

INŽENJERSKA GEODEZIJA U REALIZACIJI ENERGETSKO-MELIORACIONIH PROJEKATA¹

Mato JANKOVIĆ — Zagreb

Razvoj inženjerske geodezije u Jugoslaviji usko je povezan s realizacijom energetsko-melioracionih projekata. Iskorištenje vodnih snaga pružaju velike mogućnosti u primjeni geodetskih mjerenja počam od istražnih radova za izradu topografskih podloga slivnih područja do visoko tačnih mjerenja pri realizaciji hidrotehničkih objekata, koji su se u Jugoslaviji počeli izrađivati odmah nakon rata.

U ovom referatu bit će izloženi neki geodetski radovi pri projektiranju i gradnji hidroenergetskih objekata oko rješavanja problema iskorištenja vodnih snaga u kraškom području. Ovo je veoma interesantno obzirom na njegove geološke i hidrološke specifičnosti, te razvojne mogućnosti u ovisnosti od opskrbe vodom.

NEKE KARAKTERISTIKE NAŠEG KRAŠA — Geografski kraško područje zahvaća prilično veliko područje zapadnog i jugozapadnog dijela Jugoslavije. Za nacionalnu ekonomiku interesantan je dio koji zahvata slivna područja rijeka, koje utječu u Jadransko more. Ovo područje, koje ima veliku perspektivu za razvoj turizma i uz njega prateće industrije, zatim brodogradnje, pomorstva, poljoprivrede, rudarstva itd., oskudijeva u veoma važnoj životnoj potrebi — opskrbi vodom. Paradoksalno zvuči, ali je činjenica, da je ovo područje veoma bogato oborinama, međutim pretežni dio ovih oborina gubi se u podzemlje. Upravo je to jedan od karakteristika kraškog područja, što voda koja za kišnih perioda padne pretežno otiče podzemnim tokovima. Kao ilustracija evo jednog primjera za slivno područje rijeke Cetine.

Slivno područje Cetine proteže se na površini od 3400 km². Od toga jedna trećina sliva neposredno gravitira rijeci Cetini, dok kraj ostali dio postoje isključivo podzemne veze. U visinskom smislu ovo se slivno područje proteže od 50 m do 1200 m nad Jadranskim morem. Planinski masivi Dinare protežu se skoro paralelno s morskom obalom. Između njih formirala su se kraška polja, koja se stepenasto nižu prema Cetini na prosječnim visinama — Kupreško polje na 1150 m, Glamočko na 900 m, Duvanjsko na 870 i Livanjsko na 740m. Rijeka Cetina protiče kroz Sinjsko polje, koje je na visini od oko 300m.

- 1) Koreferat na XI međunarodnoj konferenciji inženjerske geodezije Varšava 30. 9 — 4. 10. 1970., u nešto skraćenom obimu.

Kraška polja leže na vapnencima. Vjerojatno su tu u doba glacijala postojala jezera. Procesom karstifikacije jezera su nestala. Sada se ona javljaju za vrijeme povremenih kišnih perioda. Voda se tada zadržava na poljima na nižim depresijama i postepeno otiče kroz kraške ponore.

Interesantni su podaci o oborinama. Prosječna količina oborina u slivu Cetine jeste 1350 mm. Intenzitet kiše je velik, tako da jednodnevna kiša intenziteta 70 mm/dan, može na ovom kraškom terenu izazvati površinsko tečenje. Proračuni pokazuju da je samo 5% godišnje oborine sposobno za površinsko otjecanje, dok ostali dio sigurno ponire.

Na temelju provedenih istražnih radova došlo se do zaključka da odnos oborine koja padne i otječe može biti veoma povoljan za eksploataciju vode. Voda se u krašu kreće kroz tri zone: vertikalnu horizontalnu i sifonalnu. Izvori, koji vodu primaju iz horizontalne zone cirkulacije, leže skoro na horizontu erozione baze. U hidrološkom smislu ti su izvori stalno aktivni i nikad ne presušuju. Tako nastaju vodotoci koji utiču u more ili su pritoci rijeka, a u zatvorenim kraškim poljima poniru, da se nakon podzemnog tečenja opet pojave kao novi izvori.

Obzirom na navedene karakteristike, kraško područje je u proljeće i jeseni bogato oborinama, ali ljeti u periodu razvoja vegetacije vlada suša. Kraška polja, u periodu proljetne obrade i jesenskog zrijevanja usjeva, redovito su uslijed većeg kišnog intenziteta ugrožena naglim poplavama. Inače ona bi mogla po svojim klimatskim uvjetima i pedološkim svojstvima dati znatne prinose u ranim i drugim poljoprivrednim kulturama.

Na rješavanju problema melioracija kraških polja radilo se i između dva rata. Međutim ti su radovi bili uvjetovani prethodnim otklanjanjem poplava, za koje bi se moralo izgraditi odvodne tunele, često i veoma dugačke. Zato se na tome nije mnogo učinilo. Nakon rata nastavili su se ti radovi, pa su izgrađena dva relativno kratka tunela za odvodnju Imotskog i Konavljanskog polja.

Veći zahvati na melioracijama kraških polja zahtijevali bi velika investicijska ulaganja, što se ekonomski nebi isplatilo. Međutim ubrzo se uvidjelo da bi se melioracije mogle ostvariti zajedno sa iskorištenjem vode, u ovom području, u energetske svrhe. Na temelju te zamisli nastali su brojni projekti, koje su razrađivale projektne organizacije Energoinvesta Hidrograđevinski biro iz Sarajeva i Energoprojekt iz Zagreba.

Jedna od prvih izgrađenih hidrocentrala u području kraša jeste HE Nikola Tesla kod Crikvenice. Sistemom tunela i pokrivenih kanala koristi se voda iz dva akumulaciona bazena u Gorskom Kotaru u jugozapadnom dijelu Hrvatske.

U ovom dijelu Hrvatske izgrađena su još dva hidroenergetska sistema manji za HE Gojak i veći za HE Senj. U ovim slučajevima radilo se o energetsom iskorištenju voda Gorskog Kotara i Like.

U novije doba razrađene su studije i projekti za kompleksna energetska melioraciona rješenja, u kojima su zahvaćena područja sliva rijeka Cetine, Neretve i Trebišnjice.

Prema projektu za iskoristjenje vodnih snaga u području južne Bosne i Hercegovine, te srednje i južne Dalmacije stvaraju se akumulacije, koje će se koristiti u energetske svrhe, dok u doba intenzivnih padavina regulirat će se proticanje vode i tako onemogućiti dugotrajno plavljenje kraških polja.

Tim će se ujedno moći ostvariti zamisao da se kraška polja u ovom području privedu intenzivnoj poljoprivrednoj obradi i izgrade natapani sistemi kojim će se osigurati voda neophodna za vrijeme ljetnog sušnog perioda. Projekt se postepno ostvaruje, pa su najprije izgrađeni objekti na rijeci Cetini.

Drugi veliki energetske-melioracioni projekt jeste korištenje voda iz sliva rijeke Neretve. Tu je projektirano 11 hidrocentrala, od kojih su dvije derivacije već gotove to su Jablanica na Neretvi i Rama na istoimenoj pritoci Neretve. Ostale su hidrocentrale pribranske i sve su još u projektu.

Treći također veliki energo-melioracioni projekt jeste korištenje vodnih snaga sliva rijeke Trebišnjice, t. j. područja jugoistočne Hercegovine.

U ovom području projektirano je osam hidrocentrala. Izgrađene su do sada dvije jedna pribranska HE Grančarevo i jedna derivaciona HE Dubrovnik.

NEKE KARAKTERISTIKE DOVODNIH TUNELA U KRAŠKOM PODRUČJU — Dovodni tuneli spajaju tačke između akumulacionog jezera i tlačnog rova. U jednoj i drugoj tački rijetko se može tunel kopati kroz portale. Koriste se bočne štolne, koje su redovito kose.

Na ulaznoj strani nekad se kopa i kroz portal, ako se tunel izgrađuje prije brane koja će stvoriti akumulacioni bazen. Međutim gradnju brane i ulaznu dionicu dovodnog tunela izvodi jedno građevno poduzeće, pa se zato gradnja tunela mora započeti kroz kosu bočnu štolnu, kojom se istodobno tunel zaštićuje od iznenadnog dotoka vode.

Sa izlazne strane tunel se spaja s kosim ili vertikalnim tlačnim rovom, kojim se voda dovodi u strojarnicu. U kraškom terenu projektiraju se pretežno podzemne strojarnice. Obzirom na konfiguraciju terena ovdje se iskop tunela odvija kroz bočnu vodoravnu štolnu, ili kroz pristupni tunel.

Geološki sastav kraša, kroz koji prolaze dovodni tuneli, jeste krečnjak i dolomit. To je čvrst materijal, pa se tuneli kopaju u punom profilu bez podgrađivanja. No pojavljuju se u krečnjaku i nestabilni materijali kao pješćenjaci fliša i slojevi glinastog lapora, koji se u dodiru s vodom i zrakom raspadaju. Tada se ovi dijelovi tunelske površine moraju zaštititi podgrađivanjem postavljanjem čeličnih prstenova ili nekom drugom tehnikom.

Pri izgradnji tunela često se nailazi na razna iznenađenja, koja se unatoč brižljivih hidrogeoloških istraživanja nisu mogla ustanoviti ni predvidjeti. U kraškom terenu nije problem odvodnja vode, ali se često nailazi na izvore. Tada se voda mora kaptirati i svesti je u drenažni kanal. No ako nadolazi velika količina vode onda se tunel mora napustiti, dok se podzemnim otjecanjem voda sama ne povuče.

Nakon iskopa tunela izgrađuje se projektirani cjevovod armiranom ili nearmiranom betonskom oblogom debljine 30—50 cm u ovisnosti od kvalitete stijene.

Sve ove okolnosti imaju utjecaja na postupke mjerenja i na iskolčenja, kao i na njihovu tačnost. Treba istaći da projektanti vrlo rijetko daju realni podatak o toleranciji pri proboju dovodnih tunela.

Kako o ovim radovima nije bilo u početku dostupne literature, a praktičari koji su radili na iskolčenjima nisu poznavali realne potrebe za ostvarivanje proboja, primjenjivali su se postupci za maksimalnu tačnost geodetskih mjerenja. Često nije bilo potrebne koordinacije između stručnjaka pri

projektiranju a i za vrijeme građenja. Geodetski dio projekata nije bio razrađivan da bi uvjetovao projekte građevinskih radova adekvatne traženoj tačnosti u probouju tunela.

Tolerancija u razmimoilaženju osi hidrotehničkih tunela prilikom probouja u položajnom smislu, mogla bi se razmatrati na temelju tolerancije koja se zahtijeva pri iskupu tunelskog profila, u određenoj masi ili stijeni, obzirom na odgovarajući projektirani profil. Sve što je preko te tolerancije izazivalo bi povećavanje troškova uslijed proširenja profila s jedne strane i veće debljine oblaganja s druge strane.

GEODETSKE OSNOVE I METODE ISKOLČENJA TUNELSKJE TRASE —

Dovodni tuneli u našem kraškom području zajedno s nizom objekata, koji sačinjavaju jedan hidroenergetski sistem, protežu se na prilično velikoj površini. Obzirom na konfiguraciju terena vrlo je teško projektirati samostalnu triangulacionu mrežu, u kojoj bi se linearni odnosi mjerili uobičajenim postupkom bazisnih mjerenja.

Tome treba dodati nedostatak potrebne opreme za bazisna mjerenja, odnosno uopće slabu opremljenost geodetskih grupa u projektiranim organizacijama za precizna mjerenja, pomanjkanja odgovarajućeg stručnog kadra, uvriježeno mišljenje praktičara o zadovoljavajućoj kvaliteti postojeće zemaljske triangulacije, te uštede koje se u vremenskom pogledu postižu njenim korištenjem. Sve to upućivalo je da se za osnovu pri projektiranju i iskolčenju dovodnih tunela koristi postojeća zemaljska triangulaciona mreža.

Dovodni tuneli projektiraju se analitičkom ili geometrijskom metodom t. j. na karti prema osnovnoj zamisli o iskorištenju vodnih snaga, ili se položaj trase obilježava na terenu prema rezultatima geoloških i hidrogeoloških istraživanja. U prvom slučaju se koordinate tačaka trase očitavaju sa karte, te se koristeći zemaljsku triangulacionu mrežu dotične tačke na terenu iskolčavaju. U drugom slučaju se određuju njihove koordinate metodom umećanja u postojeću triangulacionu mrežu.

Korištenje podataka zemaljske triangulacije kao geodetske osnove za iskolčenje tunela, nije u svim slučajevima jednako. Negdje se koriste samo podaci mjerenja triangulacije II ili III reda, sastavlja se osnovna tunelska mreža, pa se za određivanje tačaka tunela razvija umetnuta trigonometrijska mreža. Osnovna mreža računa se kao smostalna ali orijentirana u zemaljski projekcioni sustav. U nekim se slučajevima triangulaciona mreža za tunel neposredno umeće u zemaljsku triangulacionu mrežu.

Pogodnost korištenja podataka zemaljske triangulacije jeste svakako u tome, što se postojeća mreža mogla odmah koristiti. To je u prvim počecima projektiranja tunela bilo veoma važna okolnost, kada su se projektirani radovi morali obaviti čim prije, odnosno s veoma kratkim rokovima. U novije vrijeme uvidjelo se da podatke zemaljske triangulacije treba temeljito provjeriti, ne samo u pogledu tačnosti mjerenja, nego i postupka izjednačenja, stabilnosti položaja tačaka, vremena postavljanja tačaka itd. Ako se sve to uzme u obzir onda je ova pogodnost u odnosu na novi projekt mreže minimalna.

Prenos elemenata tunela pod zemljom obavljao se naravno poligonometrijom, Redovno se koristio poligonalni pribor Wildove ili Zeissove konstrukcije. Dužine su se mjerile paralaktički — teodolitom i bazisnom letvom. Ova se metoda u tunelskim radovima koristila od prvih početaka na iskolčenju tunela u nas (1947. god.). Poduzeće Geozavod u Zagrebu raspolagalo je tada Zeissovom bazisnom invar letvom dužine 3 m i ostalim priborom. Na teme-

lju iskustava u primjeni paralaktičke poligonometrije na iskolčenju tunela nastala je brojna literatura, u kojoj su objavljeni rezultati mjerenja, djelovanje pogrešaka, postupke izjednačenja vlakova i mreža itd. Ovu su literaturu praktičari mogli koristiti pri projektiranju i mjerenju poligonometrije za iskolčenje tunela.

Pri iskolčenju trase tunela, ustalila se praksa da se u tunelu ne postavlja posebna poligonometrija, nego su tačke na osi trase formirale slobodni ispruženi poligonski vlak, na međusobnim udaljenostima približno 200 m.

Početne tačke trase tunela u pojedinim dionicama s jedne i druge strane jesu presjecišta osi tunela i osi bočne štolne. Koordinate tih tačaka računata su u projekcionom sistemu geodetske osnove. Njihove visine (kote) određuju se iz uzdužnog profila trase. Izgradnjom bočne štolne u projektiranom smjeru prema trasi, prema projektiranom nagibu osi štolne, prenosi se postupno njena dužina do projektiranog presjecišta sa osi tunela u podzemlje. Nakon provjeravanja njenog položaja i visine ona se stabilizira. Sa ove tačke, uzimajući orijentaciju na vanjsku tačku, bočne štolne, ili na neku drugu tačku na osi, prenosi se smjer radnih osi u tunel na obje strane na osnovi projektom datog kuta. Prenos smjera se kontrolira mjerenjem kuta u nekoliko girusa. Nakon iskopa tunela na udaljenosti od cca 200 m stabilizira se tačka na trasi tunela. Prema praksi u intenzitetu iskopa tunela u kraškom području postavljala se jedna privremeno stabilizirana tačka na osi svakog tjedna na cca 50 m udaljenosti a jedna definitivno stabilizirana svakog mjeseca. t. j. cca 200 m.

Na ovaj način se zapravo iskolčenje trase tunela sastoji od iskolčenja slobodnog poligonskog vlaka u pravcu. Na temelju podataka mjerenja dužina i kutova u ovom vlaku, računaju se koordinate tačaka u oba poligonska vlaka t.j. u oba suprotna pravca iskolčenja. Dužine se mjere vrpcom, ali i paralaktičkom metodom pri čemu se dužine strana dijele na odsječke ne veće od 20 m. Teoretski je ova tačnost veoma visoka tj. za $m_{\alpha}=1''$ bit će $m_d/D=1:320000$. Prijelomni kutovi se također mjere s visokom tačnošću u tri ili četiri girusa.

Kontrola iskolčenja sastoji se sada u tome što se računanjem smjera iz koordinata krajnjih tačaka na trasi sa oba pravca kopanja, mora pri pravilnom iskolčenju dobiti projektirani smjer trase u koordinatnom sustavu projekcionog sistema, naravno u granicama moguće tačnosti mjerenja u tunelu. Daljnje iskolčenje trase obavlja se na temelju ovog sračunatog smjera između tačaka iz oba pravca kopanja.

Ovakav bi način teoretski bio ispravan ako ne bi postojale pogreške u iskolčenju početnih tačaka trase u tunelu, zatim, pomaci u položaju tačaka na trasi uslijed mehaničkih utjecaja (miniranje, oštećenja transportom itd.), te pogrešaka centriranja pri uzastopnim mjerenjima. Svi ovi utjecaji izazvat će odstupanja od projektirane osi trase. Stabilizirane tačke na trasi ne mogu biti u nivou terena, nego nešto niže, jer bi se inače oštetile. Ovako nastale rupe često se napune vodom pa i ako se koristi optičko centriranje instrumenta i signala, pogreške centriranja će utjecati na veličinu odstupanja pri probouju.

Uzevši u obzir samo pogreške iskolčenja tačaka presjecišta osi bočnih štolni sa trasom tunela, mogu se pri ovom iskolčenju pojaviti ovi slučajevi:

a — Tačke su iskolčene s izvjesnom pogreškom u istom smjeru prema osi trase. U ovisnosti od kuta presjeka ovih osi, i zanemarujući druge izvore

i utjecaje pogrešaka, trase tunela će se iskolčavati približno paralelno projektiranoj trasi.

Usmjeravanjem smjera kopanja na obje strane pomoću računatih smjerala iz koordinata krajnjih tačaka vlaka, pogreške iskolčenja će se postepeno korigirati. Međutim tu postoje opasnosti od mogućih pogrešaka uslijed mehaničkih pomaka stabiliziranih tačaka na osi tunela. Pri prenosu smjera trase pod kutom od 180° ove pogreške će utjecati na oblik trase, koja može biti blagi luk ili će se kretati u cik-cak liniji.

b — Presjecišta osi štolni i trase tunela iskolčena su s pogreškama različitog predznaka prema trasi tunela, tako da se stabilizirane tačke stvarno nalaze na raznim stranama projektirane trase.

Trasa tunela će u ovom slučaju biti u izvjesnom smislu zarotirana.

U jednom i drugom slučaju ove pogreške, kao i pogreške mehaničkih pomaka i pogreške mjerenja neće imati neugodnih posljedica za konačnu trasu tunela, ako je tunel u pravcu. Objee ove mogućnosti prikazat će se kasnije na konkretnim slučajevima, na temelju analize podataka mjerenja i kontrole trase u tunelu.

Poligonske tačke, kako je već rečeno, stabiliziraju se u osi trase. To su metalne ploče, koje se zajedno sa zavarenim metalnim krakom ubetoniraju u osi tunela. Na ovoj ploči zavaruje se također metalna bolcna, koja će poslužiti kao nivelmanski reper. Smjer trase se, nakon definitivnog iskolčenja ispruženog kuta od 180°, ugravira ubodom rupice u ovu ploču. Ovako stabilizirana tačka zaštićuje se drvenim poklopcem.

ENERGETSKO-MELIORACIONI PROJEKTI PODRUČJA RIJEKA CETINE I TREBISNJICE

Na ova dva primjera ilustrirat će se samo opseg geodetskih radova u izgradnji objekta za iskorištenje vodnih snaga, melioracije i obskrbu vodom u ovim kraškim područjima. Pri tom će se izložiti samo geodetski radovi pri projektiranju i gradnji tunela. Geodetski radovi pri projektiranju i izgradnji brana i podzemnih strojarnica su također veoma interesantni i značajni. Iznnošenje tih radova znatno bi povećalo opseg ovog referata.

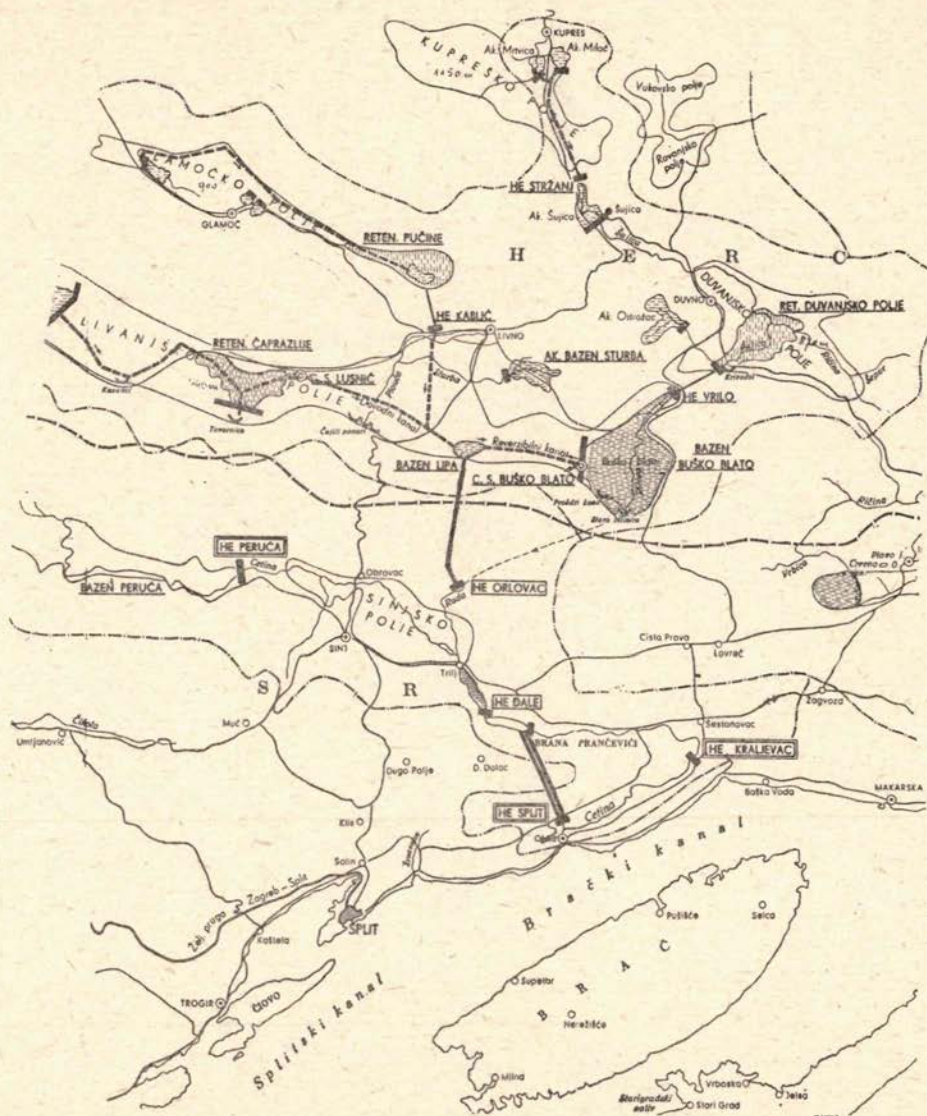
Geodetski radovi pri projektiranju i gradnji objekata u slivu rijeke Neretve djelomično su već opisani u našoj stručnoj štampi, u referatima na nacionalnim kongresima i stručnim konferencijama.

NEKI OPCI PODACI — Osnovna koncepcija ovog rješenja jeste da se vode s kraških polja za područje šireg sliva Cetine svedu u centralni akumulacioni bazen »Buško blato« kapaciteta 600—700 mil. m³ vode. Pad od oko 410 m između horizonta »Livanjskog polja« i Cetine u »Sinjskom polju« koristio bi se na energetske stepenici Orlovac. Energetski potencijal s viših horizonata ranije navedenih kraških polja koristio bi se za čitav sistem hidrocentrala.

Glavnina raspoloživih voda nalazi se na horizontu »Livanjsko polje« Buško blato«, gdje se za prihvaćanje i odvođenje vode za energetske korištenje u HE Orlovac predviđa izgradnju niza akumulacija, te sistem dovodnih kanala. Time će biti data osnova i za kompletno melioraciono rješenje ovih kraških polja.

Radovi na ovom podrčju započeti su najprije realizacijom projekata za iskorištenje vodnih snaga u Sinjskom polju t. j. rijeke Cetine. Izgrađena je akumulacija Peruča sa istoimenom branom i pribranskom hidrocentralom.

Osim za hidroenergetske svrhe, ova akumulacija ima zadatak da regulira dotok vode na nizvodnom dijelu rijeke. Najvažniji objekti jesu velika nasuta brana i hidrocentrala HE Peruča.

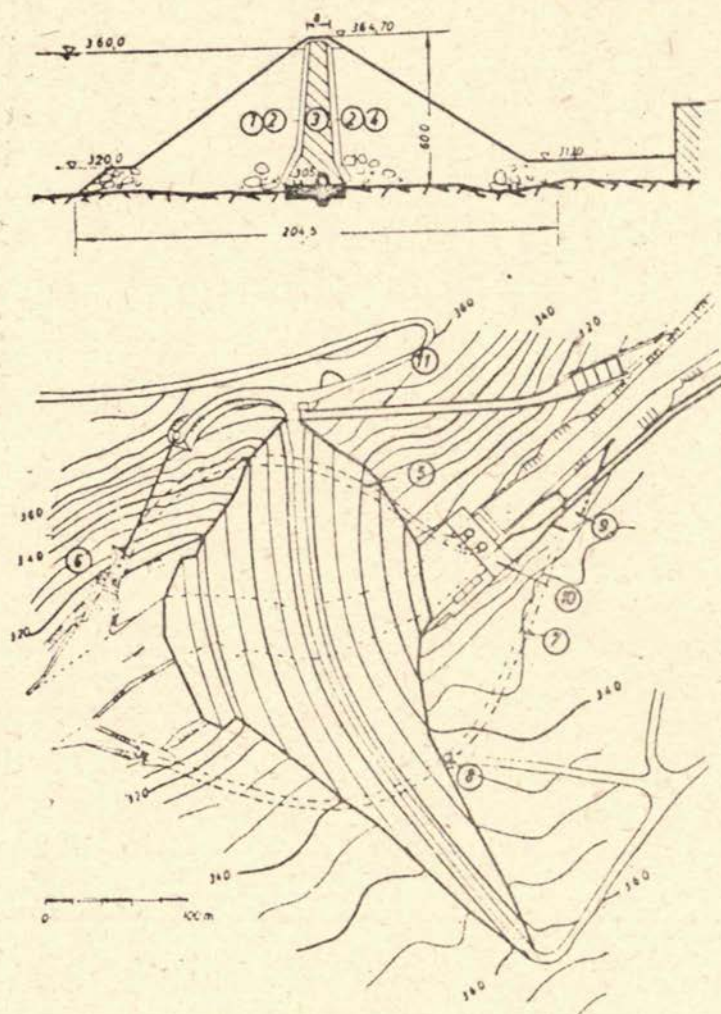


Slika 1 — Pregledna karta slivnog područja Cetina

Gradnja brane započeta je 1954. god. a završena je 1959. Visina brane je 60 m, dužina u kruni 443 m, a stvara maksimalnu akumulaciju od 500 mil. m³. Jezero je dugo 22 km, a široko oko 2,5 km. To je gravitaciona brana s gline-

nom jezgrom, obložena grubim kamenim nasipom i jedna je od najvećih gravitacionih brana koja je do sada u Jugoslaviji izgrađena. (sl. 2).

Drugi hidroenergetski objekti izgrađeni u području Cetine jesu brana Prančević, dovodni tunel za HE Split i derivaciona centrala HE Split. Ova



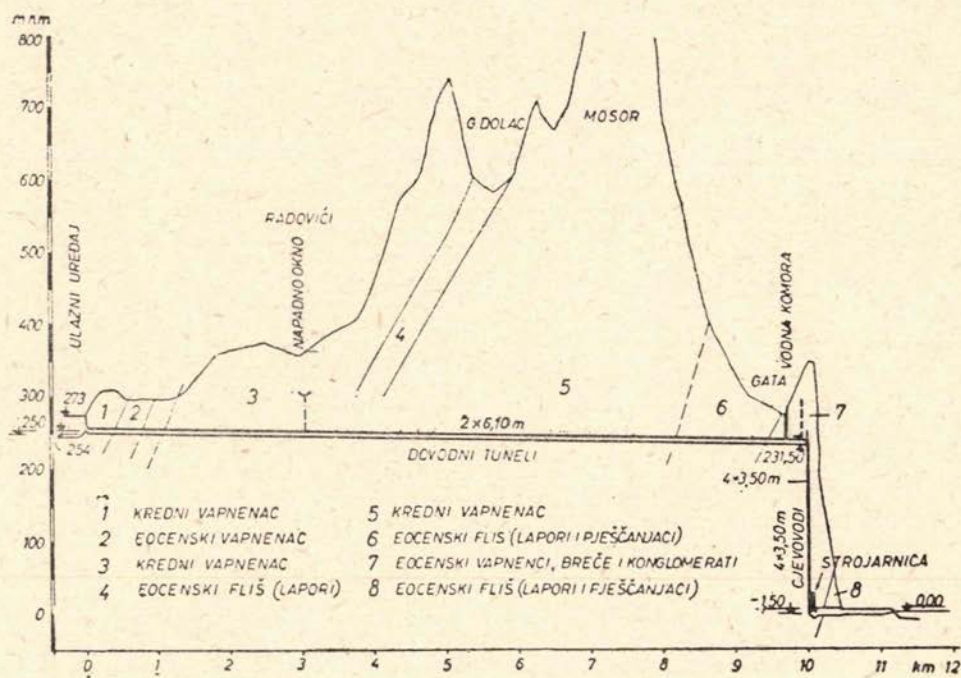
Slika 2 — Lučno gravitaciona brana Peruča

se hidrocentrala nalazi na kraju toka rijeke Cetine i ona koristi pad od oko 270 m i vodu, koja je energetske već prerađena ili će biti prerađena kasnijom izgradnjom objekata u širem slivnom području.

Branu Prančević izgrađena je na četrdesetom kilometru Cetine. Ona stvara akumulacioni bazen u dužini od 5 km. Maksimalna površina bazena jeste 65

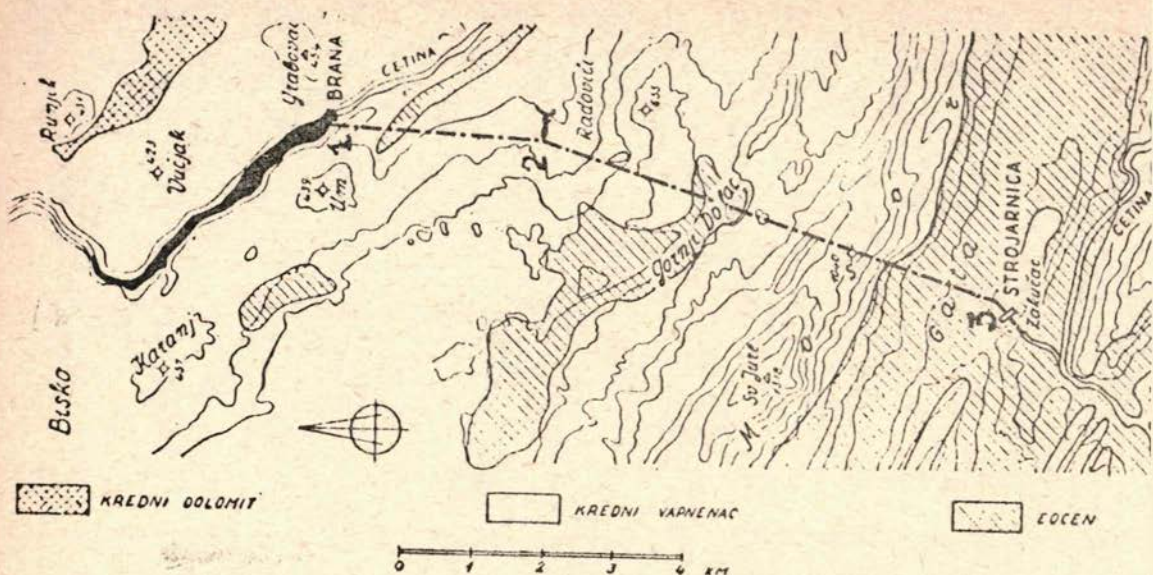
ha, sa sadržinom od 6,8 hm³, od koje se 4,6 hm³ koristi za kolebanje vodnog nivoa od 10 m. Brana je betonska gravitacionog tipa s blagim lukom. Dužina u kruni brane je 150, om, a visina je 35,0 m.

DOVODNI TUNEL HE SPLIT — Za dovod vode u HE Split projektirana su i već izgrađena dva paralelna dovodna tunela na međusobnom razmaku od 45 m i dužine 9641 m od ulaznih uređaja do prvog okna vodne komore. Tunel je bočnim kosim rovom podijeljen na dvije dionice — uzvodnu 2971 m i nizvodnu 6670 m. Tuneli su spojeni sa strojarnicom vertikalnim tlačnim rovimima.



Slika 3 — Uzdužni profil

Za ovaj dovodni tunel postavljena je, kao geodetska osnova, triangulaciona mreža u obliku centralnog sustava. Korištene su tačke zemaljske triangulacije II reda. Mreža je izjednačena kao samostalna i orijentirana je u Gauss-Krügerovom projekcionom sistemu. Time je data potrebna osnova za određivanje elemenata trase t. j. određivanje tačaka koje obilježavaju trasu tunela nadzemno. Tačke 1, 2 i 3 obilježene su na terenu na temelju geoloških i hidrogeoloških istraživanja. Njihove koordinate određene su uvrštenom triangulacijom unutar spomenute osnovne mreže. U tački 2 projektirana je kosa bočna štolna. (Sl. 4)



Slika 4 — Situacija dovodnog tunela i strojarnice

Njena os raspolavlja prelomni kut u ovoj tački. Za iskop u tački 3 izgrađen je pristupni tunel u luku, jer se zbog konfiguracije terena nije mogao koristiti horizontalni bočni rov.

Radovi na tunelu započeti su 1958. godine. Angažirana su tri građevinska poduzeća. Kosa bočna štolna u tački 2 duga je 385 m s visinskom razlikom od 44 m do nivelete osi tunela. Uvjeti za rad kroz bočnu štolnu a i za prenos elemenata trase u oba smjera bili su izuzetno teški.

Koša štolna nije bila izgrađena tako da bi se moglo ostvariti neposredno dogledanje sa projekcije tačke 2' u tunelu na orijentacionu tačku na ulazu u štolnu. Osim toga na ulazu je izgrađena bila baraka sa instalacijama za vuču vagoneta i beskrajne trake, pomoću kojih se izvlačio iskopani materijal iz oba pravca u tunelu.

Znatne poteškoće za radove u srednjem dijelu imala je podzemna voda. Već su hidrogeološka ispitivanja ustanovila da se nivo podzemnih voda za kišnih perioda izdiže iznad projektirane nivelete, pa je bilo predviđeno crpljenje vode pumpama. Međutim voda je nadirala tako silovito da su se radovi morali prekidati, jer je tunel bio poplavljen, sve dok nije voda sama proticanjem kroz kraške pukotine nestala.

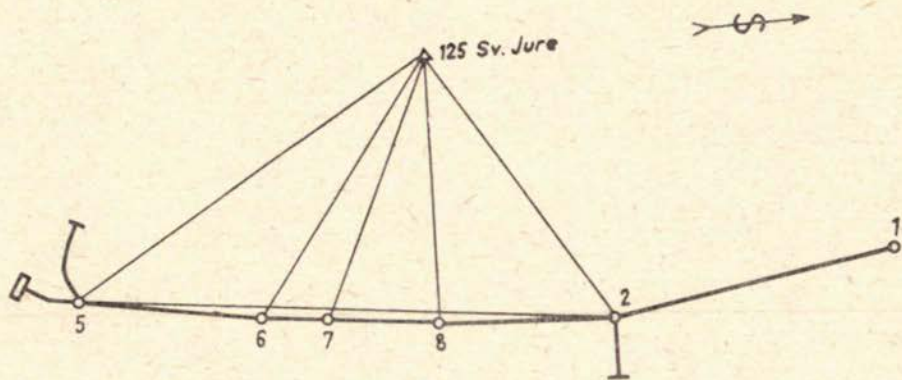
Na sva tri gradilišta tunel se kopao snažnom mehanizacijom u punom profilu s prosječnim dnevnim učinkom od 8 dužnih metara iskopa.

Nepovoljni uvjeti za rad na srednjoj i južnoj dionici i posljedice koje bi mogle nastati u prijenosu elemenata trase u podzemlje potakle su investitora »Elektroprivreda Dalmacije«, da pozove Geodetski fakultet katedru za inženjersku geodeziju da provede glavnu kontrolu osi tunela za dužu dionicu između tačaka 2 i 3.

Kontrola je uslijedila na cca 700 m iskopanog tunela na obje strane i ustanovilo se:

- da su mnoge tačke geodetske osnove u blizini tačaka na površini uništene;
- da se tačka na ulazu u kosu bočnu štolnu ne može koristiti, jer se nalazi ispod izgrađene barake;
- da se tačka 2 proicirana u tunel, teško može koristiti jer je u rupi i stalno pod vodom;
- da je tačka 3 uništena jer je na njenom mjestu izgrađeno vertikalno okno, koje nije poslužilo za prijenos elemenata trase nego za ventilacije i ostale instalacije u tunelu;
- konačno ustanovilo se da između tačaka 2 i 3 ne postoji više nadzemna povezanost tačaka triangulacione mreže, izuzev tačke 5 koja je iskolčena bila na trasi u blizini tačke 3.

Zamišljeno je da se ova povezanost sada uspostavi površinskim poligon-skim vlakom koji će spojiti na terenu stabiliziranu tačku osi tunela 2 i tačku 5 preko brda. Ova tačka je vjerojatno bila jedna od tačaka uzdužnog profila pri izgradnji vertikalnog okna.

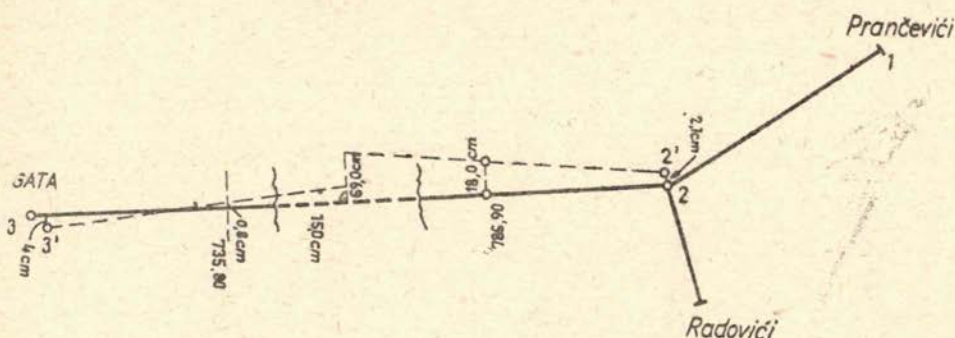


Slika 5 — Poligonski vlak

Precizni poligonski vlak imao je pet tačaka (5, 6, 7, 8, 2 sl. 5) a orijentiran je bio na tačku osnovne triangulacije 125 Sv. Jure. Sa tačke 2 i orijentacijom za tačku 8 i 125 prenašan je smjer osi u tunel kroz bočnu štolnu dok sa tačke 5 orijentacijom na 6 i ostale tačke postavljene mikrotriangulacije, prenijet je smjer osi trase kroz pristupni tunel.

U ovim mjerenjima korištena je metoda paralaktičke poligonometrije teodolitom i bazisnom letvom. Bio je to veoma kompliciran slučaj. Koristila se Zeiss-ova oprema za paralaktičku poligonometriju, sekundni teodolit Zeiss Th II i T 010 sa dvije dvometarske bazisne invarne letve, 5 stativa sa signalnim značkama na obje strane i sa po tri Zeiss-ova reflektora TG III za podzem,

na mjerenja. Obje letve su komparirane za multiplikacionu i adicijonu konstantu na fakultetskom terenskom i laboratorijskom komparatoru. Stanje iskolčenja osi trase nakon kontrole prikazuje slika 6. Puna crta prikazuje projektiranu os, crtkasta linija prikazuje os tunela koja bi nastala da je iskolčenje nastavljeno započetim smjerovima na obje strane.



Slika 6

Na temelju ovog nalaza trasa je korigirana na udaljenostima do kojih je u momentu kontrole bilo najdalje moguće doći. Na osi su stabilizirane po tri tačke na međusobnim udaljenostima od 200 m i daljna iskolčenja i građenje nastavljeno je jednostavnim produžavanjem trase u novo iskolčenom pravcu. Iskop tunela završen je 28. IV 1960. Odstupanje radnih osi pri probodu iznosilo je 8 cm.

Na kraju dovodnih tunela smješten je sistem vodnih komora, zatim vertikalna okna i na kraju na koti od 1,50 m podzemna strojarnica (Sl. 3).

DOVODNI TUNEL I HE ORLOVAC — Druga dva značajna objekta u području sliva Cetine, koji se izgrađuju jesu dovodni tunel i hidrocentrala HE Orlovac.

Osim energetskog korištenja voda sa šireg sliva Cetine, ovaj tunel ima ulogu reguliranja vodnog režima u Livanjskom polju. Izgradnjom akumulacije u nižim depresijama Livanjskog polja a naročito u Buškom blatu, dovodnog kanala Brda — Lipa te reverzionog Lipa-Buško blato, omogućit će se melioracija Livanjskog polja. Tunel Orlovac spaja mali kompenzacioni bazen Lipa u Livanjskom polju sa nadzemnom hidrocentralom u selu Ruda u Sinjskom polju. (Sl. 1)

Geološki sastav terena, kroz koji ovaj tunel prolazi, sličan je ostalim u kraškom području — to je vapnenac kojeg mjestimično presijecaju rasjedi i špilje. Za kišnih perioda i ovdje se pojavljuje izdizanje nivoa podzemnih voda, koje su plavile tunel tokom gradnje i izazivale prekid radova sa svim neugodnim posljedicama.

Trasa tunela ima jednim dijelom karakter brdske trase, jer prolazi kroz brdo Kamešnicu sa slojem preko 1000 m iznad trase, a djelomično je padinski tunel. Tunel sa strojarnicom projektirao je Hidrograđevinski biro poduzeća

Energoinvest iz Sarajeva. Izgradnju tunela preuzela su građevinska preduzeća Hidroelektra iz Zagreba sjevernu dionicu od lokacije Lipa do stacionaže 5 + 500, a južnu dionicu poduzeće Konstruktor iz Splita. Izgradnja je započela 1967. u mjesecu srpnju, a završena je 29. rujna 1969, dakle za dvije godine i dva mjeseca izgrađen je tunel u dužini od 12,5 km. Tunel će dobiti betonsku oblogu slično kao i ostali tuneli u kraškom području.

Geodetsku osnovu za ovaj tunel čini triangulacioni lanac sastavljen od tačaka zemaljske triangulacione mreže. Lanac je na osnovi podataka mjerenja kutova izjednačen kao samostalna mreža i orijentiran u Gauss-Krügerov projekcionni sustav. Za kontrolu linearnih odnosa u mreži mjerene su dvije baze, na početku i na kraju. Ove radove kao i sve ostale radove na iskolčenju tunela i izgradnju strojarnice obavlja geodetska grupa Hidrograđevinskog biroa Energoinvesta.

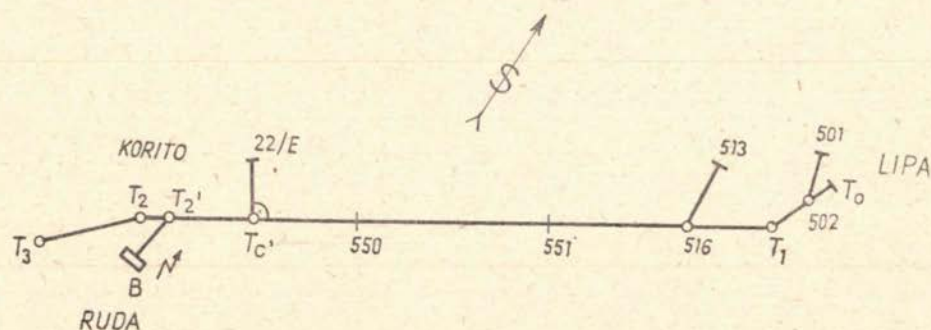
Prvobitni projekt predviđao je podzemnu strojarnicu u mjestu Rude. Tu se započelo sa gradnjom tunela ali se naišlo na izvor, veoma jakog intenziteta, uslijed kojeg je nastao novi vodotok. Zbog toga je projekt izmijenjen i umjesto podzemne, projektirana je nadzemna strojarnica s nadzemnim tlačnim cjevovodom. Izgradnja ove centrale ušla je u plan radova SR Hrvatske za 1970. godinu.

Na lokaciji Lipa projektiran je kosi bočni rov pod kutom od 30° sa osi tunela. Međutim prilikom gradnje i ovdje se naišlo na iznenađenje. Smjerom kosog rova na 115. metru iskopa naišlo se na veliku špilju, pa se smjer iskopa morao promijeniti.

Za ubrzanje radova na ovom radilištu postavljen je na stacionaži 1 + 881,74 još jedan kosi bočni rov pod kutom od $41^\circ 28' 42''$ u dužini od 361 m.

Na lokaciji Korita na južnom kraju tunela projektiran je u tački TO' horizontalni bočni rov okomito na trasu tunela u dužini od 490,50 m.

Tunel je projektiran na karti s osnovnim tačkama T_0 , T_1 , T_2 i T_3 . Izmjenom projekata na južnom kraju izmijenjen je položaj strojarnice, pa su uzete nove tačke T'_2 i B. Kako se može vidjeti iz skice tunelske trase, tunel nije



Slika 7 — Skica tunelske trase

u pravcu nego ima dvije lomne tačke u T_1 i T_2 . Zaobljenja u prelomnim tačkama su također u obliku kružnog luka u tački T_1 sa $R = 500$ m, a $T'_2 R = 100$ m. Očitavanjem koordinata tačaka trase sa karte izračunati su položajni elementi trase. Ostali podaci su analitički izračunati. Tačke na trasi su na terenu iskolčene, pa je proveden trigonometrijski navelman preko brda da bi se na temelju toga mogao izraditi uzdužni profil tunela.

Dužina tunela između tačaka 502 i T' iznosila je 9400 m. kako se prenos elemenata iskolčenja trase odvijao pod nepovoljnim okolnostima, projektna organizacija pozvala je Geodetski fakultet Katedru za inženjersku geodeziju da obavi glavnu kontrolu iskolčenja osi tunela na stacionažama 2230 m u tački 551 i 7208 m u tački 550 za oba smjera kopanja u tunelu.

Kontrola pravca u tunelu obavila se žiroskop-teodolitom MRK2 VEB Freiburger Präzisionsmechanik. Mjerenje azimuta žiroskop-teodolitom omogućuje da se na jedan potpuno nezavisni način odrede smjerovi trase tunela u oba pravca kopanja.

Teoretski trebalo bi da mjereni azimuti u oba pravca kopanja zadovolje odnos:

$$A'' = A' + 200^{\text{sr}} + \Delta A$$

gdje su: A' azimut mjeren u jednom pravcu

A'' azimut mjeren u suprotnom pravcu

ΔA meridijanska konvergencija na sferi.

Razlike između mjerenja u oba pravca trebale bi biti u granicama tačnosti mjerenja ovim instrumentom.

Za kontrolu smjerova pravaca sračunatih iz koordinata, u našem slučaju Gauss-Krügerovih koordinata, potrebno je mjerene azimute A' i A'' korigirati za meridijansku konvergenciju u ravnini projekcije po formuli:

$$A_1 = A' \pm c$$

Predznak u ovoj formuli ovisi o položaju tačaka u GK projekciji u odnosu na osnovni meridijan u našem slučaju $\lambda = 18^\circ$. Konvergencija c data je slijedećim izrazom:

$$c = (c_3) y + (c_4) y^3 + (c_5) y^5$$

Veličine članova u gornjoj formuli nalaze se u posebnim tablicama za argument y . Međutim za naše potrebe, gdje su dužine pravaca relativno male (unutar 5 km), dovoljno je bilo koristiti samo prvi član pa će biti

$$c = (c_3) y$$

Korigiranjem mjerenih azimuta u oba pravca dobit će se dva međusobno nezavisna mjerenja, koji će se razlikovati međusobno za 200^{sr} , ako su azimuti mjereni na identične smjerove t. j. ako je u našem slučaju trasa tunela na oba pravca kopanja pravilno iskolčena. Razlika između obostrano mjerenih veličina može postojati samo u granicama tačnosti mjerenja ovim instrumentom t. j.

$$A_1 = A_2 \pm 200^{\text{sr}} \pm \Delta$$

gdje je Δ razlika između mjerenih veličina u ovisnosti od tačnosti mjerenja.

Mjerenja ovim instrumentom u tunelu Orlovac dali su slijedeće rezultate:

Smjer kopanja tunela Lipa — Korita

$$A_1 = 236^\circ 50' 44''$$

Suprotni smjer Korita — Lipa:

$$A_2 = 56^\circ 50' 53''$$

$$\Delta A = \quad \quad 9''$$

Tačnost za ova mjerenja izražena srednjim pogreškama jednog mjerenja i aritmetičke sredine jesu:

$$m = \pm 10'' \quad M = \pm 5''$$

Prema tome postignuti rezultati nalaze se u granicama tačnosti mjerenja ovim instrumentom, pa se na temelju toga može prosuditi da je tunel s obje strane pravilno usmjeren.

Za usporedbu smjerova između tačaka u tunelu dobivenih iz koordinata i mjerenih žiroskop teodolitom potrebno je odrediti konstantu žiroskopa t. j. veličinu koja je data formulom: $\varepsilon = v - A$

odatle će biti smjerni kutovi u tunelu $v = A + \varepsilon$

v = smjerni kut izvjesnog pravca u sistemu projekcije;
 A = azimut dotičnog pravca mjeren žiroskop teodolitom.

Veličina ε određena je mjerenjem azimuta na pravcima tunelske triangulacije na površini. Mjereni su obostrani azimuti na dvije strane triangulacije pa se dobilo da je $\varepsilon = 29' 30''$

Smjerni kutovi između tačaka na trasi iz podataka žiroskop-teodolita jesu:

$$v'_{551} = 237^{\circ} 20' 23'' \qquad v''_{550} = 57^{\circ} 20' 32''$$

Isti smjerni kutovi iz koordinata

$$v_{551} = 237^{\circ} 20' 17'' \qquad v_{550} = 57^{\circ} 20' 02''$$

Razlike

$$6'' \qquad 30''$$

Analiza ovih podataka očito ukazuje da su na prenos smjera trase na južnoj dionici (tačka v_{500}) postojali izvjesni utjecaji koji su izazvali veće odstupanje unatoč jednake tačnosti mjerenja na obje dionice. Obzirom na primijenjenu metodu davanja smjera trase na temelju smjera računatog iz koordinata zadnjih tačaka na trasi u oba smjera kopanja, smjerovi su se postupno korigirali.

Rezultati mjerenja pri prenosu smjera trase u tunelu, koji se dobivaju raznim metodama i pod raznim uvjetima mjerenja, smatraju se nezavisnim mjerenjima iz kojih se za konačni rezultat može uzeti aritmetička sredina iz rezultata svih mjerenja.

Na taj način će sredina iz obiju veličina za smjerove trase biti

$$v_{550} = 237^{\circ} 20' 20'' \qquad v_{550} = 57^{\circ} 20' 17''$$

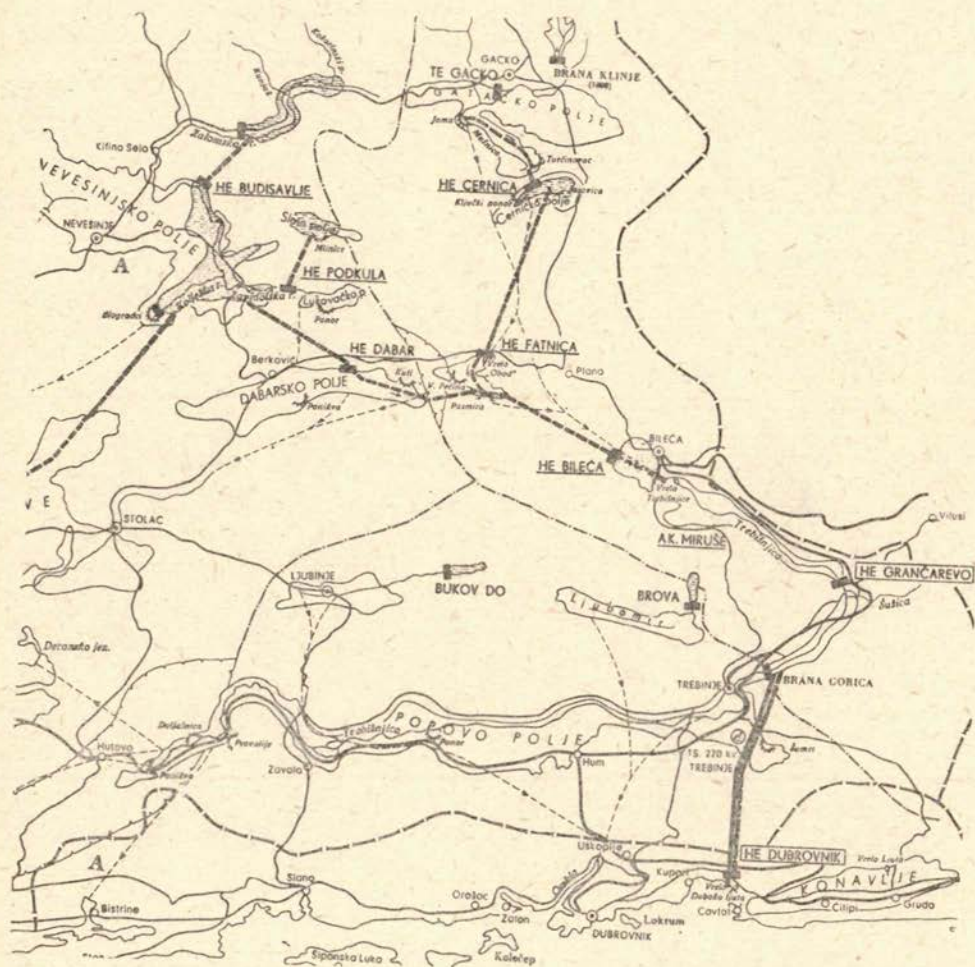
Udaljenost između tačaka u kojima su smjerovi mjereni bila je $D = 4976,84$ m. Uzevši razliku azimuta dobivenu žiroskop teodolitom $\Delta A = 9''$, bilo bi razmimoilaženje osi u sredini ove udaljenosti $q_1 = 0,11$ m

Ako se uzme da će se trase na obje strane iskolčavati smjerovima na temelju aritmetičke sredine obiju podataka, onda bi razmimoilaženje u probou iznosilo $q_2 = 0,036$ m

Na temelju podataka daljnih iskolčenja, t. j. koordinata tačaka na trasi, preračunate su ove koordinate u sistemu osi tunela sa početnom tačkom T_1 i krajnjom T_2 i njihovim projektiranim koordinatama. Transformacijom dobiveni su slijedeći podaci

	T_1	516	551	575	576	556	550	T_0	T_2
x'	0,00	1363,90	2231,64	4834,56	4991,75	6407,66	7208,50	9408,53	
y'	0,00	+0,048	+0,099	+0,106	+0,108	+0,118	+0,115	+0,050	0,00

Iz ovih podataka vidljivo da je trasa pri iskolčenju kroz bočne štolne paralelno pomaknuta u tačkama 516 i T_0 za jednaku veličinu 5 cm. U daljnjem iskolčenju nastao je blagi luk u tačkama 551 i 550, dok je dalje cijelom dužinom trasa iskolčena u strogom pravcu. Proboj je ostvaren između tačaka 575 i 576, koje se nalaze na međusobnoj udaljenosti od 157 m. Iz koordinata



Sl. 8. — Pregledna karta slivnog područja Trebišnjice

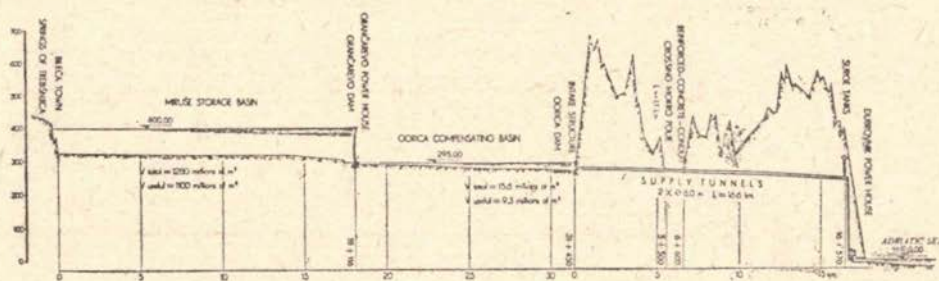
tačaka vidi se da se ove dvije tačke nalaze na pravcu. Pri kontroli proboja razmimoilaženje radnih osi bilo je 3,6 cm. Zaista kolosalan rezultat, koji je potpuno suglasan sa rezultatom koji je dalo kontrolno mjerenje žiroskop-teodolitom ($q_2 = 0,036$).

ENERGETSKO-MELIORACIONO RJEŠENJE SLIVA TREBIŠNJICE — Područje istočne Hercegovine i obale oko Dubrovnika, koje zahvaća površinu od oko 7000 km², veoma je bogato kišnim padavinama i vodom. Međutim, kao i u ostalom kraškom području, najveći dio vode otiče podzemnim tokovima u more ili kao pritoke Neretve. Za vrijeme jačeg kišnog perioda kraška su polja poplavljena i naravno za poljoprivrednu eksploataciju ne iskorištena.

Prvi zahvati za iskorištenje voda u ovom području jesu projekti za reguliranje vode rijeke Trebišnjice. Položaji objekata, koji su predviđeni u cijelom ovom području vidljiv je na Sl. 8.

Rijeka ponornica Trebišnjica protiče kroz nekoliko kraških polja, od kojih je najveće Popovo polje, u kojem ona kroz više ponora ponire. Njena voda poplavljuje se podzemnim tokovima kao pritoke Neretve, ali se i izvori na obali mora od poluotoka Pelješca pa do Dubrovnika snabdijevaju njenom vodom.

Najjači izvor je kod Dubrovnika u rijeci dubrovačkoj. To je mala riječica Ombla. Drugi veći izvor je rijeka Ljuta u Konvaljanskom polju, koja je plavila to polje. Nakon iskopa odvodnog tunela u dužini od 2 km omogućeno je da se ovo polje privede intenzivnoj poljoprivrednoj eksploataciji.



Slika 9 — Uzdužni profil hidroenergetskih objekata Trebišnjice

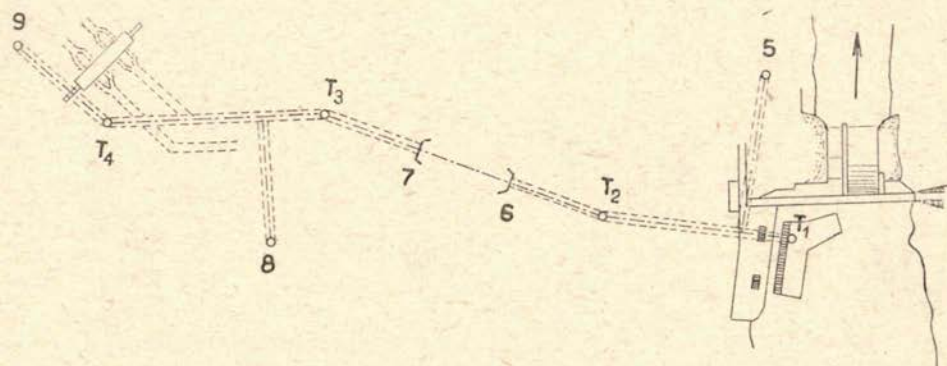
Opći pregled objekata za HE Dubrovnik, koji su izgrađeni u ovom sistemu i njihovom smještaju u visinskom pogledu vidljiv je iz uzdužnog profila hidroenergetskih objekata na rijeci Trebišnjici.

Brana Grančarevo je 123 m visoka lučna brana. Dužina u kruni brane iznosi 439 m, širina u temelju je 26,81 m, a u kruni 4,60 m. Ova brana stvara akumulaciono jezero Miruše ukupne zapremine 1280 mil. m³. Jezero je dugačko 18 km.

Uz branu Grančarevo projektirana je pribranska centrala. Na ovo akumulaciono jezero nastavlja se kompenzacioni bazen, kojeg stvara brana Gorica. To je brana gravitacionog tipa 33,5 m visoka. Bazen je dugačak 13,5 km sa 13,3 mil. m³ vodne mase. Od toga se može koristiti 9,3 mil m³ vode za dnevno kolebanje.

Od ulaznih građevina kod brane Gorica nastavljaju se dva paralelna dovodna tunela profila 6 m. Do sada je izgrađen jedan. On se sastoji od tri dijela. Prvi dio od brane Gorica do izlaza u zemljišnu depresiju »Mokro polje«

u dužini od 5,5 km. Drugi dio prolazi kroz ovu depresiju u obliku polu ukopanog betonskog cjevovoda promjera 5,40 m, a u dužini od 1,05 km. Treći dio je opet tunel u dužini od 9,8 km do vertikalnog tlačnog rova podzemne strojarnice. Ukupna dužina tunela jeste 16,3 km, kota ulazne tačke je 278 m, a na kraju tunela $H = 249,09$ m, dok prosječni pad 1,8‰. Shematski prikaz tunela s branom Gorica i podzemnom strojarnicom prikazan je na slici 10.



Slika 10 — Skica dovodnog tunela za HE Dubrovnik

Kako je vidljivo iz slike 10 tunel se lomi u trima tačkama T_2 , T_3 , i T_4 . Zaobljenje ovih lomova je u obliku kružnih lukova malog radiusa, u tačkama T_2 i T_3 $R = 18$ m, dok u T_4 jeste $R = 20$ m. Osnovne tačke tunelske trase date su projektom na karti. Ostale tačke date su na terenu. Tačkama 5 i 8 obilježene su osi bočnih kosih štolni, koje os tunela sjeku pod zadanim kutom. U tački 9 obilježena je os horizontalnog rova na kraju dovodnog tunela. Tačke 7 i 8 jesu izlazna, odnosno ulazna tačka za dva tunela na zemljišnoj depresiji Mokro polje.

Za tunelsku geodetsku osnovu poslužila je ovdje zemaljska triangulacija. Obzirom na konfiguraciju terena morala se koristiti triangulacija IV reda. Zbog hitnosti zadataka za početne radove korišteni su podaci zemaljske triangulacije, ali je na temelju podataka mjerenja iz ove mreže formiran lanac trokuta. Mjerene su za kontrolu linearnih odnosa dužine triju strana — na početku tunela, u Mokrom polju i na kraju. Mreža je izjednačena, pa je orijentirana u zemaljski projekcioni sistem i tako poslužila kao kontrola.

Tačke na osi bočnih štolni određene su umetanjem u postojeću triangulacionu mrežu kao i tačke 7 i 8, pa su svi elementi tunela sračunati analitički.

Geodetski dio projekta razradila je geodetska grupa Hidrograđevinskog biroa Energoinvesta, koja je obavljala sve geodetske radove pri izgradnji ovog skoro 16 km dugog tunela, najdužeg a i najkompliciranijeg u našoj izgradnji tunela uopće.

Za izgradnju bio je tunel podijeljen u tri dionice i kopao se u punom profilu. Prva dionica između tačaka T_1 i 6 sa lomom u T_2 i kosom bočnom štolnom u tački 5. Dužina bočne štolne je 103,57 m. Proboj je ostvaren na stacionaži 2 + 144 m sa poprečnim odstupanjem $q = 0,02$ m.

Druga dionica između tačaka 7 i kosog rova u tački 8 probijena je na stacionaži 6 + 634 s poprečnim odstupanjem $q = 0,09$ m. Treća dionica između

tačkaka 8 i 9 je najduža, a i najteža za prenos elemenata trase. Proboj je ostvaren 9. VI 1963. god na stacionaži 11 + 640. Ovdje se pojavilo najveće poprečno odstupanje $q = 0,25$ m. Dužina ove dionice bila je 7683 m. Međutim proboj se ostvario potkopom malog profila, pa je trasa rektificirana. Ipak su stručnjaci koji su na ovim radovima radili stekli znatna iskustva, pa su u daljnjim radovima primijenjivali metode kontrole, kao što je kontrola dovodnog tunela za HE Orlovac.

ZAVRSNE NAPOMENE — Iz ovog relativno kratkog i sažetog prikaza geodetskih radova pri realizaciji energetske-melioracionih projekata u jugoslavenskom krašu može se uočiti ne samo količina i raznolikost radova, nego i problemi koji su se obzirom na specifičnost ovog područja mogli svakodnevno pojaviti.

Kvalifikaciona struktura stručnjaka, koji su na ovim radovima radili od prvih početaka, nije bila adekvatna onim drugih struka. Bio je zaposlen pretežno srednje stručni kadar. On je u ovim radovima pokazao ne samo impozantnu snalažljivost i savjesnost, nego je svojim zalaganjem i postignutim rezultatima stekao zaslužena priznanja, a struci potreban renome. Kvalitet radova rastao je stjecanjem iskustava, nadolaskom većeg broja visoko kvalificiranih stručnjaka, poboljšanjem instrumentalne opreme i primjenom novih metoda mjerenja naročito u istražnim radovima (izradi geodetskih podloga).

Napredak nauke uskoro će se odraziti i na ove radove. Pojedine geodetske organizacije već su opremljene novom opremom kao elektronskim daljinarima, žiroskop teodolitima itd., koji će omogućiti ne samo efikasnije određivanje elemenata trase tunela nego i primjenu ekonomičnijih metoda u postavljanju geodetske osnove za izgradnju tunela.

LITERATURA:

- Prof. Dr D. Srebrenović: Hidrološke veličine u jednom kraškom sistemu. Geodetski Fakultet, Zavod za hidrologiju 1965.
- Ing. Boris Pavlin i kolektiv: Akumulacija i HE Peruča. Dalmatinske hidroelektrane Split 1960.
- Ing. Krunoslav Begović i kolektiv: Hidroelektrana Split, Dalmatinske hidroelektrane Split 1962.
- Poljoprojekt, Energoinvest (Sarajevo), Institut za jadranske kulture (Split): Hidroelektrana Orlovac — Prikaz i vodoprivredni značaj postrojenja. Izvod iz investiciono-tehničke dokumentacije. Elektroprivreda Dalmacije 1967.
- Energoinvest, Hidrograđevinska grupa: Projekti geodetskih radova za iskolčenje dovodnih tunela HE Dubrovnik i Orlovac.
- Energoinvest: Trebišnjica Hydroelectric power project — prospekt.