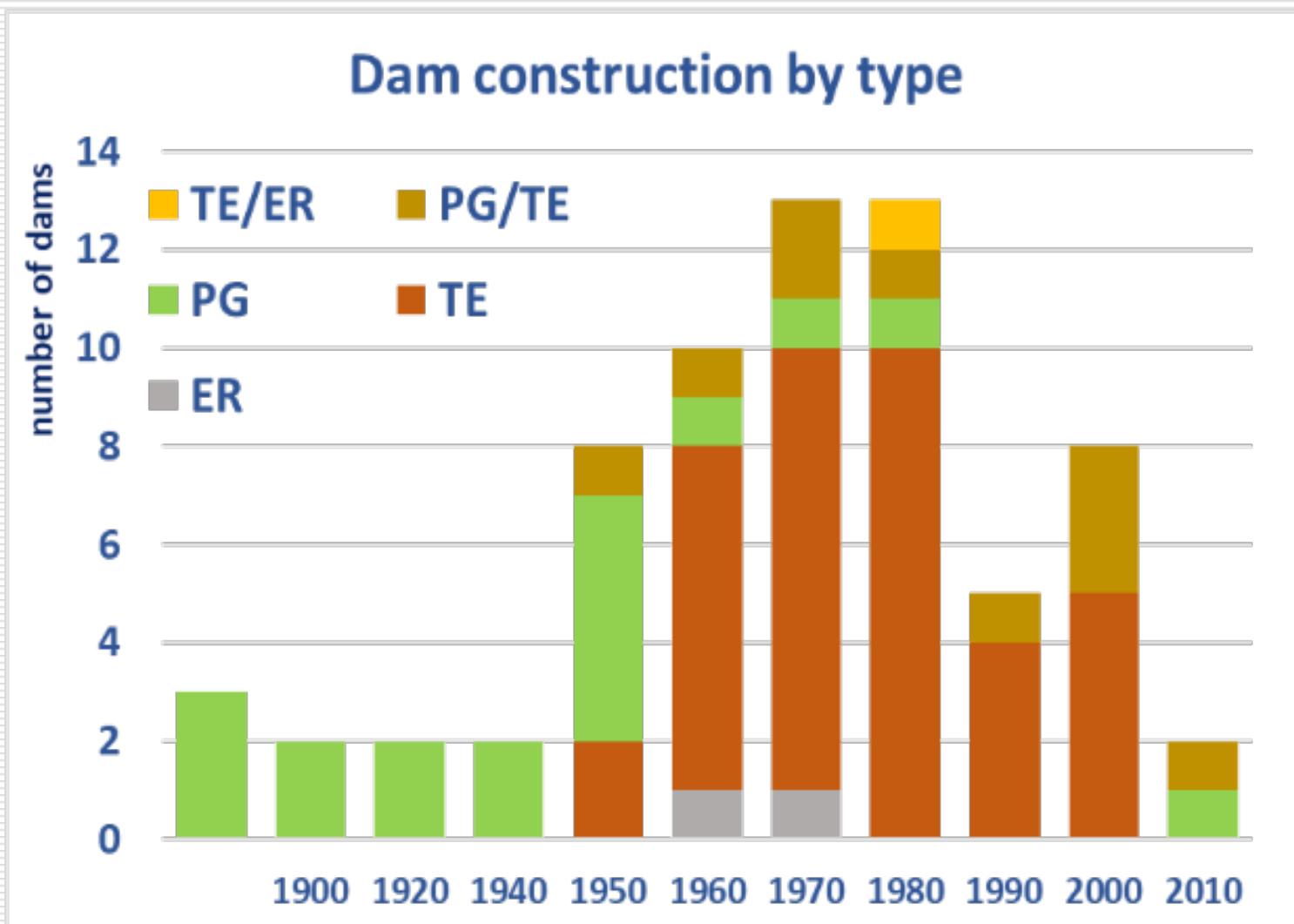
Pregrade – razvrstitev po osnovnem namenu



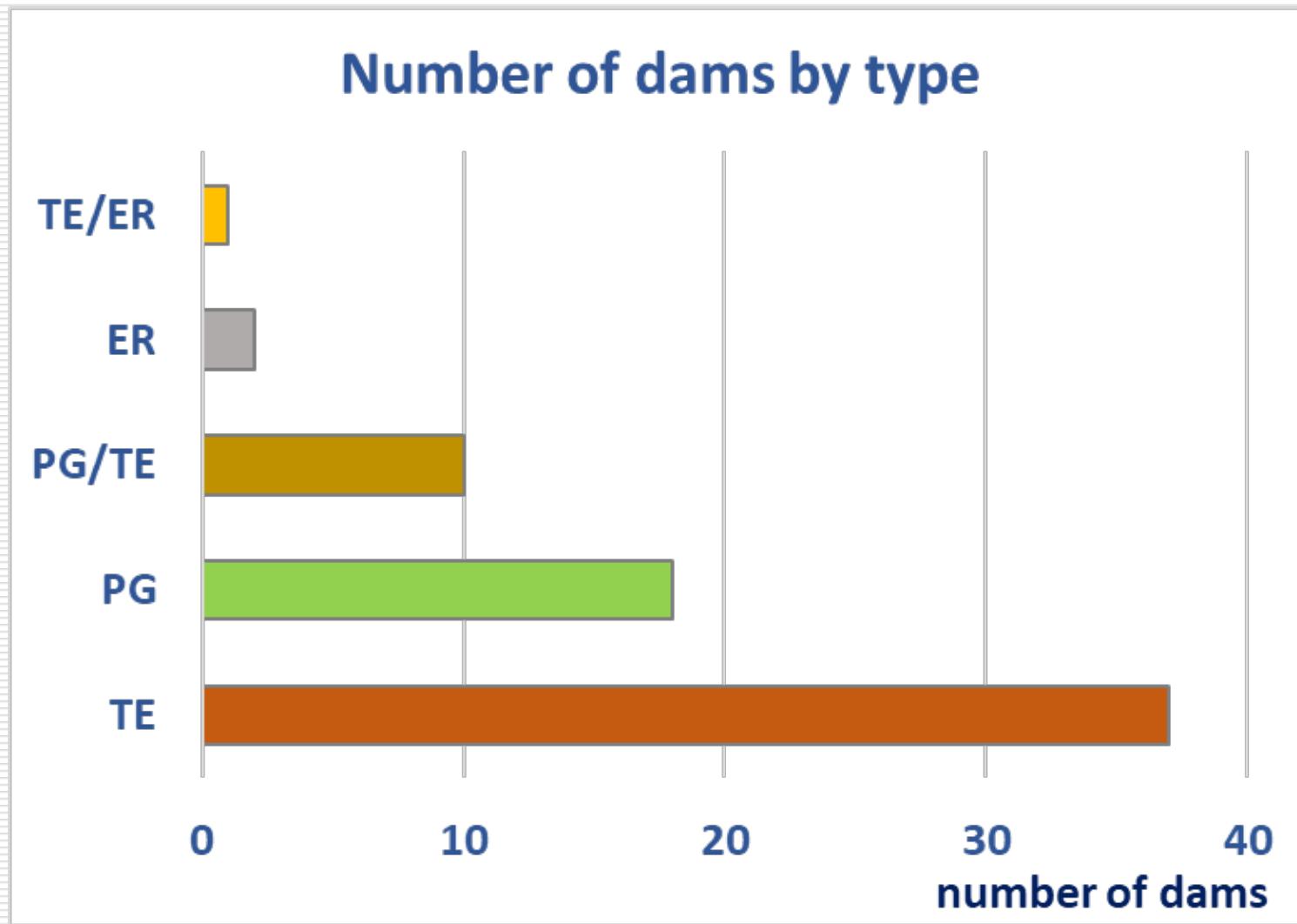
Pregrade – razvrstitev po sekundarnem namenu



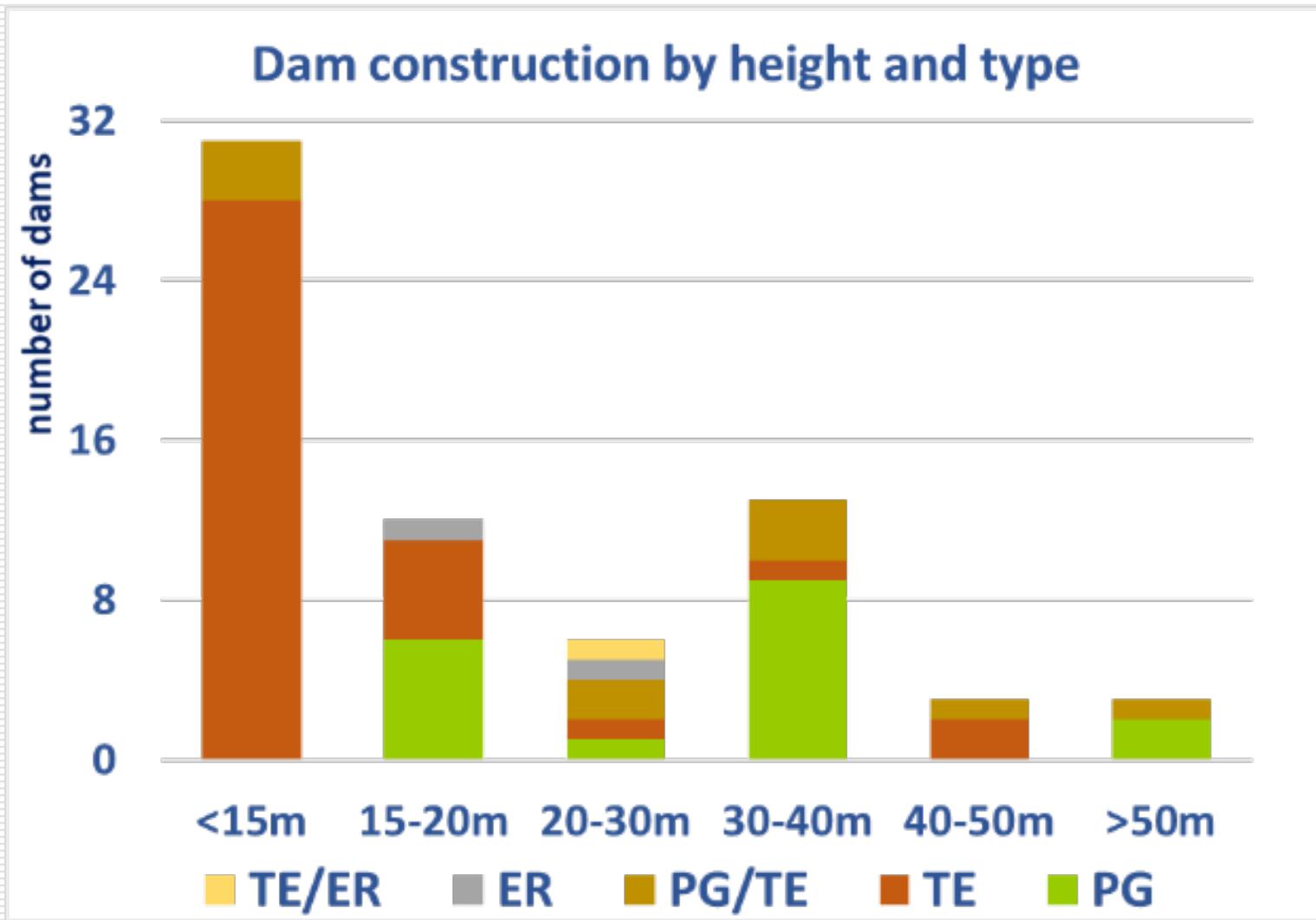
Pregrade – dinamika gradnje po tipu



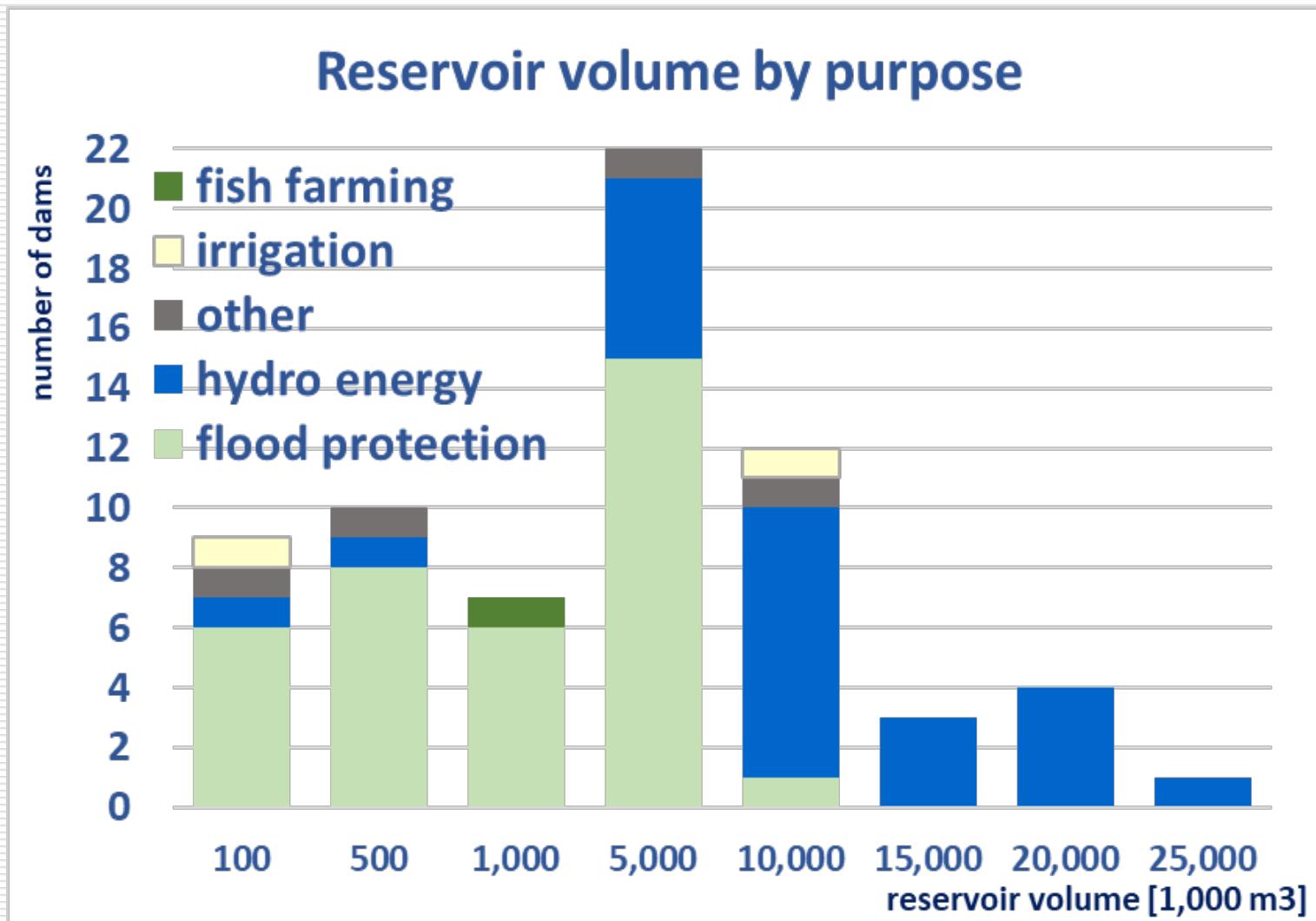
Pregrade – število pregrad po tipu



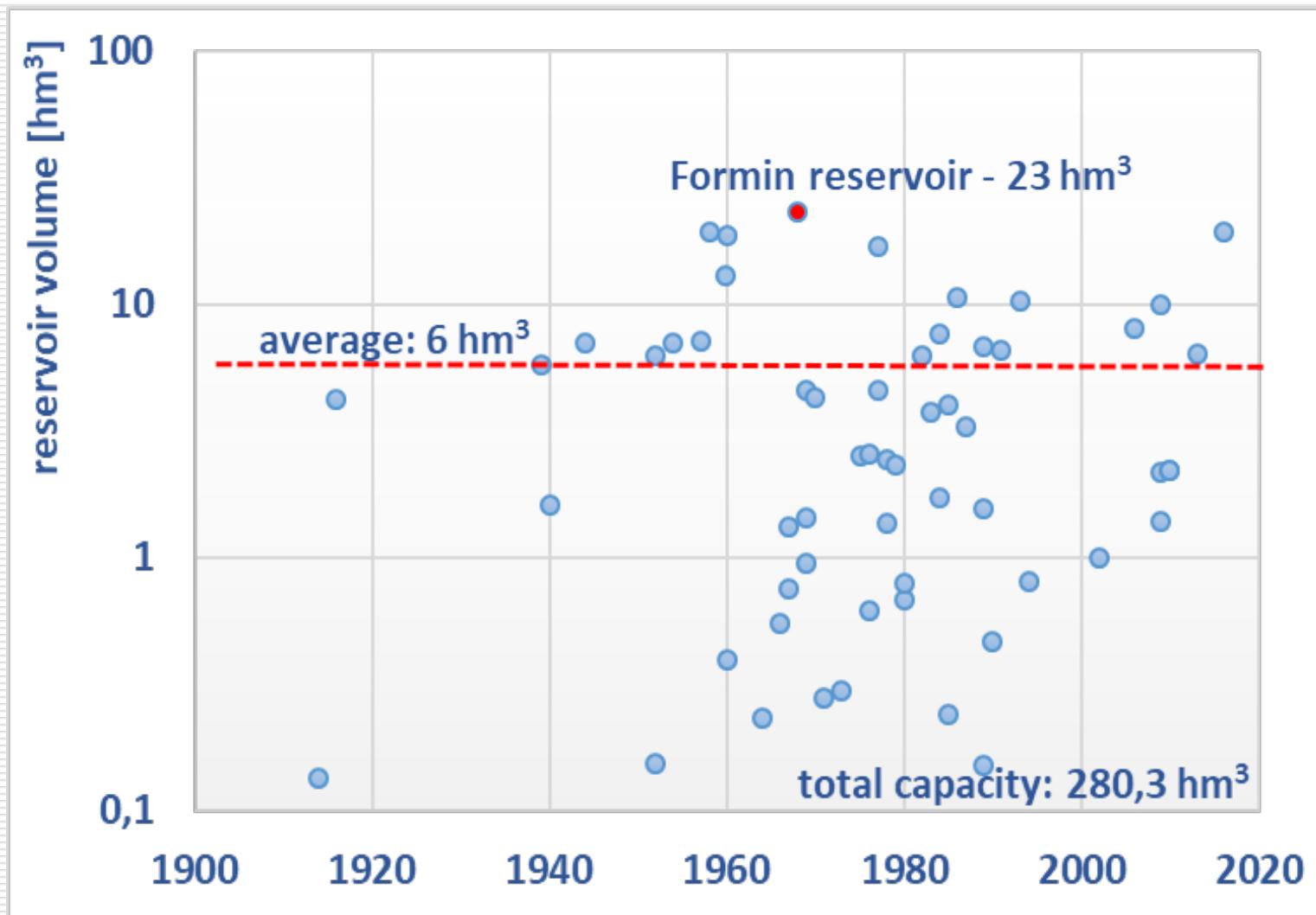
Pregrade – razvrstitev po velikosti in tipu



Pregrade – razvrstitev po velikosti zadrževalnika



Pregrade – dinamika gradnje zadrževalnikov



Pregrade – osnovne definicije

- **višina pregrade** je razlika med najnižjo točko objekta (dno izkopa temeljev) in vrha (krono) pregrade - **1**
- **višina nad površino terena** je razlika med površino naravnega terena in vrha (krone) pregrade - **2**
- **krona pregrade** predstavlja koto najvišje površine objekta, ki spaja oba bregova doline v kateri se nahaja pregrada – običajno komunikacijska pot - **3**
- **vrh pregrade** predstavlja koto najvišje površine objekta, ki spaja oba bregova doline v kateri se nahaja pregrada - **4**
- **dolžina krone** pregrade predstavlja razvito širino vrha pregrade – vključuje tudi vse objekte (preliv, strojnica,...), če so sestavni del pregrade - **5**

Pregrade – osnovne definicije

- **debelina** (težnostne in ločne pregrade) ali **širina** (nasute pregrade) krone predstavlja širino pregrade med gorvodno in dolvodno stranjo, pravokotno na os pregrade - **6**
- **gorvodna peta pregrade** je stik gorvodnega lica težnostne ali ločne pregrade (**7**) oziroma gorvodnega pobočja pri nasuti pregradi s površino terena (**8**)
- **dolvodna peta pregrade** je stik dolvodnega lica težnostne ali ločne pregrade (**9**) oziroma dolvodnega pobočja pri nasuti pregradi s površino terena (**10**)
- **debelina pregrade** v temelju predstavlja maksimalno debelino težnostne ali ločne pregrade, merjeno vodoravno med gornjim in dolvodnim licem, pravokotno na os pregrade - **11**

Pregrade – osnovne definicije

- **širina pregrade** v temelju predstavlja maksimalno širino nasute pregrade, merjeno vodoravno med gornjim in dolvodnim pobočjem, pravokotno na os pregrade – **12**
- **debelina krone** pri težnostnih in ločnih pregradah predstavlja širino pregrade na višini vrha pregrade - **13**
- **širina krone** pri nasutih pregradah predstavlja širino pregrade na višini vrha pregrade – **15**
- **presek v temenu** pri ločnih pregradah se običajno ujema s točko, kjer je pregrada najvišja – **18**
- **maksimalni presek** pregrade je v točki, kjer je višina pregrade največja - **19**

Pregrade – osnovne definicije

- **telo pregrade** predstavlja volumen materiala, ki ga omejujejo ploskve: krona, lice (pobočje), temeljna površina in boki - **20**
- **lice pregrade** sta površini pri težnostnih in ločnih pregradah na zračni in vodni strani, ki omejujeta objekt v vzdolžni smeri - **21**
- **pobočje pregrade** sta poševni površini pri nasuti pregradi na zračni in vodni strani, ki omejujeta objekt v vzdolžni smeri – **22**
- **os pregrade** je simetrala krone pregrade v tlorisu in vertikala skozi sredino krone pregrade v prečni smeri - **26**

Pregrade – osnovne definicije

1. **uporabna (koristna) akumulacija** predstavlja volumen, ki je na razpolago za namensko rabo
2. **neizrabna akumulacija** predstavlja volumen med dnom najnižjega izpusta in minimalno obratovalno gladino
3. **živa akumulacija** predstavlja vsoto koristne in neizrabne akumulacijske prostornine
4. **mrtva akumulacija** predstavlja volumen pod dnom najnižjega izpusta (4)
5. **akumulacija za poplavno vodo** predstavlja volumen, namenjen za kontrolo poplavne vode
6. **prostornina zadrževalnika** je celotni volumen akumulacije od dna rečnega korita do kote zaježitve

Pregrade – osnovne definicije

7. **gladina normalne zaježitve** je nivo vode v akumulaciji, ki je predstavljena pri pregradi:
- s fiksnim prelivnim pragom z višinsko točko krone pragu
 - z zapornico ali sifonskim prelivom pa z najvišjo gladino pri normalnem obratovanju, brez vpliva poplavne vode
8. **akumulacija za visokovodno vodo** predstavlja volumen, namenjen za zadrževanje izjemne poplavne vode
9. **gladina najvišje zaježbe** je izjemna gladina vode, ki vključuje tudi visokovodno akumulacijo
10. **najnižja obratovalna gladina** je najnižja gladina do katere se zbiralnik izprazni pod normalnimi pogoji – spodnja meja koristne akumulacijske prostornine
11. **nadvišanje pregrade** je razlika med najvišjo zaježbo in vrhom pregrade

Pregrade – osnovne definicije

- **os pregrade** je simetrala krone pregrade v tlorisu in vertikala skozi sredino krone pregrade v prečni smeri
- **pregrada v sedlu** je stranska pregrada katerikoli tipa, zgrajena v sedlu ali nizki točki oboda zbiralnika
- **os zadrževalnika** je krivulja, ki povezuje središčne točke v vseh presekih zadrževalnika pri normalni zajezitvi
- **dolžina zadrževalnika** je razdalja po osi zadrževalnika do najoddaljenejše točke, kjer se glavni tok zliva v zadrževalnik

Pregrade – osnovne definicije

- **površina zadrževalnika** je omočena površina na poljubnem nivoju
- **območje zadrževalnika** je površina zadrževalnika pri normalni zaježitvi
- **obalo ali brežine zadrževalnika** predstavlja pas v območju stalne zaježitve
- **ravnolinjska dolžina zadrževalnika** je razdalja med pregrado in najbolj oddaljeno točko zadrževalnika

Pregrade – izbor tipa pregrade

Pri izboru tipa pregrade moramo upoštevati naslednje kriterije:

I. splošni kriteriji

II. topografija

III. geologija in temeljenje pregrade

IV. material za gradnjo

V. evakuacijski objekti

VI. klimatske razmere

VII. obratovanje

I. Splošni kriterij pri izbiri tipa

Pri **splošnih kriterijih** je vsebovano naslednje:

- pravila za izbor tipa ni – izbor temelji na *predhodnih studijah* in *izkušnjah* načrtovalcev
- pomemben kriterij predstavlja *izvedljivost projekta*, ki je vezan na čas izvedbe, razpoložljivosti virov, pogojev izvajanja, ekonomike projekta,...
- tip pregrade je treba glede na parametre na terenu optimirati tudi z vidika *ekonomike izvedbe* in *varnosti objekta*
- običajno je prevladujoči parameter *strošek gradnje* objekta

II. Topografija pri izbiri tipa

Topografija je eden od ključnih kriterijev pri izboru pregrade in je neposredno povezana z varnostjo objektov.

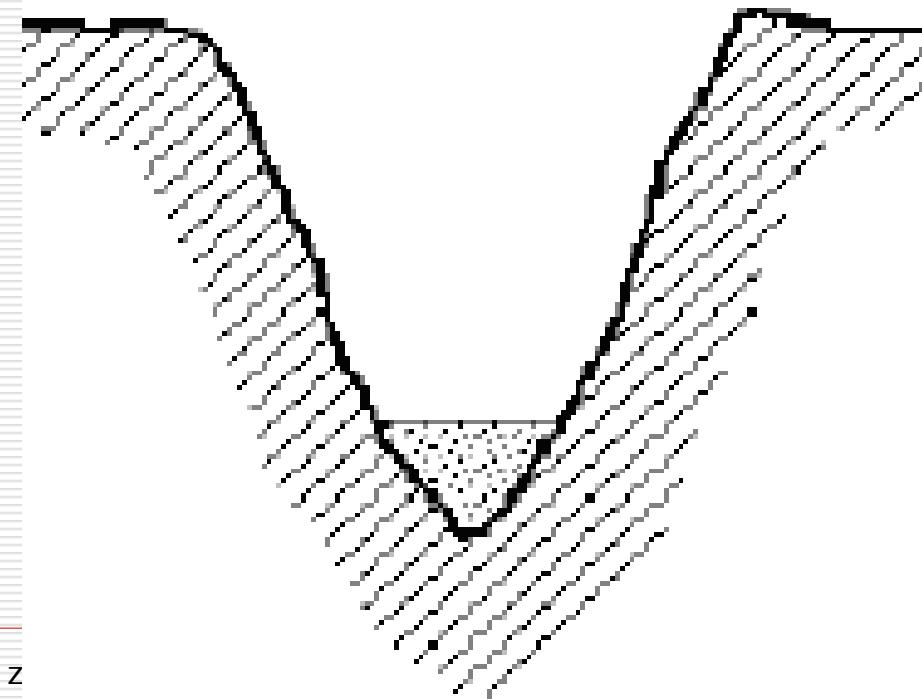
Pregrade pregrajujejo doline, ki so jih izoblikovale naravne sile (seizmo-tektonika, atmosfersko-klimatski pojavi):

- rečna dolina v obliki črke "**V**"
- ledeniška dolina v obliki črke "**U**"

Pri izboru tipa pregrade je treba upoštevati primernost izvedbe glede na tip doline in prostora za namestitev evakuacijskih objektov za visoke vode v pregradnem profilu.

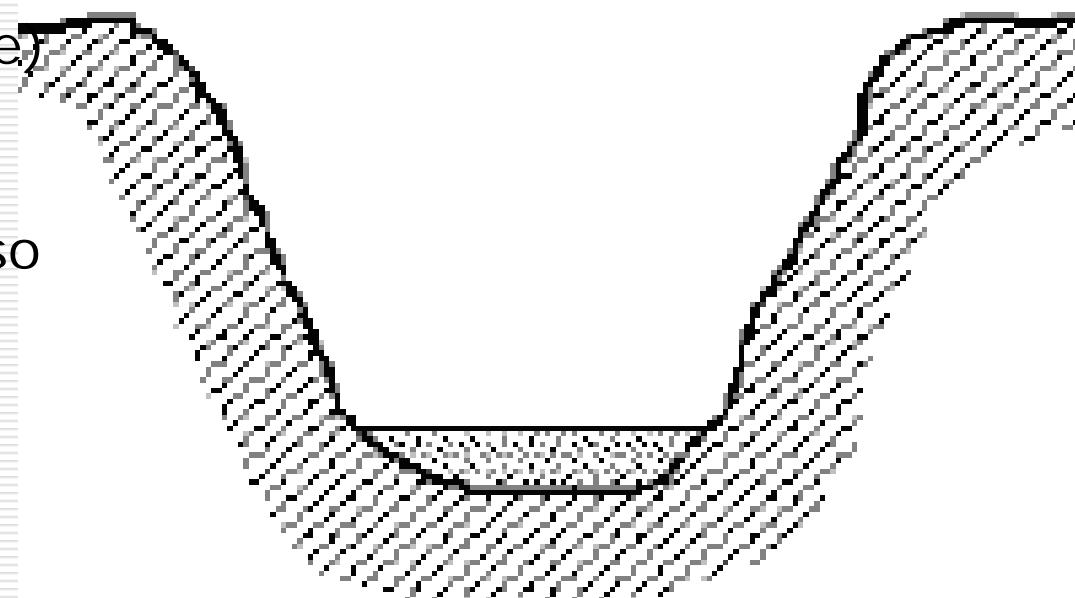
II. Topografija pri izbiri tipa: ozka "V" dolina

- za tak tip doline je najprimernejša *ločna* pregrada, primeren je tudi za *masivne betonske* in nasute pregrade (*skalometne*) z gorvodnim tesnilnim jedrom
- pri ozkih kanjonskih dolinah je problem postavitev evakuacijskih objektov (ločne, nasute pregrade) in se lahko postavijo izven telesa pregrade
- *nasute pregrade* (zemeljske) in s centralnim tesnilnim jedrom za tak tip doline niso primerne zaradi problematičnosti izvedbe stika pregrada – brežine



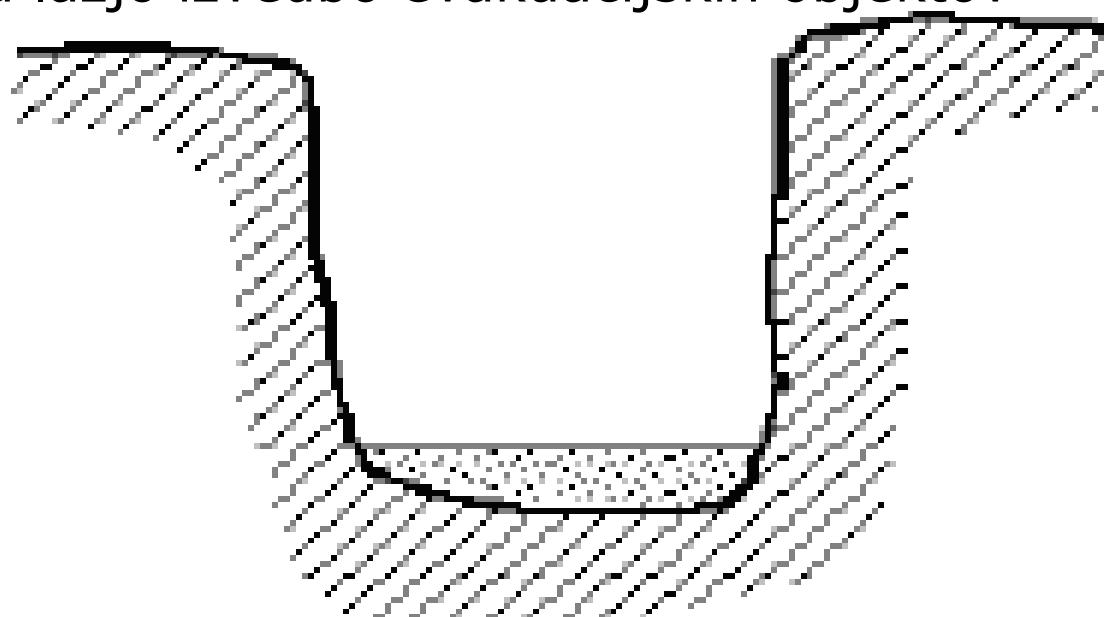
II. Topografija pri izbiri tipa: široka "V" dolina

- za tak tip doline je najprimernejša *betonska* pregrada, primeren je tudi za *ločne betonske* ali kombinirane *ločno-težnostne betonske* ter nasute pregrade (*skalometne*) z gorvodnim tesnilnim jedrom
- *nasute pregrade* (zemeljske) in s centralnim tesnilnim jedrom za tak tip doline niso primerne zaradi problematičnosti izvedbe stika pregrada – brezine



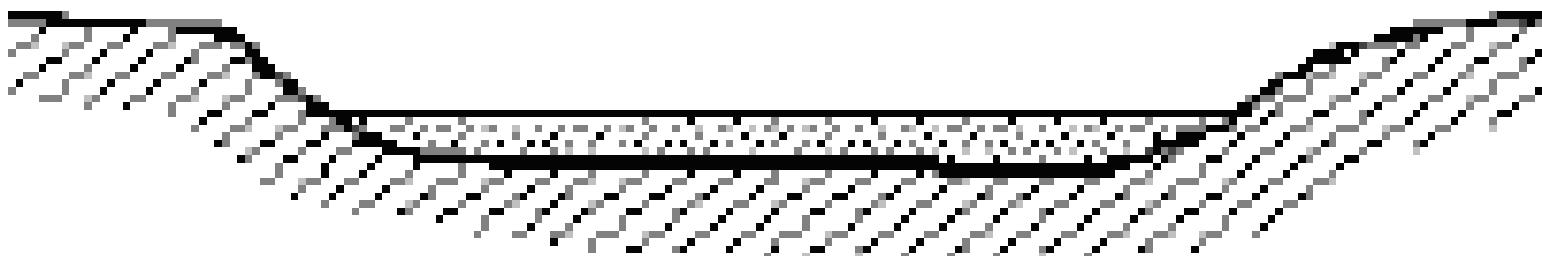
II. Topografija pri izbiri tipa: ozka "U" dolina

- za tak tip doline sta najprimernejša *ločna* ali *masivna betonska* pregrada
- pomanjkljivost pri *ločnih pregradah* predstavlja sorazmerno velika potreba po gradbenem materialu
- v kolikor gre za vodnat vodotok, je prednostna izbira *betonske pregrade*, ker omogoča lažjo izvedbo evakuacijskih objektov
- *nasute pregrade* za tak tip doline niso primerne zaradi problematičnosti izvedbe stika pregrada – brežine



II. Topografija pri izbiri tipa: široka "U" dolina

- za tak tip doline so najprimernejše *nasute pregrade* vseh tipov in *betonske* (olajšane težnostne, stebrske in več ločne pregrade) in *kombinirane* (betonske – nasute) pregrade
- masivne *betonske* pregrade so za tak tip doline manj primerne zaradi velike količine gradbenega materiala



II. Topografija pri izbiri tipa: zemeljske pregrade

- **Zemeljske pregrade** so primerne praktično za vse topografske tipe, z izjemo kanjonskih dolin s strmimi pobočji:
 - Problematičen je detajl navezave tesnilnega dela pregrade na brežine
 - Za čas gradnje je težko zagotoviti zadostno varnost pri zaščiti gradbene jame
 - V gorskih območjih je problematično tudi zagotavljanje zadostne količine materiala
- V širokih dolinah je običajen tip nasute pregrade s centralnim tesnilnim jedrom. Možna je tudi kombinacija različnih tipov pregrad po materialu glede na nahajališča in dostopnosti materiala za gradnjo.

II. Topografija pri izbiri tipa: skalometne pregrade

- **Skalometne pregrade** gradimo v gorskih območjih ali kanjonskih dolinah, kjer praviloma primanjkuje tesnilnega materiala.
- Pri ekonomiki odločitve za ta tip pregrade mora biti na voljo dovolj kameninskega materiala na, ali v bližini lokacije.
- Kanjonski profil doline omogoča dobre statične pogoje za gradnjo pregrad s centralnim jedrom, vendar je treba pričakovati, da na strmejših brežinah prihaja do kontaktnih problemov zaradi posedkov. Zato se v zadnjem vse bolj uveljavljajo skalometne pregrade z gorvodno betonsko oblogo.

II. Topografija pri izbiri tipa: Betoniske ločne pregrade

- Eden osnovnih kriterijev pri opredelitvi primernosti lokacije **ločne pregrade** je razmerje med **višino pregrade** in **dolžino krone pregrade**:
 - idealno razmerje zanaša **1:3** ali manj
 - glede na lokacijo in ekonomičnost pa lahko razmerje naraste do **1:10** – večje razmerje pa pomeni, da se večji delež obtežbe prenese vertikalno v temeljna tla kar posledično pomeni debelejšo konstrukcijo pregrade v vzdolžni smeri
- Z ustreznim oblikovanjem (policentrična ali eliptična oblika) loka v prečni smeri lahko dosežemo večjo togost konstrukcije in povečan sposobnost prenosa obtežbe v boke in posledično tanjšo konstrukcijo pregrade v vzdolžni smeri.

II. Topografija pri izbiri tipa: Betoniske ločne pregrade

- Drugi pomemben kriterij je oblika doline v prečni smeri od katere sta odvisna tip pregrade in ekonomika – iz vidika odločitve o izboru ločne pregrade je pravzaprav to ključen kriterij.
- Z vidika zasnove so "V" oblikovane doline primernejše od "U" oblikovanih dolin, ker so potrebe po količini materiala za gradnjo manjše.
- Porazdelitev napetosti v pregradi je pri "V" oblikovanih dolinah boljša, ker se pretežni del obtežbe prenese preko loka v brežine in manjši delež v temelje.
- Pri odločitvi o ločni pregradi je pomembno tudi to, da je dolina oblikovana čim bolj osno simetrično. Pri zelo asimetrični obliki je smiselno, da se izbere drugačen tip pregrade.

II. Topografija pri izbiri tipa: Betoniske težnostne pregrade

- **Betoniske težnostne pregrade** so primerne v vseh tipih rečnih dolin.
- Iz konstrukcijskih razlogov so najbolj primerne široke doline s sorazmerno položnim dnom. Pregrada je v celotnem delu enako visoka in v tem primeru ni dodatnih napetosti med konstrukcijskimi bloki, ki so posledica neenakomernega posedanja objekta.
- Za betonske težnostne pregrade je zaželeno, da znaša razmerje med višino pregrade in dolžino krone pregrade več kot **1 : 6**.

II. Topografija pri izbiri tipa: Steberske pregrade

- **Steberske pregrade** so najbolj primerne za doline s sorazmerno položnimi brežinami ("V" oblika doline). Na ta način je možno zagotoviti dobro povezavo med pregrado in brežinami doline.
- Steberske pregrade so primerne za pregraditev širših dolin, ker je poraba materiala manjša od primerljivih betonski težnostni pregrad.

II. Topografija pri izbiri tipa: Sestavljenе pregrade

- **Sestavljenе pregrade** so najbolj primerne za široke doline v predalpskem območju, kjer lahko v pregradnem profilu pričakujemo velike visokovodne pretoke.
- Kjer običajni evakuacijski objekti na nasuti pregradi ne pridejo v poštev (ekonomika, prevodnost,...) je smiselno, da se prelivni del izvede v betonski izvedbi (težnostna ali steberska pregrada).

III. Geologija in temeljenje pri izboru tipa: karakteristike temeljnih tal

Temeljenje pregrade je neposredno odvisno od geološko-geomehanskih karakteristik temeljnih tal:

- debeline nosilne plasti
- naklon upada plasti
- razpokanost
- poroznost
- vodo propustnost
- prelomi
- tip nosilne plasti (kvalitetna hribina, prod, pesek-melj, glina, neenakomerna sestava)

III. Geologija in temeljenje pri izboru tipa: karakteristike temeljnih tal

Kvalitetna hribinska podlaga:

- modul elastičnosti **>8.000 MPa**
- ni posebnih pogojev glede tipa pregrade
- ključni faktor pri izboru je ekonomske narave
- priprava temeljne podlage obsega: odstranitve šibkih, razpokanih con in tesnjenja razpoklinskih con v pregradnem profilu

III. Geologija in temeljenje pri izboru tipa: karakteristike temeljnih tal

Prodna podlaga:

- srednja hribinska podlaga - modul elastičnosti **4.000÷8.000 MPa**
- dobro zbita podlaga omogoča temeljenje vseh tipov *nasutih pregrad* in *nizkih betonskih pregrad*
- prodna podlaga pomeni večje ukrepe glede tesnjenja v pregradnem profilu in izvedbo tesnilnih ukrepov

III. Geologija in temeljenje pri izboru tipa: karakteristike temeljnih tal

Peščeno-meljna podlaga:

- srednja hribinska podlaga - modul elastičnosti **4.000÷8.000 MPa**
- omogoča temeljenje *nizkih betonskih pregrad* in *nasutih zemeljskih pregrad* – za skalometne pregrade ni primerna
- največji problem predstavlja: posedanje temeljnih tal, notranja erozija, precejanje skozi temelje pregrade (hidravlični lom)

III. Geologija in temeljenje pri izboru tipa: karakteristike temeljnih tal

Glinena podlaga:

- slaba hribinska podlaga - modul elastičnosti **<4.000 MPa**
 - omogoča temeljenje *nasutih zemeljskih pregrad* z upoštevanjem posebnih predhodnih pogojev – neprimerna je za betonske in skalometne pregrade
 - predhodno je treba opredeliti konsolidacijske karakteristike in sposobnost prevzema obtežbe pregrade
-

III. Geologija in temeljenje pri izboru tipa: Zemeljske pregrade

- Geološko-geomehanski pogoji na lokaciji lahko znatno vplivajo na izbor tipa zemeljske pregrade in na način tesnjenja.
- Kvalitetna hribinska podlaga omogoča gradnjo *homogene zemeljske pregrade*. V kolikor pa se na lokaciji pojavljajo kakršnekoli diskontinuitete (prelomi, področja slabše nosilnosti, neenakomerna sestava temeljnih tal) pa so primernejše *slojevite nasute pregrade*.

III. Geologija in temeljenje pri izboru tipa: Zemeljske pregrade

- Na slabše nosilnih tleh, kjer so pričakovani večji posedki so primerne *slojevite nasute pregrade*.
- Na kvalitetni hribinski podlagi je lega tesnilnega jedra na gorvodni strani, na slabše nosilnih tleh pa je tesnilno jedro v centralnem delu – ta način tesnjenja je primernejši tudi na seizmično aktivnih območjih.

III. Geologija in temeljenje pri izboru tipa: Skalometne pregrade

- Geološko-geomehanski pogoji na lokaciji lahko znatno vplivajo na izbor tipa **skalometne pregrade** in predvsem na lokacijo tesnilnega jedra.
- Temeljenje skalometne pregrade mora biti izvedeno v kvalitetni hribinski podlagi, da lahko prevzame vse posedke in deformacije pregrade.
- V primeru propustne hribinske podlage je treba zagotoviti tesnitev z zobom do osnovne hribinske podlage, ali z izvedbo tesnilne zavese v primeru večje debeline propustnega sloja.
- Za glinena tla ta tip pregrade ni primeren. Prav tako je v primeru večje debeline propustnega sloja primernejše, da se izbere drugačen tip pregrade.

III. Geologija in temeljenje pri izboru tipa: Betoniske ločne pregrade

- **Deformabilnost** hribinske podlage odločilno vpliva na porazdelitev napetosti v telesu pregrade. V splošnem je najboljše, če je modul elastičnosti podlage za spoznanje manjši od modula elastičnosti betona, vgrajenega v pregrado.
- Če gradimo objekt na bolj deformabilni podlagi je treba profil pregrade v temeljih ojačiti (kontakt pregrada -hribina) in posledično se poveča potreba po materialu.
- V kolikor pa je modul elastičnosti hribinske podlage večji pa je treba konstrukcijo preveriti na koncentracije napetosti v območju kontakta, da niso presežene dopustne vrednosti.

III. Geologija in temeljenje pri izboru tipa: Betoniske ločne pregrade

- **Osnovna hribinska podlaga** je odločujoča pri izboru tipa pregrade. Ločne pregrade temeljimo lahko na kvalitetni hribinski podlagi, brez razpoklin, zdravega in čvrstega videza ali preperelih con.
- Pred izvedbo temeljev je treba vse šibke cone (nasutje, preperina,...) odstraniti do zdrave skale.
- Možno je tudi, da izboljšamo nosilnost temeljnih tal s sanacijskimi ukrepi – nadomestitev slabega materiala z betonsko oblogo, injektiranje razpok,

III. Geologija in temeljenje pri izboru tipa: Betoniske ločne pregrade

- **Diskontinuitete v hribinski podlagi**, kot so prelomi, razpokanost, strižne cone, plastovitost, nehomogenosti strukture in njihova pojavnost, obseg so pomemben dejavnik pri določitvi primernosti lokacije (velja pravzaprav za vse tipe pregrad).
- Pojav *prelomnih con* na lokaciji praviloma izključuje izbor ločne pregrade. V kolikor gre za neaktivne prelome in je mogoče hribino v vplivni cone nadomestiti z betonsko oblogo ali kakor drugače utrditi temelj je možno temeljiti ločno pregrado.
- Pojav *strižnih con* in *razpokanost* hribine ne onemogoča temeljenje le, če sta orientacija razpokanosti ali strižna odpornost taki, da ne zmanjšujeta varnosti pred zdrsom.

III. Geologija in temeljenje pri izboru tipa: Betonске ločne pregrade

- **Vodo propustnost** temeljenjih tal je eden od ključnih dejavnikov pri odločitvah pri vseh tipih pregrad.
- Precejanje podzemne vode skozi podlago in vzgonske tlake na temeljni ploskvi pregrade preprečujemo s tesnilno zaveso ali **drenažno zaveso**.
- Pojav **vzgonskih tlakov** pri ločnih pregradah na kontaktu pregrada-temeljna podlaga ni toliko problematičen kot pri ostalih pregradah, ker gre za drugačen prenos zunanjih obtežb na pregrado in lastna teža pregrade ni odločujoči dejavnik.

III. Geologija in temeljenje pri izboru tipa: Betoniske težnostne pregrade

- Za temeljenje betonskih težnostnih pregrad so praviloma primerni vsi tipi temeljnih tal.
- Nizke pregrade, *jezove* (do 15m) lahko načelno temeljimo tudi na slabše nosilni zemljinski podlagi (gramoz, pesek, melj, pogojno glina), pri čemer pa je treba izvesti ustrezne geomehanske preiskave ustreznosti (konsolidacijske karakteristike, nosilnost tal,...).
- Za velike pregrade pa je zahtevana boljša temeljna podlaga (hribina ali pogojno dobro nosilna zemljina).

III. Geologija in temeljenje pri izboru tipa: Betoniske težnostne pregrade

- **Deformabilnost** temeljne podlage načeloma ni najbolj odločujoč dejavnik pri načrtovanju betonskih težnostnih pregrad.
- V kolikor je pregrada grajena v monolitni izvedbi (vsi konstrukcijski stiki so zapolnjeni) lahko pride v telesu pregrade, zaradi podajnosti temeljnih tleh ali bokov, do pojava neugodnih napetostnih stanj.
- V kolikor temeljimo pregrado na zemljinsko podlago je treba analizirati deformabilnost in podajnost temeljnih tal in v skrajnem primeru znižati pregrado oziroma izbrati drugačen tip pregrade.

III. Geologija in temeljenje pri izboru tipa: Betoniske težnostne pregrade

- **Trdnost, nosilnost** in **strižna trdnost** temeljne podlage so odločujoči dejavniki pri opredelitvi primernosti lokacije za temeljenje betonske težnosten pregrade.
- Pri velikih pregradah, ki so temeljene na dobri hribinski podlagi je odločujoč faktor **strižna trdnost**. Če se izkaže, da je prenizka je treba povečati volumen pregrade (problem ekonomika takega posega).
- **Trdnost** oz. **nosilnost** je odločujoč dejavnik pri nizkih pregradah, jezovih, ki jih temeljimo na slabše nosilna zemeljska tla.

III. Geologija in temeljenje pri izboru tipa: Betoniske težnostne pregrade

- **Diskontinuitete v hribinski podlagi**, kot so prelomi, razpokanost, strižne cone, plastovitost, nehomogenosti strukture in njihova pojavnost, obseg zahtevajo pred izvedbo temeljenja ustrezne ukrepe.
- Vpliv nepravilnosti v temeljni podlagi lahko umilimo s predhodnimi geomehanskimi sanacijskimi ukrepi (odstranitev šibkih mest v podlagi in preplastitev z betonskimi oblogami, injiciranje razpok v temeljnih tleh, sidranje, ...).
- Če je pričakovati diferenčne posedke zaradi diskontinuitet temeljne podlage je treba izvesti dodatne preiskave in predvideti ustrezne ukrepe (delovni stiki, uporaba AB, ...)

III. Geologija in temeljenje pri izboru tipa: Betoniske težnostne pregrade

- **Vodo propustnost** temeljenjih tal je pri betonskih težnostnih pregradah pomemben dejavnik, ker se zaradi vzgonskih tlakov na nosilno ploskev zmanjšuje vpliv lastne teže.
- Pojav vzgonskih tlakov je odločujoč dejavnik pri načrtovanju betonskih težnostnih pregrad in pomeni povečanje volumna pregrade in stroškov gradnje.
- Za zmanjšanje vplivov precedne vode pod pregrado je treba izvesti ustrezne ukrepe (tesnilna zavesa, drenaža, diafragma, tesnilna stena...).

III. Geologija in temeljenje pri izboru tipa: Stebrske pregrade

- Praviloma **stebrske pregrade** temeljimo na kvalitetno hribinsko podlago. Pogojno je možno temeljiti na slabšo kameninsko podlago ali dobro zemljinsko, če temeljenje izvedemo s temeljno ploščo.
- Pri več ločnih pregradah je potrebno preveriti nevarnost pojava diferenčnih pomikov med stebri – ločna plošča mora biti v vsakem primeru armirano betonska.
- Ambursen pregrada in masivna stebrska pregrada sta manj občutljivi na diferenčne pomike in jih lahko uporabimo na lokacijah, kjer lahko pričakujemo diferenčne posedke.
- Stebrske pregrade so zaradi manjše temeljne plošče manj občutljive na vzugonske tlake – obstaja pa večja nevarnost precejanja, ker je vodna pot pod pregrado bistveno krajša.

III. Geologija in temeljenje pri izboru tipa: Sestavljene pregrade

- Pri **sestavljeni pregradi** je pogojevano, da je betonski del pregrade temeljen na dobro hribinsko podlago. Za nasuto pregrado glede temeljenja ni posebnih pogojev.
- Pri jezovih je dovoljeno, da je betonski del temeljen tudi na slabše nosilni hribinski podlagi ali zemljinski podlagi (gramoz, pesek), vendar ob pogoju, da se zaradi propustnosti v temeljnih tleh izvedejo ukrepi za zmanjšanje vzgonskih tlakov.

IV. Material za gradnjo pri izboru tipa

- Glede na razpoložljivost materiala na lokaciji ločimo:
 - zemeljski in kameninski material - *nasute pregrade*
 - gramoz ali drobljenec - *betonske pregrade*
- zagotoviti je treba naslednje:
 - zadostne količine materiala
 - ustreznna kvaliteta
 - dostopnost na lokaciji
 - ekonomičnost eksplotacije, transporta in vgradnje

IV. Material za gradnjo pri izboru tipa: Zemeljske pregrade

- Razpoložljivost materiala na lokaciji odločilno vpliva na izbor tipa pregrade, ker je eksplotacija materiala na lokaciji praviloma najbolj ekonomična:
 - če je na razpolago samo ene vrste material, je prednostna *homogena pregrada*,
 - če je na razpolago dovolj materiala, različne propustnosti je prednostna *slojevita pregrada*
- Pomembna je tudi količina materiala, ki jo je treba dovesti od drugod:
 - količine materiala, ki jih transportiramo in deponiramo je smiselno uporabiti v začetnih fazah
 - upoštevati je treba eventualne omejitve pri dobavi materiala (klimatske razmere, mehanizacija, transporti, razpoložljivost materiala,...)

IV. Material za gradnjo pri izboru tipa: Skalometne pregrade

- Pri raziskavah lokacije je pomembno, da se opredelijo količine potrebne za gradnjo pregrade in hkrati tudi za spremljajoče objekte (preliv, izpust), ki lahko predstavljajo prevladujoče potrebe po materialu.
- V kolikor se pričakuje primanjkljaj materiala je bolj ekonomična skalometna pregrada z gorvodnim tesnilnim ekranom.
- Preveriti je treba tudi kvaliteto materiala, saj je material na površini dostikrat razpokan ali pa vsebuje preveliko količino drobnejših frakcij in je treba material še posebej separirati

IV. Material za gradnjo pri izboru tipa: Betoniske ločne pregrade

- Pri raziskavah lokacije je pomembno, da se opredelijo količine in kvaliteta materiala za proizvodnjo betona, tako za gradnjo pregrade kot tudi za spremljajoče objekte (preliv, izpust).
- Pri ločnih pregradah je količina materiala za gradnjo sorazmerno manjša od ostalih tipov, vseeno pa je zaželeno, da se nahajališča gradbenega materiala nahajajo v bližini lokacije (logistični problemi pri transportu), če se ta nahaja v bolj odročnih območjih.

IV. Material za gradnjo pri izboru tipa: Betonске težnostne pregrade

- Pri raziskavah lokacije je pomembno, da se opredelijo ustrezne količine materiala, ki je primeren za proizvodnjo betona.
- betonske težnostne pregrade zahtevajo sorazmerno velike količine agregata in cementa in v kolikor ni ustreznih kapacitet v bližini lokacije je lahko to tudi odločujoči dejavnik pri izbiri ustreznosti tipa pregrade.
- ena od možnosti je izvedba olajšane (votle) težnostne pregrade s čimer zmanjšamo potrebne količine betona.

IV. Material za gradnjo pri izboru tipa: Steberske pregrade

■ Prednost steberskih pregrad je manjša količina potrebnega materiala. V kolikor je dobava materiala vezana na sorazmerno velike transportne stroške je odločitev o steberskem tipu pregrade ekonomsko opravičljiva.

V. Evakuacijski objekti pri izboru tipa

- Evakuacijski objekti predstavljajo najpomembnejši pripadajoči del pregrade, ki z velikostjo, tipom in prostorskimi omejitvami lokacije največkrat opredeljuje izbor tipa pregrade
- Velikost evakuacijskih objektov je odvisna od pretočnih količin, neodvisno od tipa pregrade
- Na velikih vodotokih so stroški izgradnje evakuacijskih objektov primerljivi s stroški gradnje pregrade:
 - v tem primeru je smiselna izgradnja prelivne (betonske) pregrade
 - V kolikor so potrebna obsežnejša zemeljska dela za izvedbo evakuacijskih objektov je smiselno, da se material uporabi za gradnjo pregrade

V. Evakuacijski objekti pri izboru tipa : Zemeljske pregrade

- Pri **zemeljskih pregradah** prideta v poštev dva tipa evakuacijskih objektov:
 - tunelski tip
 - prelivna drča (najpogostejši tip)
- Prelivna drča je praviloma izvedena ob bokih pregrade (stranski preliv) in je temeljena v raščeni hribini.
- Pri ozkih dolinah je treba oblikovati koritasti preliv z daljšim natočnim delom, kar zahteva večji obseg zemeljskih del.

V. Evakuacijski objekti pri izboru tipa : Skalometne pregrade

- Pri **skalometnih pregradah** je izbira ustreznega tipa prelivnega objekta ali izpusta vitalnega pomena. najbolj pogost način evakuacije visokih voda je s prelivno drčo.
- Pri načrtovanju evakuacijskih objektov na skalometnih pregradah veljajo ista pravila kot pri zemeljskih pregradah.

V. Evakuacijski objekti pri izboru tipa : Betoniske ločne pregrade

- Prelivni objekti predstavljajo enega od ključnih kriterijev pri načrtovanju ločnih pregrad, ker se pri ločnih pregradah soočamo s pomanjkanjem potrebnega prostora.
- Kot tip prelivnega objekta se največkrat uporablja *jaškasti preliv* (kot samostojni objekt ob bokih pregrade) in *prepadni preliv* (kot integralni del pregrade).
- V kolikor je zahtevano, da se evakuacijski objekti nahajajo na glavnem vodotoku (prim: zagotavljanje ekoloških razmer) in niso dovoljene daljše derivacije je tudi razlog, da se izvede ločna pregrada z integriranimi prelivnimi objekti ali krajši derivacijski tunel – rešitev je lahko bolj ekonomična od drugačnega tipa pregrade in daljšim tunelom.

V. Evakuacijski objekti pri izboru tipa : Betoniske težnostne pregrade

- Prelivni objekti se praviloma nahajajo v sklopu pregradnega objekta.
- Za manjše prelivne količine zadošča, da je manjši del pregrade izveden kot prelivna drča.
- Kjer so pričakovane količine prelivne vode večje je smiselno, da se pretežno del pregrade izvede kot prelivne in je preliv integralni del pregrade.

V. Evakuacijski objekti pri izboru tipa : Steberske pregrade

- Praviloma so evakuacijski objekti izvedeni izven pregradnega profila (prelivna drča ob bokih pregrade, jaškasti preliv,...).
- Kjer topografski pogoji ne omogočajo izvedbe evakuacijskih objektov izven telesa pregrade se lahko izvedejo kot prelivna drča v sklopu pregradnega objekta.

VI. Klimatski pogoji pri izbiri tipa: Zemeljske pregrade

- Klimatski pogoji pri **zemeljskih pregradah** najbolj vplivajo na izvedbo tesnilnega jedra pregrade:
 - v mokrih klimatskih razmerah praviloma izberemo tanjše tesnilno jedro
 - razmere lahko tudi kompenziramo s tehnologijo mokrega vgrajevanja gline
- Klimatske razmere vlivajo na organizacijo gradbišča, gradbene jame in pojava poplavnih voda v času gradnje (čas gradnje in globina izkopa temeljev)

VI. Klimatski pogoji pri izbiri tipa: Skalometne pregrade

- Klimatski pogoji pri **skalometnih pregradah** niso odločilnega pomena in se lahko izvajajo v vseh vremenskih prilikah. Še posebej neobčutljive so skalometne pregrade z gorovodnim tesnilnim ekranom.
- Skalometne pregrade z glinenim tesnilnim jedrom gradimo v bolj sušnih klimatskih razmerah.
- Skalometne pregrade so manj občutljive na prelivanje, kar je ugodno pri organizaciji gradbišča, kjer lahko ob ekstremnih razmerah dovoljujemo delno ali polno prelivanje preko objekta, brez večjih posledic.

VI. Klimatski pogoji pri izbiri tipa: Betoniske ločne pregrade

- Pri **ločnih pregradah** so odločilnega pomena tudi temperaturna nihanja. Telo pregrade je zelo tanko in gradienti temperaturnih razlik zaradi osončenja na zračni strani in temperature vode na vodni strani povzročijo dodatne napetosti, ki lahko presegajo dopustne vrednosti in pride do razpok v konstrukciji.
- Pojav temperaturnih razlik lahko kompenziramo s povečanim prerezom telesa pregrade, ali s površinskim odbojnimi premazi – v skrajnih primerih pa se je treba odločiti za drugačen tip pregrade.

VI. Klimatski pogoji pri izbiri tipa: Betoniske težnostne pregrade

- Pri **betonskih težnostnih pregradah** temperaturna nihanja niso odločilnega pomena.
- V kolikor konstrukcijski stiki med posameznimi bloki niso naknadno injektirani lahko pričakujemo določene vplive na stabilnost konstrukcije pri temperaturnih nihanjih.

VII. Obratovalni pogoji pri izbiri tipa: Zemeljske pregrade

- Pri **zemeljskih pregradah** obratovanje akumulacije ne vpliva značilno na izbor tipa pregrade
- Pri visokovodnih zadrževalnikih so bolj pomembni tehnični detajli pri zasnovi kot sam tip pregrade.
- Če pri upravljalskih režimih prihaja do hitrih nihanj gladine v akumulaciji je treba zagotoviti stabilnost brežine na vodni strani, kar zagotavlja *slojevita pregrada*.

VII. Obratovalni pogoji pri izbiri tipa: Skalometne pregrade

- Nagla nihanja gladine (upad gladine) v akumulaciji lahko povzroča probleme pri **skalometnih pregradah** s tesnilnim zemeljskim jedrom – uporaba materialov (filtrov), ki kompenzirajo porne tlake pri spremembah gladinskega stanja v jedru. Pri nagnjenem jedru se ti učinki še stopnjujejo.
- Nadvišanje pregrade zaradi obratovalnih razlogov je pri skalometnih pregradah še najmanj problematično.
- Če pa je dosežena končna projektna višina je tehnično najbolj sprejemljiva izvedba tesnitve z gorvodnim tesnilnim ekranom, pri katerem nihanja gladine v akumulaciji ne vplivajo na stabilnost objekta.

VII. Obratovalni pogoji pri izbiri tipa: Betoniske ločne pregrade

- Obratovalne pogoje (režimi nihanja gladin) je treba opredeliti že v fazi načrtovanja pregrade in izdelati statično stabilitetne analize za vsa možna gladinska stanja.
- Pri obratovalnih režimih je nujno, da se analizira tudi sočasnost nastopa obtežnih slučajev s temperaturno obtežbo pri gladinskih stanjih, ki dajo najbolj neugodne razmere.

VII. Obratovalni pogoji pri izbiri tipa: Betoniske težnostne pregrade

- Obratovalni pogoji (režimi nihanja gradin) v splošnem pri **betonskih težnostnih pregradah** nimajo značilnega vpliva na zasnovu objekta ozziroma je ta vpliv minimalen.

Nasute pregrade – najvišja zemeljska pregrada: Nurek 300m, Tadžikistan



- **zemeljska pregrada s centralnim jedrom**
- **čas gradnje 1960 do 1980**
- **moč HE 3.000 MW + namakanje 100km²**
- **akumulacija 15km³**

Zemeljska pregrada - Vogršček

- **višina 37m**
- **namenjena za namakanje in zadrževanje VV**
- **akumulacija $8,05 \text{ hm}^3$**



Nasute pregrade – najvišja skalometna pregrada: Nuozhadu 261,5m, Kitajska



- **skalometna pregrada s centralnim jedrom**
- **čas gradnje 2004 do 2012**
- **moč HE 5.850 MW**
- **akumulacija $21,75 \text{ km}^3$**

Skalometna pregrada - Mola

- višina 23,5m
- namenjena za uravnavanje rečnega režima in zadrževanje VV
- akumulacija $4,3 \text{ hm}^3$



Jalovinske pregrade – najvišja jalovinska pregrada: Antamina 215m, Peru



- **jalovinska pregrada – postopna gradnja**
- **namenjena zadrževanju rudniških izplak**
- **v gradnji – končna višina 240m**
- **akumulacija 570hm³**

Jalovinska pregrada – Za travnikom

- **jalovinska zemeljska pregrada**
- **namenjena skladiščenju sadre**
- **višina 49 m (najvišja nasuta pregrada v Sloveniji)**
- **akumulacija $7,2 \text{ hm}^3$**

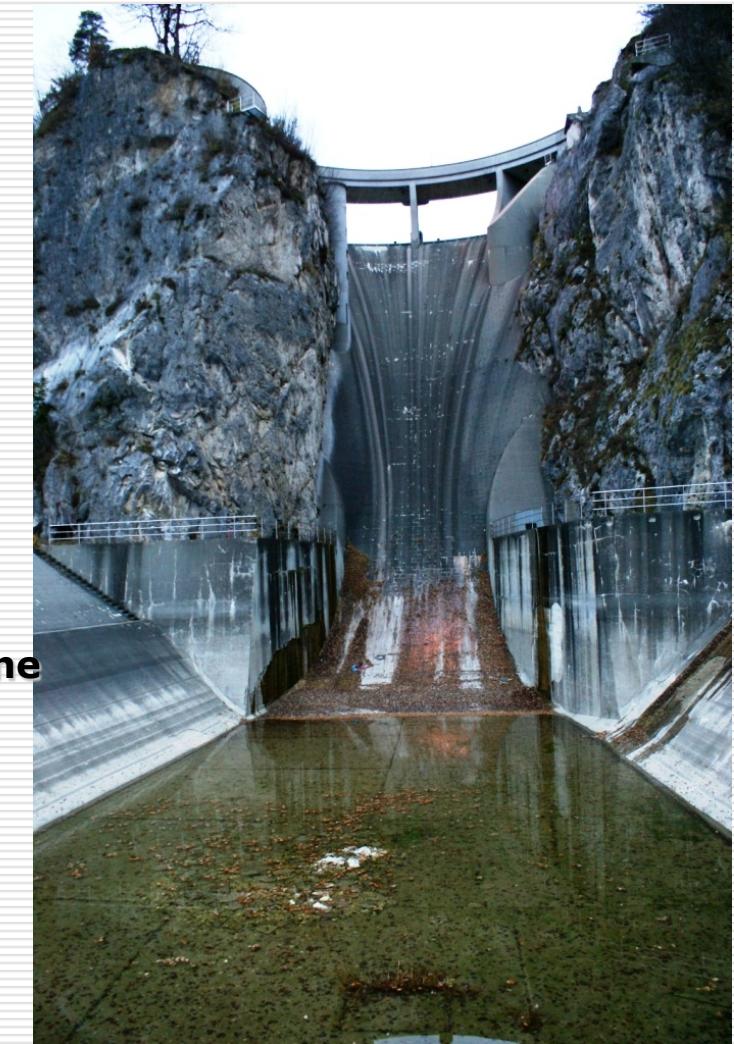
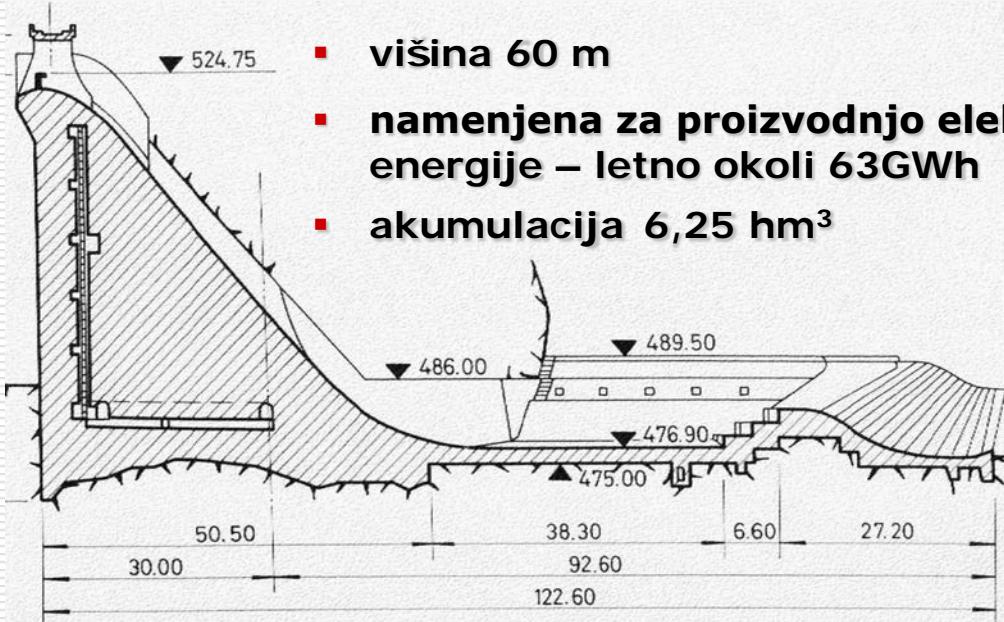
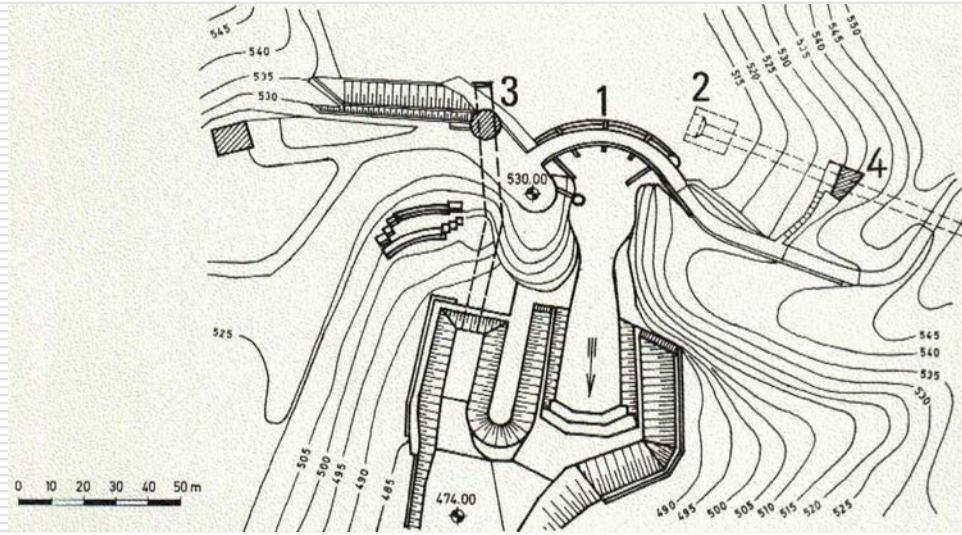


Betonske pregrade – najvišja betonska težnostna pregrada: Grand Dixence 285m, Švica



- **betonska težnostna pregrada**
- **čas gradnje 1950 do 1964**
- **moč HE 2.069 MW, 2.000 GWh/leto**

Betonska pregrada – Moste



Zidane pregrade – najvišja zidana pregrada na svetu: Nagarjuna Sagar 150m

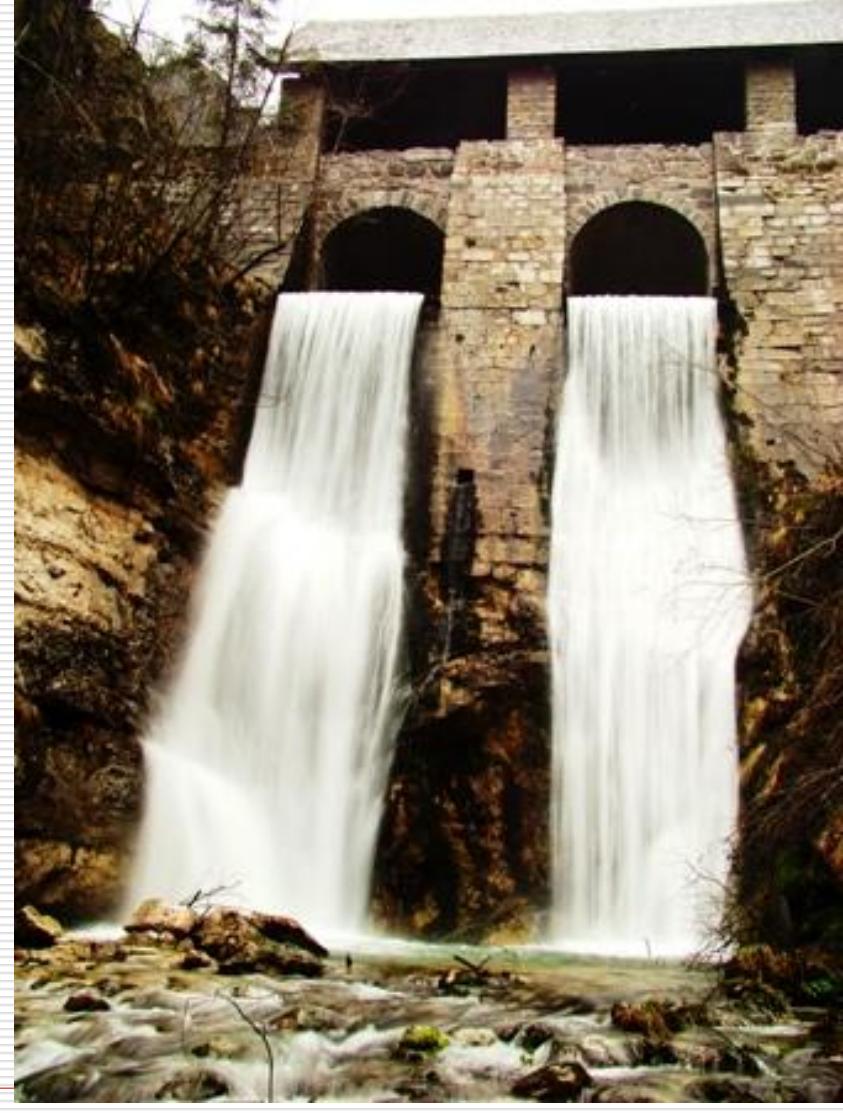


- **zidana težnostna pregrada**
- **namakanje in proizvodnja električne energije**
- **čas gradnje 1955 do 1960**
- **moč HE 816 MW**

Zidane pregrade – Klavže



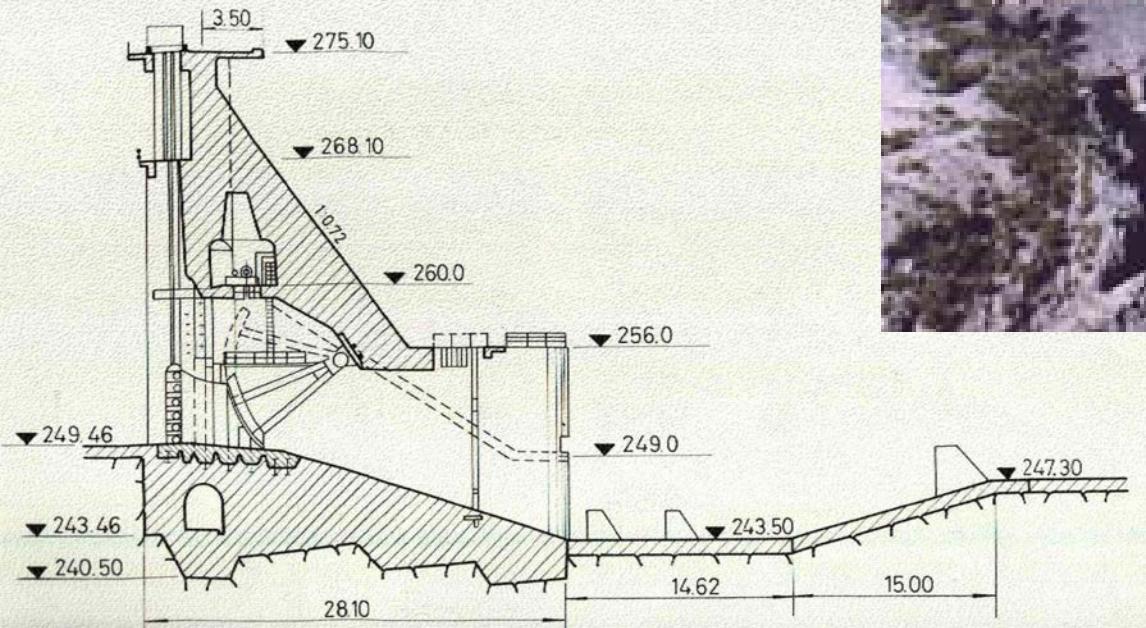
Kanomeljske Klavže - 16m (1812)



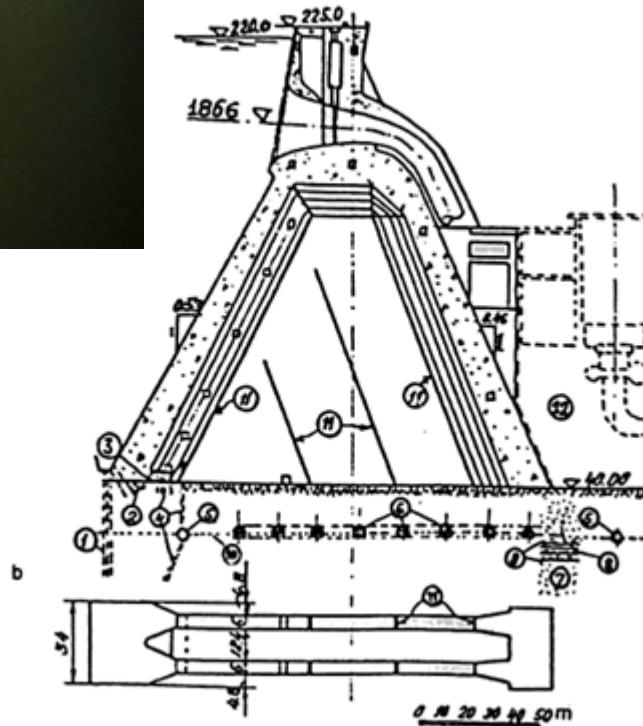
Putrihove Klavže – 15m (1779)

Olajšana težnostna pregrada – Prančevići

- kombinacija olajšane težnostne pregrade (talni izpust) in masivne težnostne pregrade (preliv)
- višina 35m
- proizvodnja električne energije
- leto izgradnje 1961
- moč HE 486 MW, 1500GWh/leto



Stebrska pregrada z masivno glavo – Itaipu 196 m, Brazilija/Paragvaj

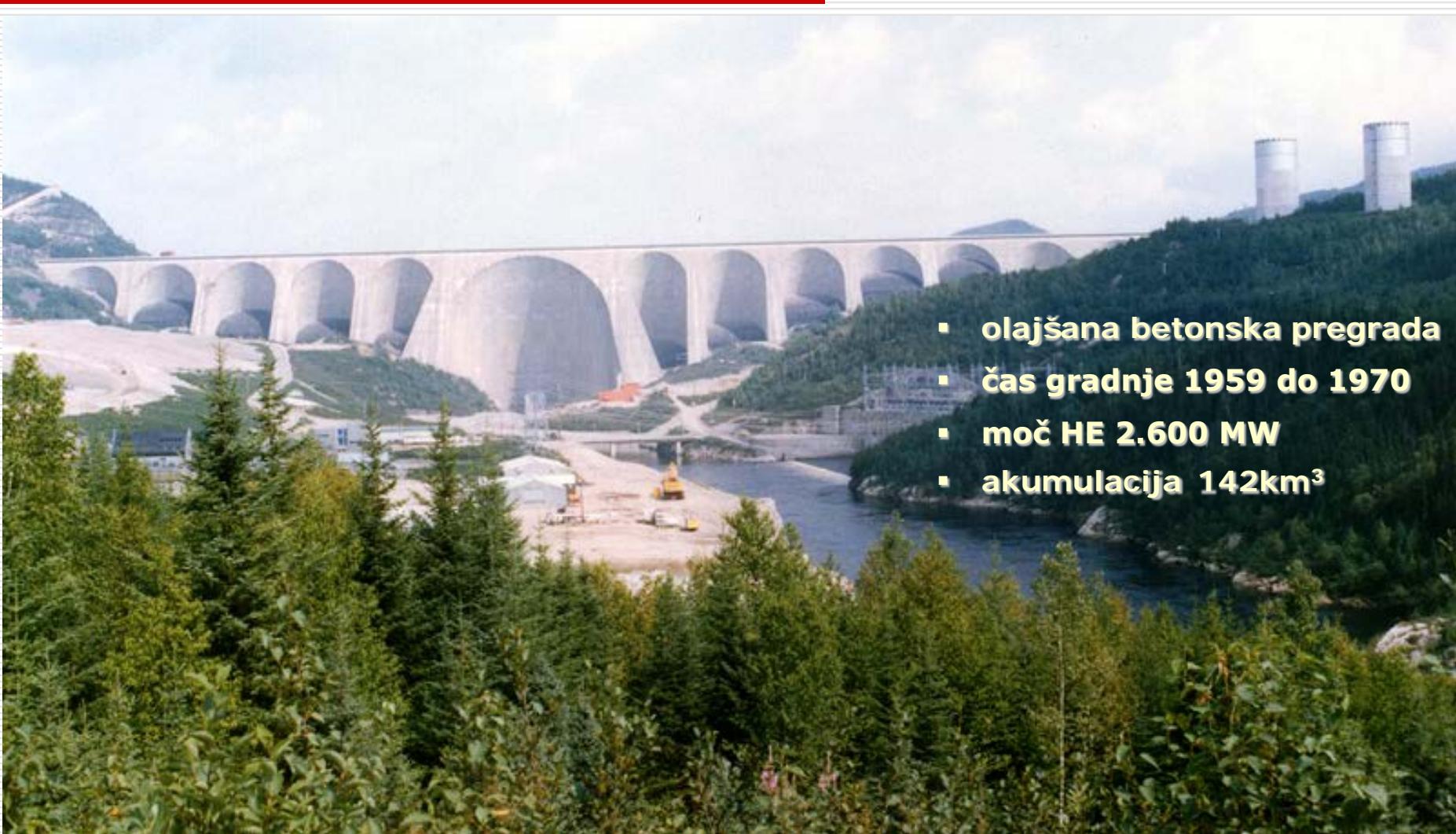


Stebrska pregrada – najvišja pregrada z ravno ploščo Roselend 150m, Francija



- **stebrska pregrada z ravno ploščo**
- **proizvodnja električne energije**
- **čas gradnje 1955 do 1961**
- **moč HE 546 MW**

Stebrske pregrade – najvišja večločna stebrska pregrada: Daniel Johnson 214m, Kanada



- olajšana betonska pregrada
- čas gradnje 1959 do 1970
- moč HE 2.600 MW
- akumulacija 142km³

Stebrska pregrada – ločna pregrada z oporniki

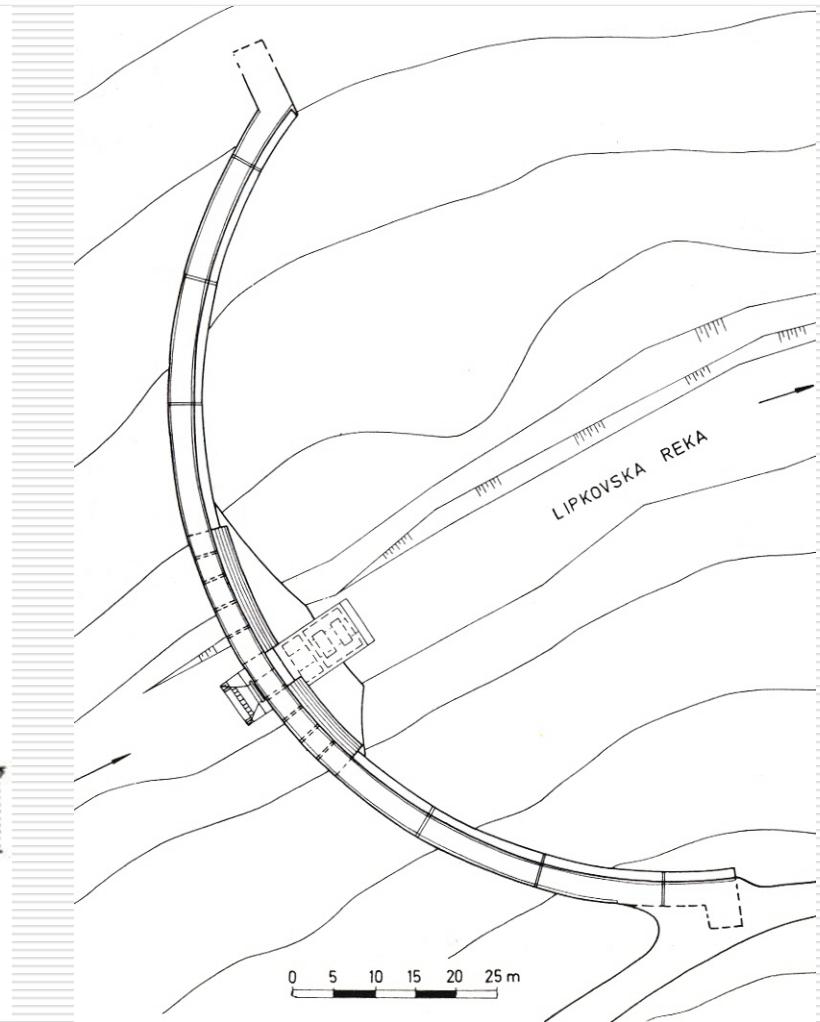
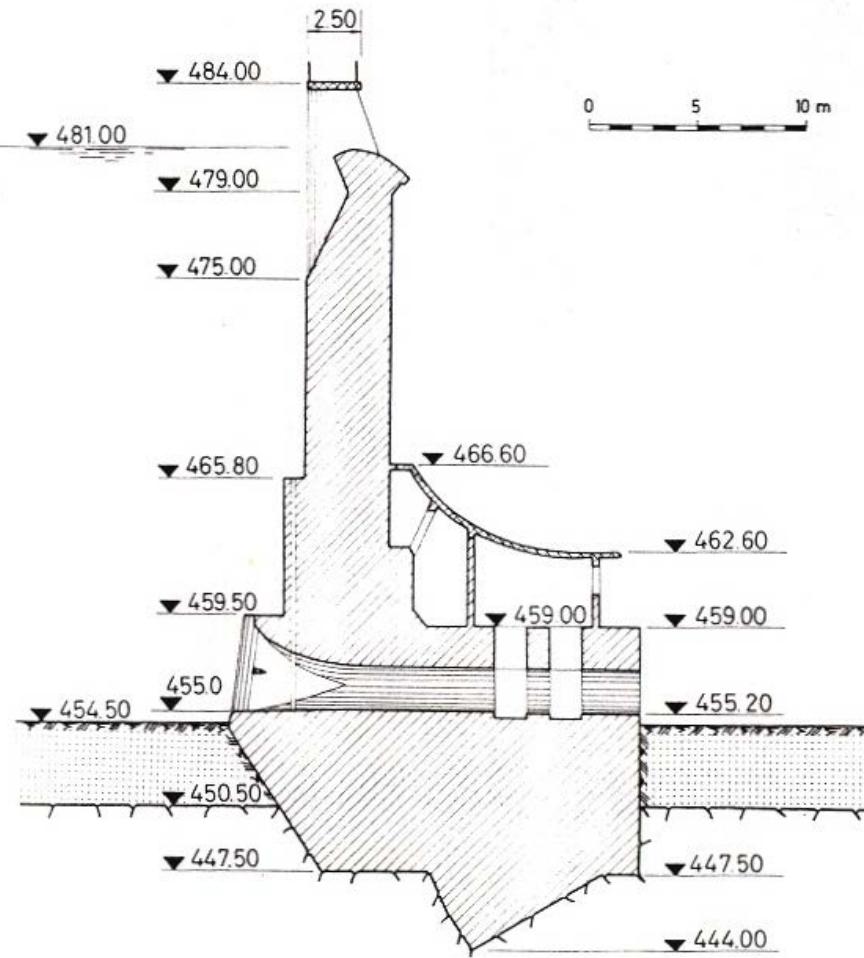


Ločne pregrade - najvišja ločno-težnostna pregrada: Sayano Shushenskaya 242m, Rusija

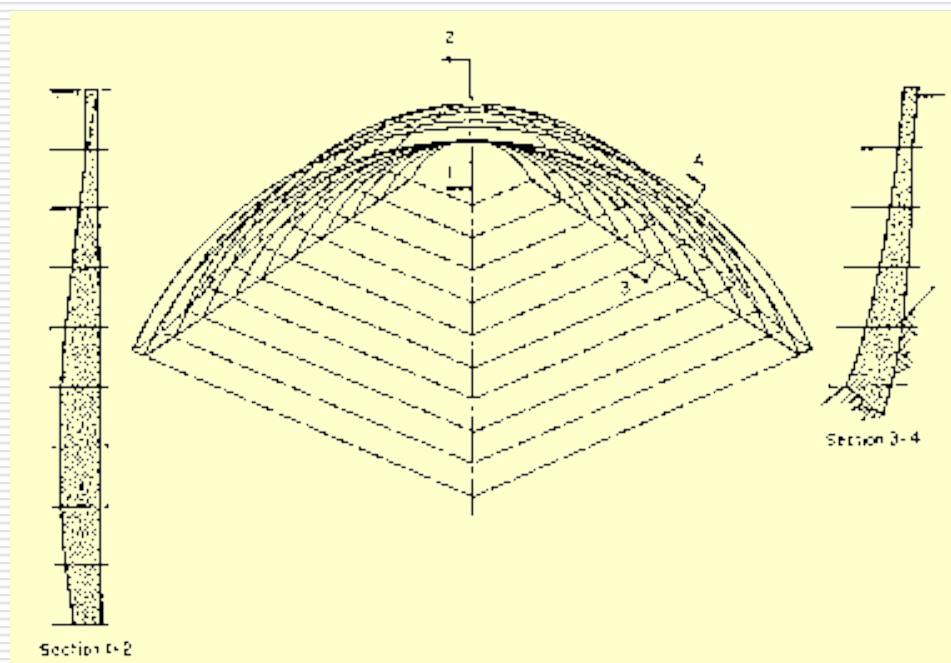


- betonska ločno-težnostna pregrada
- čas gradnje 1968 do 1978
- moč HE 6.400 MW , 35.500 GWh/leto
- akumulacija 31,34km³

Ločna pregrada – cilindrični tip



Ločna pregrada – konstantni kot

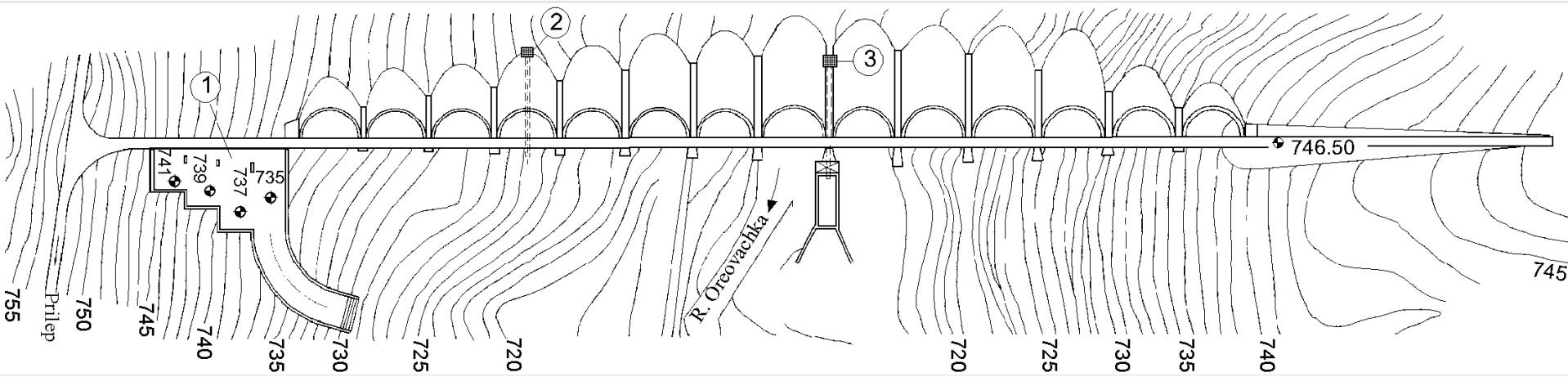


Ločna pregrada – najvišja ločna pregrada na svetu Jinping (305m), Kitajska



- **ločna pregrada – kupolasti tip**
- **proizvodnja električne energije**
- **čas gradnje 2005 do 2013 (2015)**
- **moč HE 1200 MW, 16TWh/leto**

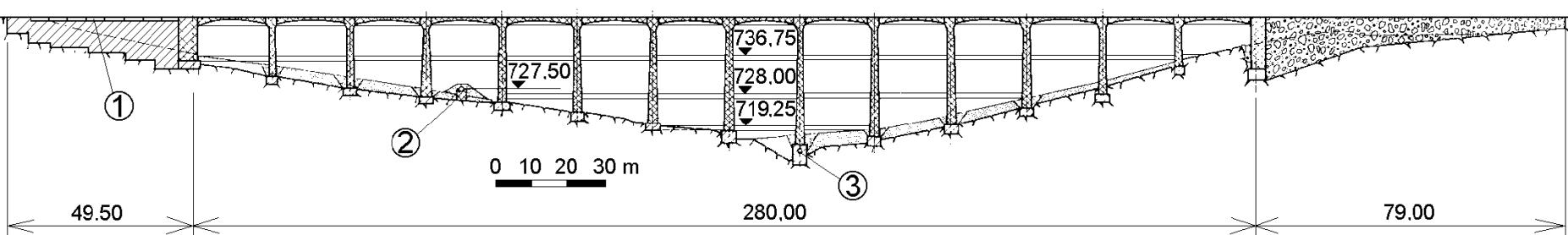
Sestavljene pregrade



CONCRETE GRAVITY
PART

MAIN BUTTRESS DAM, WITH 14
CYLINDRICAL SHELLS, SPANS 20 m

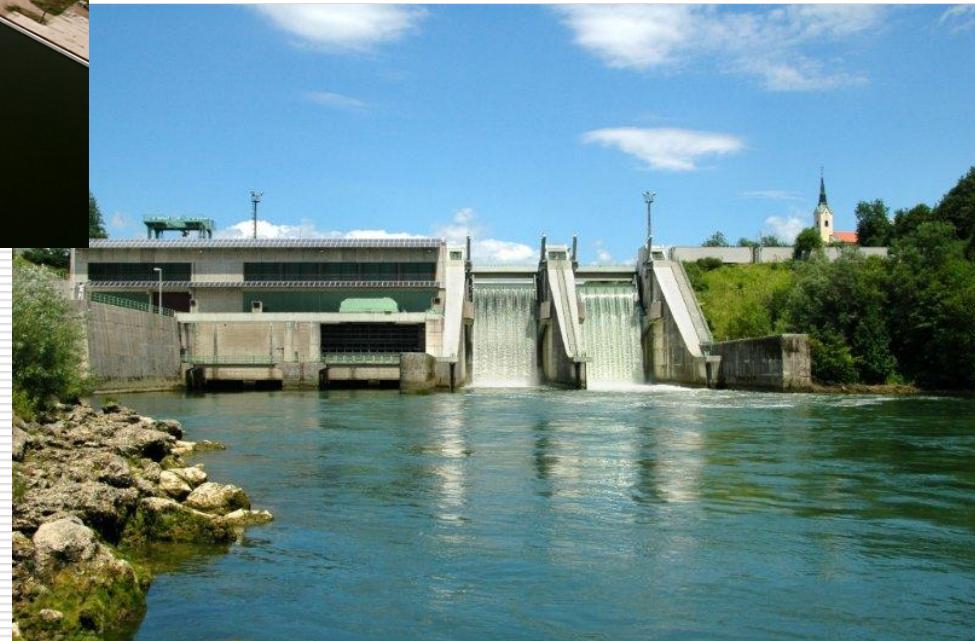
CONCRETE FACED ROCK-FILL
PART OF THE DAM



Sestavljene pregrade



pregrada Boštanj



pregrada Mavčiče

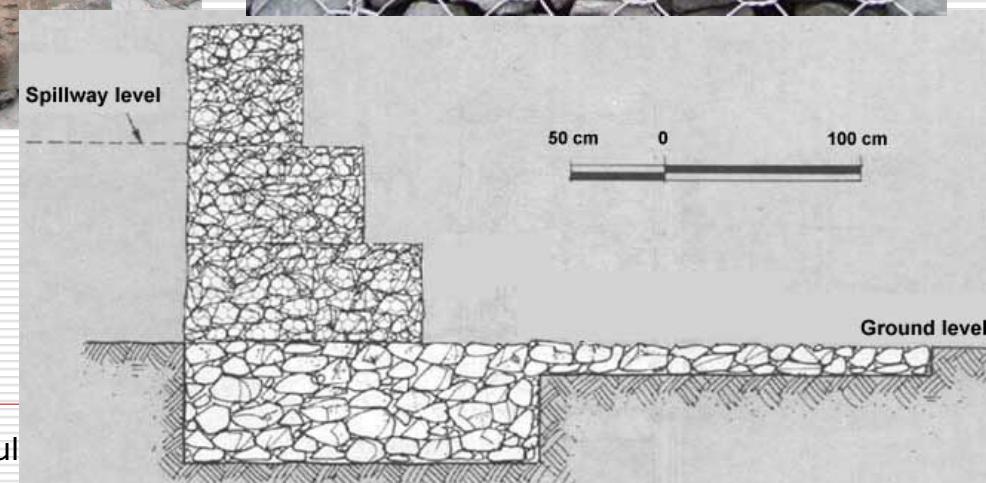
Leseni kaštni jez



Betonski kaštni jez



Pregrada iz žičnatih košar - gabionov



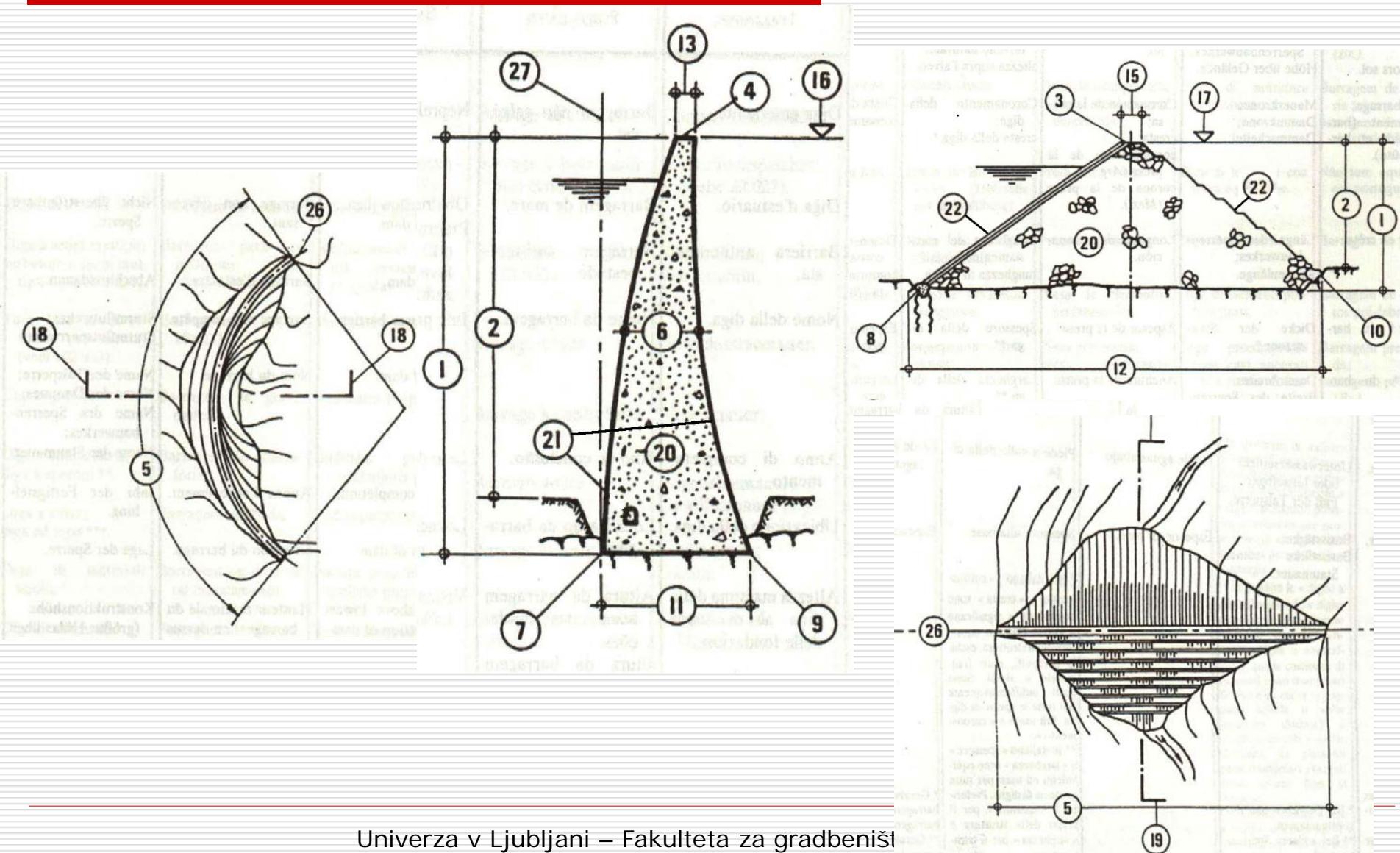
Pomožna – preusmeritvena pregrada



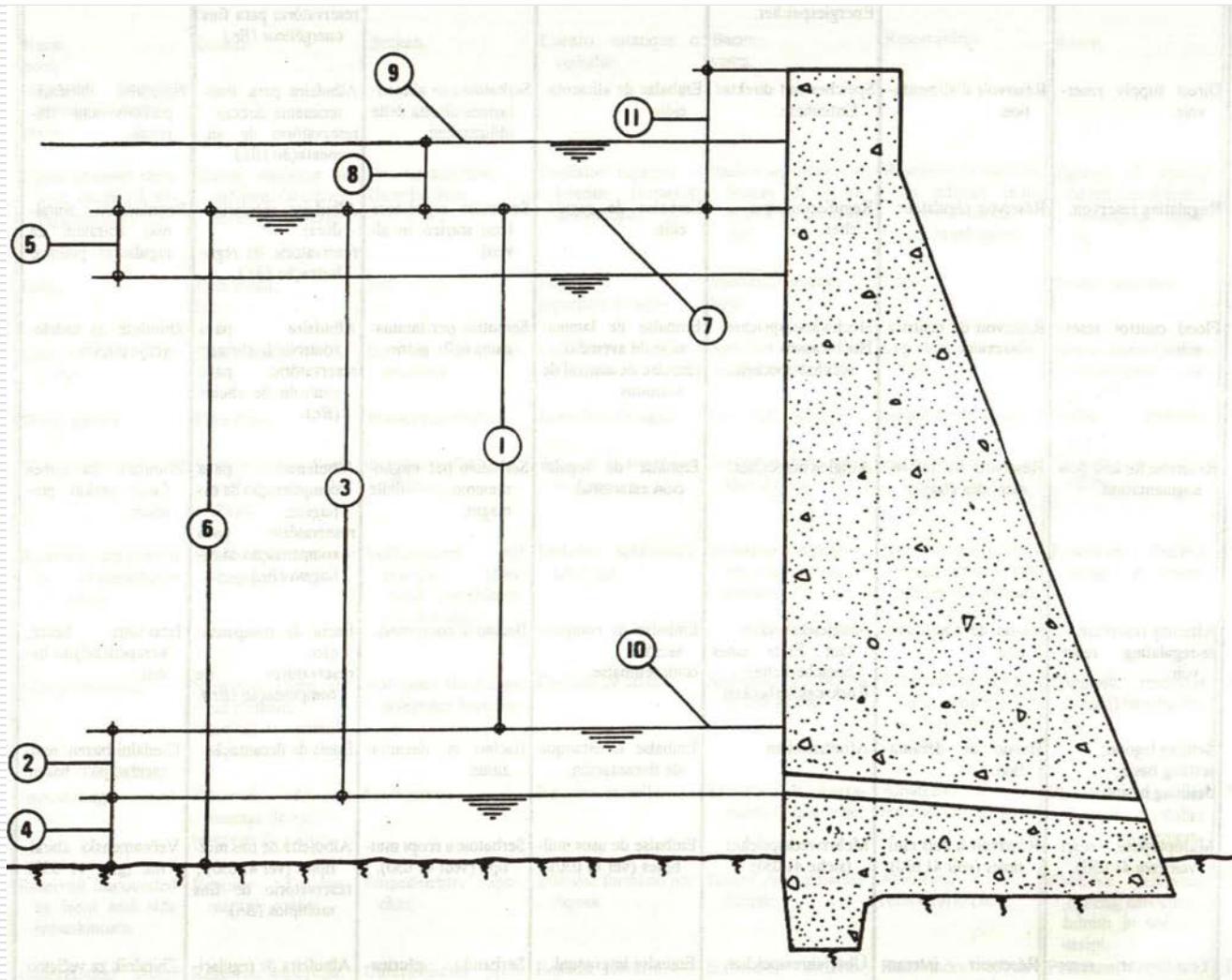
Pomožna pregrada – pregrada Blanca



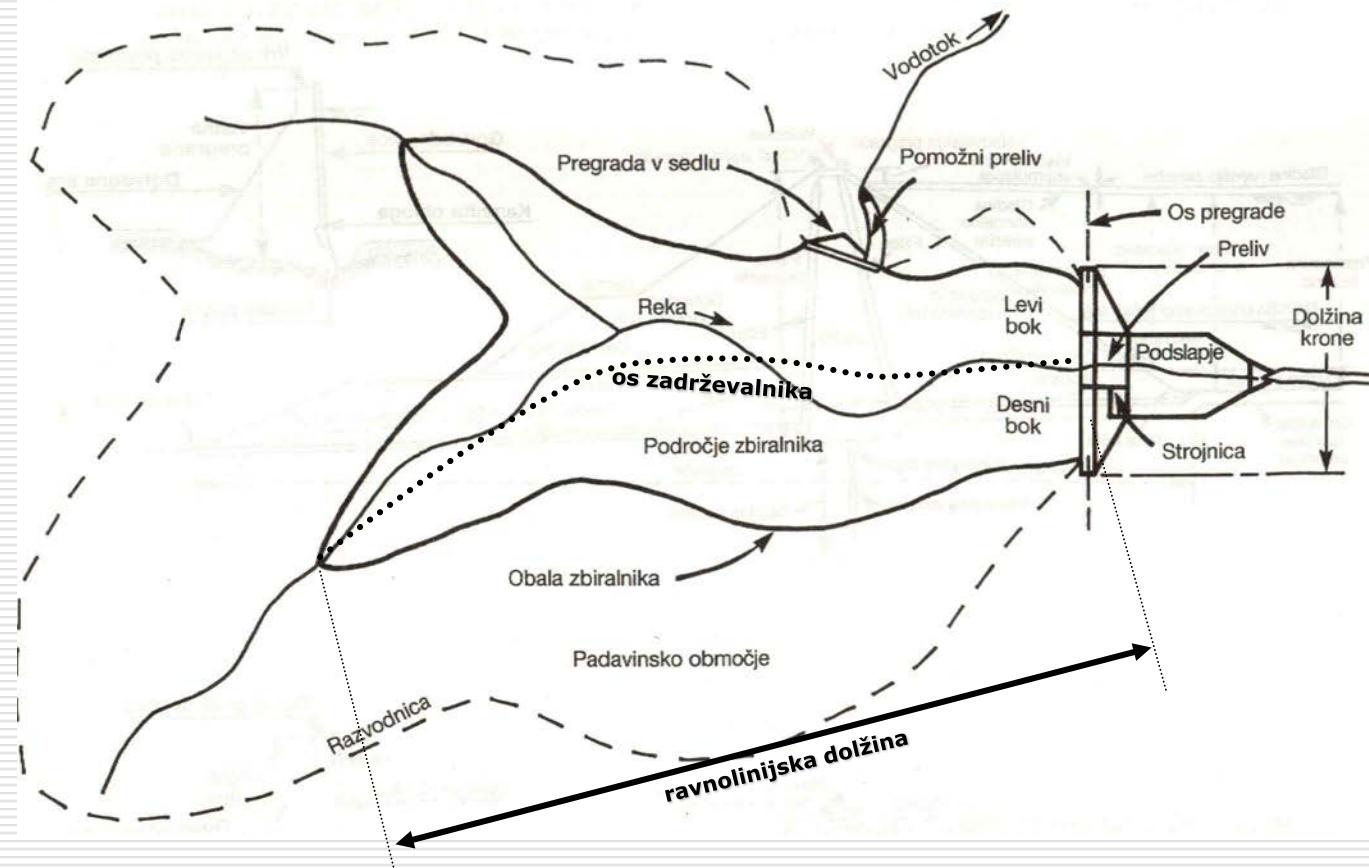
Pregrade - elementi ločne - nasute



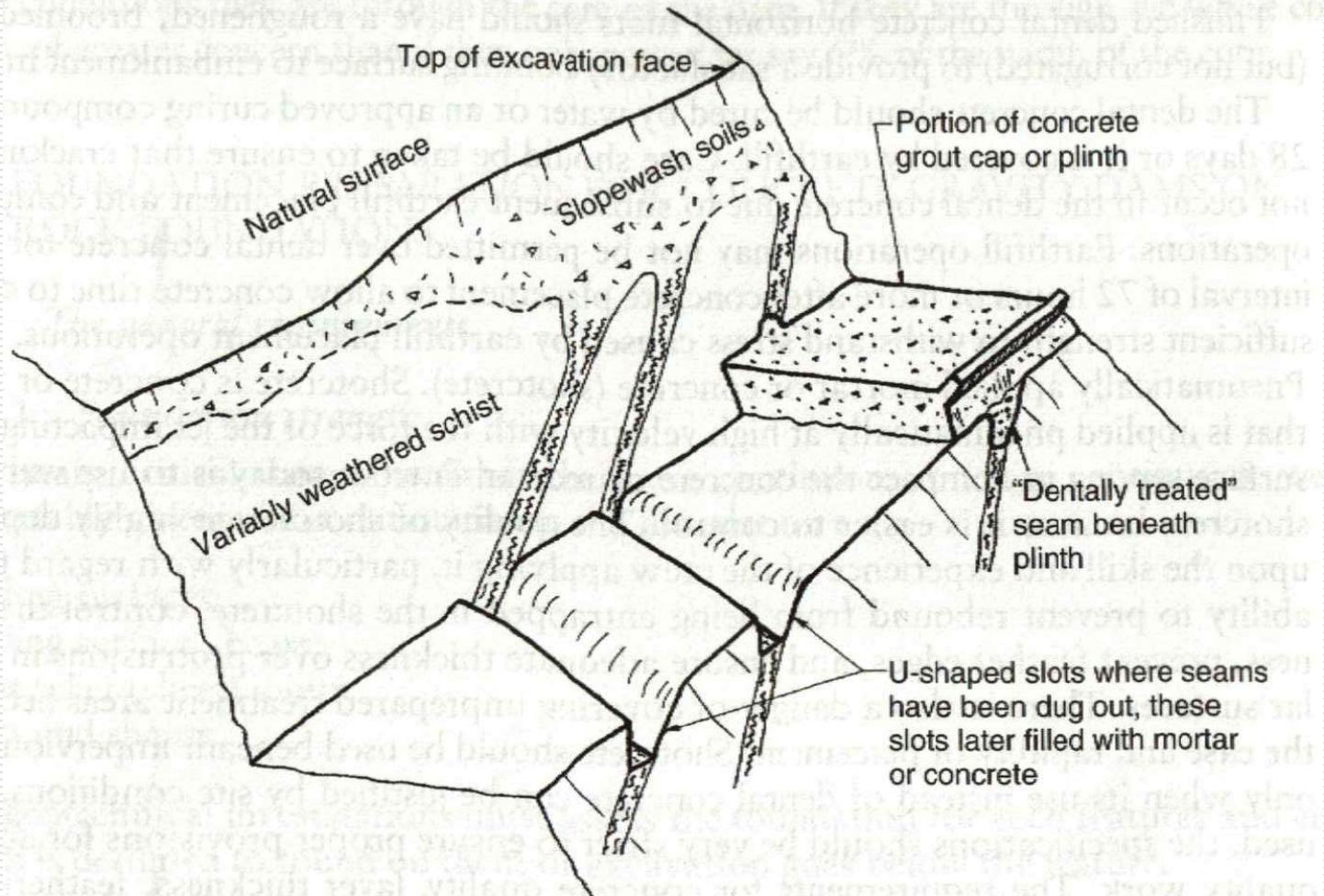
Pregrade – karakteristične gladine



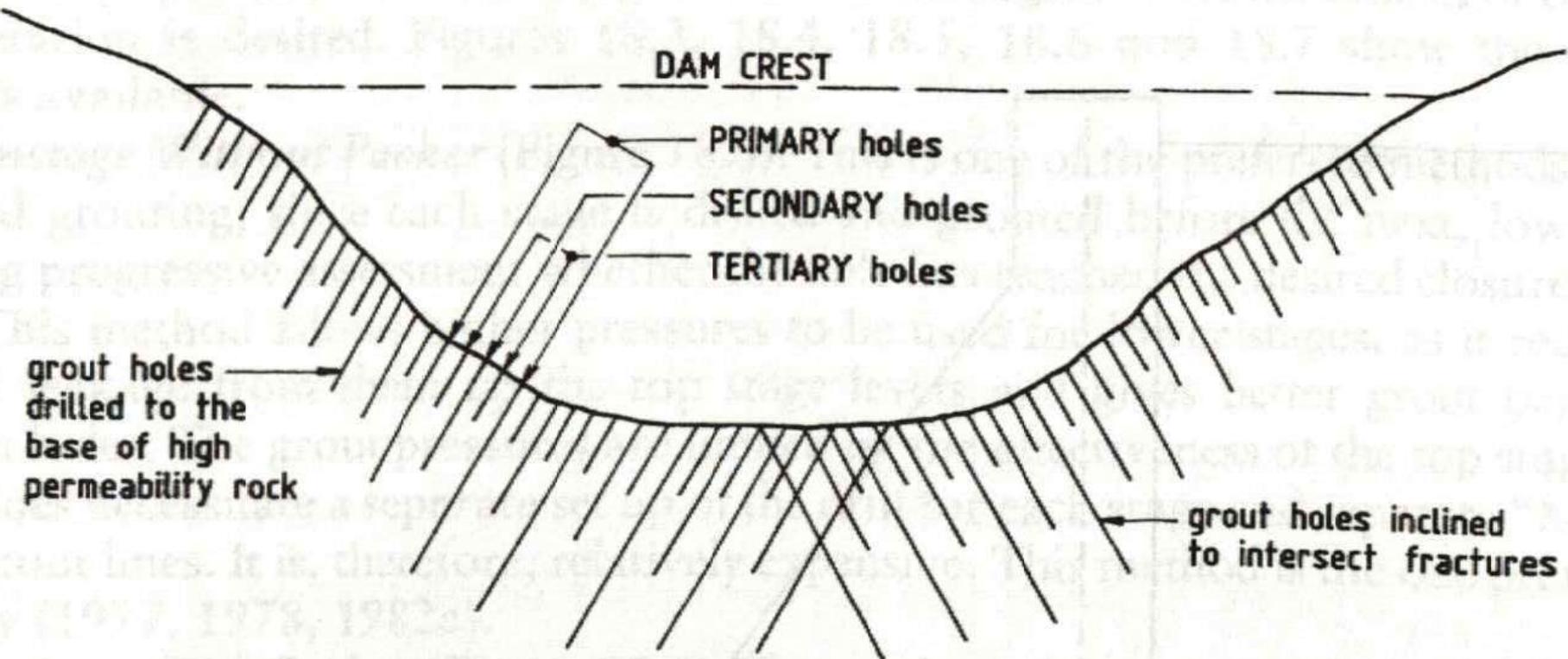
Pregrade – zadrževalnik



Pregrade – stabilizacija tal



Pregrade – injekcijska zavesa



Pregrade – tesnjenje podlage

