

Sveučilište u Zagrebu Građevinski fakultet
Diplomski sveučilišni studij Smjer: **GEOTEHNIKA**

Nasute i potporne građevine 2

Prof. dr. sc. Tomislav Ivšić
Građevinski fakultet Zagreb

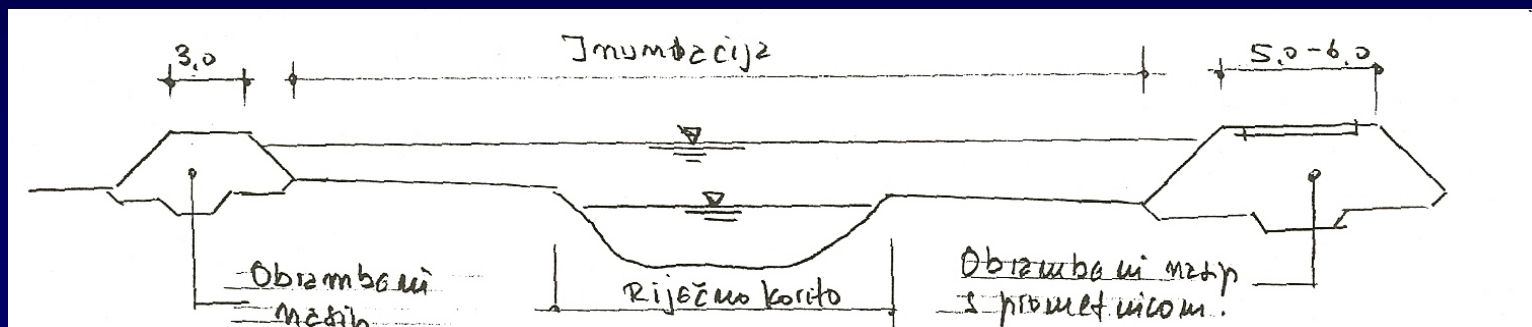
Hidrotehnički nasipi

- **niske brane** velike duljine koji omeđuju i određuju vodene tokove rijeka i kanala razne namjene
- **uzvodna strana:** stalno ili povremeno pod vodom
- **nizvodna strana:** pod utjecajem oborinske i eventualno procjedne vode različito oblikovanje i zaštita uzvodnog i nizvodnog pokosa



Hidrotehnički nasipi

Nasipi za zaštitu od poplava duž riječnih korita



Geotehnički problemi

- Nalazišta zemlje za gradnju nasipa
- Zaštita pokosa nasipa
- Zaštita od prodora vode ispod nasipa
- Hidraulička stabilnost zaobalja

Hidrotehnički nasipi

Primjer: Savski nasip u Zagrebu



Hidrotehnički nasipi

Primjer: Savski nasip u Zagrebu

Lijeva obala



Desna obala

Opća načela prilikom projektiranja

- razmjerno jednostavne građevine - dominantni izvedbeni i troškovni aspekti
- **najvažniji radovi:** iskop - transport - ugradnja - oblikovanje i zaštita pokosa
- grade se iz zemljanih materijala koji se nalaze najbliže trasi nasipa ili iz viškova iskopa ukoliko nisu previše udaljeni
- materijali koje treba dovoziti iz većih udaljenosti koriste se u minimalnim količinama voditi brigu o maksimalnoj zaštiti i očuvanju okoliša
- iskapanja radi dobivanja materijala za gradnju (nalazišta materijala) nacelno provesti u zaplavnom ili potopljenom području. U otvorenim područjima treba ih estetski oblikovati i , po mogućnosti, dati korisnu namjenu (šljunčare, ribnjaci, rekreacija ..) tamo gdje je prikladno nasipe je poželjno koristiti za promet kako bi im se prosirila namjena i izvori financiranja
- hidrotehnički nasipi su regionalne građevine **dugog vijeka korištenja** - treba pažljivo isplanirati zahvate

Hidrotehnički nasipi - projektiranje

PROJEKTNI ZAHTJEVI

Racionalizacija projektnog poprečnog profila - ušteda u kvadraturi poprečnog presjeka na velikoj duljini daje znatne volumene

Sigurnost građevine:

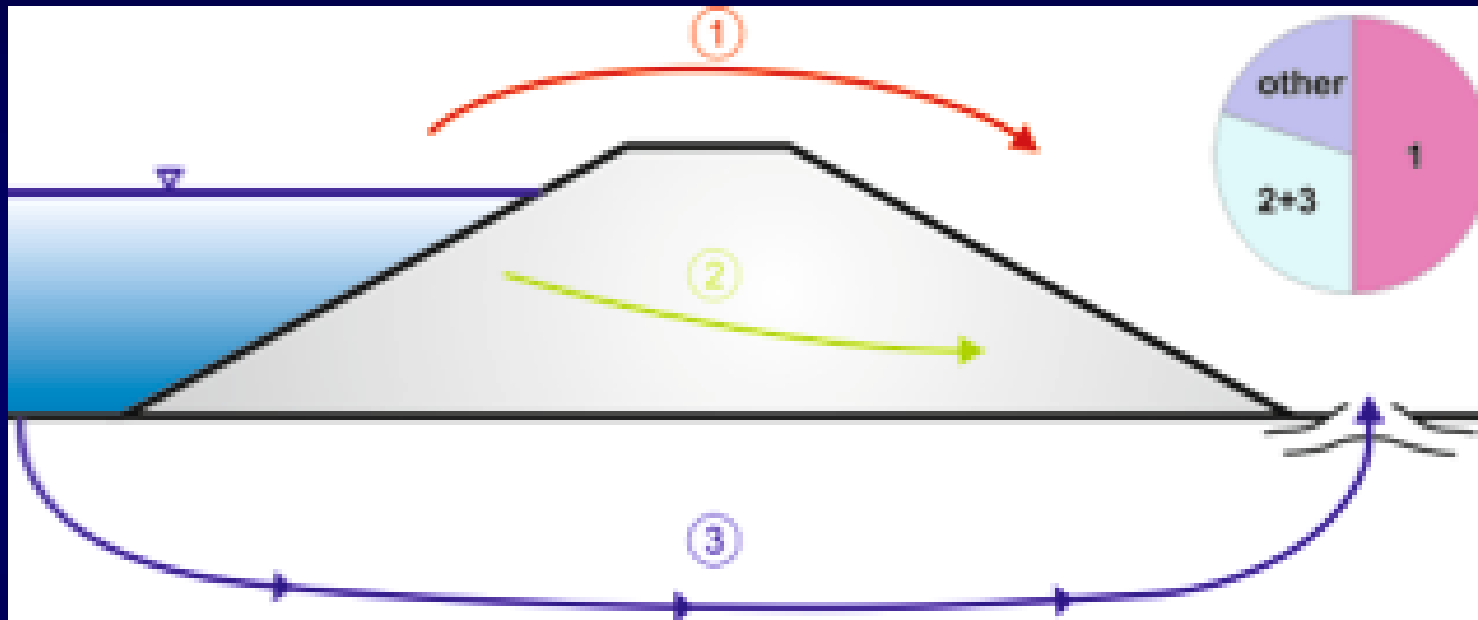
- Opća stabilnost u statičkim i seizmičkim uvjetima
- Hidraulička stabilnost
- Kontrola procjeđivanja
- Održavanje pokosa (sušni periodi i potapanja)

Širina krune nasipa - predvidjeti dovoljno široku za eventualna naknadna nadvišenja i za izvedbu prometnica

Estetsko oblikovanje nasipa, te uzvodnog i nizvodnog okoliša (“pejzažna” arhitektura)

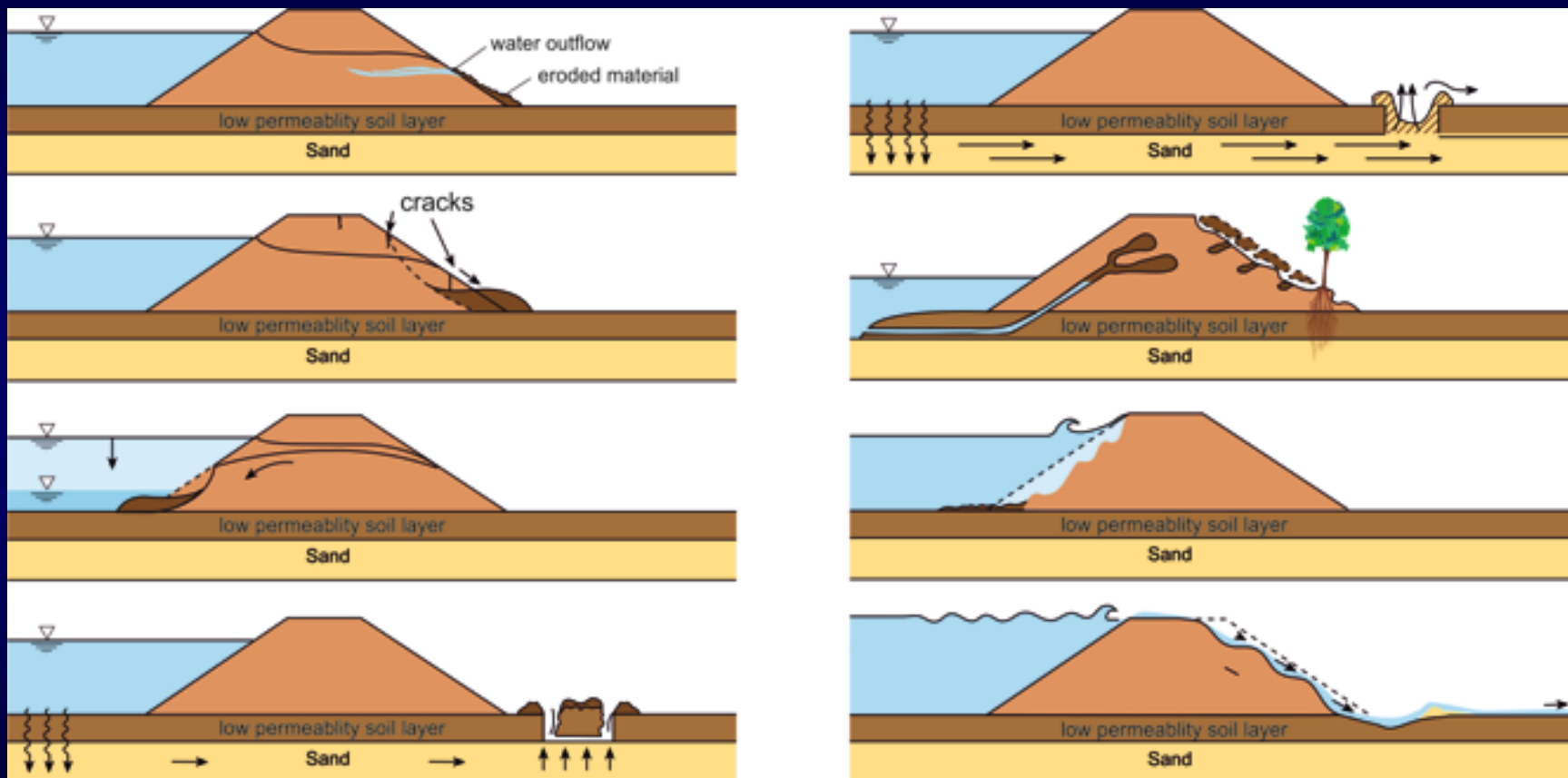
Hidrotehnički nasipi – projektiranje

Uzroci i način sloma nasipa



Hidrotehnički nasipi – projektiranje

Uzroci i način sloma nasipa



Hidrotehnički nasipi

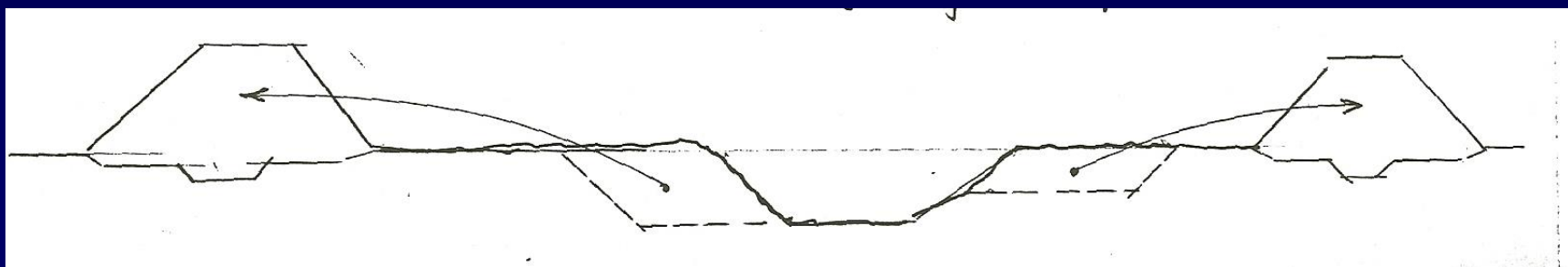
IZVEDBA NASIPA

- Kontrola gradiva na nalazištima
- Kontrola ugradnje (što, koliko, kako)
- Oblikovanje i obrada pokosa (nasipavanje preko profila, skidanje viškova, valjanje pokosa i sl.)

Hidrotehnički nasipi

Nalazišta zemlje za gradnju nasipa

- proširenje i produbljenje riječnog korita
- korištenje površinskog sloja iz inundacije

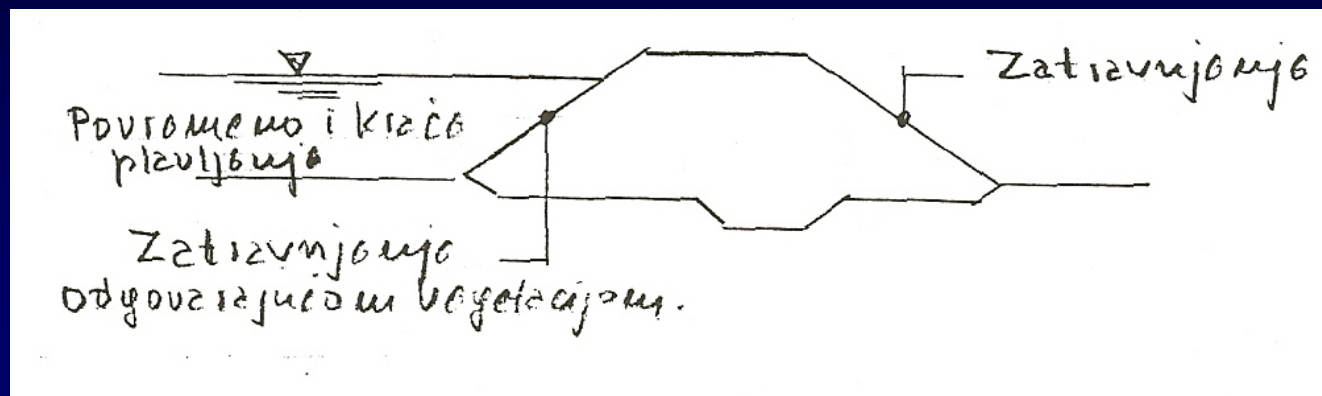


Sabirni i melioracioni kanali kao izvorište

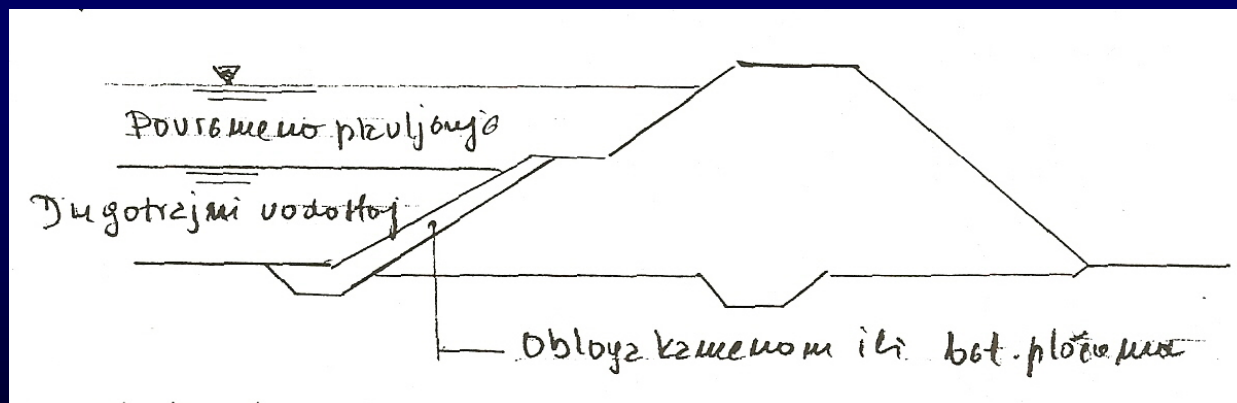


Hidrotehnički nasipi

Zaštita pokosa nasipa – povremeno i kraće plavljenje

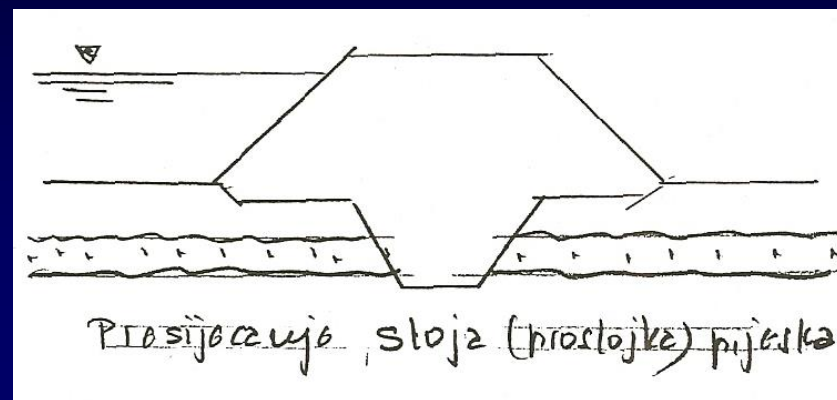
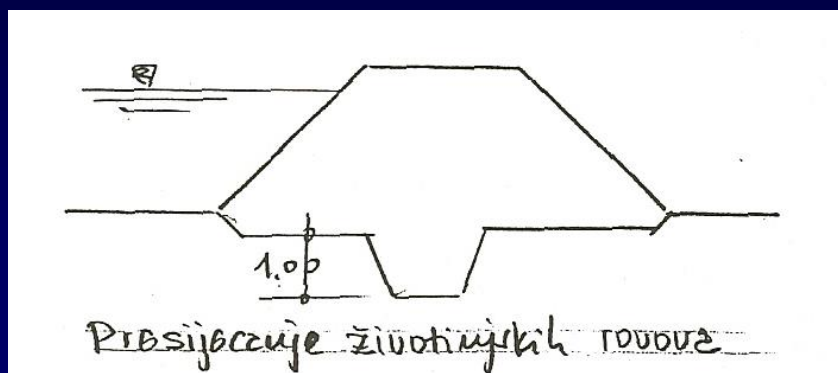


Zaštita pokosa nasipa – dio nasipa s dugotrajnim vodostajem

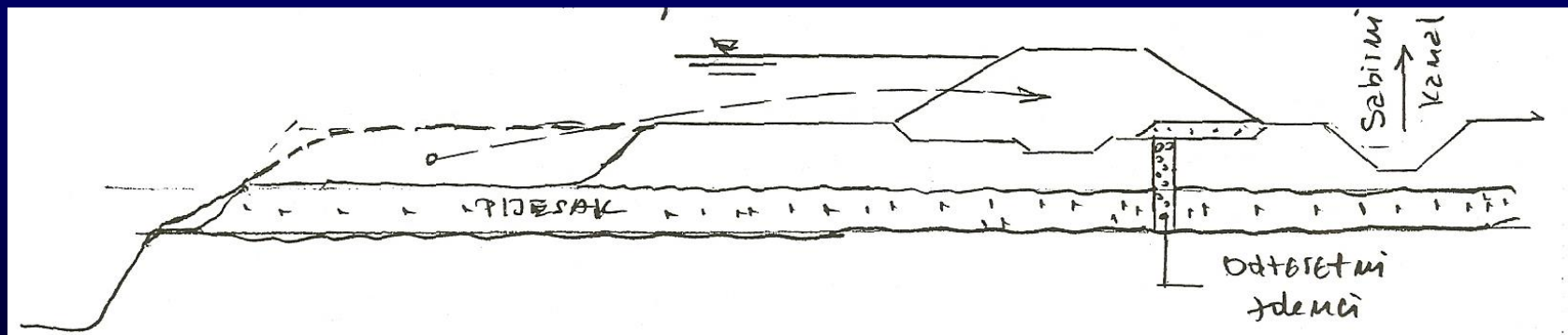


Hidrotehnički nasipi

Zaštita od prodora vode ispod nasipa



Hidraulička stabilnost zaobalja



Hidrotehnički nasipi - projektiranje

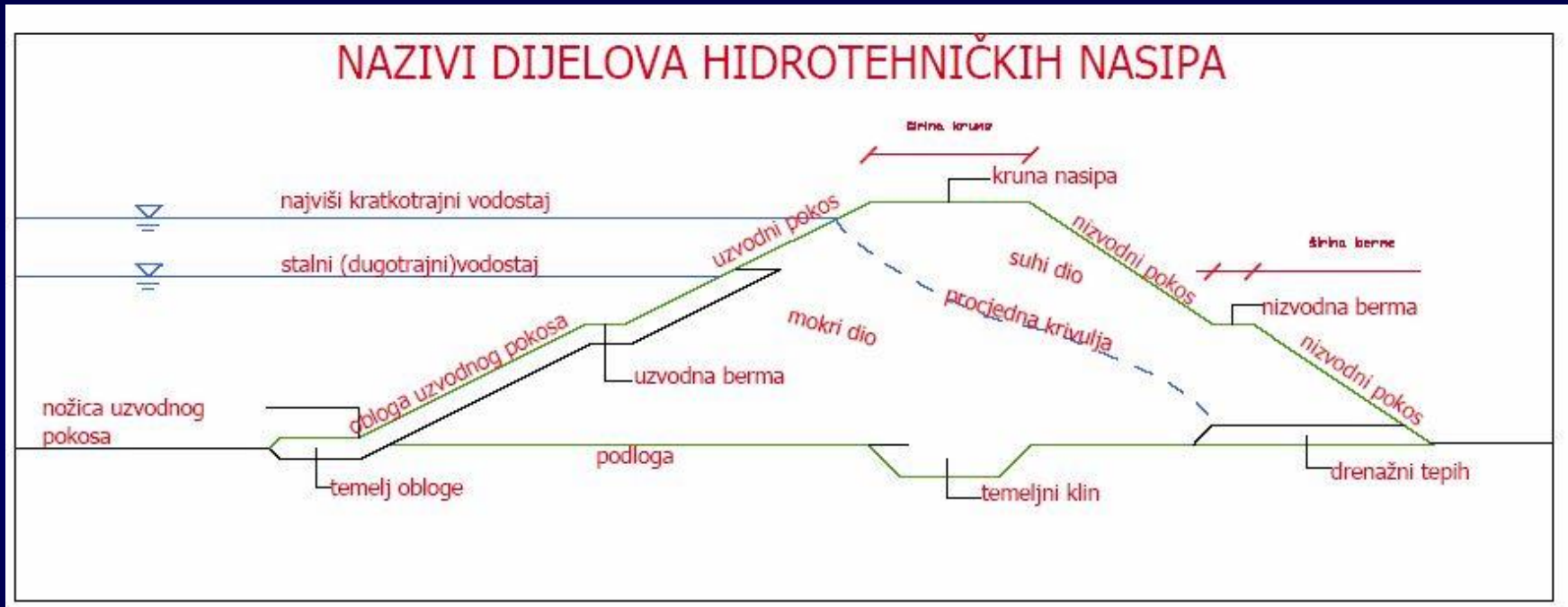
- **PRETHODNI RADOVI**
- Hidrološka studija
- Studija utjecaja na okoliš
- Geotehnički (i inženjerskogeološki) istražni radovi: duž trase nasipa i na predvidivim nalazištima
- Klimatska analiza radi izbora završne obrade pokosa
- Gospodarska studija radi dobre procjene troškova gradnje, uređenja okoliša i naknadnog održavanja

Hidrotehnički nasipi - projektiranje

PROJEKT TEHNIČKIH OPAŽANJA (PRAĆENJE PRI KORIŠTENJU)

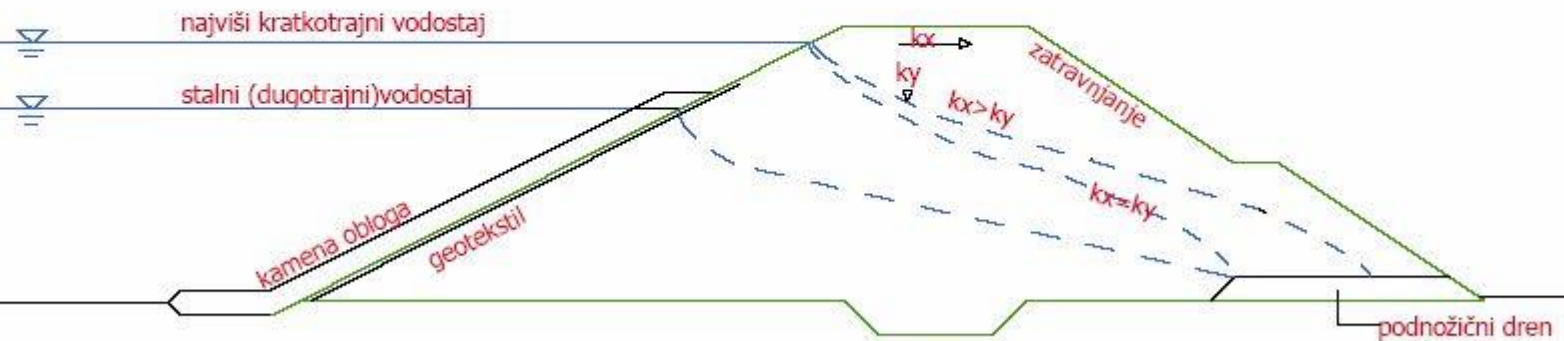
- Praćenje slijeganja (obično geodetski)
- Praćenje razina vode (piezometri - u nasipu i nizvodno)
- Redovite vizualne inspekcije
- Program uzbunjivanja i evakuacije stanovništva

Hidrotehnički nasipi



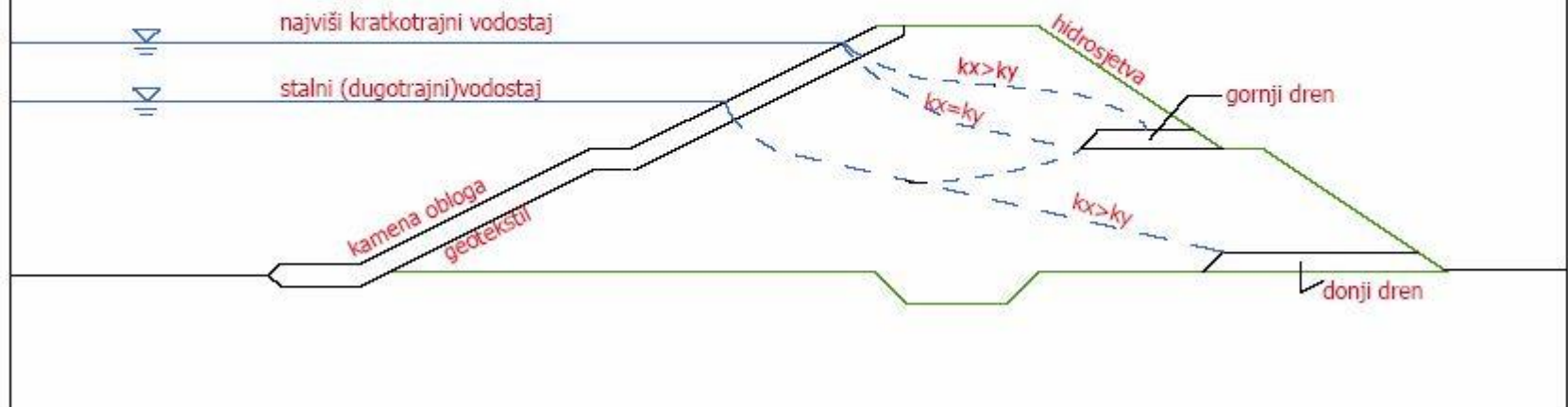
Hidrotehnički nasipi

DRENAŽNI SUSTAVI U NASIPIMA OD GLINE - nasipi srednje visine



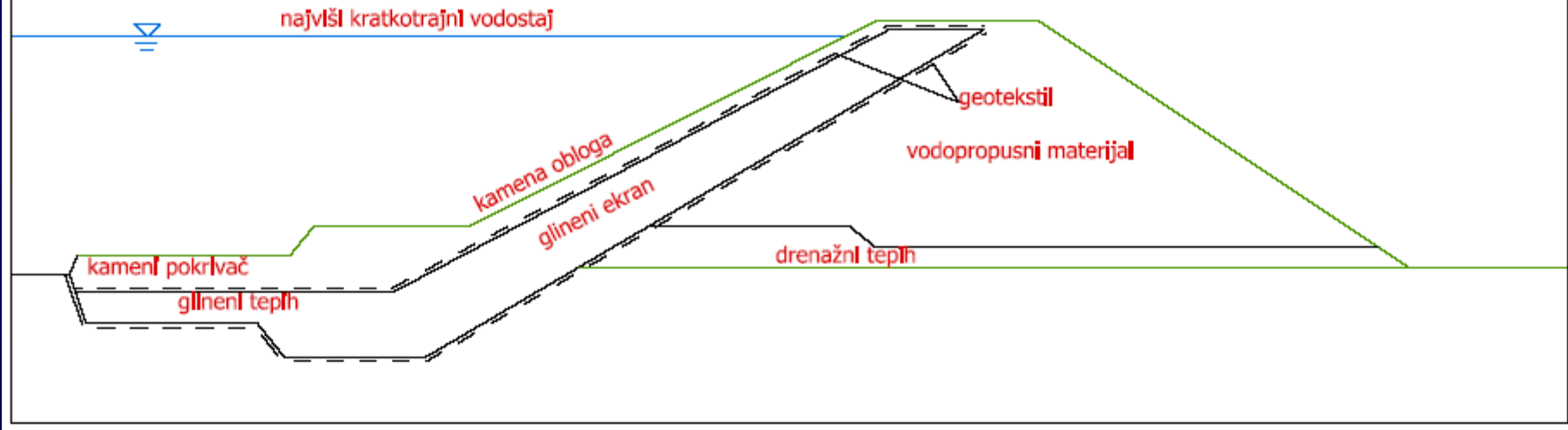
Hidrotehnički nasipi

DRENAŽNI SUSTAVI U NASIPIMA OD GLINE - visoki nasipi i niske brane



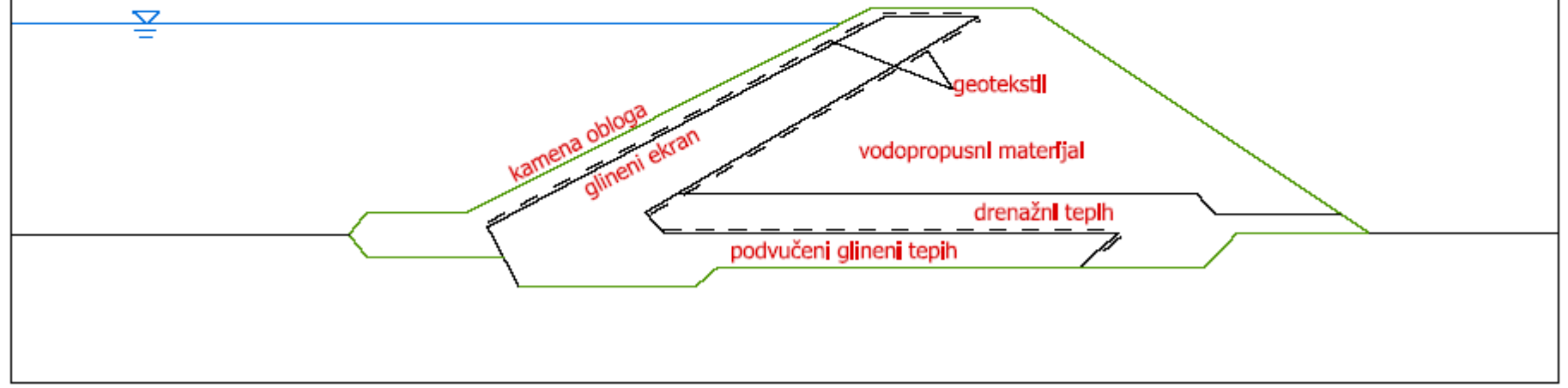
Hidrotehnički nasipi

OTJEŠNJENJE NASIPA OD VODOPROPUSNOG MATERIJALA - glineni tepih na uzvodnoj strani



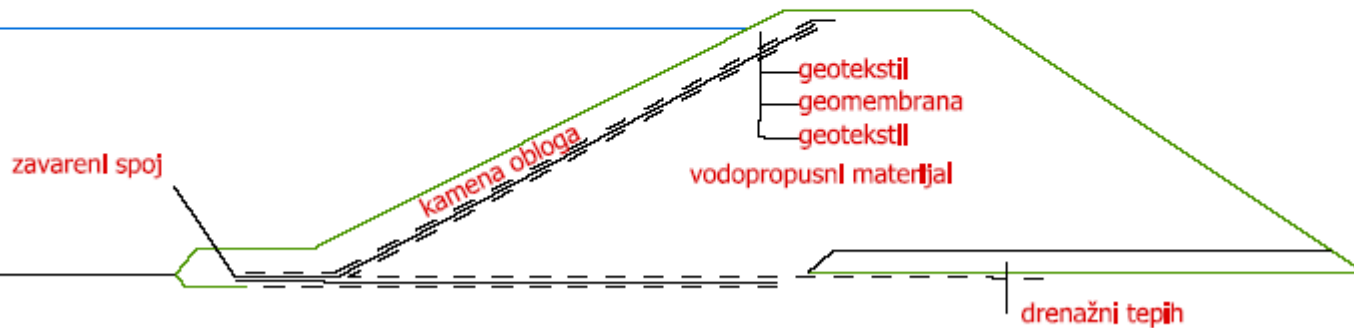
Hidrotehnički nasipi

OTJEŠNJENJE NASIPA OD VODOPROPUSNOG MATERIJALA - podvučeni glineni tepih

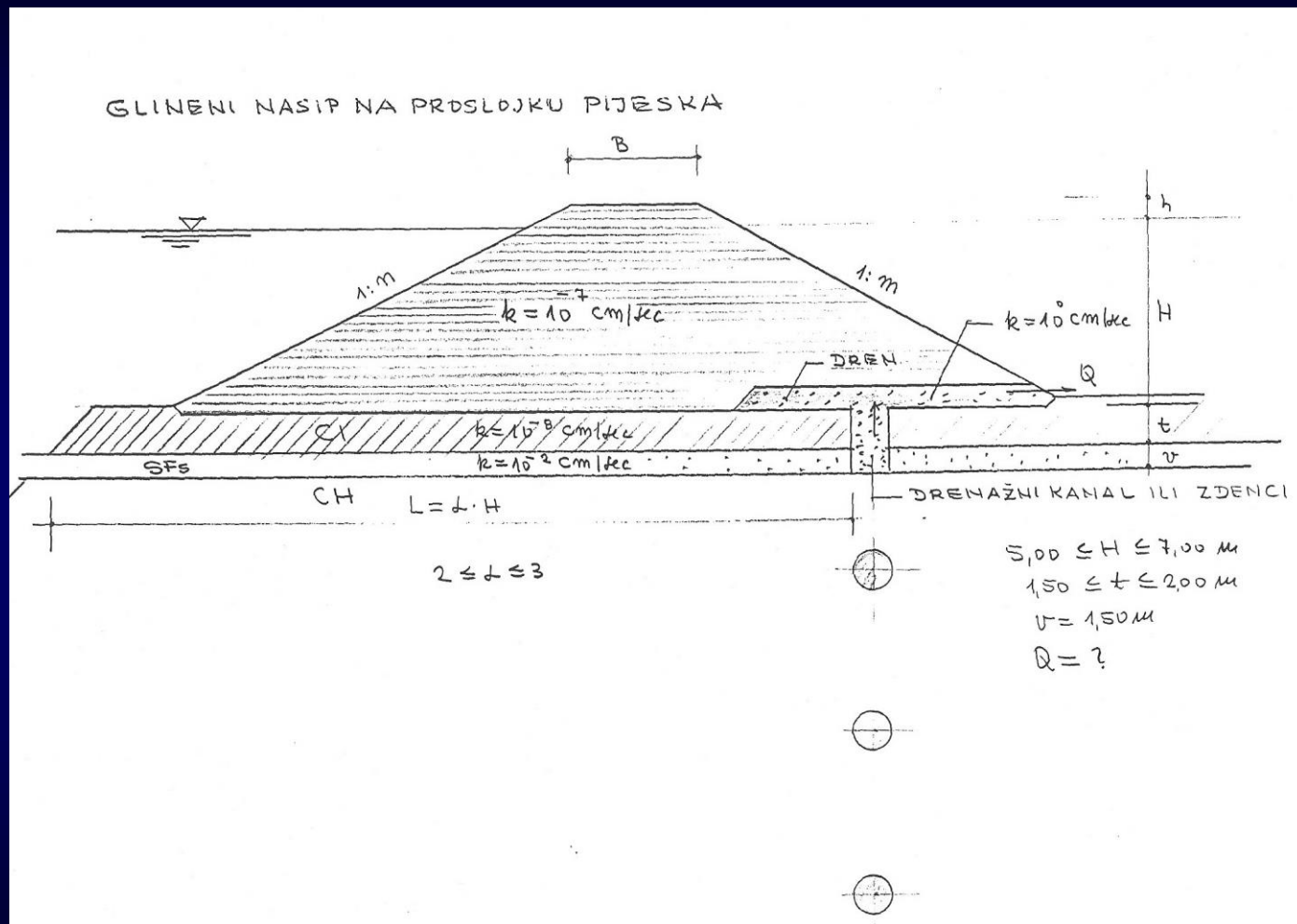


Hidrotehnički nasipi

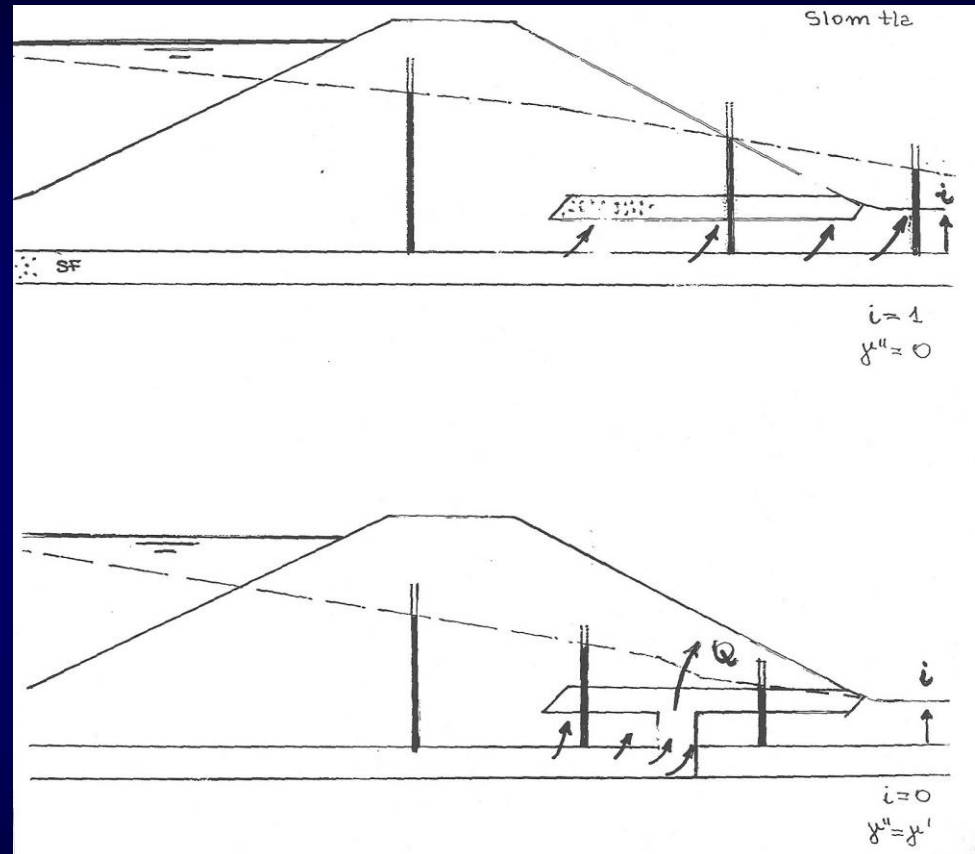
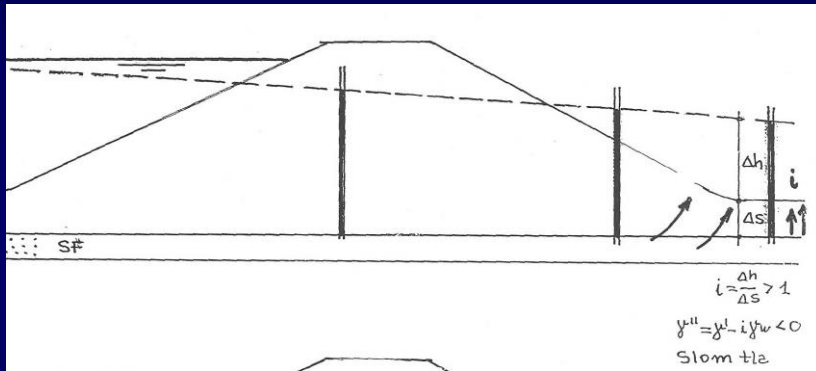
OTJEŠNJENJE NASIPA OD VODOPROPUSNOG MATERIJALA - podvučena geomembrana



Hidrotehnički nasipi



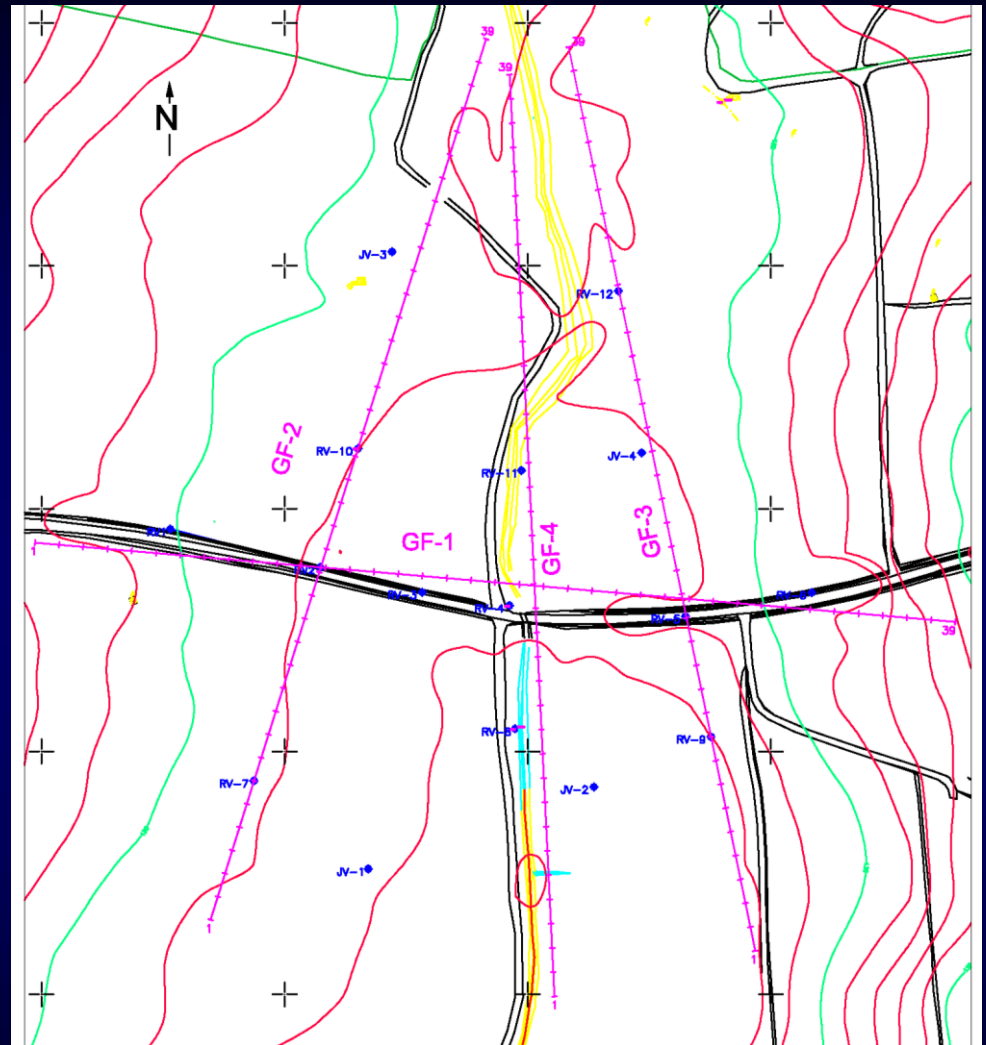
Hidrotehnički nasipi



Hidrotehnički nasipi - projektiranje

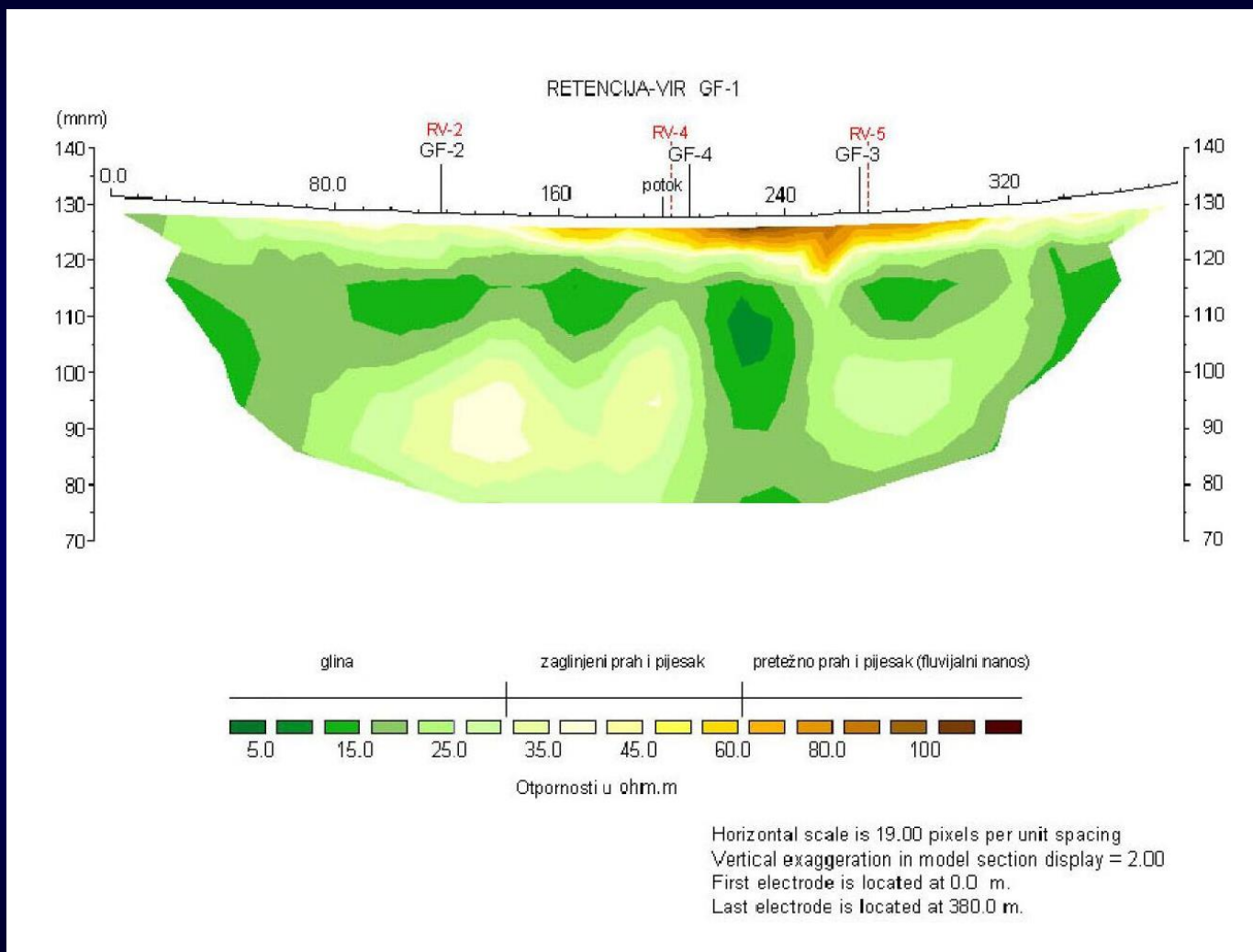
- Položaj trase – na temelju hidroloških studija i hidrauličkih proračuna, projekta melioracionih zahvata, u obzir se uzima planovi razvoja i prostornog uređenja naselja ili regije (“gospodarenje vodama”)
- Za geotehničara je polazna osnova trasa nasipa i razina najvišeg vodostaja u vodotoku
- Geotehnički projekt obuhvaća:
 - planiranje i izvedbu geotehničkih istraživanja
 - projektna rješenja (Idejni, Glavni i Izvedbeni projekt)
 - Izvedba nasipa, nadzor na izvedbom (kontrola kakvoće)
 - Promatranja (praćenje) nasipa i pojava uz nasip
 - Održavanje nasipa

Geotehnički istražni radovi

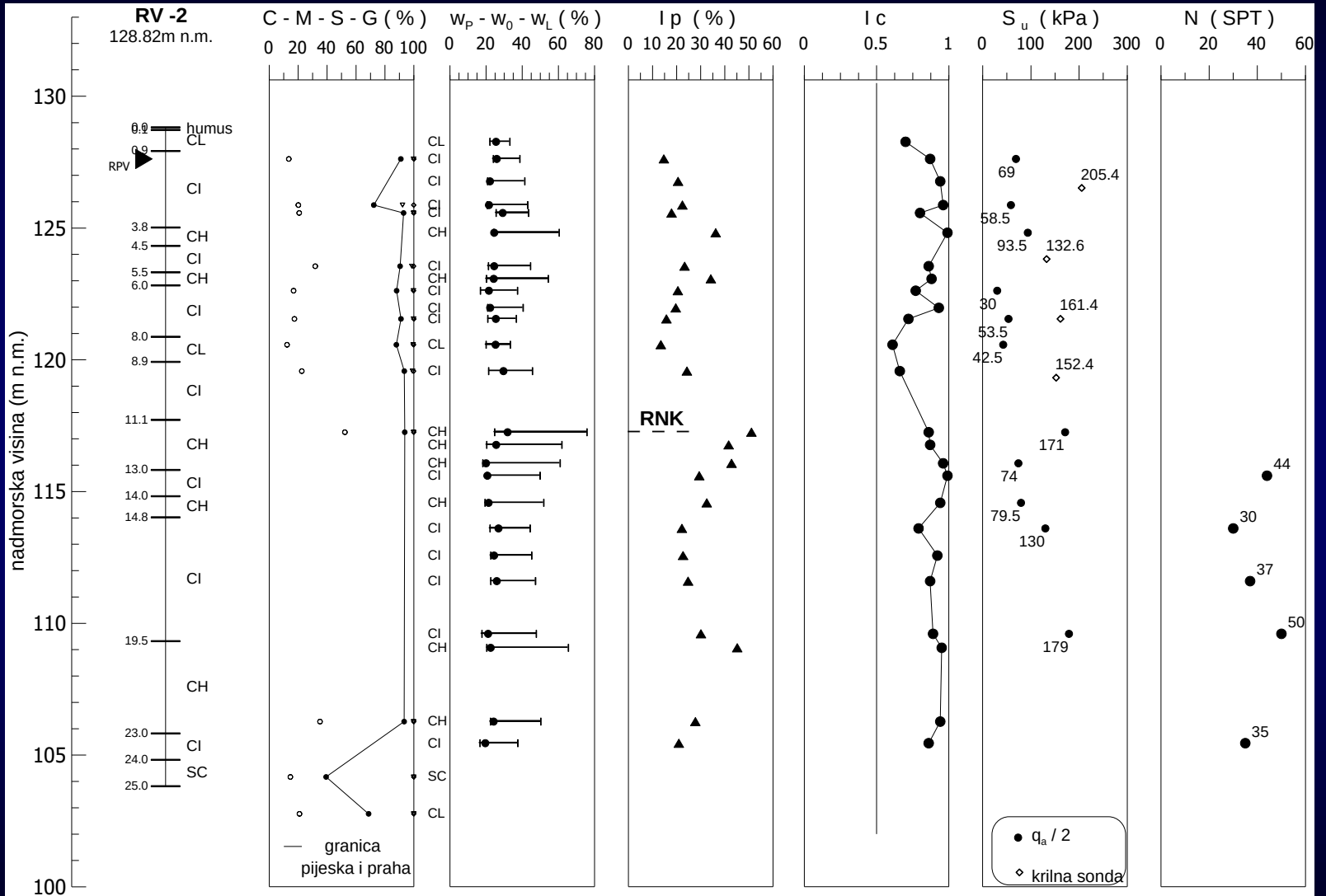


Mala brana Vir kod Vrbovca

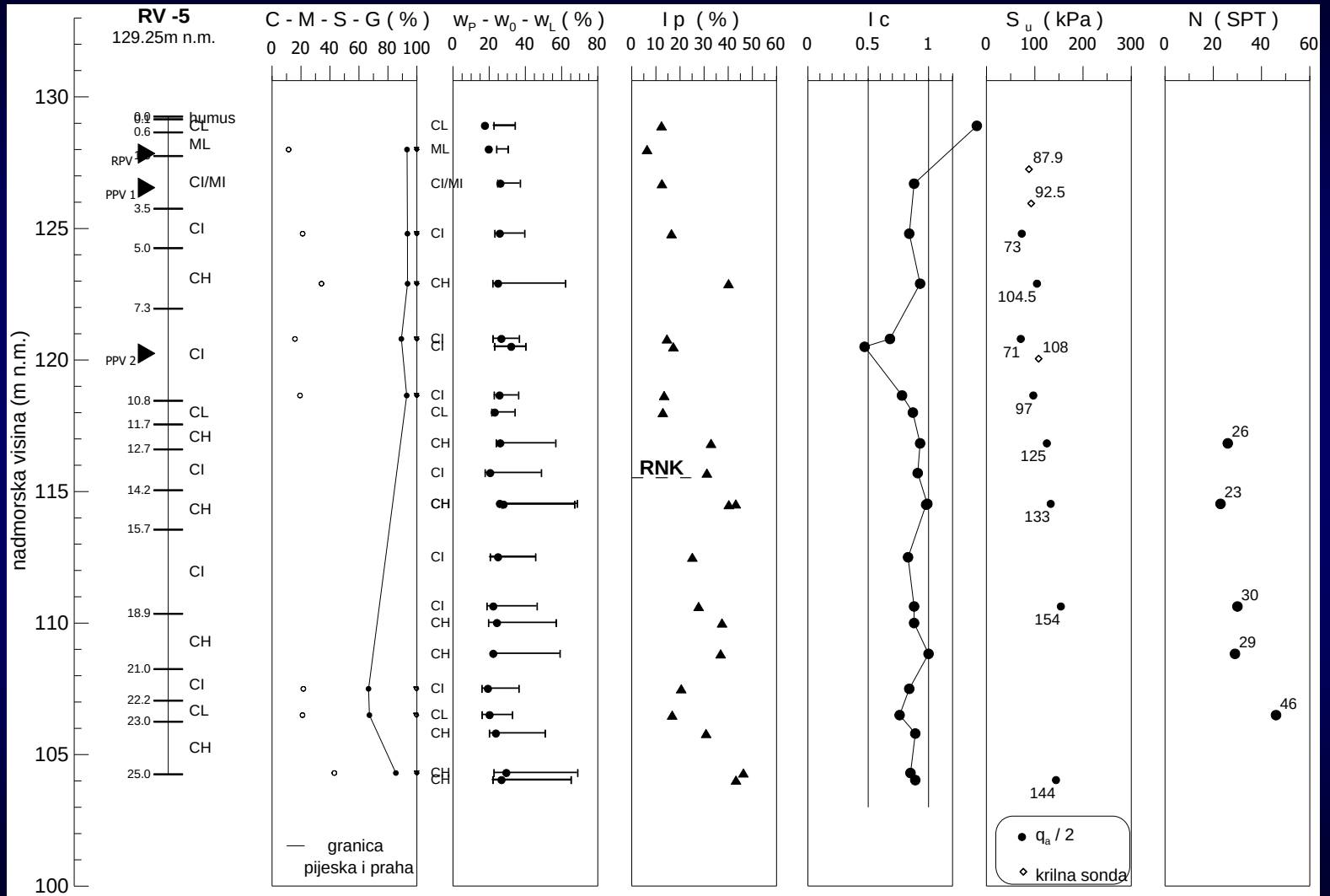
Karakterizacija temeljnog tla



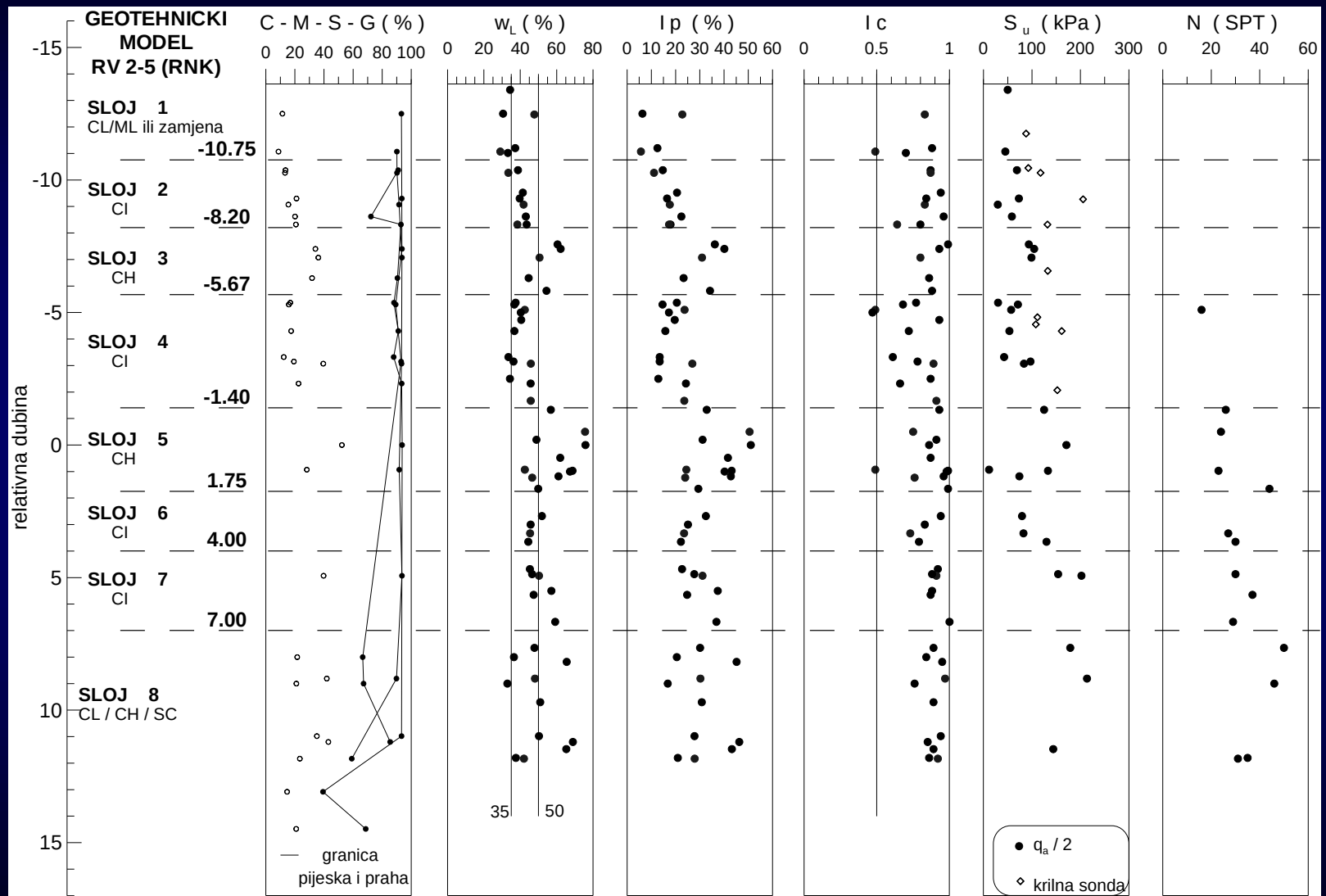
Karakterizacija temeljnog tla



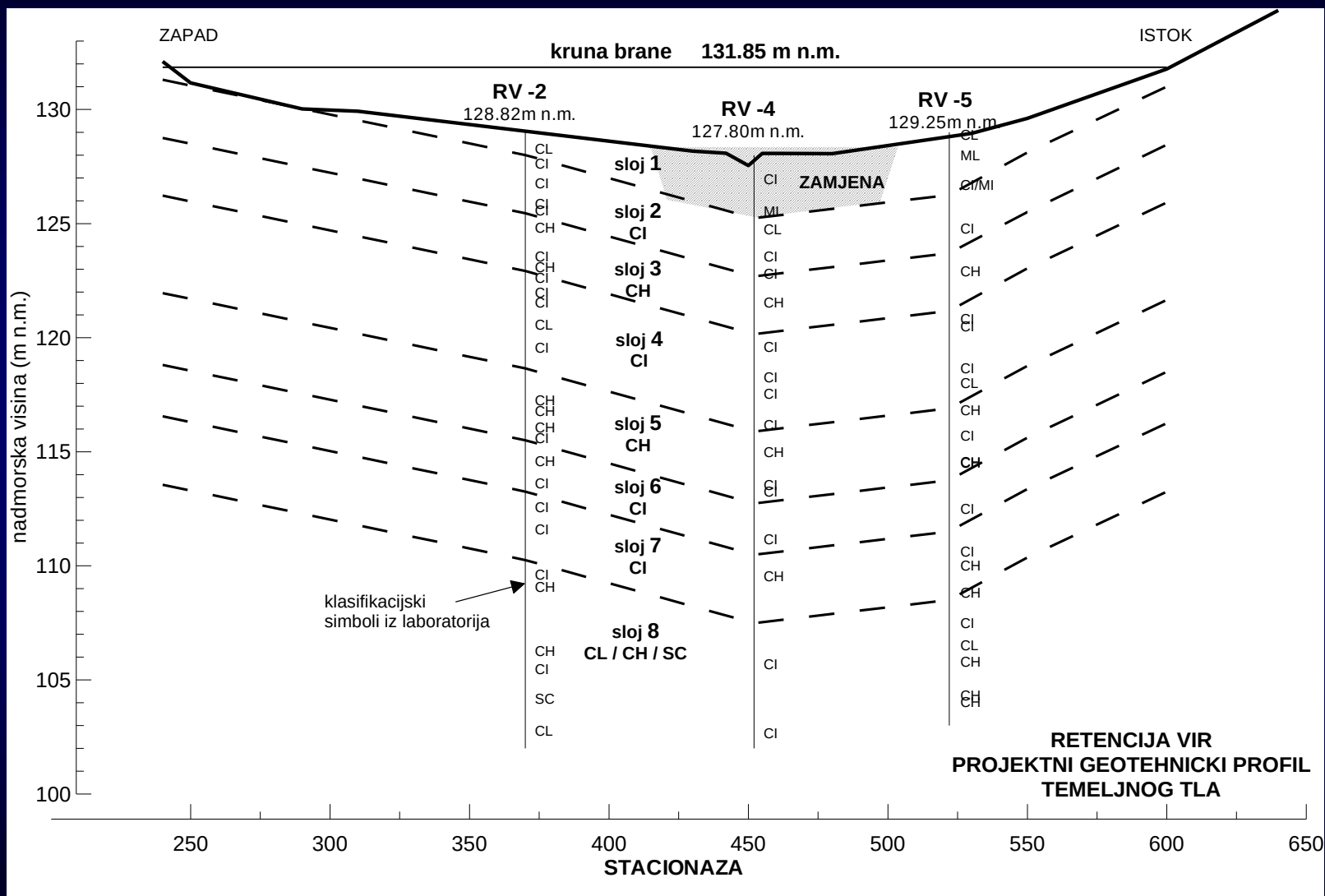
Karakterizacija temeljnog tla



Karakterizacija temeljnog tla



Karakterizacija temeljnog tla



Hidrotehnički nasipi - projektiranje

FAZE PROJEKTIRANJA 1

- **Idejno rješenje**: moguće varijante trase, uklapanje u regionalne planove, zaštita i očuvanje okoliša, prenamjena postojećih prostora, nalazišta i namjena iskopa
- **Idejni projekt**: definira se trasa nasipa, prethodni istražni radovi manjeg opsega, utvrđivanje vidljivih i zatrpanih rukavaca, IG prospekcija, varijante karakt. profila nasipa, veze s prometnicama, ulaz u inundaciju (rampe za prijelaz lokalnog prometa)
- **Studije utjecaja na okoliš, lokacijska dozvola**

Idejni projekt male retencijske brane

Pregled terena – lokacija budućeg pregradnog
profila



Idejni projekt male retencijske brane

Pregled terena – pogled na desni bok retencije



Idejni projekt male retencijske brane

Pregled terena

Potok



“Pozicioniranje” krune brane



Idejni projekt male retencijske brane

Pregled terena – obilazak zaplavnog prostora, moguća prostorna ograničenja



Idejni projekt male retencijske brane

Pregled terena – obilazak zaplavnog prostora, moguća prostorna ograničenja

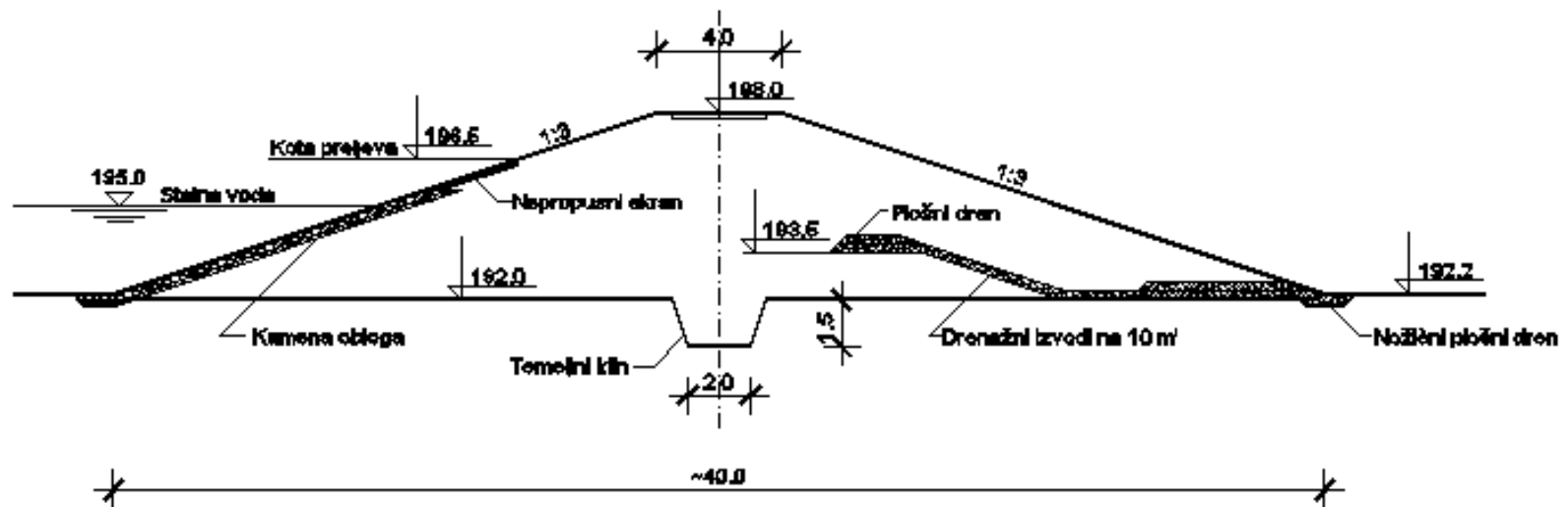


Idejni projekt male retencijske brane

Varijante poprečnog profila

NORMALNI POPREČNI PROFIL: JEDNOLIKI NAGIB POKOSA

M 1:200

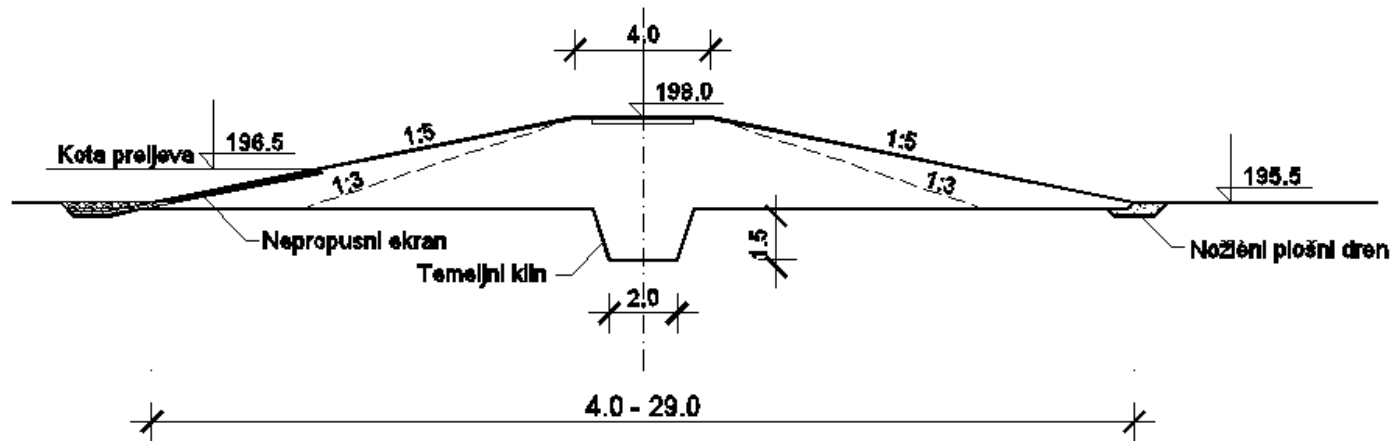


Idejni projekt male retencijske brane

Varijante poprečnog profila

NORMALNI POPREČNI PROFIL: PROMJENJIV NAGIB POKOSA

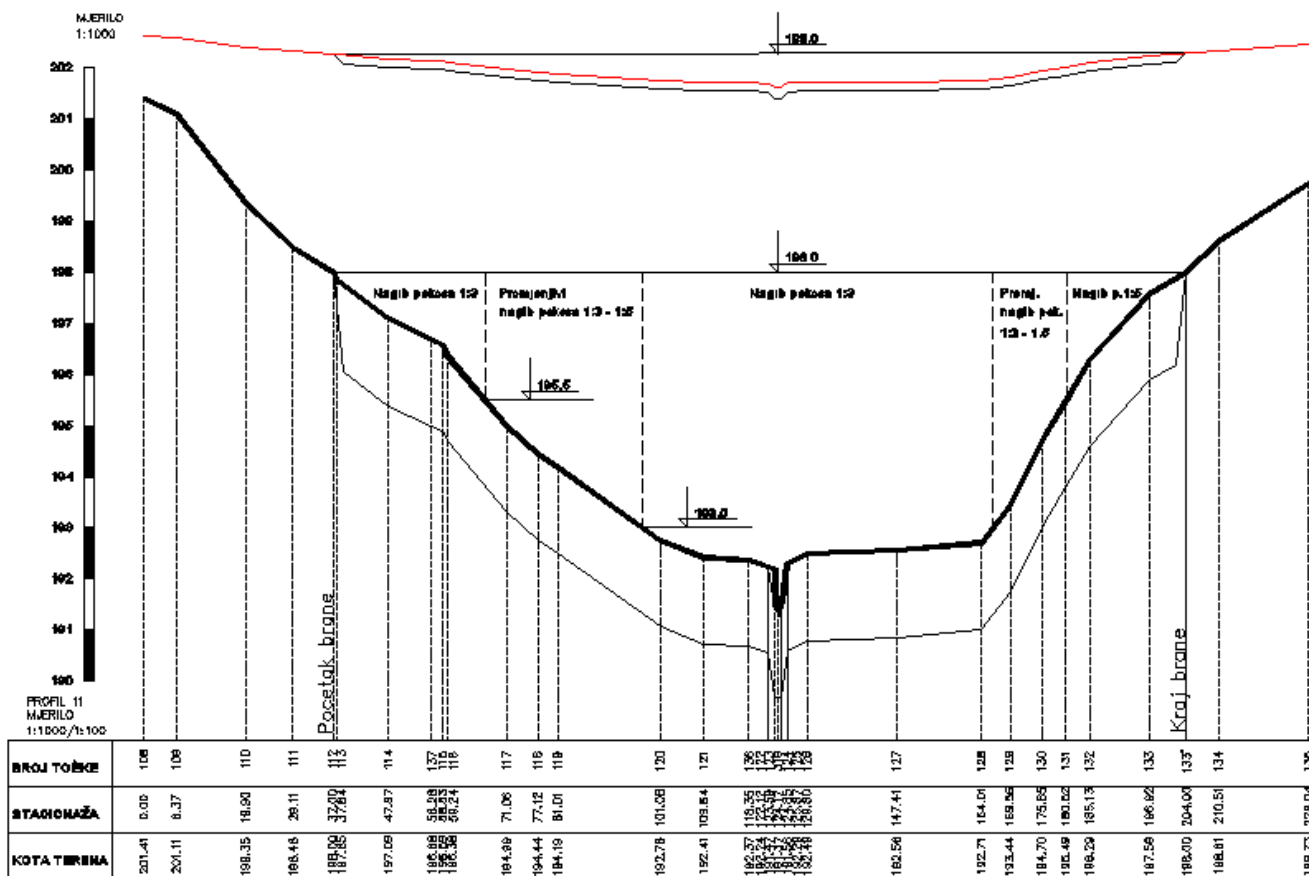
M 1:200



NAPOMENA: Normalni poprečni profil u dolini kao za varijantu s jednoličnim nagibom pokosa

Idejni projekt male retencijske brane

UZDUŽNI PRESJEK KROZ OS BRANE VARIJANTA 2



RETENCIJA VUČKOVEC

SITUACIJA BRANE
M 1:1000
VARIJANTA 1

Oreznani legumi na avakih 10.0 m

Plošni drenovi

1:108.00

1:3

1:2

Nepropustni ekran

Kamena obloga

Pristupna cesta

Potencijalna nalazišta gline

4701.02, 4703, 4704, 4705.01, 4705.02, 4705.03, 4705.04, 4707, 4708, 4709, 4710, 4711, 4712, 4714, 4715, 194, 194.4, 194.6, 194.8, 195, 195.2, 195.4, 195.6, 195.8, 196, 196.2, 196.4, 196.6, 196.8, 197, 197.2, 197.4, 197.6, 197.8, 198, 198.2, 198.4, 198.6, 198.8, 199, 199.2, 199.4, 199.6, 199.8, 200, 4150.0, 4150.2, 4150.4, 4150.6, 4150.8, 4151.0, 4151.2, 4151.4, 4151.6, 4151.8, 4152.0, 4152.2, 4152.4, 4152.6, 4152.8, 4153.0, 4153.2, 4153.4, 4153.6, 4153.8, 4154.0, 4154.2, 4154.4, 4154.6, 4154.8, 4155.0, 4155.2, 4155.4, 4155.6, 4155.8, 4156.0, 4156.2, 4156.4, 4156.6, 4156.8, 4157.0, 4157.2, 4157.4, 4157.6, 4157.8, 4158.0, 4158.2, 4158.4, 4158.6, 4158.8, 4159.0, 4159.2, 4159.4, 4159.6, 4159.8, 4160.0, 4160.2, 4160.4, 4160.6, 4160.8, 4161.0, 4161.2, 4161.4, 4161.6, 4161.8, 4162.0, 4162.2, 4162.4, 4162.6, 4162.8, 4163.0, 4163.2, 4163.4, 4163.6, 4163.8, 4164.0, 4164.2, 4164.4, 4164.6, 4164.8, 4165.0, 4165.2, 4165.4, 4165.6, 4165.8, 4166.0, 4166.2, 4166.4, 4166.6, 4166.8, 4167.0, 4167.2, 4167.4, 4167.6, 4167.8, 4168.0, 4168.2, 4168.4, 4168.6, 4168.8, 4169.0, 4169.2, 4169.4, 4169.6, 4169.8, 4170.0, 4170.2, 4170.4, 4170.6, 4170.8, 4171.0, 4171.2, 4171.4, 4171.6, 4171.8, 4172.0, 4172.2, 4172.4, 4172.6, 4172.8, 4173.0, 4173.2, 4173.4, 4173.6, 4173.8, 4174.0, 4174.2, 4174.4, 4174.6, 4174.8, 4175.0, 4175.2, 4175.4, 4175.6, 4175.8, 4176.0, 4176.2, 4176.4, 4176.6, 4176.8, 4177.0, 4177.2, 4177.4, 4177.6, 4177.8, 4178.0, 4178.2, 4178.4, 4178.6, 4178.8, 4179.0, 4179.2, 4179.4, 4179.6, 4179.8, 4180.0, 4180.2, 4180.4, 4180.6, 4180.8, 4181.0, 4181.2, 4181.4, 4181.6, 4181.8, 4182.0, 4182.2, 4182.4, 4182.6, 4182.8, 4183.0, 4183.2, 4183.4, 4183.6, 4183.8, 4184.0, 4184.2, 4184.4, 4184.6, 4184.8, 4185.0, 4185.2, 4185.4, 4185.6, 4185.8, 4186.0, 4186.2, 4186.4, 4186.6, 4186.8, 4187.0, 4187.2, 4187.4, 4187.6, 4187.8, 4188.0, 4188.2, 4188.4, 4188.6, 4188.8, 4189.0, 4189.2, 4189.4, 4189.6, 4189.8, 4190.0, 4190.2, 4190.4, 4190.6, 4190.8, 4191.0, 4191.2, 4191.4, 4191.6, 4191.8, 4192.0, 4192.2, 4192.4, 4192.6, 4192.8, 4193.0, 4193.2, 4193.4, 4193.6, 4193.8, 4194.0, 4194.2, 4194.4, 4194.6, 4194.8, 4195.0, 4195.2, 4195.4, 4195.6, 4195.8, 4196.0, 4196.2, 4196.4, 4196.6, 4196.8, 4197.0, 4197.2, 4197.4, 4197.6, 4197.8, 4198.0, 4198.2, 4198.4, 4198.6, 4198.8, 4199.0, 4199.2, 4199.4, 4199.6, 4199.8, 4200.0, 4200.2, 4200.4, 4200.6, 4200.8, 4201.0, 4201.2, 4201.4, 4201.6, 4201.8, 4202.0, 4202.2, 4202.4, 4202.6, 4202.8, 4203.0, 4203.2, 4203.4, 4203.6, 4203.8, 4204.0, 4204.2, 4204.4, 4204.6, 4204.8, 4205.0, 4205.2, 4205.4, 4205.6, 4205.8, 4206.0, 4206.2, 4206.4, 4206.6, 4206.8, 4207.0, 4207.2, 4207.4, 4207.6, 4207.8, 4208.0, 4208.2, 4208.4, 4208.6, 4208.8, 4209.0, 4209.2, 4209.4, 4209.6, 4209.8, 4210.0, 4210.2, 4210.4, 4210.6, 4210.8, 4211.0, 4211.2, 4211.4, 4211.6, 4211.8, 4212.0, 4212.2, 4212.4, 4212.6, 4212.8, 4213.0, 4213.2, 4213.4, 4213.6, 4213.8, 4214.0, 4214.2, 4214.4, 4214.6, 4214.8, 4215.0, 4215.2, 4215.4, 4215.6, 4215.8, 4216.0, 4216.2, 4216.4, 4216.6, 4216.8, 4217.0, 4217.2, 4217.4, 4217.6, 4217.8, 4218.0, 4218.2, 4218.4, 4218.6, 4218.8, 4219.0, 4219.2, 4219.4, 4219.6, 4219.8, 4220.0, 4220.2, 4220.4, 4220.6, 4220.8, 4221.0, 4221.2, 4221.4, 4221.6, 4221.8, 4222.0, 4222.2, 4222.4, 4222.6, 4222.8, 4223.0, 4223.2, 4223.4, 4223.6, 4223.8, 4224.0, 4224.2, 4224.4, 4224.6, 4224.8, 4225.0, 4225.2, 4225.4, 4225.6, 4225.8, 4226.0, 4226.2, 4226.4, 4226.6, 4226.8, 4227.0, 4227.2, 4227.4, 4227.6, 4227.8, 4228.0, 4228.2, 4228.4, 4228.6, 4228.8, 4229.0, 4229.2, 4229.4, 4229.6, 4229.8, 4230.0, 4230.2, 4230.4, 4230.6, 4230.8, 4231.0, 4231.2, 4231.4, 4231.6, 4231.8, 4232.0, 4232.2, 4232.4, 4232.6, 4232.8, 4233.0, 4233.2, 4233.4, 4233.6, 4233.8, 4234.0, 4234.2, 4234.4, 4234.6, 4234.8, 4235.0, 4235.2, 4235.4, 4235.6, 4235.8, 4236.0, 4236.2, 4236.4, 4236.6, 4236.8, 4237.0, 4237.2, 4237.4, 4237.6, 4237.8, 4238.0, 4238.2, 4238.4, 4238.6, 4238.8, 4239.0, 4239.2, 4239.4, 4239.6, 42

Hidrotehnički nasipi - projektiranje

FAZE PROJEKTIRANJA 2

- **Glavni projekt** : detaljni geotehnički istražni radovi duž trase nasipa i na mogućim nalazištima, konačna koncepcija rješenja + zadovoljenje uvjeta iz lokacijske dozvole, utvrđuje se projektni profil nasipa, prometnica, geotehnički proračuni, količine gradiva u nasipu i nalazištima, projekt jamstva/kontrole kakvoće i opažanja
- **Građevna dozvola**

Hidrotehnički nasipi - projektiranje

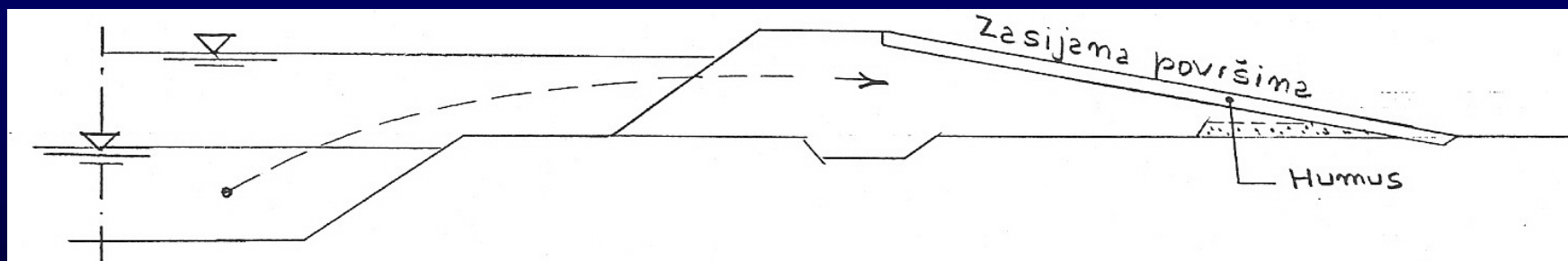
FAZE PROJEKTIRANJA 3

- **Izvedbeni projekt** : dopunski- ciljani istražni radovi za određena područja, definitivni profili nasipa po dionicama, projekt uređenja krune nasipa, oblikovanje i uređenje, te zaštita pokosa nasipa, detaljna rješenja drenažnih sustava
- Izrada detaljnih planova otvaranja nalazišta, priprema gradiva za transport i ugradnju; rješenja završnog uređenja okoliša; detaljni projekti postavljanja repera i piezometara; detalji otješnjenja podzemlja i odušnih bunara (ako se provodi); opis pokusnih polja za tehnologiju ugradnje; opis nadzorne službe nad radovima, vrste, učestalost i količina kontrolnih pokusa u nalazištu i na mjestu ugradnje
- Rješenja zaštite gradilišta od predvidivog poplavnog vala, gradilišni pristupi, izvedba kanala za uzdužnu odvodnju procjednih i oborinskih voda

Hidrotehnički nasipi - projektiranje

PROJEKTNA RJEŠENJA ZA DIJELOVE NASIPA 1

- Detaljni poprečni profil nasipa po dionicama – razne visine nasipa, promjene sastava tla u podlozi, promjene gradiva u nalazištima; prilazne i prijelazne rampe; količine gradiva u nasipu i iskopima (balans masa); npr. kod iskopa kanala s viškom materijala u odnosu na nasip nizvodni pokosi mogu biti u vrlo blagom nagibu – moguće iskorištenje za poljoprivredu (strojevi – neefikasni na strmim pokosima)



Hidrotehnički nasipi - projektiranje

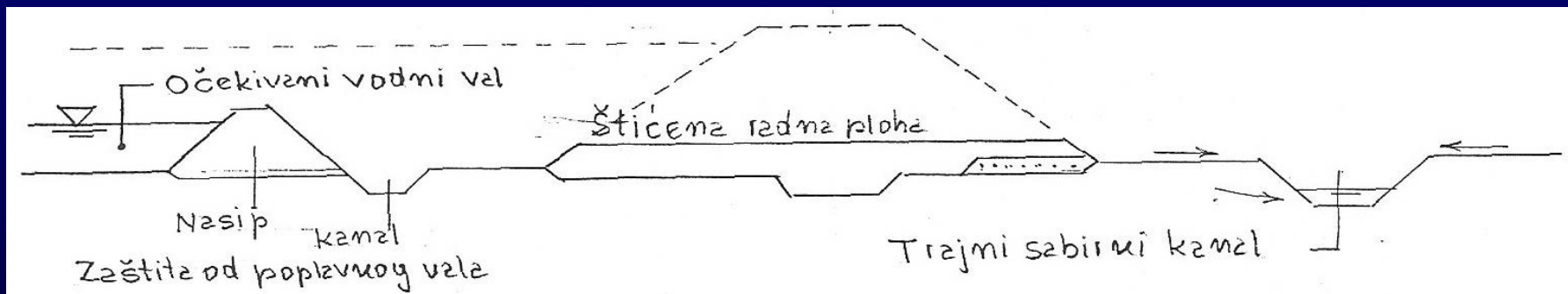
PROJEKTNA RJEŠENJA ZA DIJELOVE NASIPA 2

- Čišćenje terena od drveća i šiblja, panjevi i korijenje – prodaja, ustupanje; projektom se predviđa/procjenjuje broje većeg drveća (šumari !)
- Skidanje humusa duž trase i u nalazištima; projektom predvidjeti debljinu skidanja humusa po dionicama i njegovu namjenu (trajno ili privremeno odlaganje – oblaganje pokosa)
- Zatrpavanje iskopa u nalazištima; uređenje terena uz nasipe devastiranog gradnjom – povrat poljoprivredi ili drugoj planiranoj namjeni

Hidrotehnički nasipi - projektiranje

PROJEKTNA RJEŠENJA ZA DIJELOVE NASIPA 3

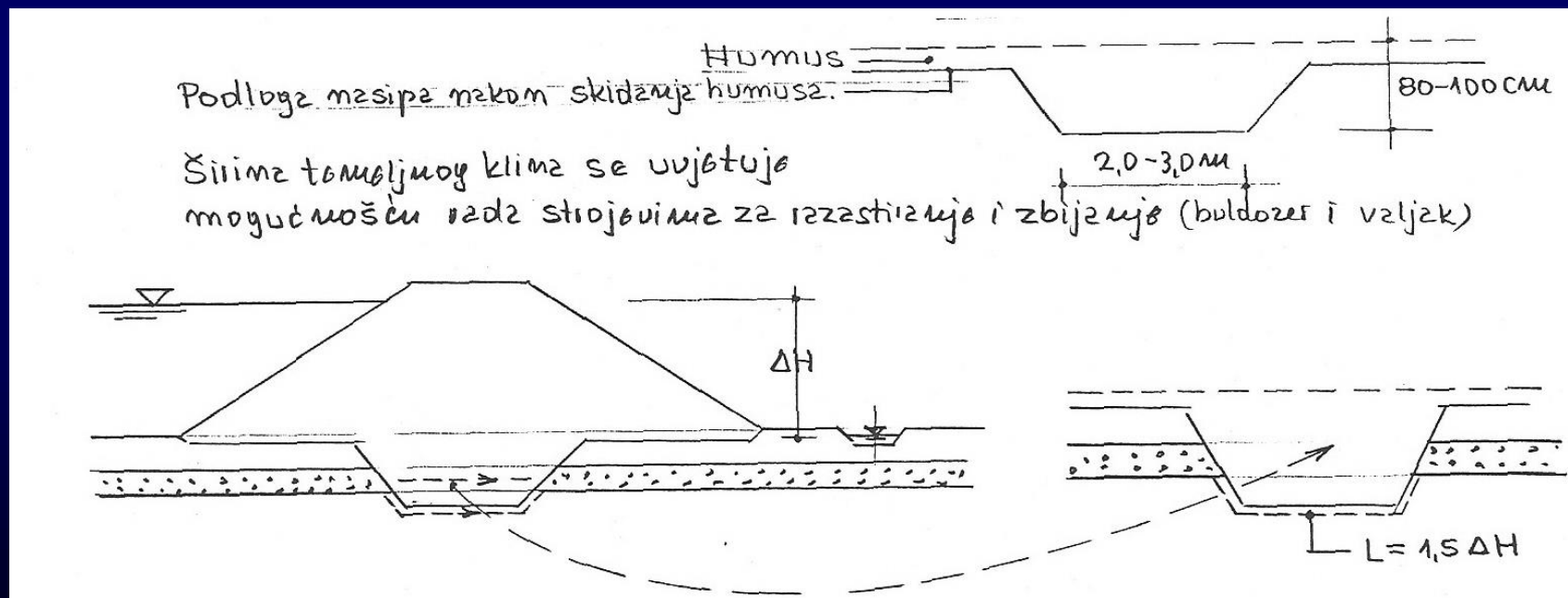
- Izvedba privremenih ili trajnih objekata za zaštitu gradilišta od oborinskih i poplavnih voda; privremeni zaštitni nasipi na uzvodnoj strani; privremeni ili trajni sabirni kanali za prihvatanje voda, odnosno za sniženje razine podzemne vode kako bi se podloga mogla dobro uvaljati



Hidrotehnički nasipi - projektiranje

PROJEKTA RJEŠENJA ZA DIJELOVE NASIPA 4

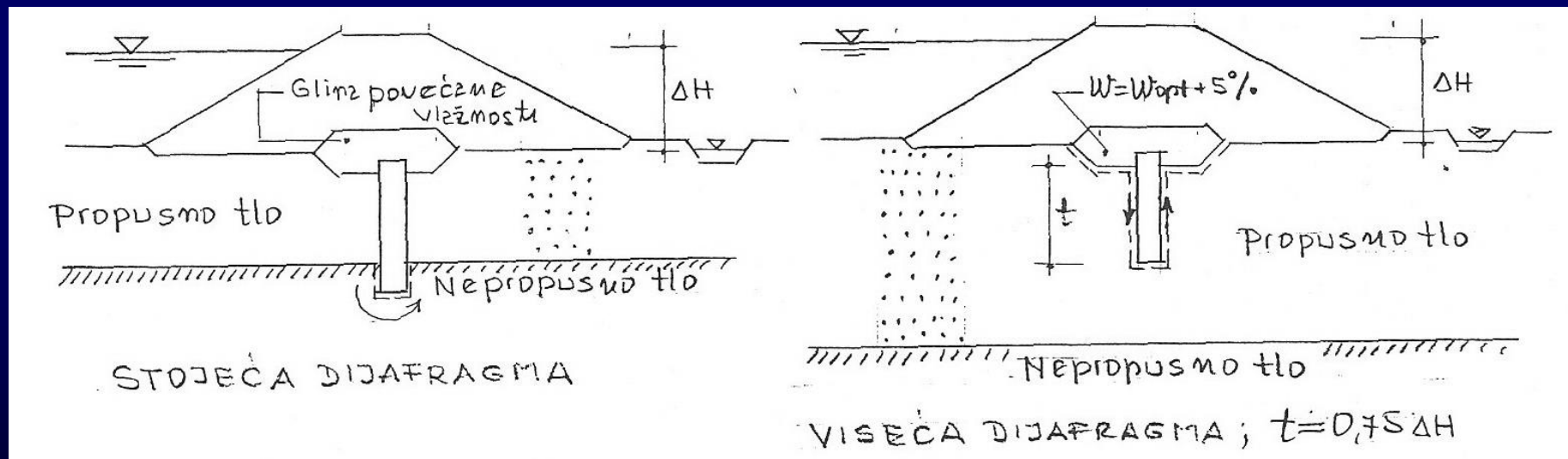
- Temeljni klin – za presijecanje kanalića (rovova) životinja u površinskom dijelu tla (krtice, štakori, rovci, lisice, voluharice....) ili za presijecanje propusnih slojeva pijeska ili šljunka manje debljine i na manjoj dubini



Hidrotehnički nasipi - projektiranje

PROJEKTNA RJEŠENJA ZA DIJELOVE NASIPA 5

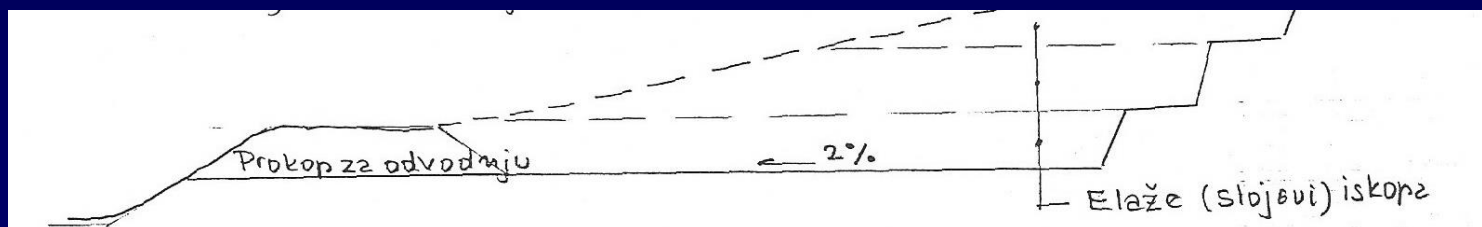
- Otješnjenje podzemlja glinobetonskom dijafragmom ili zavjesom npr. jet-grouting (mlazno injektiranje) u slučaju velike debljine propusnih slojeva i veće visine nasipa



Hidrotehnički nasipi - projektiranje

PROJEKTNJA RJEŠENJA ZA DIJELOVE NASIPA 6

- **Projekt organizacije i korištenje nalazišta gradiva za izgradnju nasipa**
 - otkrivanje nalazišta i odlaganje neuporabivog pokrovnog materijala
 - oblikovanje radnih i trajnih pokosa iskopa u skladu s budućom namjenom lokacije nalazišta

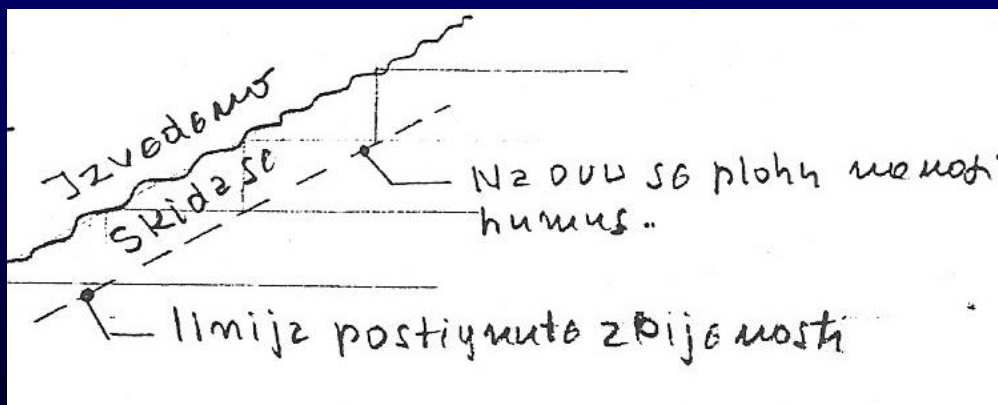


- tehnologija pripreme gradiva (gline ili miješanih materijala) za ugradnju ako prirodna vlažnost nije optimalna ili blizu nje (+3%)
 - ...Izoravanje plugovima te sušenje ili vlaženje, naguravanje na hrpu radi homogenizacije vlažnosti i sastava
- Organizacija prometa kružnim tokovima –
- Kontrolna ispitivanja vlažnosti na nalazištu prije izoravanja i nakon homogenizacije

Hidrotehnički nasipi - projektiranje

PROJEKTA RJEŠENJA ZA DIJELOVE NASIPA 7

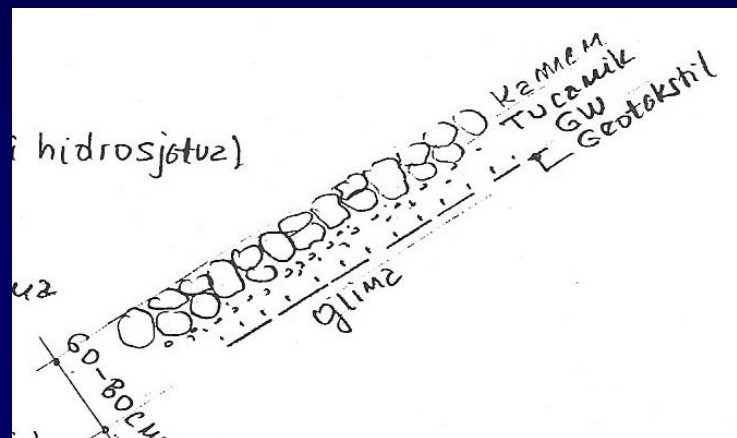
- Izgradnja tijela nasipa (ugradnja zemljanih materijala)
 - dovoz na mjesto ugradnje
 - razastiranje dozerima u uzdužnom smjeru nasipa
 - zbijanje (valjanje, kompaktiranje) odgovarajućom mehanizacijom u slojevima – vrsta stroja, debljina slojeva, broj prijelaza
 - zaštita izvedenih radova za vrijeme prekida - kiše, smrzavice ili poplave (.. skidanje zadnjeg nasutog sloja, odvoz sušenje, ponovna ugradnja); u slučaju planiranog prekida – izvedba tanjeg zaštitnog sloja u padu 2%
- Oblikovanje profila nasipa – nasipavanje preko profila, skodanje viška buldozerima, oblaganje humusom, valjanje po kosini



Hidrotehnički nasipi - projektiranje

PROJEKTNA RJEŠENJA ZA DIJELOVE NASIPA 8

- Zaštite pokosa nasipa
 - Uzvodni – zatravnjenje (klasično ili hidrosjetva); obloga kamenom; obloga betonskim pločama
 - Nizvodni - zatravnjenje



- Berme na pokosima
 - usporavaju tok vode po pokosu
 - vodu odvode uzdužno koja se mjestimično ispušta poprečno do nožice nasipa
- Kruna nasipa – samo zatravnjena ili cesta (makadam ili asfalt)
- **KONTROLNA ISPITIVANJA** – propisuju se projektom