

UDK 550.8:627.81(282.243.743)=863

Osnovna geološka slika k načrtovanju in h gradnji verige hidroelektrarn na Savi v Sloveniji

Basic geological features to the design of a hydroelectric power system along the river Sava in Slovenia

Ljubo Žlebnik

Geološki zavod, 61000 Ljubljana, Parmova 33

Kratka vsebina

V urbanizirani in industrializirani dolini Save v Sloveniji ni prostora za veliko akumulacijsko jezero. Naraščajoča zahteva po energiji narekuje izgradnjo verige hidroelektrarn, ki bi obratovala z nizkimi padci. Med Tacnom pri Ljubljani in Mokricami na slovensko-hrvaški meji bi po načrtu zgradili 16 energetskih stopenj: Tacen, Ježica, Šentjakob, Zalog, Jevnica, Kresnice, Ponoviče, Renke, Trbovlje, Suhadol, Vrhovo, Boštanj, Blanca, Krško, Brežice in Mokrice. Avtor obravnava geološke razmere lokacij in geotehnične pogoje za temeljenje jezov, strojnic ter dovodnih in odvodnih kanalov. Opozarja na varstvo okolja, zlasti na zaščito obstoječih glavnih prometnic, tovarn, naselij in njihovih vodovodnih naprav v zvezi z višjo gladino podtalnice.

Abstract

In the urbanized and industrialized Sava Valley of Slovenia no one large storage lake can be impounded. Ever increasing requirements for energy suggest the construction of an hydroelectrical system consisting of 16 dams of small volume contents following one another in corresponding sequence imposed by geological, technical and environmental conditions. In the interval from Tacen near Ljubljana to Mokrice at the Slovene-Croatian border the following dams using low head are under design: Tacen, Ježica, Šentjakob, Zalog, Jevnica, Kresnice, Ponoviče, Renke, Trbovlje, Suhadol, Vrhovo, Boštanj, Blanca, Krško, Brežice and Mokrice. The author considers the nature of the foundations on which it is proposed to build the dams, power houses, headwater and spillway channels. Attention is given to take under protection the existing highway and railway lines, industries, settlements and their water supply in connection with a higher underground water table.

Inženirskogeološki in hidrogeološki problemi v zvezi s projektiranjem in gradnjo posameznih hidroenergetskih stopenj

Sl. 1

HE Tacen

Jez HE Tacen je predviden približno en km nad cestnim mostom čez Savo v Tacnu. Profil jezú doslej še ni bil raziskan, pač pa so v bližini izvrtali več vrtin po programu hidrogeoloških raziskav za izvedbo drenažnega zajetja na desnem bregu Save. Po podatkih teh vrtin je debelina prodnih naplavin na desnem bregu največ pet metrov, v strugi Save pa še manj. Tudi na levem bregu so prodne naplavine debele le nekaj metrov. Pod prodnimi naplavinami leži karbonski glinasti skrilavec z vmesnim peščenjakom.

Jez bo treba temeljiti na nepreperem karbonskem glinastem skrilavcu in peščenjaku. Pri temeljenju zgradbe ni pričakovati znatnega posedanja, razen v primeru debelejših vložkov gline med skrilavcem. Glina nastaja po preperevanju skrilavca, zato je treba z njo računati ter raziskati velikost posedanja zgradbe in možnost zdrsa v temeljnih tleh.

Izkop gradbene jame ne bo težaven, ker bo mogoče tenko prodno plast zatesniti z obodnim zidom in nato kopati v skrilavcu in peščenjaku na suhem. Če prevladuje v temeljnih tleh glinasti skrilavec, bo možno kopati z ripanjem.

V primeru, da so vrhnje plasti skrilavca in peščenjaka razpokane in prepustne, jih bo treba zatesniti z injekcijsko zaveso, kolikor to ne bo možno, pa z betonskim zidom ali na kak drug način. Injiciranje skrilavca je namreč zelo problematično, zato bo potrebno poizkusno injiciranje pred izvedbo tesnilnih del.

Obe prodni terasi na bokih jezú bo treba zatesniti. Tesnilna stena naj bi potekala vzdolž obeh nasipov in naj bi segala do skrilavca. Ker je prodna plast na obeh bregovih sorazmerno tanka (ne presega pet metrov), izvedba tesnitve ne bo težka. Tesnilno steno bo treba na levem bregu podaljšati do visoke terase v Vikrčah okrog en km navzgor, na desnem bregu pa do visoke terase v Mednem okrog 700 m navzgor. Na obeh bregovih je namreč površje terase nižje od predvidene zaježitve, zato bi bile brez tesnitve ogrožene zgradbe na obeh bregovih. Morda bi zadostovala tudi vzdolžna drenažna kanala, kolikor bodo nadaljnje raziskave pokazale, da prod ni preveč prepusten. Po podatkih črpalnega poizkusa v poizkusni drenaži na desnem bregu v Mednem je vrednost koeficienta prepustnosti prodnega zasipa $k = 4.10^{-3}$ m/s.

Strojnica je predvidena nekoliko više od sedanje elektrarne. Zgradba bo temeljena na karbonskem glinastem skrilavcu in peščenjaku, ki ležita plitvo pod površjem, pod tanko plastjo proda. Plasti so srednje strmo nagnjene proti toku Save. Temelje zgradbe je treba postaviti na neprepereli glinasti skrilavec in peščenjak, da se izognemo posedanju zgradbe.

Akumulacijski bazen bo segal do Medvod. V nizvodnem delu bo obdan na obeh bregovih z nasipoma, kajti površje prodnih teras, po katerih bosta potekala nasipa, je nižje od predvidene zaježitve na koti 308 m. Ker je prod zelo prepusten, ga bo treba bodisi zatesniti s tesnilno steno do plitvo ležeče podlage ali pa izvesti obodna drenažna kanala, da se prepreči dvig gladine podtalne vode v zaledju, ki bi sicer poplavlila številne zgradbe.

Tudi v osrednjem delu bazena je površje nizke prodne savske terase na obeh bregovih sorazmerno nizko, na koti 308 do 310 m. Zaradi dviga gladine podtalne vode v produ zunaj bazena bodo ogroženi kletni prostori nekaterih niže ležečih zgradb, predvsem na desnem bregu. Zato bodo potrebni ustrezni ukrepi za znižanje gladine podtalnice v zaledju bazena.

V nizvodnem delu bazena bo pri Mednem preplavljeno drenažno zajetje mestnega vodovoda v Ljubljani, iz katerega se bo v bližnji prihodnosti črpala voda za umetno bogatenje podtalne vode na Ljubljanskem polju. Zato mora projektant predvideti nadomestno zajetje. Če bo zgrajen vzdolž desnega obrežnega nasipa drenažni kanal, bo verjetno možno uporabiti precejeno vodo iz bazena, ker bo mehansko dovolj prečiščena za umetno bogatenje podtalnice.

HE Ježica

Jez in strojnica HE Ježica sta predvidena okrog 200 m navzgor od cestnega mostu v Črnučah. Profil jezusa doslej še ni bil raziskan, po terenskem ogledu pa je mogoče sklepati, da sestojita oba bregova in dno struge iz karbonskega glinastega skrilavca in peščenjaka, ki ju na bregovih in v strugi prekriva tenka plast prod.

Jez in strojnico bo treba temeljiti na neprepereli glinasti skrilavec in peščenjak. Pri temeljenju zgradbe ni pričakovati znatnega posedanja, če ni med skrilavcem debelejših vložkov gline, nastale po preperevanju skrilavca. Zaradi možnosti glinastih vložkov bo treba pri nadaljnjem projektiranju upoštevati varnost proti zdrsu v temeljnih tleh pod zgradbo.

Izkop gradbene jame ne bo težaven, ker bo mogoče tenko prodno plast zatesniti z obodnim zidom in nato kopati v skrilavcu in peščenjaku na suhem. V primeru, da prevladuje skrilavec brez debelejših plasti kremenovega peščenjaka, bo možno uporabiti težki buldožer in odstreljevanje ne bo potrebno.

Če bodo nadaljnje raziskave pokazale, da sta skrilavec in peščenjak močno tektonsko razpokana in prepustna, ju bo treba zatesniti z injiciranjem, kolikor pa to ne bo možno, z betonskim zidom ali na kak drug način. V nasprotnem primeru je pričakovati izpiranje temeljnih tal, kar bi lahko po daljšem času povzročilo poškodbe na zgradbi.

Obe prodni terasi na bokih jezusa in strojnice bo treba zatesniti. Na levem boku naj bi segala tesnilna stena vzdolž bočnega nasipa do pobočja, ki sestoji iz neprepustnega glinastega skrilavca in peščenjaka. Na desnem boku naj bi potekala tesnilna stena vzdolž bočnega nasipa dovolj daleč navzgor; pri tem se bodo podaljšale tokovnice izcejajoče se vode, hidravlični strmec pa zmanjšal in ne bo nevarnosti izpiranja drobnih frakcij prod. Seveda bo treba na zunanji strani nasipov izkopati tudi drenažni kanal, v katerega se bo izlivala voda, ki se bo kljub tesnitvi precejala skozi nasip in pod nasipom. Na levem bregu je prodna plast tanka, zato ne bo težko izvesti tesnilne stene. Na desnem bregu je prodna plast tik savske struge tenka; debeli se pa proti toku in proti notranjosti terase; zato bo izvedba tesnilne stene težja. Morda bo zadostovala tudi viseča stena, ki ne bo segala do podlage, kar pa bodo pokazale nadaljnje raziskave.

Akumulacijski bazen bo segal do Tacna. V zgornjem delu bo ostala zajezena reka v glavnem v sedanji strugi, ker sta bregova visoka, v osrednjem in niz-

vodnem delu pa bo bazen dosegel širino 500 do 800 m. Na levem bregu bo segla zajezena voda do vznožja Stražkega hriba in ježe terase pod Spodnjimi Gamelj-nami. Na desnem bregu je površje nizke savske terase nižje od zaježitve na koti 295,0 m, zato je na tem bregu predviden bočni nasip dolg okrog tri km. Nasip bo temeljen na produ, kajti po podatkih hidrogeoloških raziskav na Ljub-ljanskem polju na produ ni površinske peščenomeljne plasti. V zvezi s tem se ponuja kot najprimernejša rešitev tesnitev prodnih tal pod nasipom, da bi pre-prečili velike vodne izgube in izpiranje drobnih frakcij iz prodnih tal. Po dosedanjih podatkih je neprepustna podlaga prodnih naplavin v zgornjem od-seku nasipa na koti 270 m, v osrednjem pa na koti okrog 280 m. Proti strojnici se pa dvigne na koto okrog 285 m. Iz tega lahko sklepamo, da je v zgornjem odseku prodna plast debela okrog 25 m, v osrednjem 15 m, v nizvodnem pa le nekaj metrov. Na zgornjem odseku ne bo možno izvesti tesnilne stene do nepre-pustne podlage zaradi vložkov konglomerata v globlje ležečih zbitih prodnih plasteh in bo obvisela nad podlago, pač pa jo bo verjetno mogoče izdelati na osrednjem in nizvodnem odseku, kolikor tod ni konglomeratnih vložkov. Dre-nažni kanal na zunanji strani nasipa verjetno ne bo potreben, kajti podatki o podtalni vodi na tem območju kažejo, da je njen tok usmerjen od Save proti notranjosti terase, zaradi česar njena gladina strmo pada od rečne struge proti notranjosti terase. Pri sedanjem stanju je gladina podtalne vode vzdolž pred-videnega nasipa v globini okrog 5 m pod površjem pri nizkem vodostaju Save. Pri visokem vodostaju Save naraste za dva do tri metre. V razdalji enega km od Save je gladina podtalne vode že 12 do 13 m globoko pod površjem.

Območje Roj, kjer je predviden desni bočni nasip, je po dosedanjih podatkih najvažnejše infiltracijsko območje podtalne vode, iz katerega se napaja vodarna v Klečah. Zato bi zatesnitev prodnih naplavin pod nasipi, skozi katere prenika rečna voda v podtalnico in jo napaja, povzročila izredno močan padec izdatno-sti vodnjakov v Klečah ter s tem resne motnje v preskrbi Ljubljane z vodo. Zato tesnitev prodnih tal pod nasipi verjetno ne bo prišla v poštev. Primernejša rešitev bi bila podaljšanje asfaltne obloge vodne brežine nasipa, morda 100 m daleč v dno bazena. S tem se bo podaljšala pot prenikujoče vode iz bazena, zmanjšal hidravlični strmec in s tem zmanjšala hitrost prenikujoče vode v prod-nih tleh pod nasipi do te mere, da ne bo izpirala drobnih delov v prodni plasti. Vzporedno se bodo zmanjšale tudi vodne izgube. Na zunanjem obodu nasipa bo seveda treba izkopati drenažni kanal, v katerega bo iztekal del prenikujoče vode, večji del bo seveda odtekal proti črpališču v Klečah.

Kolikor se bo bazen v teku obratovanja zablatil, se bo zmanjšala infiltracija rečne vode v podtalnico, s tem pa bo močno padla izdatnost vodnjakov v Klečah. V tem primeru bo treba zgraditi ustrezne naprave za umetno bogatenje pod-talnice iz bazena, tj. infiltracijske bazene in čistilne naprave za mehansko čišče-nje savske vode.

Na levem bregu bo zajezena voda segala v nizvodnem delu do pobočja Stražkega hriba. Pobočje sestoji iz glinastega skrilavca in peščenjaka ter gli-naste preperine. Ker bo segala zajezitev le do vznožja strmega dela pobočja, verjetno ne bo povzročila plazenja glinaste preperine, kar bi lahko ogrozilo cesto Črnuče—Gameljne. Pri nadaljnjem projektiranju bo treba ta del bazena nadrobno geološko in geomehansko raziskati.

HE Šentjakob

Jez in strojnica HE Šentjakob sta predvidena približno 1,5 km navzgor od cestnega mostu čez Savo v Šentjakobu. Zgradba bo postavljena na nizki prodni terasi na levem bregu Save. Profil jezu doslej še ni raziskan. Iz podatkov bližnje vrtine Ja-2, oddaljene okrog 300 m od mesta strojnice, sklepamo, da sestoji na vrhu do globine 8 m iz čistega savskega peščenega proda, globlje pa se menjavajo plasti zbitega peščenega proda s plastmi meljastega proda in tenkimi vložki konglomerata in gline. Kameninska podlaga sestoji iz glinastega skrilavca in leži v globini 44 m. Zato zgradbe ne bo mogoče temeljiti nanjo, ker je globina prevelika. Vsekakor bo treba temelje jezu in strojnice postaviti na zbiti prod, ki leži globlje od 8 m, do koder sega sorazmerno rahlo odložen in zelo prepusten peščen prod. Zgornji, rahlo odloženi prod je znan povečini kot mlajši zasip, spodnji, zbiti prod z vložki konglomerata pa kot starejši zasip.

Posedanja zgradbe na zbitem produ ni pričakovati v znatnejši meri, razen v primeru večjih in debelejših leč gline v produ, kar bo treba med nadaljnjim projektiranjem nadrobno raziskati. Tudi zdrsa temeljnih tal pod zgradbo ni pričakovati.

Izkop gradbene jame za jez in strojnico bo izredno težaven zaradi dotoka vode. Po doslej znanih podatkih je povprečna vrednost koeficienta prepustnosti zgornjega, peščenega proda in spodnjega, zbitega proda $k = 7 \cdot 10^{-3}$ do $1 \cdot 10^{-2}$ m/s. Kopanje v zgornjem, peščenem produ bo možno mehanizirati in istočasno izčrpati vodo, medtem ko bo kopanje v zbitem produ težavnejše zaradi konglomeratnih vložkov. Pri nadaljnjem projektiranju bo treba nadrobno preučiti prepustnost zgornjega in spodnjega proda, nadalje tudi nevarnost izpiranja drobnih frakcij v temeljnih tleh zaradi dotekanja vode skozi dno gradbene jame in možnosti loma tal zaradi dokajšnje heterogenosti (menjavanje proda z vložki gline in konglomerata) ter velikih hidravličnih gradientov. V tem primeru bo treba okrog gradbene jame izkopati vrsto vodnjakov, iz katerih se bo črpala voda in s tem znižala vodna gladina v jami tako, da bo možen izkop na suhem.

Ker sta tako zgornji kot spodnji prod močno prepustna, bo treba temeljna tla pod zgradbo in vzdolž bokov zatesniti, da bi preprečili velike vodne izgube in izpiranje drobnih delov v prodnih naplavinah, kar bi lahko ogrozilo stabilnost zgradbe. Najbolje bi bilo izvesti tesnitev do neprepustne podlage, tj. do globine okrog 40 m. Na bokih bo mogoče izvesti tesnilno steno skozi osem metrov debelo plast rahlo odloženega proda do zbitega proda, globlje bo treba tla injicirati. Jez in strojnica bosta temeljena na zbitem produ in bo treba tesniti temeljna tla pod zgradbo le z injiciranjem. Globino in dolžino injekcijske zavese vzdolž bočnih nasipov bo mogoče določiti šele po rezultatih raziskovalnih del in poizkusnega injekcijskega polja.

Odvodni kanal od jezu in strojnice bo dolg približno 1,5 km in bo izkopen v produ. Izkop bo možen z mehanizacijo pod vodno gladino in ne bo težaven.

Akumulacijski prostor bo na najširšem mestu dosegel 900 m in bo zajel nizko savsko prodno teraso na levem in desnem bregu Save. Površje nizke terase je vse do hipodroma v Tomačevem nižje od predvidene zaježitve na koti 286 m, zato bo na tem območju bazen obdan z bočnimi nasipi tako na levi kot na desni strani. Nasipi bodo zgrajeni na produ, ker vrhnja peščenomeljna plast tod ni bila odložena. Zaradi velike prepustnosti prodnih naplavin bodo vodne izgube

iz bazena izredno velike, razen tega pa grozi izpiranje drobnih frakcij iz prodnih temeljnih tal pod nasipi, kar bi ogrozilo same nasipe. Tesnitev prodnih naplavin s tesnilno steno do neprepustne podlage ni možna zaradi velike globine 40 do 70 m pod površjem. Razen tega je vprašljiva izvedba tesnilne stene v spodnjem, zbitemrodu z vložki konglomerata. Možna je površinska tesnitev bazena na podoben način kot pri HE Ježica, tako da se asfaltna obloga vodnih brežin nasipov podaljša za okrog 100 m daleč v dno bazena. Na zunanji strani nasipov bo treba izkopati drenažna kanala; vanju bo dotekal del precejne vode iz bazena, večji del bo odtekal proti črpališču v Hrastju, ker teče podtalna voda od Save proti Šmartnemu in Hrastju.

Podobno kot pri HE Ježica, je območje med Tomačevim in Šmartnim glavno infiltracijsko območje podtalne vode za napajanje vodarne v Hrastju. Zato bo vsako zmanjšanje infiltracije rečne vode v podtalnico povzročilo močan padec izdatnosti vodnjakov v Hrastju in otežilo preskrbo vzhodnega dela Ljubljane z vodo. To se bo zgodilo v primeru, če se bo akumulacijski bazen zablatil. Tedaj bo treba zgraditi naprave za umetno bogatenje podtalnice, mehanske čistilne naprave in ponikovalne bazene.

Na levem bregu Save je v Jarškem brodu predvideno novo črpališče ljubljanskega vodovoda z zmogljivostjo okrog 200 l/s. Z bazenom v predvidenih mejah bo to črpališče preplavljeno in ga bo treba nadomestiti na drugi lokaciji na istem bregu Save, vendar zunaj meja bazena.

Na desnem bregu je nizka terasa pod Tomačevim gosto zazidana, vendar povečini na črno. Površje terase je na koti 283 do 285 m, torej niže od zaježitve. Površinska tesnitev bazena in drenažni kanal bosta preprečila dvig gladine podtalnice, ki bi sicer preplavila kletne prostore hiš.

HE Zalog

Jez in strojnica HE Zalog sta predvidena na nizki prodni terasi na desnem bregu Save približno 700 m navzgor od sotočja z Ljubljano. Območje jezu in strojnice doslej še ni bilo preiskano, pa tudi v bližini ni nobenih podatkov vrtin, ki bi dosegle kameninsko podlago iz karbonskega skrilavca in peščenjaka. Najbližje vrtine so na območju predvidene čistilne naprave v Zalogu in so oddaljene od jezu okrog 500 m. Vrtine so bile globoke povprečno šest metrov in na koti 263 m še niso dosegle podlage. Gladina podtalne vode je bila 0,5 do 2,5 m pod površjem (nizek vodostaj Save). Iz obstoječih podatkov torej ni mogoče sklepati, ali bo mogoče jez in strojnico temeljiti na glinasti skrilavec in peščenjak. Kolikor je ta podlaga v veliki globini, bo treba zgradbo temeljiti na zbiti prod z vložki konglomerata (starejši zasip). Debelina mlajšega zasipa ni znana, verjetno pa ni dosti večja od pet metrov.

Če sta glinasti skrilavec in peščenjak v dostopni globini, bodo pogoji temeljenja enaki kot pri HE Tacen in HE Ježica. Zaradi možnih debelejših vložkov gline v skrilavcu bo treba v tem primeru preučiti varnost proti zdrsu temeljnih tal pod zgradbo in izračunati velikost posedanja.

V primeru temeljenja na zbiti prod z vložki konglomerata in gline je pričakovati velike težave pri izkopu gradbene jame zaradi močnega dotoka vode, nevarnosti izpiranja drobnih frakcij proda in eventualne možnosti loma tal, podobno kot pri jezu in strojnici HE Šentjakob. Pri izkopu gradbene jame bo

najprimerneje izdelati okrog nje vrsto vodnjakov, iz katerih se bo črpala voda in s tem znižala vodna gladina v jami tako, da bo možen izkop na suhem. Zaradi velike prepustnosti temeljnih tal bo treba v tem primeru izvesti injekcijsko zaveso do neprepustne podlage pod celotno zgradbo in jo podaljšati še pod oba bočna nasipa. Globino in dolžino zaveso vzdolž bočnih nasipov bo mogoče določiti šele po raziskovalnih delih.

Odvodni kanal, izkopen v produ od jez in strojnice do sotočja Save, Ljubljanice in Kamniške Bistrice, bo dolg približno 700 m. Izkop bo možno mehanizirati tudi pod vodno gladino.

Akumulacijski prostor bo zajel v osrednjem in nizvodnem delu nizko savsko teraso, v zgornjem delu pa bo povečini v mejah sedanje struge. V nizvodnem delu bo širok okrog 400 m, navzgor pa bo vse ožji. Površje nizke terase je na višini 266 m v nizvodnem delu bazena in na višini 272 m v osrednjem delu bazena. Zajezev bo na koti 276 m, zato bo treba na obeh straneh akumulacijskega prostora zgraditi bočne nasipe. Vrhnji del terase sestoji iz plasti melja in peska, debele okrog enega metra. Na njej bo mogoče zgraditi nasipe, obenem pa bo ta plast ustrezala kot površinska tesnilna preproga v bazenu. S tem bo do tolike mere zmanjšano precejanje vode iz bazena, da povečini ne bo potrebna dodatna tesnitev prodnih naplavin pod bočnimi nasipi, razen na mestih, kjer je prod zelo prepusten, ali pa manjka naravna površinska peščena tesnilna preproga. Pač pa bo treba na zunanji strani nasipov izkopati drenažna kanala. Vanju bo odtekala voda, prenikajoča iz bazena, da se ne bi dvignila gladina podtalnice in delno preplavila teraso. Vodne brežine nasipov bo treba asfaltirati. Za način tesnitve bazena se bo seveda mogoče dokončno odločiti šele po raziskavah.

Kolikor se bi bazen med obratovanjem zablatil, se bo prenikanje vode iz bazena močno zmanjšalo. V tem primeru je pričakovati tudi močan padec gladine podtalnice na območju Zadobrove in Zaloga, ki se po dosedanjih opazovanjih napaja v glavnem iz Save. V Zalogu je nekaj industrijskih obratov, ki sedaj uporabljajo podtalnico kot tehnološko vodo (Mesna industrija Emona, hladilnica Sadje-zelenjava itd.). Če bo gladina podtalnice močno padla, se bo zmanjšala zmogljivost njihovih vodnjakov, zato jim bo treba nadomestiti izpadlo količino tehnološke vode.

HE Jevnica

Jez in strojnica HE Jevnica sta predvidena v strugi Save pri vasi Senožeti približno 800 m navzgor od cestnega mostu v Jevnici. Oba bregova Save, kot tudi njena struga sestojata iz prodnih naplavin. Debelina proda ni znana; iz podatkov najbližjih vrtin v Jevnici sklepamo, da na bregovih ne presega 10 m. Iz tega sledi, da bo mogoče celotno zgradbo temeljiti na karbonski glinasti skrilavec in peščenjak, ki ležita pod prodnimi naplavinami.

Zgradbo bo treba temeljiti na neprepereli glinasti skrilavec in peščenjak. Pri temeljenju ni pričakovati znatnejšega posedanja zgradbe, kolikor ni skrilavec preperel v glino. Zaradi možnih vložkov gline med glinastim skrilavcem bo treba pri nadaljnjem projektiranju preučiti varnost proti zdrsu v temeljnih tleh pod zgradbo.

Izkop gradbene jame bo možno mehanizirati in tesnilno steno spustiti skozi prodno plast do neprepustne podlage. Ko bo prod odkopan in voda izčrpana, bo sledil izkop v skrilavcu in peščenjaku na suhem. V primeru, da skrilavec ne vsebuje debelejših plasti kremenovega peščenjaka, bo možno kopati s težkimi buldožerji brez odstreljevanja.

Če bi nadaljnje raziskave pokazale, da je skrilavec, oziroma peščenjak močno tektonsko razpokan in prepusten, ga bo treba zatesniti z injiciranjem, če to ne bo mogoče, pa z betonskim zidom ali na kak drug način. V nasprotnem primeru je pričakovati izpiranje temeljnih tal, kar bi lahko med obratovanjem povzročilo poškodbe na zgradbi.

Obe prodni terasi na bokih jezu in strojnice bo treba zatesniti. Najprimernejša bi bila izvedba tesnilne stene vzdolž obeh bočnih nasipov do neprepustne podlage, ki se nahaja v globini okrog 10 m. Na levem boku naj bi segala okrog 300 m daleč do priključka bočnega nasipa na pobočje hribovja. Na desnem boku bo mogoče zanesljivo določiti dolžino tesnilne stene vzdolž bočnega nasipa šele po ustreznih raziskavah.

Akumulacijski bazen bo precej dolg in širok 200 do 500 m na najširšem mestu. Akumulacijski prostor se bo razprostiral na nizki savski prodni terasi, katere površje je nižje od zaježitve na koti 265 m. Na desnem bregu bo segala zaježitev v zgornjem delu do vznožja hribovja, oziroma do ceste Zalog—Litija. Tod bo treba na posameznih delih zavarovati cesto. V nizvodnem delu bo bazen odmaknjen od ceste in železnice. Ker potekata na tem območju obe prometnici delno celo nižje od predvidene zaježitve, je predviden vzdolž bazena bočni nasip in na zunanji strani drenažni kanal. Bočni nasip bo mogoče zgraditi na vrhnji peščenomeljni plasti, ki bo obenem površinsko tesnila bazen. Na mestih, kjer ta plast manjka, ali pa je prod zelo prepusten, bo treba izvesti tesnilno steno do neprepustne podlage, ki verjetno ni globlje od 10 m. Točen obseg dodatnih tesnilnih del bo znan šele po ustreznih raziskavah.

Na levem bregu se nahaja na območju med Dolom in Dolskim nizka prodna terasa na koti 261 do 265 m, torej povečini nižje od zaježitve. Na tej terasi je predvidena bodoča industrijska cona Ljubljane. Pred preplavljenjem, oziroma dvigom podtalne vode, bo varoval teraso bočni nasip in na zunanji strani nasipa drenažni kanal. Bočni nasip bo delno zgrajen na površinski peščenomeljni plasti. Kjer ta plast ni razvita, oziroma je bila odnesena, bo treba izvesti dodatno tesnitev prodnih tal vzdolž nasipa. Tesnilna stena naj sega do neprepustne podlage, kjer ta ni pregloboka, ali pa naj se podaljša asfaltna obloga brežine nasipa v dno bazena.

V drenažni kanal bodo speljani tudi Mlinščica ter hudourniki z gričevja severno od Dola in Dolskega. Vzhodno od Dolskega bo drenažni kanal v sifonu prečkal bazen in se izlival v drenažni kanal na desnem bregu. Če bo voda v drenažnem kanalu nad izlivom Mlinščice mehansko dovolj očiščena, jo bo mogoče uporabiti kot tehnološko vodo v predvideni industrijski coni. Po načrtu je namreč določena preskrba industrije s tehnološko vodo iz obrežne dre-naže in tudi iz podtalnice na terasi pod Dolom, ki se drenira v dve močni studenčnici z izlivom v Mlinščico.

Po dosedanjih podatkih je gladina podtalnice na nizki terasi 1 do 2,5 m globoko pod površjem pri nizkem vodnem stanju. Dvig podtalnice na tem

območju bi povzročil v industrijski coni velike težave; že sedaj je predvideno nasipanje terase, da bi se tla dvignila nekoliko nad podtalnico. Zato bo treba preučiti vse posledice in vpliv zaježitve na podtalnico na tem območju. Možno je namreč, da pri močnejšem in daljšem deževju drenažni kanal ne bo sposoben odvajati vse prenikle vode iz bazena in lastne podtalnice iz nizke terase, kar bi povzročilo dvig gladine podtalnice na nizki terasi. Na drugi strani pa bi lahko zablatenje bazena zmanjšalo prenikanje vode v drenažni kanal, kar bi povzročilo pomanjkanje tehnološke vode za industrijo. V tem primeru bo treba to vodo nadomestiti bodisi z umetnim bogatenjem podtalnice na nizki terasi ali pa na kak drug način.

HE Kresnice

Jez in strojnica HE Kresnice sta predvidena v strugi Save približno 500 m navzgor od industrije apna. Oba bregova Save in njena struga sestoje iz prodnih naplavin. Debelina proda ni znana, po najbližjih vrtinah v Kresnicah pa sklepamo, da na bregovih ne presega 10 m. Zato bi bilo mogoče celotno zgradbo temeljiti na karbonski glinasti skrilavec in peščenjak v podlagi prodnih naplavin.

Zgradbo bo treba temeljiti na neprepereli glinasti skrilavec in peščenjak. Pri temeljenju ni pričakovati znatnejšega posedanja zgradbe, kolikor ni med skrilavcem debelejših vložkov preperellega skrilavca. Zaradi možnih vložkov gline med glinastim skrilavcem bo treba pri nadaljnjih raziskavah preučiti varnost proti zdrsu v temeljnih tleh pod zgradbo.

Za izkop gradbene jame in tesnitev velja enako kot pri HE Jevnica.

Obe prodni terasi na bokih jezu in strojnice bo treba zatesniti. Najprimernejša je izvedba tesnilne stene vzdolž obeh bočnih nasipov do neprepustne podlage, ki se nahaja v globini okrog 10 m. Na levem boku naj bi segala do zasavske ceste, kjer bi se priključila na pobočje, sestavljeno iz neprepustnega glinastega skrilavca in peščenjaka. Dolga bi bila nekaj več kot 100 m. Na desnem boku bi potekala vzdolž bočnega nasipa in nato do železniške proge, kjer se neprepustne plasti dvignejo nad koto zaježitve. Njena dolžina bi bila okrog 300 m.

Akumulacijski bazen bo segal do Jevnice in bo širok 200 do 450 m. Razprostiral se bo na nizki savski prodni terasi. Na levem bregu bo segala zaježitev do zasavske ceste, na desnem bregu pa do železniške proge Ljubljana—Zidani most. Na obeh bregovih bodo na posameznih odsekih potrebna zavarovalna dela, kajti nihanje vodne gladine v bazenu bo ogrozilo stabilnost brežin pod cesto, oziroma železnico. V ta namen bo treba v nadaljnji fazi projektiranja nadrobno geološko in geomehansko raziskati oba bregova. Vsekakor ni pričakovati plazenja tal v večjem obsegu, ker poteka tako cesta kot železnica večidel po visoki savski terasi. Možni so pojavi manjših plazov posebno na levem bregu v nizvodnem delu bazena, kjer poteka cesta po vznožju hribovja, ki ga sestavlja glinasti skrilavec, prekrit s preperino. Zaježitev sega tik do ceste, zato so tod možni pojavi plazenja preperine po podlagi.

HE Ponoviče

Jez HE Ponoviče se bo v bližini gradu Pogonik na levem boku naslanjal na strmo pobočje hriba Mesarjevca, ki sestoji iz karbonskega glinastega skrilavca in peščenjaka. Struga in desni bok pa sestojita iz prodnih naplavin. Njihova debelina ni znana; po najbližjih vrtinah v Hotiču in Litiji sklepamo, da v strugi Save ne presega pet metrov, na desnem bregu pa ni večja kot 10 m. Zato bo mogoče jez temeljiti na glinasti skrilavec in peščenjak pod prodnimi naplavinami.

Zgradbo bo treba temeljiti na neprepereli glinasti skrilavec in peščenjak. Pri temeljenju ni pričakovati znatnejšega posedanja jezu, če med skrilavcem ni debelejših vložkov gline. Vendar so vložki gline med skrilavcem možni, zato bo treba pri nadaljnjih raziskavah preučiti varnost proti zdrsu v temeljnih tleh pod zgradbo. Posebno pozornost bo treba posvetiti stabilnosti levega boka na strmem pobočju, sestavljenem iz glinastega skrilavca in peščenjaka. Kolikor pobočje ni stabilno, bo treba ustrezno zavarovati bok jezu skupaj z zasavsko cesto, ki poteka tik ob jezu.

Za izkop gradbene jame in tesnitev na desnem bregu in v strugi do neprepustne podlage velja enako kot za HE Jevnica. Pri izkopu bo treba paziti, da ne bo ogrožena stabilnost levega brega z zasavsko cesto vred. V ta namen bo treba predvideti med gradnjo ustrezna zavarovalna dela.

V primeru, da sta skrilavec in peščenjak močno tektonsko razpokana in prepustna, ju bo treba zatesniti z injiciranjem ali pa na kak drug način. Brez zatesnitve razpokane kamenine je pričakovati izpiranje razpok, kar bi lahko po daljšem času obratovanja povzročilo poškodbe na jezu. Tesnitev bo treba podaljšati tudi v levi bok, kolikor sta skrilavec in peščenjak tudi tam razpokana in prepustna.

Desni bok je na prodni terasi, kjer so prodne naplavine zelo tanke. Prodno plast bo treba zatesniti s tesnilno steno do tistega mesta, kjer se neprepustna podlaga dvigne nad koto zaježitve. Po podatkih terenskega ogleda bo tesnilna stena dolga 100 do 150 m in globoka 5 do 10 m.

Akumulacijski bazen bo segal do Kresnic. V zgornjem delu bo zajezena voda ostala v savski strugi, medtem ko se bo v nizvodnem delu razlila precej na široko. Tod bo bazen širok 200 do 600 m. Na desnem bregu bo segal do vznožja Pogonika in do roba visoke savske terase, ki se razprostira med Kresnicami in Pogonikom.

Pri Pogoniku se bo zajezena voda približala železniški progi Ljubljana—Zidani most, ki poteka na vznožju hriba, zgrajenega iz karbonskega glinastega skrilavca in peščenjaka. Površje je prekrito z glinasto preperino; zato bo treba ves ta odsek raziskati in predvideti ustrezno zavarovanje, da se prepreči plazenje.

Na levem bregu bo zajezena voda pri Spodnjem Hotiču in pod Konjem preplavila zasavsko cesto, ki jo bo treba prestaviti. Poleg tega bo treba preučiti stabilnost dokaj strmega pobočja Konja, kjer glinasti skrilavec in peščenjak s preperelo vrhno plastjo lahko začneta drseti po podlagi. Zato je treba predvideti ustrezno zavarovanje.

Dovodni rov iz akumulacijskega bazena do strojnice v Ponovičah bo dolg 2150 m. Izkopan bo v karbonskem glinastem skrilavcu in peščenjaku skozi hrib

Svibno 100 do 400 m globoko pod površjem. Pričakovati je navpične, na posameznih mestih pa tudi bočne pritiske in lokalno nabrekanje tektonsko zdrobljenega glinastega skrilavca. Zato bo izvedba rova težka in zelo težka. Po hribinski kategorizaciji Rabcewicz-Pacher bo potekal večji del rova v hribini 4. kategorije, v tektonsko zdrobljenem delu pa kategorije 5 a.

Preusmeritev Save skozi rov bo povzročila veliko znižanje vodne gladine v stari strugi skozi Litijo. Zato bo padla tudi gladina podtalnice v prodni terasi na levem bregu Save tik pred Litijo, kjer je sedanje črpališče pitne vode za mesto Litija. S tem bi zelo padla tudi izdatnost vseh treh vodnjakov. Da ne bi primanjkovalo pitne vode v Litiji, bo treba zgraditi na Savi nizvodno od črpališča jez, za katerim se bo dvignila rečna gladina na višino sedanje srednje gladine vode. Če bi se nastali zajezeni prostor zaradi mirujoče vode zablatil, bo treba umetno bogatiti podtalnico na prodni terasi, kjer je sedanje črpališče; zgraditi bo treba mehansko čistilno napravo in ponikovalne bazene.

Strojnica pod gradom Ponoviče je predvidena na savski terasi; zgoraj je nekaj metrov debela plast peska, pod njo pa prod. Debelina rečnih naplavin ni znana; verjetno ne presega 10 m. Če bo strojnica temeljena na karbonskem glinastem skrilavcu in peščenjaku, bodo pogoji temeljenja enaki kot za jez v Pogoniku.

Odvodni kanal iz strojnice nazaj v savsko strugo bo dolg 1700 m. Potekal bo po savski terasi. Debelina rečnih naplavin ni znana, vsekakor pa ne presega 10 m. Zato je možno, da bo dno kanala vkopano delno v karbonski skrilavec in peščenjak delno pa v triadni dolomit. Izkop v produ bo možno mehanizirati tudi pod vodno gladino, medtem ko v skrilavcu, peščenjaku in dolomitu to ne bo možno. V tem primeru bo treba kopati v zatesnjenih gradbenih jamah na suhem, kar bo seveda močno povečalo stroške izkopa. Točnejšo oceno načina in težavnosti izkopa bo mogoče podati šele po raziskovalnih delih.

HE Renke

Jez HE Renke je projektiran okrog en kilometer nizvodno od vasi Renke tik pred cestnim predorom zasavske ceste. V profilu jezu je bila izvrtana ena vrtina leta 1959, nato pa še sedem vrtin leta 1971. Širša okolica jezu je bila geološko kartirana. Na desnem bregu jezovnega profila sestoji terasa iz naplavine proda, grušča in peska, debele 6,4 do 15,8 m, na levem bregu pa leži okrog 11 m debela plast pobočnega grušča in savskega proda na dolomitni podlagi, ki je na desnem bregu na koti 211,9 do 218,3 m in na levem bregu na koti 214,5 m. V strugi Save niso vrtali, predvidevamo pa, da leži dolomitna podlaga v njej na koti 208 do 209 m. Po podatkih vrtin in merjenja vodoprepustnosti je dolomit razpokan in močno prepusten, posebno na stiku s prodnimi naplavinami.

Jez in strojnica naj bi bila temeljena na koti 198,8 do 202,0 m na neprepereli, vendar tektonsko močno razpokani dolomit. Temeljna tla celotne zgradbe so, po doslej znanih podatkih sodeč, ugodna; večjega posedanja zgradbe ni pričakovati, niti ni nevarnosti zdrsa. Tudi gradnja jezu in strojnice ne bo zahtevna, seveda pa bo treba pri ograditvi gradbene jame zatesniti prepustno prodno-gruščnato plast. Med gradnjo je pričakovati dotok vode skozi razpokani dolomit v dnu jame, ki pa ga bo mogoče s črpalkami obvladati.

Dolomit pod jezo je razpokan in prepusten, zato ga bo treba zatesniti, da bi preprečili vodne izgube in izpiranje razpok ter zmanjšali vzgon na zgradbo. Obseg tesnilnih del in način tesnitve bo določen po ustreznih raziskovalnih delih. Prodne in gruščne naplavine na bokih jezu bo treba prav tako zatesniti. Pri izvedbi tesnilnih del je pričakovati precejšnje težave tehnične narave zaradi zelo obremenjene železniške proge na levem bregu in zasavske ceste na desnem bregu.

Akumulacijski bazen HE Renke bo segal do Ponovič. Večji del bazena bo v dolomitu, ki je delno prekrit s tanko plastjo grušča. Le tik nad izlivom potoka Pasjeka in na nasprotni strani Save pri izlivu Mošenika ter pod vasjo Renke sestojita bregova Save iz karbonskega glinastega skrilavca, ki ga povečini prekriva dolomitni grušč. Po potopitvi doline bi grušč mogel drseti po podlagi; zato bo treba tri navedene lokacije nadrobneje preučiti in predvideti ustrezne sanacijske ukrepe za zavarovanje zasavske ceste in železnice. Na vsem ostalem območju so bregovi bazena za sedaj stabilni. Vsekakor bo treba v nadaljnjih fazah projektiranja nadrobno geološko preiskati stabilnost obeh bregov bazena, kajti tod potekata dve važni prometni poti, železnica Ljubljana—Zidani most in zasavska cesta.

Dolomit in glinasti skrilavec sta malo prepustna, oziroma neprepustna, zato ni pričakovati omembe vrednih vodnih izgub iz bazena, razen tik ob jezu, kjer bo potrebna injekcijska zavesa. Na levem bregu bazena sta dva izvira; prvi, pri kmetu Renku, izvira v višini železniške proge, drugi, 500 m navzgor, je kraške narave. To kaže, da se piezometrična gladina podzemelske vode na levem bregu strmo dviga v pobočje. Zato po zaježitvi ni pričakovati vodnih izgub iz bazena. Proces zakrasevanja v mlajši geološki preteklosti je zaostal za hitrim vrezovanjem savske struge; zato so intenzivneje zakrasela le dolomitna pobočja nad višino železnice in ceste.

HE Trbovlje

Jez HE Trbovlje je projektiran približno en km nad železniško postajo v Trbovljah, oziroma okrog 500 m navzgor od Mitovškovega slapa. Profil jezu ni bil preiskan z vrtanjem, kajti pri preglednem geološkem rekognosciranju leta 1959 je bilo ugotovljeno, da je savska struga v profilu jezu v celoti vrezana v dolomit. Na dolomitni podlagi leži v strugi in v spodnjih delih pobočij tanjša plast grušča in rečnega proda. Med gruščem je pričakovati tudi večje samice, ki so jih hudourniki nanесли iz strmih grap na obeh pobočjih.

Jez in strojnico bo mogoče temeljiti na dolomitno podlago, ki leži v majhni globini pod površjem, oziroma dnom struge. Dolomit predstavlja dobra temeljna tla in ni pričakovati problemov v zvezi s temeljenjem zgradbe. Pri izkopu in ograditvi gradbene jame bodo povzročale težave večje samice, ki leže v strugi in na bregovih.

Jez in strojnico bo treba vezati na obeh bregovih s skalno podlago bodisi z betonskim zidom, če to zaradi samic in prometnih poti (predvsem železnice) ne bo mogoče, pa z injekcijsko zaveso. To bo vsekakor potrebno izvesti v dolomitni skalni podlagi pod temelji zgradbe, da bi zmanjšali vodne izgube skozi temeljna tla, preprečili izpiranje razpok in zmanjšali vzgon na zgradbo.

Akumulacijski bazen HE Trbovlje bo segal do pregrade v Renkah. Večji del bazena bo v dolomitu, manjši v apnencu. Skalna podlaga je delno prekrita z gruščem. Pobočja so za sedaj stabilna, razen pri Prusniku na desnem bregu Save okrog en km navzgor od jezua in ob izlivu Medije na levem bregu. Pri Prusniku leži grušč na karbonskem glinastem skrilavcu in je opaziti premike grušča. Ob izlivu Medije je pod gruščem, oziroma terasnim prodom, terciarna laporasta glina. Na obeh območjih lahko nastanejo po dvigu vodne gladine premiki grušča po skrilavi, oziroma glinasti podlagi, kar bi ogrozilo cesto in železnico. Zato bo treba obe mesti zavarovati pred plazanjem. V nadaljnjih fazah projektiranja bo treba nadrobno geološko kartirati oba bregova in predvideti ustrezne ukrepe za zavarovanje ceste in predvsem železnice.

Vodnih izgub iz bazena proti potoku Bobnu in Sopotu ni pričakovati, ker sta oba potoka zarezana globoko v neprepustni karbonski glinasti skrilavec. Pač pa bo treba zatesniti pregradno lokacijo, da bi preprečili vodne izgube ob jezua in pod njim.

HE Suhadol

Jez HE Suhadol je lociran približno 500 m navzgor od zaselka Suhadol pri Zidanem mostu. Leta 1959 je bila geološko kartirana njegova širša okolica in na levem bregu je bila izvrtana 100 m nizvodno od pregrade vrtina, globoka 12 m.

Na levem bregu pregradnega profila leži prodna-konglomeratna terasa, široka 100 do 150 m. Pobočja nad teraso sestoje iz spodnjetriadnega peščenjaka in glinastega skrilavca, delno iz dolomita. Po podatkih vrtanja je prodna plast debela 6 m, pod njo leži karbonski peščenjak in peščeni skrilavec. Na desnem bregu je karbonski glinasti skrilavec in peščenjak prekrit s hudourniškim gruščem. Grušč na svoji podlagi ni stabilen, kar kažejo številni manjši plazovi.

Jez in strojnica bosta temeljena na neprepereli karbonski peščenjak in glinasti skrilavec, ki leži na levem bregu 6 do 10 m globoko pod površjem terase, v strugi Save pa verjetno plitveje. Na desnem bregu so karbonske plasti razkrite na površju, delno pa so prekrите s hudourniškim gruščem. Pogoji temeljenja na karbonskih plasteh niso najbolj ugodni, posebno če bodo nadaljnje raziskave pokazale, da prevladuje glinasti skrilavec, ki je lahko preperel do precejšnje globine, razen tega pa tudi nabreka. Pri nadaljnjem projektiranju bo treba posvetiti raziskavam geotehničnih lastnosti temeljnih tal posebno pozornost.

Prodno-konglomeratno teraso na levem bregu bo treba zatesniti z injekcijsko zaveso ali diafragmo, da bi preprečili prenikanje vode skozi levi bok jezua. Na desnem boku bo treba jez vezati z zidom ali zaveso na neprepereli glinasti skrilavec in peščenjak. Plazove v grušču na pobočju nad jezom bo treba sanirati.

Temeljna tla pod jezom bo zelo težko zatesniti, kolikor bodo raziskave pokazale, da sta karbonski skrilavec in peščenjak razpokana in zato prepustna. V tem primeru bo treba izvesti poizkusno injekcijsko polje, da bi določili najprimernejši način tesnitve.

Akumulacijski bazen med Trbovljami in Hrastnikom sestoji iz dolomita in apnenca. Delno so pobočja prekrita z gruščem in prodom. Pobočja so stabilna, zato zavarovalna dela vzdolž železnice ne bodo posebno obsežna. Med Hrastnikom in Suhadolom sestojita bregova bazena delno iz glinastega skrilavca in

peščenjaka delno pa iz dolomita. Te kamenine so ponekod prekrite s prodnimi naplavinami, oziroma konglomeratom, ki sestavljajo ozke rečne terase. Ob izlivu hudournikov v Savo pa so bregovi prekriti z obsežnimi hudourniški vršaji, predvsem na desnem bregu. Kjer leži pod prodnimi in gruščnatimi naplavinami skrilavec, je pričakovati po zapolnitvi bazena drsenje teh naplavin po podlagi. Zato bo treba pri nadaljnjem projektiranju celotni odsek bazena med Hrastnikom in Suhadolom nadrobno preiskati in določiti ustrezno zavarovanje kritičnih mest, posebno na levem bregu, kjer teče železniška proga.

Akumulacijski bazen bo vodotesen; nižji deli pobočij v dolomitu in apnencu niso zakraseli, razen tega pa se voda ne bo mogla izgubljati iz bazena proti potoku Sopotu, ki je globoko vrezan v neprepustne plasti. Izgubljanje vode je možno le skozi boke jezu, ki jih bo treba zatesniti.

HE Vrhovo

Jez HE Vrhovo je projektiran na terasi na desnem bregu Save pri vasi Vrhovo. Lokacijo jezu so raziskovali že med drugo svetovno vojno; izvrtali so 10 vrtin in geofizikalno izmerili več profilov. Vrtine so bile izvrtane v dveh profilih prek Save, vendar navzgor od predvidenega jezu. Leta 1959 so izvrtali še šest vrtin in nadrobno geološko kartirali širše območje jezu. Tudi te vrtine so bile izvrtane nad jezom.

Po podatkih geološkega kartiranja se dviga na levem bregu pregradnega profila pleistocenska prodna terasa do 18 m visoko nad rečno gladino. Na desnem bregu leži nizka holocenska prodna terasa, ki se dviga 7 do 8 m nad rečno gladino. V spodnjem delu ježe terase je na levem bregu Save razkrit približno na koti 181 m črni glinasti skrilavec. Plasti so nagnjene v smeri rečnega toka pod kotom 30°. Prodne naplavine v terasi na levem bregu so torej debele okrog 17 m.

Na desnem bregu Save v pregradnem profilu skrilavec ni razkrit; zato sklepamo, da leži podlaga terase tod pod gladino Save. Iz podatkov vrtin, posebno najbližjih L-1 in TB-2, sklepamo, da poteka prek lokacije jezu stara, s prodom zasuta savska struga. Njena smer je vzporedna z današnjo strugo, dno pa je na koti približno 175 m. Iz tega izhaja, da bo treba jez temeljiti najmanj na tej koti, kolikor je vrhnja cona skrilavca preperela, pa še globlje na neprepereli skrilavec. Pogoji temeljenja jezu in strojnice niso najbolj ugodni, posebno če bodo nadaljnje raziskave pokazale, da je skrilavec globoko preperel in da nabreka.

Gradbeno jamo za jez in strojnico bo treba ograditi z neprepustno diafragmo ali zaveso, da bo mogoče kopati na suhem. Skrilavec se namreč nahaja dokaj globoko pod gladino Save, zato je pričakovati močan dotok vode skozi močno prepustne prodne plasti v jamo. Po obstoječih podatkih je prepustnost prodnih plasti velika, saj znaša koeficient prepustnosti k $2,8 \cdot 10^{-3}$ do $2,7 \cdot 10^{-2}$ m/s.

Zaradi velike prepustnosti prodnih naplavin bo treba tesniti tudi prodni terasi na obeh bokih jezu. Na desnem bregu je najbolj umestno izvesti tesnitev vzdolž nasipa in jo vezati na pobočje nad cesto Radeče—Vrhovo. Na levem bregu je najbolj primerno izvesti tesnitev vzdolž nasipa do železniške proge in nato vzdolž potoka Rostovšca do pobočja, ki sestoji iz neprepustnih karbon-skih plasti.

Temeljna tla pod jezom bo zelo težko zatesniti, kolikor bodo raziskave pokazale, da so karbonske plasti toliko razpokane, da so prepustne. V tem primeru bo treba izvesti poizkusno injekcijsko polje, da bi določili najprimernejši način tesnitve.

Akumulacijski bazen bo segal do Suhadola. Zaradi dviga vodne gladine in njenega nihanja bodo ogroženi cestni odsek med Vrhovim in Hotemežem, del železniške proge nad Loko in niže ležeči del Radeč. Na teh odsekih ceste in železnice sestoji pobočje iz karbonskega glinastega skrilavca, ki je prekrit z glinasto preperino in gruščem. Zato je pričakovati po zvišanju vodne gladine plazenje preperine in grušča po podlagi. Pri nadaljnjem projektiranju je treba na obeh odsekih predvideti ustrezno zavarovanje. V niže ležečem delu Radeč, posebno ob izlivu potoka Sopote, se bo dvignila gladina podtalnice v prodnih plasteh, na katere so postavljene zgradbe, na koto 191,0 m. Iz topografske karte pa vidimo, da je površje najnižje terase, na kateri so postavljene posamezne zgradbe, na koti 192,0 do 192,5 m. Kolikor so zgradbe podkletene, je seveda pričakovati vdore podtalne vode v kleti; zato bo potrebna drenaža ali kak drug sanacijski ukrep.

Zgornji del bazena nad Radečami sestoji na obeh bregovih večidel iz dolomita, delno pa iz apnenca, ki sta na posameznih delih prekrita z gruščem. Pobočja so stabilna, zato bo obseg zavarovalnih del verjetno majhen in omejen na pobočje pod železniško progo in cesto na levem bregu Save.

Bazen bo neprepusten, saj leži njegov spodnji del v neprepustnih karbonskih plasteh. Vodne izgube so možne le skozi prepustne prodne plasti na bokih pregrade, ki jih bo treba zatesniti.

HE Boštanj

Jez HE Boštanj je projektiran okrog 700 m nizvodno od gradu Boštanj. Prvotno so ga nameravali postaviti nekoliko više; med drugo svetovno vojno so izvrtali več vrtin in profile geoelektrično sondirali. Raziskave so nadaljevali leta 1959, ko so izvrtali dve vrtini in geološko kartirali širše območje jez.

Geološka karta ter vrtini Bn-13 in Bn-14, izvrtani približno v profilu jez, kažejo, da sestojita oba bregova in struga Save iz rečnih naplavin. Vrtina Bn-13 na levem bregu je zgoraj šla skozi pesek 1,9 m globoko in nato zadela na trden dolomit. Na desnem bregu je po podatkih vrtine Bn-14 zgoraj 3,6 m peska in peščene gline, spodaj pa prod do globine 10,6 m pod površjem. Še globlje sledi trden dolomit. Iz teh podatkov izhaja, da je struga Save verjetno vrezana neposredno v dolomit, ali je prekrita kvečjemu s tenko plastjo prod.

Jez in strojnico bo možno temeljiti na dolomit. Gradbene jame ne bo težko ograditi, ker bodo zidovi jame temeljeni na dolomit. Pač pa je pričakovati določen dotok podzemelske vode iz dna jame skozi razpokani dolomit.

Prodne naplavine na obeh bokih jez so zelo prepustne, zato jih bo treba zatesniti z diafragma ali injekcijsko zaveso, ki bo morala segati do obeh dolomitnih bregov doline. Tudi dolomitna temeljna tla pod jezom bo verjetno treba zatesniti z injekcijsko zaveso, da bi preprečili izgubljanje vode in zmanjšali vzgon na jez. Zaradi problematičnosti tesnitve dolomita, ki je povečini fino razpokan, bo treba v nadaljnjih fazah raziskav izvesti poizkusno injekcijsko polje, da bi ugotovili najprimernejši način tesnitve.

Akumulacijski bazen bo segal do Vrhovega. Spodnji del bazena med pregrado in vasjo Orehovo, tj. okrog en km navzgor od jezua, je v dolini geološko podobne zgradbe kot profil jezua. Dolinska pobočja sestavlja dolomit, ki je na dnu doline prekrit s prodnimi terasami. Navzgor od Vrhovega do Vrhovega sestavlja dolino Save karbonski glinasti skrilavec in peščenjak, pokrit na dnu doline s prodnimi naplavinami širokih teras pri Šmarčni, Bregu in Vrhovem.

Na levem bregu je površje prodne terase med jezum in Orehovim nižje od zaježitve; zato bo vzdolž roba akumulacijskega bazena zgrajen nasip. Podtalna voda v prodni terasi se bo po zaježitvi dvignila. Zato bo treba sanirati nekatere niže ležeče zgradbe, katerih kleti bi sicer voda zalila.

Od Vrhovega do Brega na levem bregu Save bo segala zaježena vodna gladina tik do železniške proge. Ta breg sestoji iz karbonskega glinastega skrilavca s peščenjakom, ki ga prekriva glinasta preperina in delno terasni prod; tod bodo verjetno nastali premiki preperine in proda po podlagi. V nadaljnjih fazah projektiranja naj se to območje nadrobneje geološko in geomehansko razišče in predvidi ustrezne zavarovalne ukrepe.

Na desnem bregu so enake razmere na obrežnem delu bazena pri Mrtovcu in Prapretnem. Tudi tu bodo potrebne nadrobne raziskave, da bi bilo mogoče določiti ustrezne ukrepe za zavarovanje ceste Radeče—Sevnica.

Na prodni terasi pri Kompoljah bodo verjetno zaradi dviga podtalne vode v prodnih naplavinah ogrožene kleti nekaterih niže ležečih poslopij in bodo potrebni ustrezni sanacijski ukrepi.

Vodne izgube iz bazena ne bodo pomembne, kajti večji del bazena leži v neprepustnih karbonskih plasteh. Le spodnji del bazena je v dolomitu, katerega prepustnost cenimo na 1.10^{-6} m/s, kar je zelo malo. Menimo, da bo prenikalo iz bazena proti dolini potoka Grahovca in Sevniščne le malo vode. Večje vodne izgube je pričakovati skozi prodnate boke jezua, ki jih bo treba zatesniti.

HE Blanca

Jez in strojnica HE Blanca bosta postavljena na nizki terasi na desnem bregu Save v Blanci v bližini broda čez Savo. Na prvotni lokaciji pregrade, nekaj 100 m navzgor od tod, so leta 1959 izvrtali pet vrtin. Sedanjemu profilu sta najbližji vrtini S-4 na levem bregu in S-5 na desnem bregu. Oba savska bregova sta zgrajena iz rečnih teras. Površje teras sestoji iz 2,8 do 3,7 m debele plasti peska in meljastega peska, pomešanega s premogovimi delci. Sledi prod, ki sega do kote 159,8, oziroma 160,3 m, kjer je podlaga iz krednega ploščastega apnenca in peščenjaka z vmesnimi plastmi glinastega in laporastega skrilavca. Na stiku proda in podlage je okrog 0,5 m debela plast glinaste preperine. Debelina prodnih naplavin v savski strugi ni znana, sklepamo pa, da ne presega tri metre.

Jez in strojnica bosta temeljena na zgornjekredni ploščasti apnenec s peščenjakom in glinastim skrilavcem. Temelji zgradbe morajo biti v neprepereli hribini. V tem primeru ni pričakovati večjih posedanij. Treba bo pa posvetiti vso pozornost varnosti proti zdrs. V primeru neugodne lege plasti je namreč možen zdrs po plasteh tektonsko zdrobljenega in zmečkanega glinastega skrilavca med ploščastim apnencem. Gradbena jama bo delno izkopana v produ

pod gladino podtalne vode, ki je na koti okrog 164 m. Da bo mogoče kopati v kredno podlago, bo treba gradbeno jamo ograditi z diafragmo in vodo izčrpati.

Jez in strojnica bosta zvezana z obema pobočjema z neprepustno zaveso ali diafragmo, da se prepreči izgubljanje vode skozi prodni terasi na obeh bregovih Save. Na levem bregu leži površje terase pod Dolnjim Brezovim na koti 163 do 172 m, torej niže od gladine vode v bazenu.

Da ne bi terase in železniške proge preplavila voda akumulacijskega bazena, je v projektu predviden obrambni nasip in v nizvodnem delu drenažni kanal, v katerega je speljan tudi Čanjski potok. Nasip bo verjetno mogoče zgraditi na površinsko peščeno plast, podobno kot v bazenu HE Formin. Notranja brežina nasipa bo asfaltirana, vodna stran nasipa pa obdana s peščeno-meljno preprogo, da se preprečijo prevelike vodne izgube iz bazena in dvig gladine podtalne vode v terasi v zaledju. Kjer preproge ne bo mogoče nasuti, tam mora segati diafragma skozi prodno plast do podlage. Diafragmo bo treba po vsej verjetnosti izvesti 700 do 800 m navzgor od levega boka jezu.

Akumulacijski bazen HE Blanca bo segal nekoliko nad Sevnico. Večji del bazena leži v zgornjekrednem ploščastem apnencu s peščenjakom in skrilavcem, ki je v dolini Save prekrit s prodnimi terasami. Zgornji del bazena sestoji iz dolomita, ki je pri Sevnici in Boštanju prekrit s širokima prodnima terasama.

Bregova bazena sestojita večidel iz proda, le pri Dolnjem Brezovem in nad Gornjim Brezovim iz krednega ploščastega apnenca s skrilavcem in iz dolomita. Bregova bazena sta sedaj stabilna; pri nadaljnjem projektiranju pa bo treba nadrobno geološko in mehansko preučiti oba odseka bazena, kjer bo segala dvignjena vodna gladina neposredno do dolinskih pobočij. V primeru, da bodo raziskave pokazale možnost drsenja grušča in preperine po podlagi, bo treba ustrezno zavarovati železniško progo.

Naselja Log, Sevnica in Boštanj leže na prodnih terasah. Dvig vodne gladine v bazenu bo povzročil tudi dvig gladine podtalnice v prodnih terasah. Površje nižje terase je 2 do 3 m višje od zajezone vodne gladine. Zato bodo potrebni sanacijski ukrepi, da ne bo voda vdiral v globlje vkopane kleti.

Iz bazena ni pričakovati vodnih izgub, kajti zgornjekredni ploščasti apnenec s peščenjakom in skrilavcem, ki sestavlja ves nizvodni del bazena, velja za neprepustnega. Pač pa bo treba zatesniti prodne naplavine na bokih pregrade.

HE Krško

Jez in strojnica HE Krško sta locirana tik nad mestom Krškim. Leta 1959 je bil raziskan s 4 vrtinami profil približno 100 m niže, leta 1952 pa s številnimi vrtinami trije profili višje od sedanje lokacije.

Vrtine S-1, S-2, S-3 in S-4, izvrtane leta 1959 najbližje sedanji lokaciji pregrade in strojnice, kažejo prod na obeh savskih bregovih in na dnu struge. Plast proda je v strugi debela 0,6 do 3,8 m, na bregovih pa 2,6 do 3,4 m. Pod prodno plastjo je dolomitna podlaga na koti 148,6 do 152,1 m. Dolomit je po večini tektonsko močno razpokan in zdrobljen. Merjenje vodoprepustnosti v vrtinah je pokazalo, da je dolomit prepusten; pri 5 kp/cm² pritiska so bile vodne izgube od 5,6 l/min/m do 12,3 l/min/m.

Jez in strojnica bosta temeljena na triadni dolomit, ki leži po podatkih najbližjih vrtin na koti 148,6 do 152,1 m. Posedanj zgradbe ni pričakovati niti

ni nevarnosti zdrsa. Pri izkopu gradbene jame bo morala tesnitev segati skozi prodno plast do dolomitne podlage.

Prodni terasi na obeh bokih jezua bo treba zatesniti do dolomitnih pobočij doline. Pri tesnilnih delih je na levem bregu pričakovati težave zaradi železniške proge Zidani most—Zagreb. Tudi dolomitno podlago pod jezom bo treba zatesniti z injekcijsko zaveso, da bi preprečili vodne izgube, izpiranje razpok in zmanjšali vzgon na zgradbo. Injiciranje razpokanega in delno zdrobljenega dolomita bo zelo zahtevno delo, ker so razpoke povečini zapolnjene z dolomitno moko. V nadaljnjih fazah raziskav bo treba poleg običajnih raziskav izvesti tudi poizkusno injekcijsko polje, ki bo pokazalo, ali je z injiciranjem možno uspešno zatesniti temeljna tla. V nasprotnem primeru bo treba tesniti na drug način.

Akumulacijski bazen bo segal do vasi Blanca. Spodnji del bazena je v dolomitu, zgornji pa v zgornjekrednem ploščastem apnencu s peščenjakom in skrilavcem. V dolini Save je hribinska osnova prekrita s prodnimi terasami, ki so do Dolnjega Leskovca ozke, od tod navzgor pa se razširijo na več 100 m.

Bregova bazena sestavlja večidel prod, na levem bregu pa od pregradnega profila do Dolnjega Leskovca ponekod dolomit, prekrit z gruščem. Tod poteka železniška proga tik nad bazenom; zato bo verjetno treba posamezna mesta zavarovati. Obseg teh del bo znan šele po nadrobni geološki in mehanski raziskavi. Tudi desni breg bo treba med pregradnim profilom in Pijavškim raziskati zaradi bližine ceste.

Zaradi dviga vodne gladine v savski strugi se bo dvignila tudi gladina podtalne vode v prodnih terasah. Površje teras je povečini precej višje od zaježitve. Večji del naselij leži visoko nad bodočo zaježitvijo, razen posameznih zgradb na nizkih terasah. Tod bodo verjetno potrebni sanacijski ukrepi, da voda ne preplavi globoko vkopanih kleti.

Vodnih izgub iz bazena ni pričakovati. Dolomit v spodnjem delu bazena je sicer nekoliko prepusten, vendar so možne vodne izgube le neposredno skozi boke jezua, ki jih bo treba zatesniti. Neposredno izgubljanje vode iz bazena proti Krškemu polju ni možno, ker leže južno od Krškega na dolomitu neprepustne zgornjekredne in terciarne plasti.

HE Brežice

Jez in strojnica HE Brežice sta predvidena približno en km nad sotočjem Save in Krke in približno 250 m navzgor od starega mostu čez Savo. Lokacija jezua še ni raziskana. Hidrogeološko pa so preučili Krško polje na desnem bregu Save in Krško-Brežiško polje na levem bregu Save, ko so reševali preskrbo Krškega in Brežic z vodo in lociranje jedrske elektrarne. Iz podatkov teh raziskav, ki pa niso segle do pregradnega profila, je mogoče sklepati, da je nizka savska prodna terasa na območju pregrade debela le okrog tri metre, v strugi Save pa še manj. Iz karte dna kvartarnega vodonosnika Krškega polja iz leta 1978 je mogoče sklepati, da leži terciarna podlaga prodnih naplavin na koti okrog 143 m in sestoji iz laporja in litotamnijskega peščenjaka.

Jez in strojnica bosta temeljena na terciarni lapor in peščenjak. Tanke plasti prodnih naplavin, ki so delno pod vodo, posebno pa terciarne plasti v podlagi, bo možno odkopavati le, če se gradbene jame prej zatesnijo z neprepustno

diafragmo skozi prodno plast. Izkop v laporju bo verjetno možen z ripanjem; če bi se pa v temeljnih tleh pojavil litotamnijski peščenjak, ga bo treba razstreljevati. V primeru, da sestojе temeljna tla na območju jezū in strojnice v celoti iz litotamnijskega apnenega peščenjaka, je pričakovati močne dotoke vode v gradbene jame iz dna; vrtine v bližnjih Čateških Toplicah so namreč pokazale, da je litotamnijski apneni peščenjak delno zakrasel.

Pri temeljenju jezā in strojnice ni pričakovati večjih posedkov. Kolikor sestojе temeljna tla iz laporja, bo treba nadrobno preučiti varnost proti zdrsu obeh zgradb. Če sestojе temeljna tla iz litotamnijskega apnenega peščenjaka, takšne nevarnosti ne bo, pač pa bo treba raziskati stopnjo zakraselosti in eventualne kaverne, bodisi odprte ali zapolnjene z glino, ki bi lahko ogrozile varnost obeh zgradb.

Temeljnih tal pod jezo in strojnico ne bo treba tesniti v primeru, da sestojе iz laporja, v primeru litotamnijskega apnenega peščenjaka bo potrebna injekcijska zavesa pod obema zgradbama in še više v trasi obeh bočnih nasipov. Dolžino in globino zavesa bo mogoče določiti šele po ustreznih raziskavah. Zatesniti bo treba tudi vrhnjo prodno plast vzdolž obeh bočnih nasipov, da se prepreči izgubljanje vode skozi boke jezū in strojnice.

Odvodni kanal od strojnice do sotočja Save in Krke, dolg približno en km, bo segal s svojim dnom pod gladino vode v terciarno podlago prodnih naplavin. Zato ga bo možno kopati na podoben način kot pri HE Formin, tj. v zatesnjeni gradbeni jami na suhem. Izkop bo verjetno možen delno z ripanjem delno z miniranjem.

Akumulacijski bazen HE Brežice bo segal do Krškega in bo najširši med Skopicami in Šentlenartom, prek en km. Akumulacijski prostor leži na nizki savski terasi, katere površje je na območju jezū na koti 145 m, po Savi navzgor pa se polagoma dviga in je severno od Skopice na koti 147 m, severno od vasi Brega na koti 153 m ter pri avtodromu v Krškem na koti 155,7 m. Zajezena vodna gladina bo na koti 155,3 m; iz tega sledi, da bo ves akumulacijski prostor obdan z bočnimi nasipi, ki bodo segali do avtodroma v Krškem in tovarne celuloze v Vidmu. V nizvodnem delu bodo segali nasipi okrog 10 m nad površje terena, navzgor pa se bo njihova višina zmanjševala.

Nasipi bodo zgrajeni neposredno na močno prepustnih prodnih savskih naplavinah, kajti na tem območju ni površinske meljnopeščene plasti, ki sicer ponavadi prekriva prod. Povprečna vrednost koeficienta prepustnosti k proda na levem in desnem bregu je $2 \cdot 10^{-3}$ m/s. Zaradi velike prepustnosti proda je pričakovati vsaj v začetku po zaježitvi močno prenikanje vode skozi prod pod nasipi. Da bi preprečili preplavitev nizke terase zunaj nasipov, bo treba na vodni strani nasipov podaljšati asfaltno oblogo primerno daleč v dno bazena, na zunanji strani nasipov pa izkopati drenažne kanale, v katere se bo drenirala prenikajoča voda iz bazenov. Če podaljšana asfaltna obloga in drenažni kanali ne bodo preprečili močnega dviga podtalnice v zaledju, bo treba prodne plasti na posameznih bolj prepustnih mestih zatesniti z diafragmo. Sedaj je gladina podtalne vode na nizki terasi, na kateri je akumulacijski prostor, 3 do 6 m pod površjem. Vsekakor bo treba prodno plast zatesniti v najvišjih nizvodnih nasipih, kjer bo prenikanje vode pod nasipi največje; razen tega pa obstaja tam tudi nevarnost izpiranja drobnih frakcij proda. Na tem območju je prodna

plast debela tri do pet metrov, v osrednjem in zgornjem delu bazena pa sedem do deset metrov. Terciarna podlaga prodnih naplavin velja za neprepustno.

Izgradnja velikega akumulacijskega bazena HE Krško bo vplivala na spremembo režima podtalne vode na Krškem polju na desnem bregu in Krško-Brežiškem polju na levem bregu. Pri načrtovanju je treba upoštevati, da je podtalnica vir pitne vode za območje Krškega in Brežic in bo pomembna tudi za obratovanje jedrske elektrarne Krško. Kolikor se bazen ne bo zablatil, je pričakovati, da se bo pretok podtalnice povečal; že sedaj se podtalnica napaja v glavnem iz Save. Delež Save pri napajanju znaša sedaj 40–60 %, ostalo odpade na padavine. V primeru zablatenja bregov se bi seveda delež Save pri napajanju podtalnice zmanjšal, kar bi povzročilo v sušnem obdobju močan padec pretoka podtalnice. S tem bi bila ogrožena vsa črpališča na območju Krškega in Brežic. Zato bo treba podtalno vodo bogatiti z umetno infiltracijo vode iz bazena, oziroma iz drenažnih kanalov. To bo seveda zahtevalo izgradnjo infiltracijskih bazenov in mehanskih čistilnih naprav za čiščenje močno onesnažene savske vode.

HE Mokrice

Jez in strojnica HE Mokrice sta locirana približno 200 m nad izlivom Sotle v Savo na nizki savski prodni terasi. Ker doslej tod ni bilo nobenih raziskav, ni znana debelina prodnih naplavin. Po podatkih hidrogeoloških raziskav na nizki prodni terasi med Brežicami in Sotlo sklepamo, da debelina prodnega zasipa ne presega 11 m. Tudi sestava podlage prodnih naplavin ni znana. Iz geološke zgradbe bližnjega hribovja na desnem bregu Save sklepamo, da sestoji podlaga iz triadnega dolomita ali pa iz miocenskega litotamnijskega apnenca. Jez bo torej temeljen na dolomit ali na litotamnijski apnenec. V nobenem primeru ni pričakovati znatnejšega posedanja zgradbe, pač pa bodo zahtevale sanacijo eventualne kraške kaverne v litotamnijskem apnencu.

Pri izkopu gradbene jame bo treba zatesniti prepustno prodno plast in kopati na suhem. Med gradnjo je pričakovati dotok vode iz temeljnih tal. V primeru dolomitnih temeljnih tal dotok vode ne bo posebno velik, če pa je v podlagi zakrasel litotamnijski apnenec, je pričakovati pri izkopu na posameznih kavernozih mestih velik dotok vode.

Tako dolomit kot litotamnijski apnenec sta prepustna. Da bi preprečili vodne izgube skozi temeljna tla in izpiranje razpok ter zmanjšali vzgon, ju bo treba tesniti. Obseg tesnilnih del in način tesnitve bo mogoče določiti šele po raziskavah. Prodne naplavine na levem in desnem boku bo treba prav tako zatesniti, da bi preprečili izgubljanje vode iz bazena in izpiranje drobnih frakcij proda. Na levem bregu bi ustrezala tesnilna stena vzdolž levega nasipa dovolj daleč navzgor, ki bo v zadostni meri zmanjšala hidravlični strmec prenikajoče vode iz bazena skozi prodno plast pod nasipom. Seveda bo treba na zunanji strani nasipa izkopati tudi drenažni kanal. Na desnem boku bo treba izvesti tesnilno steno v podaljšku osi strojnice proti pobočju tako daleč, da bo hribinska osnova nad gladino zajezone vode. Če sestavlja podlago zakrasel litotamnijski apnenec, bo treba tesnilno steno na obeh bokih podaljšati tudi dovolj globoko v temeljna tla, da se bo v zadostni meri zmanjšal hidravlični strmec prenikajoče vode.



Sl. 1. Skica izbranih profilov za načrtovanje verige hidroelektrarn na Savi v Sloveniji

Fig. 1. Sketch map showing the sections selected for designing a hydroelectric system along the Sava River in Slovenia

Akumulacijski bazen bo segal do Čateških Toplic. Zaježitveni prostor bo zajel nizko savsko prodno teraso, katere površje je na levem bregu v jezovnem profilu na koti okrog 135 m. Zaježitev je na koti 140,0 m, zato je na nizki terasi na levem bregu predviden bočni nasip, ki bo segal približno pet km navzgor. Desni breg bazena omejuje visoka prodna savska terasa, Čateško polje pa leži že nad koto 140,5 m razen tega pa je že sedaj zavarovano pred visokimi vodami Save z obrobnim nasipom.

Nasip na levem bregu bo zgrajen na prodnih naplavinah, ki so zelo prepustne. Vrednost koeficienta prepustnosti je $1,4 \cdot 10^{-3}$ do $1,0 \cdot 10^{-2}$ m/s. Zaradi velike prepustnosti prodnih naplavin je pričakovati, da se bo močno izgubljala voda iz bazena in povzročila dvig gladine podtalne vode, ki bo preplavila nižje dele terase. Gladina podtalnice je pri nizkem vodnem stanju le tri metre pod površjem, pri visokem pa 2 do 3 metre više. Za zavarovanje pred preplavitvijo nižjih delov površja v zaledju bazena bo treba na notranji strani nasipa podaljšati asfaltno oblogo v dno bazena, na zunanji strani nasipa pa izkopati drenažni kanal, v katerega se bo drenirala prenikajoča voda. Kljub drenažnemu kanalu je pričakovati na posameznih mestih, kjer je prod nadpovprečno prepusten, dvig gladine podtalnice v zaledju; zato bo verjetno treba na takih mestih prod dodatno tesniti. To bo vsekakor potrebno v nizvodnem delu nasipa na boku jez, da se prepreči izpiranje drobnih frakcij prodnih naplavin. Prodna plast na tem območju je debela okrog 10 m, zato bo možno tesniti z diafragmo.

Dvig vodne gladine v bazenu bo vplival tudi na podtalno vodo. Na Čateškem polju leže Čateške Toplice s številnimi hoteli in kopališčem sorazmerno nizko, na koti 141,5 do 143 m. Zaradi dviga vodne gladine v Savi na koto 140 m se bo dvignila tudi gladina podtalnice na celotnem Čateškem polju in ogrozila globlje vkopane kleti in druge globlje vkopane zgradbe. Verjetno bo treba izvesti vzdolž obstoječega obrambnega nasipa drenažo, s katero bi preprečili dvig gladine podtalnice na območju Čateških Toplic.

Na levem bregu se razprostira v zaledju akumulacije obsežno Dobovško polje, ki vsebuje pomembne količine podtalne vode. Za sedaj sicer še ni znano, kolikšne so zaloge podtalne vode na tem območju in v kakšne namene se bo uporabila, vsekakor pa jo bo treba zavarovati tako v pogledu količin kot kvalitete. Kolikor se bazen ne bi zablatil, je pričakovati zaradi infiltracije vode iz bazena povečanje količin, v nasprotnem primeru pa se bodo zaloge podtalnice zmanjšale. Poseben problem predstavlja toplotno onesnaženje savske vode zaradi jedrske elektrarne Krško. Pri nadaljnjih raziskavah bo treba posvetiti posebno pozornost vplivu infiltracije ogrete rečne vode na dvig temperature podtalnice na Dobovškem polju. V enaki meri velja to tudi za Krško polje na desnem bregu Save in Krško-Brežiško polje na levem bregu.