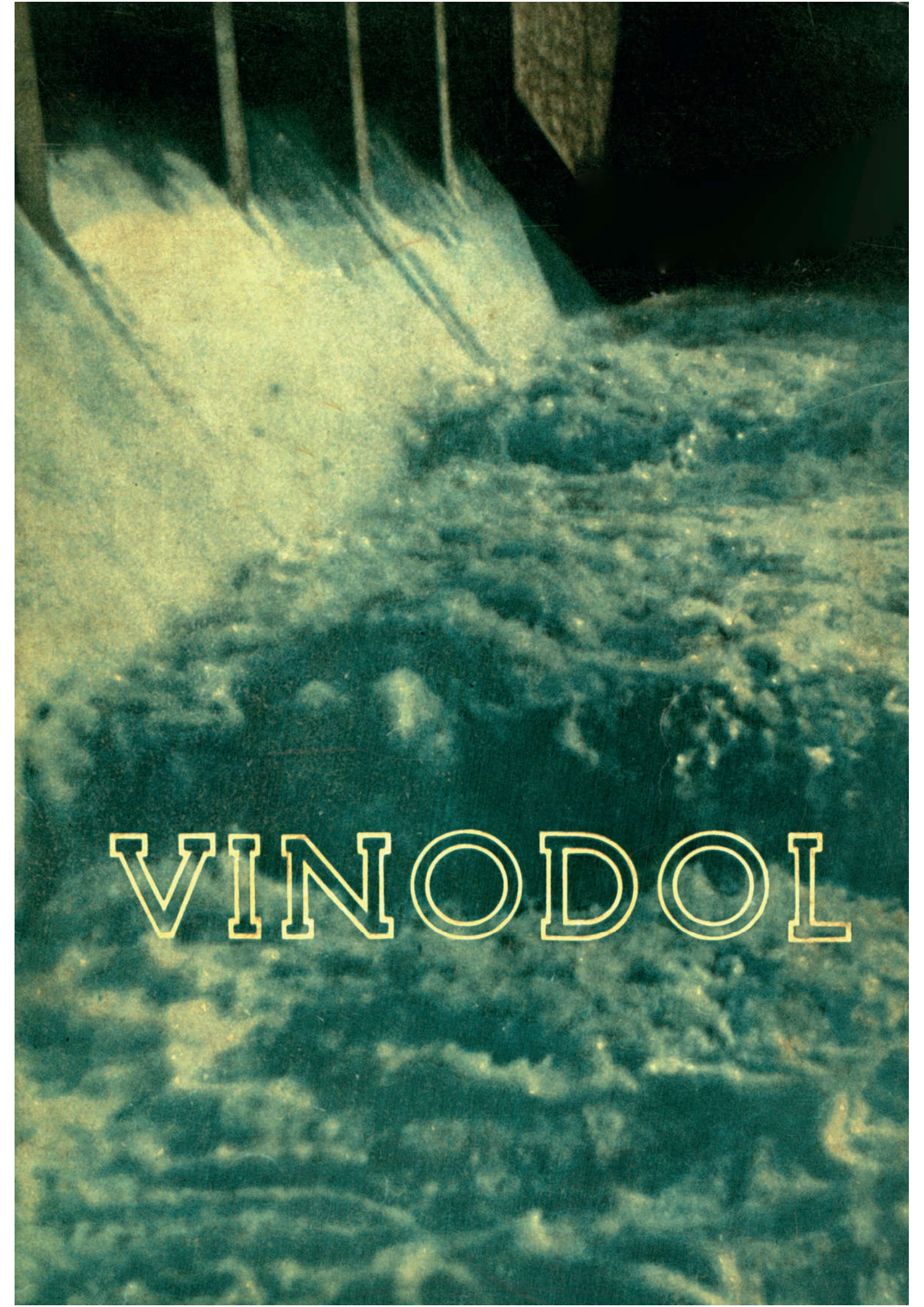




VINODOL

SPOMENICA

O IZGRADNJI

HIDROELEKTRANE »NIKOLA TESLA«

TRIBALJ — VINODOL

Pripremio

INSTITUT ZA ELEKTROPRIVREDU

Uredio

Vladimir Žepić

ELEKTROPRIVREDNI SISTEM NR HRVATSKE

ZAGREB 1953

Graditeljima Vinodola!

Već su zašumile prve turbine Vinodolskog kolosa, da uključe svoju snagu u izgradnju socijalizma i boljeg života naših ljudi.

Samo na ovom objektu, sa ovog dijela fronta u našoj bitci za socijalizam, vidi se koliko su radni ljudi naše domovine stvorili, često otkidajući od usta, i ugradili u temelje svoje bolje budućnosti.

Naši radni ljudi na Vinodolu savladali su ogromne teškoće. Oni su stekli dragocjeno iskustvo, naučili i osposobili se u poslovima, koji su u kapitalističkoj Jugoslaviji bili monopol stranih stručnjaka. Ti su ljudi živjeli i radili na terenu pod najtežim uvjetima i radili vrlo odgovorne poslove. Oni su pokazali ne samo svoju stručnost i sposobnost, već i samoodricanje, smjelost i svijest novih ljudi, graditelja socijalističke Jugoslavije.

Stavljanje u pogon prvih agregata Vinodola velika je pobjeda radnih ljudi Hrvatske i čitave Jugoslavije. Ono pada u značajnu fazu 1952—53 godine, u fazu žetve plodova herojskih napora naroda Jugoslavije, kad iz mjeseca u mjesec redom ulaze u pogon osnovni objekti Petogodišnjeg plana. A Vinodol je u Petogodišnjem planu elektrifikacije Hrvatske glavni objekt, koji svojom proizvodnjom čini oko 70 posto toga plana. On postaje jedan od glavnih stupova sjeverozapadnog elektroenergetskog sistema Jugoslavije.

No, mi moramo još jače i brže nego dosad ići s tempom daljnje elektrifikacije. Ne samo opća velika zaostalost u elektrifikaciji naše zemlje koju moramo savladati, nego i sama industrijalizacija to diktira.

Nisu slučajno moskovski imperijalisti onako žestoko, ne birajući sredstva, kidisali na naš Petogodišnji plan. Oni su vrlo dobro znali, da izgradnja nove moderne industrije i novih elektrana znači najozbiljniju pobjedu socijalizma, nezavisnost nove Jugoslavije.

Bilo je i drugih, koji su proricali neuspjeh našeg plana elektrifikacije i industrijalizacije. Svi oni ne će, ili ne žele, da shvate našu stvarnost. Samo ekonomski jaka i nezavisna Jugoslavija može osigurati bolji život radnim ljudima, širu ekonomsku saradnju s drugim zemljama i mir na svojim granicama.

Puštanjem u pogon ovih novih objekata još više će ojačati moralno-političko jedinstvo i revolucionarna snaga naših naroda. Time narodi socijalističke, Titove Jugoslavije, dobivaju nova materijalna sredstva u svoje junačke ruke, da brane od bilo koga svoje historijske tekovine.



(Jakov Blažević)

član Izvršnog Vijeća FNRJ

član Izvršnog Vijeća NR Hrvatske

(Riječ graditeljima »Vinodola« prigodom svečanog stavljanja u pogon ove hidroelektrane — vidi »Borbu« od 1. lipnja 1952.)

S A D R Ž A J :

Jakov Blažević, Graditeljima Vinodola	1	Pregrada Bajer — Tlačni dovod — Stalne točke u razdjelnoj komori	
Sadržaj	2	Skare, Arhitektonski raspored podzemnog postrojenja hidroelektrane Vinodol	42
Našim čitaocima	3	Općenito — Dispozicija pojedinih dijelova podzemnog postrojenja — Konstrukcija — Arhitektonska obrada	
Žepić, Nikola Tesla	3	Jelušić, Strojarska i elektrotehnička oprema hidroelektrane Vinodol	44
Žugaj, Osnova hidroelektrane »Nikola Tesla« u Vinodolu	4	Vodne turbine — Generatori — Transformatori — Električna oprema elektrane — Zaštitni uređaji i automatika — Pomoćni uređaji — Služba veze — Posebni mjerni uređaji — Hidromehanička oprema — Tlačni cjevovod	
Geološke karakteristike — Konceptija rješenja projekta — Energetski rezultati — Daljnje mogućnosti korišćenja — Historijat projekta hidroelektrane Vinodol — Etape građenja			
Stepinac, Hidrološki pregled sliva hidroelektrane Vinodol	11	Jelušić, Transport i montaža opreme	62
Opći podaci — Raspored oborina — Vodne izdašnosti		Transport opreme — Montažni radovi	
Mrvoš, Građevinski dio objekta	16	Jelušić, Ispitivanje i stavljanje u pogon hidroelektrane Vinodol	65
Pregrada Križ — Spojni tunel Križ—Lokvarka — Pregrada Lokvarka — Obilazni rov Lokvarka i evakuacija velikih voda — Tunel Lokvarka—Ličanka — Kanal Ličanke — Pregrada Bajer — Tlačni dovod Bajer—Razromir — Rov kosog tlačnog cjevovoda — Razdjelna komora — Strojarnica Tribalj — Plato rasklopnog postrojenja 110 kV — Crpni uređaj Lič		Ispitivanje — Stavljanje u pogon — Stavljanje pod napon	
Nonveiller, Građenje hidroelektrane Vinodol	31	Jelušić, Pomoćna hidroelektrana Fužine	67
Organizacija rukovođenja gradnjom — Nastambe — Komunikacije — Energija — Vodovodi — Uređenje gradilišta — Izvođenje građevinskih radova — Bibliografija		Požar, Uloga hidroelektrane Vinodol u elektroenergetskom sistemu zapadnog dijela zemlje	69
Žugaj, Ispitivanje građevnih objekata prve etape hidroelektrane Vinodol	40	Planić, Troškovi izgradnje hidroelektrane Vinodol	72
		Nadinić, Pregled poduzeća, koja su sudjelovala na izgradnji hidroelektrane Vinodol	91

Tiskara i klišei: Štamparski zavod »Ognjen Prica«, Zagreb

Foto-snimke: Mrvoš, Nonveiller, Sakar, Žepić, Fotoslužba Hrvatske.

NASLOVNA STRANA: Preljev na pregradi Bajer, kompozicija arh. ing. Božidara Rašice.

Nikola Tesla



Portret Nikole Tesle, rad kipara Ivana Meštrovića

Izgradnja velikih električnih postrojenja neposredno na izvorima energije, udaljenim od mjesta potrošnje, mogla se provesti tek onda, kad je Nikola Tesla stvorio za to osnove svojim iznašaćem višefaznog izmjeničnog sistema.

Tom iznašaću zahvaljuje u zadnjoj liniji mogućnost svoje izgradnje i ova naša nova hidroelektrana u Vinodolu, koja će svojom energijom snabdijevati daleke prostore naše zemlje i unositi u mnoge domove svjetlost i bolji život.

Dugo se vremena nije spoznala vrijednost Teslinog djela i njegovog značenja za razvoj elektrotehnike i za opći napredak čovječanstva.

Svakako je značajna i vrlo istinita izjava poznatog američkog učenjaka prije više od 35 godina, kad je prigodom podjeljivanja zlatne Edisonove medalje

Nikoli Tesli ustanovio, da bi točkovi industrije prestali da se okreću, a gradovi da bi se zavili u tamu i u njima promet zamro, da bi zastao čitav ekonomski život, kad bi iz današnjeg privrednog stvaranja isključili rezultate Teslinog rada.

A bilo je i u ovim krajevima takovog nerazumijevanja. Nikola Tesla, čovjek naših ličkih gora, ostao je nepoznat i necijenjen u svojoj domovini.

Tek povodom desetgodišnjice smrti veličina njegova doprla je do svijesti naših naroda i oni su počeli razumijevati značenje njegova djela, kad su pri radu na izgradnji velikih objekata Prve petoljetke neposredno došli u dodir s rezultatima temeljnih zasada Teslinih iznašaća.

Sad su graditelji nove socijalističke stvarnosti počeli cijeniti i voljeti sina svoje zemlje Nikolu Teslu, ponosni da je u njihovoj sredini nikao taj velikan i osnivač savremene elektrotehnike.

Pod utjecajem tih saznanja Radnički savjet »Hidroelektrane Vinodol« na svom zasjedanju od 9. siječnja 1953 donio je zaključak, da se ova elektrana prozove imenom

HIDROELEKTRANA »NIKOLA TESLA«

i da se na taj način dade priznanje čovjeku, koji se rodio tu u blizini, iza planine, na kršnom ličkom tlu.

Neka bi stvaralački duh Nikole Tesle ovladao našim mladim neimarima i potaknuo ih na stvaranje novih vrijednota za napredak svoje domovine i za dobrobit čitavog čovječanstva.

Prof. Ing. Vladimir Žepić

Osnova hidroelektrane „Nikola Tesla“ u Vinodolu

Ing. Mladen Žugaj, Elektroprojekt, Zagreb

621.293.4:551.43(497.1)

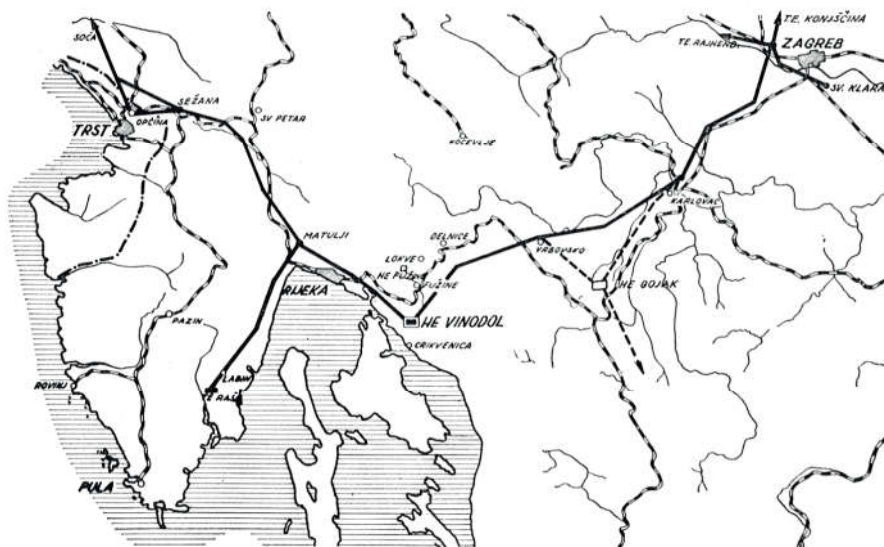
LIGNES GÉNÉRALES DE CONCEPTION DE LA CENTRALE HYDROÉLECTRIQUE »NIKOLA TESLA« À VINODOL. L'auteur expose les caractéristiques géologiques principales de la région aménagée, et donne un aperçu critique sur les possibilités de réalisation des réserves d'eau. Une analyse de la quantité possible de l'énergie emmagasinée fait suite et, en partant des résultats déduits, l'auteur explique la conception de l'aménagement hydroélectrique de la région. Ensuite, il fait connaître les propriétés hydrauliques et énergétiques fondamentales de l'équipement, puis, il examine les possibilités d'augmentation du débit disponible par l'adduction des eaux de ruisseaux voisins au système de cette centrale, et par l'utilisation de la chute entre la sortie de l'eau et la mer. L'historique de ce projet et l'explication de la solution adoptée sont donnés. Finalement, l'auteur expose l'échelonnement dans le temps de la construction de cette oeuvre importante, et donne une appréciation de la valeur énergétique de chaque tranche de travaux.

HYDRO-ELECTRIC POWER STATION »NIKOLA TESLA«, VINODOL. The author gives the chief geological characteristics of the territory in question along with a critical evaluation of the possibilities of water accumulation. He then analyses the extent of the accumulation and, on the ground of the obtained results, he develops his conception of a solution for building a hydro-electric power station. He discusses the basic hydraulic and energetic qualities of the plant and examines the possibility of increasing the quantity of water by diverting the waters of the neighbouring brooks into the system of this power station, as well as the possibility of exploiting the remaining head to the sea level. The story of the project of this hydro-electric power station is given and the present solution explained. Finally the author describes the various stages in building this great project and gives an appreciation of the value of energy at each stage.

GEOLOŠKE KARAKTERISTIKE

Područje Fužina i Lokava dio je dinarskog gorskog sistema, koji obuhvata gorja obalnog pojasa Jadranskog mora. U geomorfološkom pogledu to je područje tipičnog krša sa razvojem svih krških oblika. Nosioi krških pojava šireg područja Lokava

miti i vapnenci predstavljaju propusna i potpuno nepouzdana područja u pogledu vododrživosti. Povoljnije dijelove, u tom pogledu, čine najstariji mezozojski slojevi, koji su u neposrednoj okolini Lokava zastupani rabeljskim škriljcima kao slojevima dobre vododrživosti i rabeljskim dolomitima i pješčenjacima, manje pouzdanim u smislu nepropusnosti.



Sl. 1 — Položaj hidroelektrane »Nikola Tesla« u Vinodolu

i Fužina su mezozojski slojevi i to prvenstveno glavni dolomit, koji je u horizontalnom i vertikalnom smislu veoma rasprostranjen. Glavni dolomit je djelovanjem tektonskih sila jako razlomljen i lišen svog pokrova — liaskog vapnenca, te je stvorio na širokom području tipične krške reljefe. Najmlađi i najgornji članovi mezozojskih naslaga su liaski vapnenci, koji se pojavljuju u manje suvislim otocima. Ovi dolo-

Glavni oslonac akumulacije su nepropusni paleozojski slojevi, koji izgrađuju pretežni dio dolina, kroz koje protiču vodotoci. Te se naslage sastoje od tamnih glinenih škriljaca i brusilovaca, kao najpouzdanijih vododrživih slojeva, te slojeva karbonskih pješčenjaka i konglomerata, koji su pod utjecajem tektonskih djelovanja jako raspucali, pa su prema tome manje vodonepropusni. Unutar tipičnog krškog

pojasa ove nepropusne naslage paleozoika, omeđene glavnim rasjedima dinarskog pružanja, čine vodo-držive otoke inače propusnog područja (vidi Geološku kartu područja Fužina i Lokava, prilog 2).

MOGUĆNOSTI AKUMULIRANJA VODE

Geološki sastav terena daje uvjete za realizaciju akumulacija u dolinama Lokvarke, Križ-potoka, Ličanke i Lepenice. Uz ograničenja, koja su nametnula postojeće geomorfološke osobine terena, moguće je postići akumulacije slijedećih karakteristika:

Jezero	Kota maks. uspora	Najveća dubina	Najveća površina	Ukupna akumulacija	Korisna akumulacija	Bonitet jezera $\frac{S}{S+Fl}$
	m n m.	m	m ²	mil. m ³	mil. m ³	
Lokvarka	770,0	40,0	2.100.000	32,00	30,70	0,38
Križ	770,0	29,0	585.000	6,40	5,76	0,38
Ličanka	717,0	7,0	458.000	1,35	1,23	0,42
(Bajer)						
Lepenica	735,0	20,0	781.000	5,67	4,97	0,36
Ukupno:				45,42	42,66	
Ukupno bez Lepenice				39,75	37,69	

U gornjoj su tabeli dani sumarni podaci za sve akumulacije, a posebno za akumulacije Lokvarke, Križa i Ličanke bez Lepenice. Ti su podaci podijeljeni zato, jer se predviđa izgradnja akumulacije na Lepenici u daljoj budućnosti, (ako se pokaže korisnom), dok će se prva tri jezera graditi i predati pogonu elektrane kontinuirano jedno za drugim.

Veličine akumulacionih jezera u odnosu na dotok vode, koji prirodno gravitira u njih, dane su u donjoj tabeli:

Jezero	Korisna akumulacija	Vlastiti srednji god. dotok	Akumulacija u % god. dotoka
	mil. m ³	mil m ³	
Lokvarka	30,70	43,5	70,6
Križ	5,76	15,0	38,4
Bajer	1,23	60,0	2,1
Ukupno	37,69	118,5	31,8
Ukupno sa Lepenicom	42,66	118,5	36,0

U oči pada razmjerno mala akumulacija jezera Bajer. Uspornu kotu ovog jezera ograničile su nepovoljne geološke prilike. Povećanjem uspora iznad onoga, koji je odabran, ušlo bi jezero na lijevom boku doline u rasjednu zonu kontakta karbonskih naslaga sa glavnim dolomitom i liaskim vapnencima. U tom slučaju ne bi bilo garancije, da se voda iz jezera ne će procjeđivati u sjeveroistočno zaleđe vrlo skaršćenog područja, u kojem niti na većoj udaljenosti ne postoji nikakva kontinuirana barijera nepropusnih slojeva, koja bi zatvarala ovu zonu prema istoku i jugoistoku. Uz to bi, uz veći nivo jezera od odabranog, došla pod uspor i uzlazna vrela Ličanke,

a jezero bi doprlo i u nesigurnu zonu doline potoka Kostanjevice. Nakon detaljnih geoloških i geotehničkih istraživanja utvrđena je uspor na jezera Bajer, koja omogućuje korišćenje akumulacije od 1,23 mil. m³.

Ukupna korisna sadržina akumulacije HE Vinodol od 37,69 mil. m³ (bez Lepenice) imade kubaturu, koja čini 31,8% prosječnog godišnjeg dotoka zahvaćenih vodotoka, pa to omogućuje dobro godišnje izravnanje voda. Uz izgradnju akumulacije na Lepenici korisna sadržina jezera popela bi se na 36,0% srednjeg godišnjeg dotoka.

KONCEPCIJA RJEŠENJA PROJEKTA

AKUMULACIJA I NJIHOVA FUNKCIJA

Ostvarive akumulacije na hidroelektrani Vinodol omogućuju po svojoj ukupnoj veličini elastično reguliranje dotoka. Međutim situacioni i visinski smještaj jezera otežao je način gospodarenja vodama. Nepovoljni momenat je u tome, što veličine jezera ne odgovaraju veličinama vlastitog oborinskog područja, s kojeg primaju vodu i što se veće akumulacije nalaze na višoj nadmorskoj visini.

Jezera Lokvarka i Križ vezana su spojnim tunelom, te se zbog toga praktički mogu smatrati jednom jedinstvenom akumulacijom korisne sadržine od 36,46 mil. m³. Ova akumulacija prima vodu sa oborinskog područja od 34 km², odnosno prima 48% vodne količine od ukupne, koja gravitira Vinodolskim akumulacijama. Veličina akumulacije Lokvarka-Križ iznosi 97% od ukupnih korisnih sadržina svih jezera (bez Lepenice).

Jezero Bajer naprotiv prima sa vlastitog oborinskog područja 52% od sveukupnog dotoka, a imade korisnu sadržinu od svega 1,23 mil. m³, t. j. 3% od ukupne korisne sadržine svih akumulacija (bez Lepenice).

Zbog takove situacije nameće se potreba, da se velike vode iz sliva jezera Bajer magaziniraju u području Lokvarske akumulacije. Budući da jezero Bajer leži na nižoj koti od jezera Lokvarka i Križ, to je projekat predvidio prebacivanje voda iz Bajera u Lokvarku pomoću pumpnog uređaja u strojarnici Fužine. Ova je strojarnica situirana na uzvodnom rubu jezera u neposrednoj blizini vrela Ličanke. Vode Bajera tlače se u Lokvarsko jezero istim spojnim tunelom, koji čini vezu između jezera Lokvarke i Bajera, a služi za privođenje Lokvarskih voda preko jezera Bajer strojarnici hidroelektrane Vinodol. U strojarnici Fužine bit će ugrađena i turbina, koja će na postojećoj visinskoj razlici od min. 25 do maks. 55 m iskorištavati vode, koje se transportiraju iz Lokvarke u Bajer.

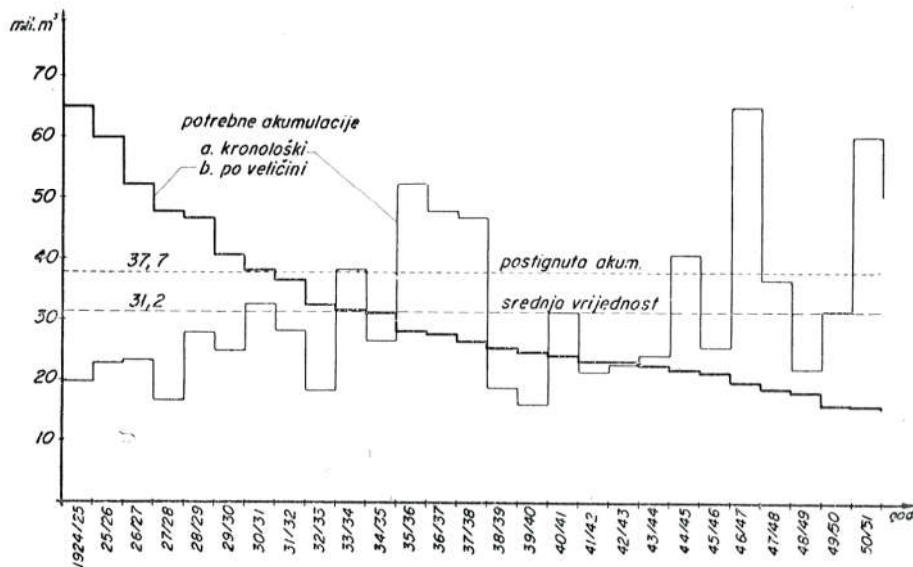
Na opisani način postignuto je, da raspoloživa akumulaciona jezera sudjeluju u reguliranju sveukupnog dotoka proporcionalno svojim veličinama, a to znači, da je osigurano racionalno gospodarenje vodama u granicama mogućnosti ukupnog akumulacionog prostora.

Kako se odnose dane akumulacije prema potrebnim akumulacijama za godišnje izravnanje dotoka,

vidljivo je na dijagramu sl. 2. Na tom su grafikonu nanese potrebne akumulacije, koje bi u pojedinim promatranim godinama zadovoljile godišnje izravnaje. Spomenuti grafikon rezultira iz analize provedene za niz od 27 godina (hidrološke godine 1924/25 do 1950/51). Prema tim podacima prosječna veličina akumulacije za godišnje izravnaje iznosila bi 31,2 mil. m³. Projektiranim akumulacijama postiže se sadržina jezera od 37,7 mil. m³, t. j. za 21⁰/₀ više. Prema grafikonu na sl. 2. vidi se, da takva veličina akumulacionih jezera u nizu od 27 godina zadovoljava (ili premašuje) godišnje izravnaje dotoka u 19 go-

u tom pogledu samo 12 mjeseci u 27 godina nije zadovoljeno, dok se inače krivulja izravnaje približuje srednjoj višegodišnjoj protoci bolje od krivulje srednjih godišnjih protoka. Odnosi tih krivulja pokazuju, u kojoj se mjeri može uplivisati na višegodišnje izravnaje.

Postignuto višegodišnje izravnaje daje u najsušnijim godinama dosta izrazita poboljšanja. Tako se za ekstremno suhu godinu 1948/49 može prebacivanjem vode iz prošle godine u ovu postići povećanje godišnje radne vode za 72⁰/₀, a to znači, da će za toliko i porasti godišnja produkcija energije prema



Sl. 2 — Potrebne akumulacije za godišnje izravnaje
a) po kronološkom redu, b) sredeno po veličini

dina, dok za 8 godina nije dovoljno velika. To znači, da u većini godina može služiti i za djelomično višegodišnje izravnaje.

U kojoj mjeri mogu dane akumulacije vršiti izravnaje dotoka ilustrirano je dijagramom na sl. 3. Za promatrani niz od 27 godina nanese su kronološki srednje godišnje protoke (krivulja »a« na gornjem dijagramu, sl. 3.). Kad bi danim akumulacionim jezerima postizavali u svakoj godini puno godišnje izravnaje dotoka, spomenuta krivulja »a« predstavljala bi raspoložive radne protoke u pojedinim godinama. Izravnaje dotoka, koje je stvarno moguće postići, prikazano je na istom grafikonu krivuljom »b«.

Analiza, iz koje su ovi rezultati ekscerptirani, provedena je uz težnju za višegodišnjim izravnajem. Prema tim rezultatima u razdoblju od 27 promatranih godina u svega 19,5 mjeseci odstupaju izravnate protoke izrazitije od srednjih godišnjih, dok su u ostalih 304,5 mjeseci izravnate protoke bliže srednjim godišnjim, šta više, imaju povoljnu tendenciju odstupanja od srednjih godišnjih protoka približujući se srednjoj periodskoj. To znači, da se postiže djelomično višegodišnje izravnaje. Na krivuljama trajanja (donje krivulje na slici 3.) još se jasnije vidi, da se može postići i bolje izravnaje od godišnjeg, te da

onoj, koju bi mogli polučiti uz samo godišnje izravnaje dotoka.

Uz ovakovo dimenzioniranje akumulacije svakako je moguće, da hidroelektrana Vinodol radi i vršno, a moguće je, da u znatnoj mjeri zadovolji i potrebe sezonskog rada.

PUT VODE DO STROJEVA

Na opisani sistem akumulacionih jezera nadovezuje se privod vode strojarnici hidroelektrane Vinodol. Ulaznim uređajem na jezeru Bajer uvodi se voda u tlačni dovod, koji trasom ukupne dužine od 9276 m dovodi vodu do vodne i zasunske komore, smještene na gorskoj kosi Razromir. Trasa dovoda prolazi na početku ispod mjesta Fužina tlačnim tunelom dužine od 199 m, prolazi zatim kroz Lič-polje armiranobetonskim tlačnim cjevovodom dugačkim 4915 m, te se konačno probija kroz brda Kobiljak—Desni—Razromir tlačnim tunelom dugim 4162 m. Od Razromira se čeličnim tlačnim cjevovodom, koji je ugrađen u kosom tunelu nagiba 32⁰, dovodi voda na nivo Vinodolske doline.

Strojarnica je izgrađena u podzemnoj kaverni, koja je situirana u blizini mjesta Tribalj. Tako se

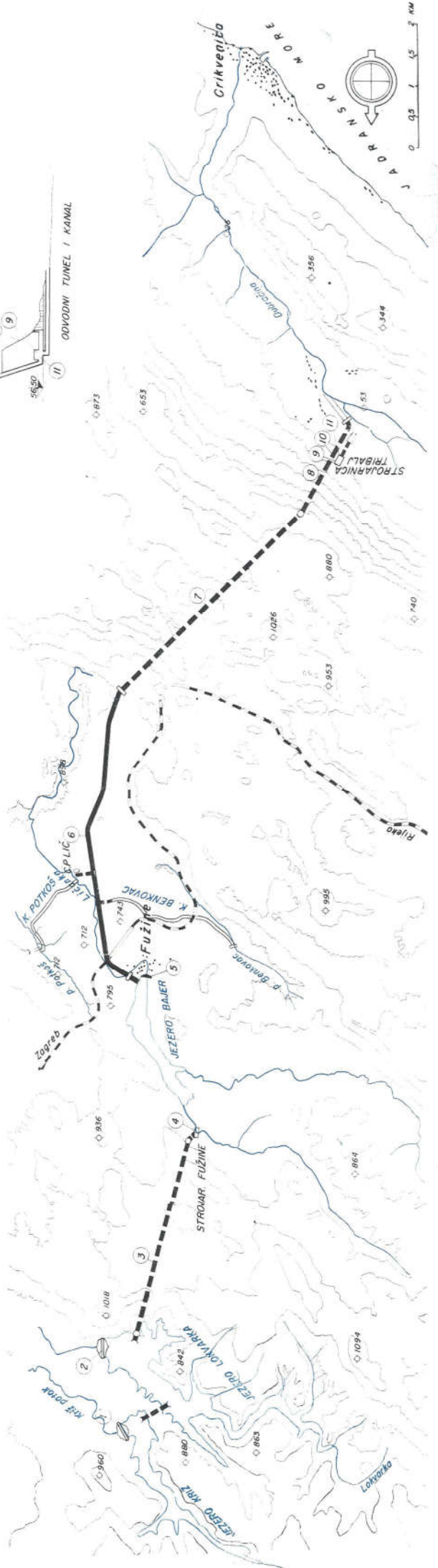
UZDUŽNI PROFIL



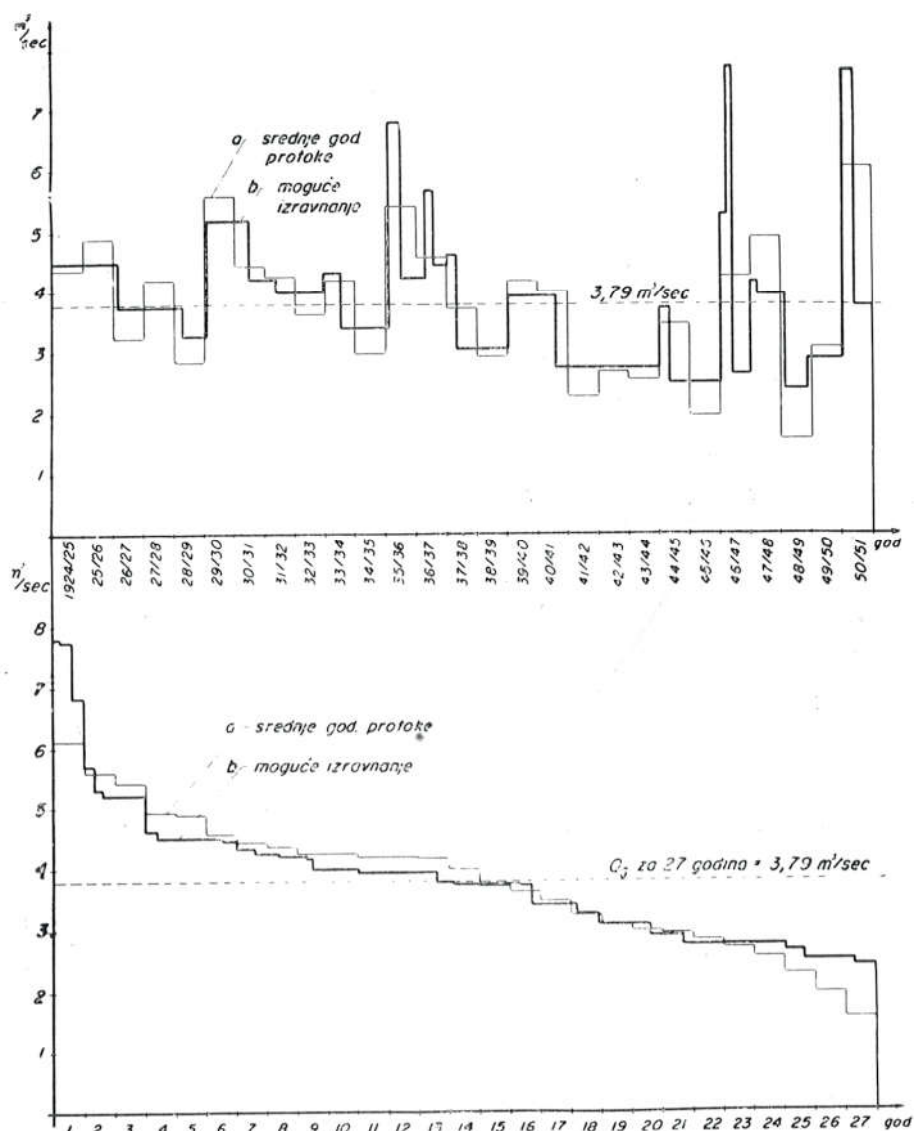
KARAKTERISTIKA POSTROJENJA

[illegible]

SITUACIJA



HIDROELEKTRANA »NIKOLA TESLA« U VINODOLU



Sl. 3 — Krivulje srednjih godišnjih protoka (a) i krivulje mogućeg dotoka (b)
gore: po kronološkom redu, dole: sredeno po veličini

voda sa nadmorske visine jezera Bajer, koje ima minimalnu kotu 713,0 m n. m., a maksimalnu 717,0 m n. m., dovodi na kotu sapnice turbine nadmorske visine 56,5 m. Time se omogućuje korišćenje bruto-pada od 656,5 do 660,5 m.

Hidraulički gubici u dovodu, do mjesta prvog odvojka od razdjelnog cjevovoda prema turbini, snižuje liniju energije za računsku vrijednost danu općim izrazom $h = 0,19489 Q^2$. Neto-pad hidroelektrane poprima prema tome ove vrijednosti:

ENERGETSKI REZULTATI

Hidroelektrana Vinodol izgrađena je za instaliranu protoku od $15 m^3/sec$. Kako srednja protoka iznosi $3,79 m^3/sec$, to je instalirana protoka za 3,96 puta veća od srednje. Prema tome je moguće vrijeme korišćenja instalirane protoke 2210 sati godišnje (25,2%). Budući da se radi o vršnoj elektrani, to je ovako visoko odabrana veličina izgradnje opravdana time, da se može produkcija energije što više koncentrirati na jedno kraće razdoblje unutar dana odnosno unutar godine.

Q $m^3/sec.$	Sniženje linije energije m	Neto-pad		
		maksi- malni m	srednji m	mini- malni m
0	0	660,5	658,0	656,5
5	4,87	655,63	653,13	651,63
10	19,49	641,01	638,51	637,01
15	43,85	616,65	614,15	612,65

Uz ove padove i raspoloživu protoku u srednjoj godini može se postići godišnja produkcija od 180.000.000 kWh, kraj instalirane snage od 3×28000 kW.

Varijacije u produkciji energije u godinama različitih vlažnosti odnose se u ekstremnom slučaju kao 1 : 1,92. Odnosi u produkciji ekstremnih godina vidljivi su iz slijedeće tabele, iz koje se razabire, u kojoj mjeri mogućnost višegodišnjeg reguliranja ublažuje ekstreme.

Godina	Sa godišnjim izravnanim dotoka			Sa višegodišnjim izravnanim dotoka		
	srednja protoka	odnos prema srednjoj godini	energija	srednja protoka	odnos prema srednjoj godini	energija
	m ³ /sec	—	GWh	m ³ /sec	—	GWh
ekstremno suha 1948/49	1,56	0,41	74	2,68	0,71	128
srednja	3,79	1	180	3,79	1	180
ekstremno mokra 1950/51	6,11	1,61	290	5,2	1,37	246

Budući da 1 m³ vode u jezeru Bajer predstavlja energiju od 1,57 kWh, to ukupna akumulirana voda (uz pretpostavku jednog punjenja u godini) može na stepenici HE Vinodol proizvesti 56,9 mil. kWh. Kako će punjenje jezera biti oko 1,5 puta godišnje, to će i ova energija odgovarajući porasti.

Hidroelektrana Fužine iskorištavat će energiju vode pri njenom prelazu iz Lokvarskog jezera u Bajer. Elektrana će koristiti bruto-pad od minimalno 24,5 m, prosječno 43,9 m i maksimalno 54,5 m. Uz instaliranu protoku od 10 m³/sec, odnosno instaliranu snagu od 3.800 kW moguća produkcija srednje godine iznosila bi 6,6 mil. kWh.

DALJNJE MOGUĆNOSTI KORIŠĆENJA

POVEĆANJE VODNIH KOLIČINA

Daljnijim radovima predviđa se, da se hidroelektrani Vinodol privedu još i vode Potoka pod grobljem, Benkovačkog potoka i Potkoša s ukupnim oborinskim područjem od 9,24 km², te srednjom godišnjom protokom od 0,52 m³/sec, odnosno godišnjim dotokom od 16,25 mil. m³. Ove će se vode privesti u tlačni dovod hidroelektrane Vinodol djelomično gravitacijom (Benkovac), a djelomično upumpavanjem (Potok pod grobljem i Potkoš). Privođenjem ovih voda bit će moguće iskoristiti daljnju energiju od 15,0 mil. kWh u prosječnoj godini.

U nastavku studija preostaje još da se prouče mogućnosti privođenja voda sa oborinskog područja Lič-polja i sa područja sjeverno od Križ-potoka.

POTPUNO KORIŠĆENJE RASPOLOŽIVOG PADA DO MORA

Od strojarne Vinodol do mora ostaje još neiskorišten pad od 56,5 m n. m. (kota sapnica na turbina). Kako od odvodnog kanala u Triblju pa do mora zračna udaljenost iznosi samo 2.500 m, to se nameće rješenje, da se akumulacijama izravname vode iskorišćene u postrojenju Vinodol u budućnosti do kraja iskoriste na padu do mora. Ovo razmjerno jednostavno i rentabilno postrojenje sigurno će u perspektivi doći do realizacije.

HISTORIJAT PROJEKTA HIDROELEKTRANE VINODOL

Činjenica, da se u području Dinarskog krša Lokvarskog i Fužinskog kraja nalaze nepropusne paleozojske naslage, bila je uočena još prije prvog svjetskog rata, te je u to vrijeme nastala i prva ideja, da se ta činjenica iskoristi, t. j. da se izgradnjom akumulacije na tom području zahvate gorski potoci, koji bi se potom koristili za opskrbu vodom Hrvatskog Primorja. Geolog prof. Ferdo Koch istraživao je s tom svrhom ovaj predjel i ostavio prvu generalnu sliku geološke građe tog kraja.

*Drugi puta obraćena je pažnja na to područje godine 1939, kada je bivše Banovinsko Električno Poduzeće pristupilo izradi projekta za iskorišćenje vodnih snaga potoka Ličanke i Lokvarke. Projekat izrađen u to vrijeme bio je i osnova, na kojoj je započeto građenje. Tim projektom bila je predviđena akumulacija u dolini Ličanke od 18,0 mil. m³ i akumulacija na Lokvarci od 0,9 mil. m³. Dovod vode bio je predviđen sa protjecanjem slobodnom površinom. Strojarnica bila je locirana u Vinodolskoj dolini kod mjesta Tribalj i smještena podzemno. Na objektima saobraženim ovoj koncepciji započeto je građenje, koje je uz paralelnu izradu izvedbenih projekata trajalo u skučenom obliku i za vrijeme rata do godine 1943. Te godine, nakon kapitulacije Italije, gradnja je potpuno obustavljena.

Odmah nakon oslobođenja godine 1945 pristupilo se prvenstveno provjeravanju podataka o geološkoj građi terena. Uz detaljno kartiranje terena provedena su duboka bušenja na cijelom području, a na nekim dijelovima i geoelektrična ispitivanja. Za geološka istraživanja izbušeno je u to vrijeme oko 2.000 m geoloških bušotina. Istraživanja provedena su pod rukovodstvom prof. Dr. Josipa Poljaka i dala su konačno jasnu sliku geološke građe i tektonike terena, te objasnila sve elemente, koji su od presudnog značaja za projekat. Skup geoloških stručnjaka konačno je izvršio tumačenje dobivenih rezultata i potvrdio podloge, na kojima će bazirati novi projekat. Paralelno sa radovima na geološkim istraživanjima vršena su tokom godine 1946 opsežna snimanja terena i obrada hidroloških podataka, te su u toj godini prikupljeni i provjereni svi elementarni podaci za projekat.

Kako su detaljna geološka istraživanja oborila neke od pretpostavaka, na kojima se osnivao prvotni projekat akumulacija, te kako se odlučilo — za razli-

ku od ranijeg dovoda vode uz protjecanje slobodnom površinom — za tlačni dovod, to je na temelju novo postavljene koncepcije izrađen i novi »generalni« projekt (prema ondašnjoj terminologiji). Taj je projekt bio osnova za daljnje građenje hidroelektrane Vinodol, odnosno osnova, na kojoj je to postrojenje do danas u I. etapi i izgrađeno.

Od nekadašnjeg projekta zadržana je lokacija podzemne strojarnice i kosog rova za tlačni cjevovod, te odvodnog tunela i kanala, budući da su ti objekti bili već prije djelomično u izgradnji, a mogli su se uklopiti u novo rješenje. Ranije započeti radovi na gornjem dijelu postrojenja napušteni su za volju novih rješenja.

U novoj koncepciji projekta došli su do jačeg izražaja i pogonski momenti novog objekta. Hidroelektrana Vinodol jedini je izvor u ovom energetsom području, koji može u vrlo kratko vrijeme baciti u pogon veliku snagu od preko 80 000 kW; elektrana predstavlja dakle izvanrednu momentanu pogonsku rezervu kod mogućih većih smetnji u sistemu, koja može podržavati opterećenje do stavljanja u rad predviđenih rezervnih jedinica, na pr. u termoelektranama — neprocjenjiva vrijednost za elektrificirane željeznice i velike potrošače, koji ne mogu podnijeti prekida u dobavi energije.

Da se može udovoljiti ovom pogonskom zahtjevu o brzom stavljanju u rad velikih jedinica hidroelektrane, trebalo je dugački dovod gornje vode staviti pod tlak. U novom rješenju predviđen je stoga tlačni dovod od jezera Bajer do vodne komore na Razromiru.

Generalni projekt nove hidroelektrane Vinodol rađen je tokom godine 1946, te je bio prihvaćen po ondašnjoj Komisiji za hidroelektrane u januaru godine 1947. Prema tom projektu otvoren je u toku te iste godine široki front građenja objekata, a specijalno onih od jezera Bajer do strojarnice u Triblju. Paralelno s građenjem nastavilo se sa studijem i detaljiranjem izvedbenih projekata za pojedine objekte.

ETAPE GRAĐENJA

Zamašnost radova na izgradnji hidroelektrane Vinodol zahtijevala je, da se građenje podijeli u pojedine etape i tako prilagodi našim mogućnostima za izvođenje takovih radova.

Glavne etape izgradnje su ove:

- a) potez od jezera Bajer do strojarnice u Triblju;
- b) akumulacija na Lokvarci;
- c) strojarnica Fužine;
- d) akumulacija na Križ-potoku.

Budući da će građenje pregrade na Lokvarci trajati duže vremena, predviđa se iskorištavanje Lokvarskih voda, čim bude dovršen spojni tunel Lokvarka-Ličanka, tako da se te vode protočno privode u jezero Bajer. U daljnjim fazama izgradnje pregrade koristit će se djelomično postignuta akumulacija na Lokvarci.

PORAST ENERGETSKE VRIJEDNOSTI HIDROELEKTRANE VINODOL U ETAPAMA GRAĐENJA

Kao etape građenja razmatrane su slijedeće faze:

I. *Rad HE Vinodol samo sa akumulacijom Bajer.* Koriste se samo vode Ličanke uz korisnu akumulaciju u jezeru Bajer od 1,23 mil. m³.

II. *Dodavanje protočnih voda Lokvarke.* Za tu je svrhu potrebno izgraditi spojni tunel Lokvarka — Ličanka i pregradu na Lokvarci do kote 740,0 m n. m., t. j. postignutim usporom treba omogućiti skretanje Lokvarskih voda u tunel. U toj se fazi koristi oko 87% ukupnih voda hidroelektrane Vinodol. Korisna akumulacija je samo ona u Bajeru od 1,23 mil. m³.

III. *Akumulacija na Lokvarci od 4,0 mil. m³.* Pregrada na Lokvarci treba da se izgradi do kote 750,0 m n. m.

IV. *Akumulacija na Lokvarci od 12,0 mil. m³.* Pregrada treba da se izgradi do kote 760,0 m n. m.

V. *Pregrada na Lokvarci izgrađena do pune visine.* Korisna akumulacija na Lokvarci iznosi 30,70 mil m³.

VI. *Izgradnja HE Fužine.* Pumpanjem suvišnih voda Ličanke u Lokvarku koristi se akumulacija na Lokvarci i za izravnanje voda Ličanke. Ujedno se iskorištava energija vode, koja se iz Lokvarske akumulacije pušta u jezero Bajer.

VII. *Izgradnja akumulacije na Križ-potoku.* Uz vode, koje koriste prijašnje etape, privode se postrojenju i vode Križ-potoka. Korisne akumulacije se povećavaju za daljnjih 5,76 mil. m³.

Analiza energetske vrijednosti hidroelektrane Vinodol provedena je za gornje etape građenja na osnovu podataka o vodnim količinama za hidrološku godinu 1939/40 i 1946/47. Ove dvije godine odabrane su kao približno srednje godine po izdašnosti voda, no bitno različite po karakteru raspodjele protoka preko godine. Dok je 1939/40 godine raspored voda razmjerno povoljan, to je u godini 1946/47 prirodni dotok naročito nepovoljan. U račun su uzimane srednje vrijednosti iz rezultata ovih dviju godina, a ujedno su te vrijednosti reducirane na srednju vrijednost 27-godišnjeg prosjeka.

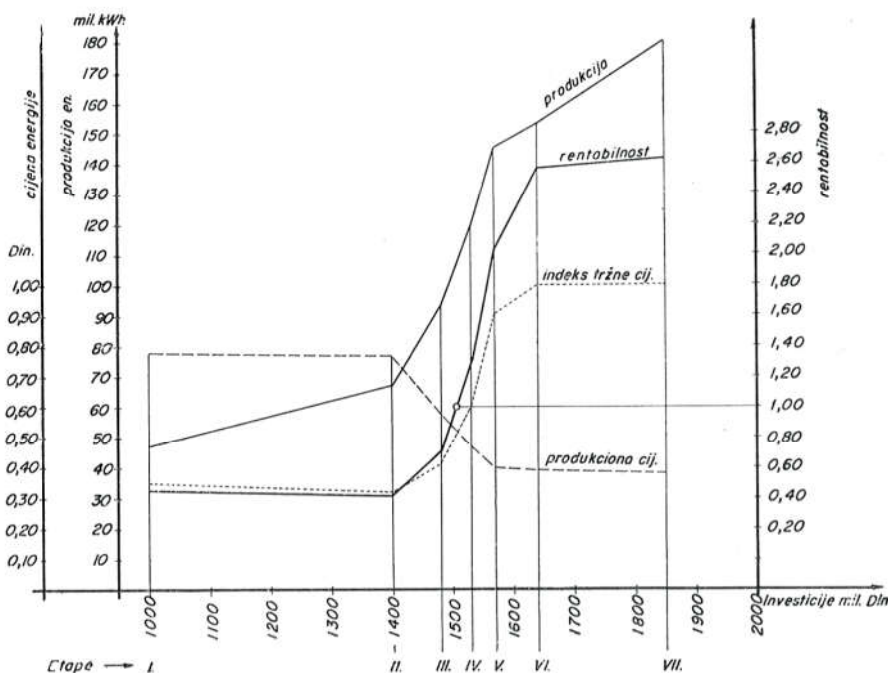
S porastom korisnih akumulacija u pojedinim etapama građenja povećava se i faktor iskorišćenja energije. Zato su terenske vrijednosti proizvodnje energije pomnožene faktorima od 0,7 do 1,0.

Investicije računata su prema kalkulacijama iz godine 1950. Produkcijona cijena električne energije za pojedine etape izračunata je uz stopu godišnjih troškova od 3,67%. Ova je stopa dobivena uzimajući u obzir amortizaciju, održavanje, osiguranje, osobne izdatke, upravne troškove, utrošak maziva i sl. Kamati na glavnici i interkalarni kamati nisu uzeti u obzir zbog nesigurnosti u određivanju ovih veličina. Međutim za ovu su analizu od značaja relativne vrijednosti rezultata, pa račun nema ni pretenzija da utvrdi apsolutne veličine.

Određivanje realne tržišne cijene energije različitih kvaliteta zadaje također poteškoća. Budući

da je težište analize na relativnim rezultatima, to se i ovdje ne teži apsolutnim vrijednostima. Uzete tržišne cijene mogu se smatrati indeksima, koji fiksiraju odnose između cijena energije različitih kvaliteta. Račun je proveden sa cijenom protočne energije od 0,30 Din/kWh, a za čisto vršnu energiju pretpostavljena je cijena od 1,0 Din/kWh. Kako se kod hidroelektrane Vinodol u pojedinim etapama građenja mijenja karakter energije, to je i za pojedine etape uzeta odgovarajuća tržišna cijena (indeks) energije — već prema mogućnostima vršnog rada.

Očito je, da u prvim etapama izgradnje postrojenje još ne postiže potrebne karakteristike rentabilnosti. Tek od druge etape dalje rentabilnost naglo raste (izgradnja Lokvarke). Cjelokupna izgradnja Lokvarke povećava rentabilnost od prvotne veličine 0,45 na 2,25 t. j. za 5 puta. Izgradnja strojarnice Fužine povećava dalje rentabilnost na 2,56 t. j. za 5,7 puta od rentabilnosti, koju ima postrojenje u I. etapi. Konačna je rentabilnost karakterizirana indeksom veličine 2,63 — odnosno 5,8 puta je veća od one u I. etapi.



Sl. 4 — Porast energetske vrijednosti hidroelektrane Vinodol u etapama izgradnje

Da bi se dobio pokazatelj porasta rentabilnosti postrojenja u pojedinim etapama izgradnje, izrađen je dijagram na sl. 4. Na tom su grafikonu pojedine etape gradnje karakterizirane odgovarajućim investicijama. Za pojedine etape prikazana je produkcija energije, odgovarajuća produkcijska cijena i odgovarajuća tržišna cijena (odnosno njen indeks). Ujedno je prikazana i krivulja rentabilnosti, koja daje odnos tržišne cijene i produkcijske cijene. Ova krivulja trebala bi prikazati, da li i za koliko premašuje vrijednost dobivene energije stvarne troškove produkcije. Iz već spomenutih razloga podatke ove krivulje treba shvatiti kao relativne vrijednosti, koje ilustriraju porast rentabilnosti hidroelektrane Vinodol u razvoju građenja.

Analiza energetske vrijednosti hidroelektrane Vinodol u pojedinim etapama izgradnje daje putokaz za orijentaciju u politici građenja ovog postrojenja.

Prema provedenoj analizi može se zaključiti, da prva pa i druga etapa izgradnje hidroelektrane Vinodol ne predstavlja još ekonomično postrojenje. Prema tome treba kontinuirano nastaviti sa forsiranim građenjem daljnjih etapa. Ekonomičnost postrojenja izgradnjom Lokvarke veoma naglo raste. Izraziti doprinos ekonomičnosti daje i hidroelektrana Fužine. Akumulacija na Križ-potoku povećava rentabilnost za razmjerno malu vrijednost, no uz već postignutu ekonomičnost donosi još osjetljivo povećanje produkcije.

Prilog 1 — Hidroelektrana »Nikola Tesla« u Vinodolu
(Situacija i uzdužni profil)

Prilog 2 — Geološka karta područja Fužina i Lokava

GEOLOŠKA KARTA OKOLINE FUŽINA I LOKAVA

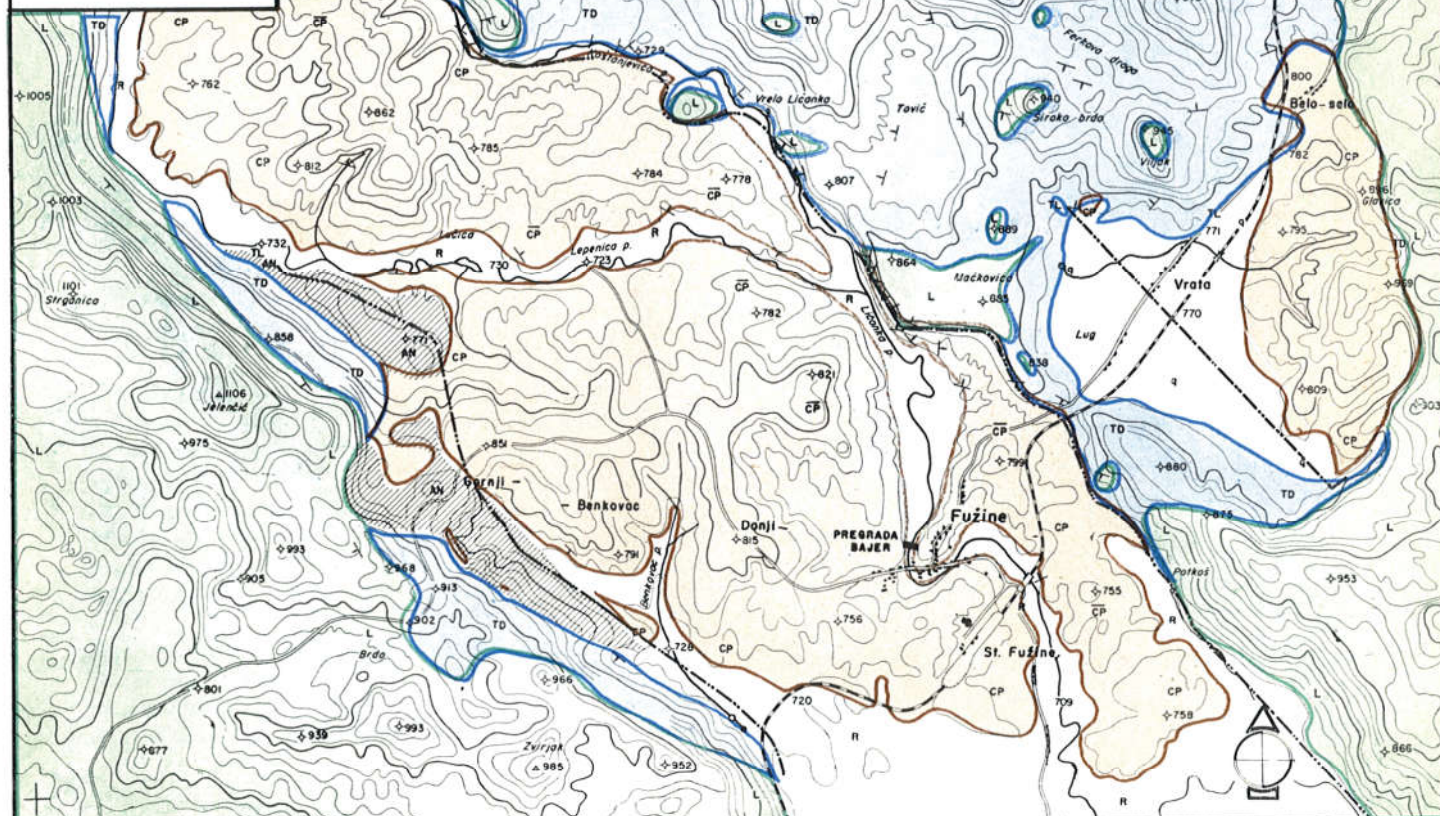
IZRADIO: PROF. DR. J. POLJAK

LEGENDA :

- CP GOR. KARBONSKI PJEŠČ.,
TINJČASTI ŠKRILJAVCI I
BRUSILOVCI.
- CP GOR. KARBONSKI KREMNJI,
PJEŠČENJACI I KONGLOME-
RATI.
- RABELJSKE NASLAGE
- TD GLAVNI DOLOMIT
- L LIASKI VAPNENJACI
- q DILUVIJ
- R ALUVIJ.
- AN ALBIT ANDEZIT
- PRUŽANJE I PAD SLOJEVA.
- STALNI IZVORI
- PONORI
- GLAVNI RASJEDI.

Mj.

m 0 50 100 150 200 250



Hidrološki pregled sliva hidroelektrane Vinodol

Ing. Antun Stepinac, Elektroprojekt, Zagreb

551.494:621.293.4(497.1)

APERÇU DE L'HYDROLOGIE DU BASSIN VERSANT DE LA CENTRALE HYDROÉLECTRIQUE «VINODOL». Dans l'article sont exposées sommairement les caractéristiques hydrologiques du bassin versant des cours d'eau utilisés, dont la superficie atteint 80,8 km². Les éléments du bassin sont décrits en lignes générales. L'analyse des dépôts météorologiques est donnée en abrégé pour une période de 23 ans, pendant laquelle un changement très marqué de l'ampleur de tous les extrêmes pluviométriques a eu lieu. Ensuite, la répartition des dépôts dans l'année est représentée, avec son minimum de moyennes mensuelles tombant au VI^e, VII^e ou VIII^e mois de l'année, et avec son maximum tombant au X^e, XI^e ou XII^e mois. Le rapport entre les quantités des dépôts et du ruissellement superficiel est mis en évidence par des diagrammes et des tableaux. Une représentation des débits est donnée pour 3 années particulières (pour l'année sèche, année moyenne périodique et pour l'année humide) d'une période de 12 ans, dont les modules des débits annuels sont en rapport comme 1 : 3 : 4. Pour terminer, on a donné la ligne de durée de débits et la ligne de caractéristique hydrologique du bassin versant des ruisseaux Ličanka, Lokvarka et Priž-potok pour l'année 1946/47 (année moyenne).

HYDROLOGICAL SURVEY OF THE DRAINAGE AREA OF THE VINODOL HYDRO-ELECTRIC POWER STATION. The article discusses in short the hydrological characteristics of the drainage basin which has an area of 80.8 square kilometres. Among the general data the elements of the drainage are given as well as an analysis of the precipitations for a period of 23 years during which all extremes of the water quantities have completely changed. The author then deals with the rate of precipitations giving the minimum average monthly precipitations as occurring between June and August, the maximum between October and December. The ratio between precipitations and run-off is clearly shown by diagrams and tables. As regards the run-off a survey for three particular years (a dry, an average and a damp one) is given for a twelve-year period, which reveals that the average yearly discharges are 1 : 3 : 4. In conclusion, the line of the discharge duration is given as well as the line of the hydrological characteristics of the drainage basin of the rivers Ličanka and Lokvarka and the Križ brook, for the year 1946/47.

OPĆI PODACI

Iskoristivi sliv područja hidroelektrane »Vinodol« iznosi ukupno 80,8 km². Od te površine ima:

- a) Križ-potok 9,6 km²
- b) Lokvarka 24,4 „
- c) Ličanka do pregrade Bajer 37,6 „
- d) Potkoš, Benkovački potok sa kanalom do Ličanke i Potok pod grobljem sa dijelom Ličanke do odvojka u Banovini 9,24 „

Taj sliv, kojemu najniži dijelovi sižu preko 700 m apsolutne visine, ima glavni smjer pružanja jugo-istok-sjeverozapad, dakle skoro paralelno sa jadranskom obalom. Najviše točke ovog sliva sižu iznad 1100 m n. m.

Obzirom na veliku blizinu mora, znatnu apsolutnu visinu, bogatstvo zelenim pokrivačem i lomnu liniju sjeveroistočnog i jugozapadnog smjera vjetra, ovo područje imade sve uvjete za obilne oborine.

U posljednje 23 godine (1928/9—1950/1) izmijenili su se ekstremi vodne izdašnosti. Oborinama najslabija hidrološka godina bila je 1948/9, kada je prosječna visina oborine na cijelom slivu od 80,8 km² iznosila 1420 mm. U 1946/7 kao najbližoj normalnoj godini iz prosjeka od 23 godine, iznosila je srednja visina oborine 2975 mm, dok je taj prosjek u vlažnoj godini 1950/51 bio 3950 mm. Prema tome razlika između ekstrema iznosi 2530 mm ili omjer ekstrema 1 : 2,78. Za pojedine kišomjerne stanice je razlika među ekstremima još i veća. Na pr. do sada poznati minimum oborina na kišomjernoj postaji u Fužinama bio je 1339 mm (1948/9), a maksimum 4060 mm

(1950/51). Omjer ovih dviju vrijednosti je 1 : 2,91, dakle blizu 1 : 3!



Sl. 1 — Oborinsko područje HE Vinodol

- 1 Križ-potok, F — 9,6 km²
- 2 Lokvarka, F — 24,4 km²
- 3 Ličanka, F — 37,6 km²
- 4 Potkoš, F — 3,14 km²
- 5 Benkovac, F — 3,50 km²
- 6 Potok pod grobljem, F — 2,60 km²
- 1...3 manipulacija vodom putem retencije
- 4...6 kombinirana manipulacija vodom crpanjem i gravitacijom

Efektivna oborina — pod kojom se razumijeva ukupna godišnja količina vode protekle koritom podijeljena sa površinom sliva — za 3 karakteristične godine kretala se na slijedeći način: 1946/7...1858 mm, 1948/9...638 mm i 1950/51...2650 mm.

Iz efektivnih i apsolutnih vrijednosti oborina rezultiraju srednji godišnji oticajni koeficijenti:

- a) suha godina 1948/9 . . $\mu = 683/1420 = 0,480$
- b) srednja godina 1946/7 . $\mu = 1858/2975 = 0,628$
- c) vlažna godina 1950/51 $\mu = 2650/3950 = 0,670$

Srednji godišnji oticajni koeficijenti u 1948/9 i 1950/51, uvažujući stanje oborina u vremenu promatranja, mogu se smatrati ekstremima za daleko veći period.

Srednji prosjek godišnjih oborina na ovom području iznosi 2733 mm, a u godini 1946/7, koja je uzeta kao srednja, 2975 mm. Prema tome je srednji oticajni koeficijent 0,61.

Obzirom na ovu činjenicu treba napomenuti, da su na području sliva Dobro—Mrežnice, Krke i Cetine dobiveni viši oticajni koeficijenti, iako su oborine niže. Tome je uzrok jača skaršćenost područja i slabi zeleni pokrivač, što omogućuje naglo prodiranje vode u podzemlje, gdje je isparavanje spriječeno.

RASPORED OBORINA

Po rasporedu mjesečnih ekstrema, koji su utvrđeni iz niza od 23 godine za kišomjernu stanicu Fužine, može minimum mjesečnih oborina zahvatiti interval od I.—VIII. mjeseca. Najviše minimuma u 23 godine pada na mjesec VIII. (35%), a zatim na VI. (17%). Maksimumi mjesečnih oborina padaju u glavnom na interval X.—XII. U 23 promatrane godine otpalo je na ovaj interval 70% mjesečnih maksimuma oborine, a od toga na XI. mjesec 44%. Inače se još maksimumi pojavljuju u II., III., V. i VII. mjesecu. Mjesečni minimum može dosegnuti 0, a maksimum preko 1000 mm. U ovom posljednjem slučaju penje se srednji mjesečni oticajni koeficijent na preko 0,80.

U slijedećoj tabeli prikazane su srednje mjesečne oborine iz niza od 23 godine kao i procentualni odnos tih oborina prema srednjoj periodskoj godini.

ma može biti takav, da jedan jedini mjesec premaši $\frac{1}{3}$ ukupne oborine srednje periodske godine. Tako je n. pr. u XI. mjesecu 1950 bila visina oborine u Fužinama 925 mm, a to je 33,8% od srednje periodske godine. No kad se u jednom mjesecu pojavljuju ovako visoke oborine, onda su redovito i za dotičnu godinu oborine daleko iznad srednje periodske. Oborina ovog mjeseca iznosi 23% oborine dotične godine, dok minimum iznosi jedva 1,7% od 4020 mm, koliko je imala odnosna godina.

Međutim bi se prevarili, ako bi na osnovu ovih podataka zaključili i na jednaki odnos u protokama. Za protočnu količinu vode nije svejedno, da li oborina jednake visine padne u hladnim ili toplim mjesecima, za vrijeme pune vegetacije ili obratno, za vrijeme zasićenog tla vodom ili u suho doba. Ove okolnosti imaju izvanredno snažan upliv na izdašnost vodotoka.

U godini 1950/51 visina oborine sliva Ličanke do pregrade Bajer iznosila je 3850 mm, a Lokvarke do Homera 4030 mm. Ukupna količina vode, koja je otekla Ličankom, iznosila je 100.000.000 m³, a samo u XI. mjesecu iznosio je dotok 26.500.000 m³ vode, što iznosi 26,5% od ukupnog dotoka ili 38% od srednje periodske godišnje količine. Lokvarka je te iste godine dala 70.000.000 m³, a od toga u XI. mjesecu 18.015.000 m³, što čini 25,7% od ukupnog dotoka.

Kakav je nerazmjer oticanja prema istoj visini oborina u dva razna mjeseca pokazat će slijedeći primjer. Godine 1946/47 palo je u I. i u VI. mjesecu na sliv Ličanke 143 mm oborine (ukupno 286 mm). Ova oborina je u oba slučaja pala u sredini mjeseca. Rezultat oticanja bio je taj, da je u siječnju bila srednja mjesečna protoka 1,36 m³/s. a u lipnju 0,20 m³/s. U času, kad je kiša počela padati u siječnju, bila je protoka u koritu 0,30 m³/s. Poslije kiše je ova protoka dostignuta 1. II. U lipnju u početku kiše bila je protoka 0,09 m³/s. Poslije kiše ova je protoka dostignuta 4. VII. Odbiju li se ovi dotoci u vrijeme utjecaja oborine u oba mjeseca, dobiju se čisti doprinosi od oborina, koji iznose za siječanj 1,04 m³/s, a za lipanj i dio srpnja — ali za isti broj dana kao u siječnju — 0,118 m³/s. Iz ovoga je vidljivo, da oborina jednake visine u razno godišnje doba može u efektu polučiti ogromnu razliku. (U ovom je slučaju razlika osmerostruka).

Mjesec	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Srednja visina oborine 1928/9—1950/51	385	324	275	218	235	198	200	164	109	109	202	314
% od 2733 mm	14,1	11,9	10,0	8,0	8,6	7,2	7,3	6,0	4,0	4,0	7,4	11,5

Procentualni odnos srednjih mjesečnih oborina prema srednjoj godišnjoj vrijednosti relativno je vrlo dobar izuzev VII. i VIII. mjesec, na koje pada minimum. Međutim raspored oborina u pojedinim godina-

U slijedećoj tabeli prikazane su za tri karakteristične godine mjesečne sume oborina, srednje mjesečne protoke Ličanke, broj dana sa kišom i srednji dnevni intenzitet oborine.

Mjeseci		XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	Godišnje
1946/47	Mjesečne sume oborina m/m	547,4	123,9	142,6	911,5	494,2	144,3	40,6	142,9	152,7	39,4	50,6	43,8	2834
	Srednje mjesečne protoke m³/s	6,63	0,81	1,36	9,02	7,29	1,53	0,10	0,20	0,38	0,11	0,07	0,10	2,25
	Broj dana sa kišom	21,0	13,0	9,0	18,0	20,0	9,0	12,0	11,0	10,0	7,0	5,0	5,0	140
	Srednji dnevni intenzitet	26,1	9,5	15,8	50,5	24,7	16,1	3,4	13,0	15,3	5,6	10,1	8,7	20,2
1948/49	Mjesečne sume oborina m/m	362,5	163	242,0	44,9	92,8	62,7	103,7	34,9	60,3	59,0	115,7	50,3	1392
	Srednje mjesečne protoke m³/s	3,66	0,95	2,55	0,29	0,54	0,55	0,54	0,25	0,13	0,10	0,23	0,19	0,83
	Broj dana sa kišom	7,0	11	8,0	4,0	10,0	6,0	17,0	7,0	11,0	8,0	8,0	16,0	113
	Srednji dnevni intenzitet	51,8	14,8	3,0	11,2	9,3	10,4	6,1	5,0	5,5	7,4	14,4	3,1	12,3
1950/51	Mjesečne sume oborina m/m	925,0	594	369,0	444,0	512,0	262,0	171,0	139,0	102,0	69,0	369,0	104,0	4060
	Srednje mjesečne protoke m³/s	10,02	5,28	3,34	4,51	3,81	2,96	1,40	0,583	0,305	2,18	3,98	1,47	3,16
	Broj dana sa kišom	14,0	14,0	14,0	13,0	12,0	10,0	13,0	12,0	9,0	10,0	8,0	10,0	139
	Srednji dnevni intenzitet	66,0	42,4	26,4	34,1	42,7	26,2	12,15	11,6	11,3	6,9	46,1	10,4	29,2

Iz te se tabele dobro uočavaju razlike u protokama i oborinama u raznim mjesecima. Nadalje se vidi, da nema velike razlike u broju kišnih dana u pojedinim godinama i konačno, da srednji dnevni intenzitet može dostići visoku vrijednost. Ovo posljednje upućuje na to, da intenziteti pojedinih kiša u satima ili minutama mogu biti izvanredno jaki. Ovo s druge strane potvrđuju i snažni specifični dotoci, koji kod Lokvarke mogu preći i preko 4000 l/s/km²!

Obzirom na malu površinu cijelog sliva i koncentrirano grupiranje pojedinih slivova, mora između apsolutne i efektivne oborine vladati izvanredno dobar sklad ne samo za pojedini sliv, već i za slivove međusobno (sl. 2.). Ta činjenica omogućila je, da se moglo gotovo posve točno odrediti utjecajne veličine pojedinih slivova.

Po topografskom razgraničenju morao bi potok Potkoš imati sliv od 6,5 km², a ima u stvari 3,14 km². Vode ostalog dijela sliva promašuju vrela Potkoša i gravitiraju vjerojatno izravno prema ponorima stare Ličanke.

Po topografskom razgraničenju imala bi Lokvarka do Homera sliv od 27,6 km², a u stvari ima 24,4 km². Vrtačasto područje prema Risnjaku otpada od sliva Lokvarke i gravitira neposredno prema Kupi.

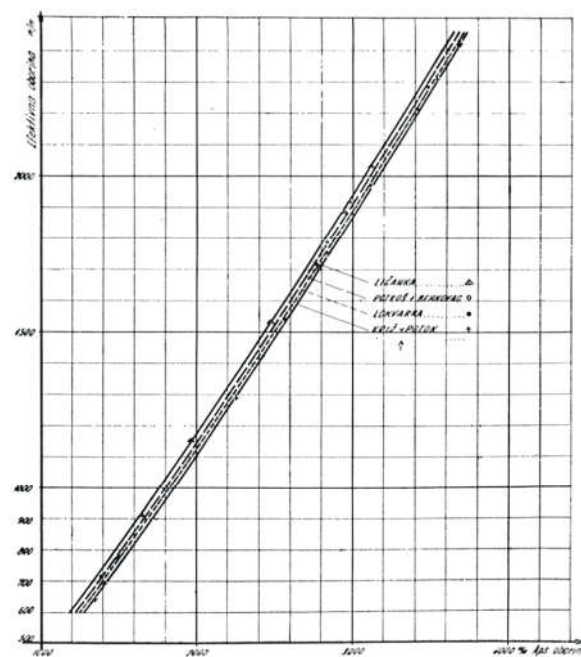
VODNE IZDAŠNOSTI

Svi vodotoci ukupnog sliva hidroelektrane Vinodol leže na području hidroenergetske iskoristivosti brdskog, a u izvjesnoj mjeri i bujičnog karaktera. Ova činjenica ogleda se dobro i u vodnoj izdašnosti. Hidromoduli bilo visinski, bilo količinski su u razmjeru na sliv ogromni. Vodni valovi nastupaju i odstupaju veoma brzo.

Tako na pr. visoki vodni val Lokvarke može u roku od nekoliko sati poprimiti količine od 0,008

m³/s do 80 m³/s, da se za kratko vrijeme spusti na pr. na 3,0 m³/s. Ovo karakterizira brdski i bujični karakter vodotoka. Zahvaljujući dobroj šumovitosti područja vodotoci ne trpe od izvanrednog nanosa, a to je od osobitog značaja za retencione bazene.

I za vrijeme suše vodotoci imaju stalnu, iako malu živu vodu, izuzev Benkovca i Potoka pod grobljem. Ličanka kod najveće suše imade minimalnu vodu od 0,030 m³/s, a Lokvarka padne na 0,008 m³/s.



Sl. 2 — Odnos apsolutnih i efektivnih oborina u slivovima glavnih vodotoka

Srednja godišnja protoka za 3 glavna vodotoka u vremenu od 1938/9—1950/51 iznosila je:

- a) Ličanka SQ = 1,905 m³/s
- b) Lokvarka „ = 1,380 „
- c) Križ-potok „ = 0,476 „

Svega: 3,761 m³/s = 118,3 hm³

U 1946/7 godini bila je srednja godišnja protoka SQ = 4,26 m³/s = 134,2 hm³.

U ovaj račun nisu unesene količine Potkoša i Benkovca zajedno sa Potokom pod grobljem, koje će se količine posebno uvađati u tlačni cjevovod Lič.

Najveća srednja godišnja protoka u periodu od 23 godine kretala se ovako (god. 1950/51):

- a) Ličanka SQ = 3,16 m³/s
- b) Lokvarka „ = 2,21 „
- c) Križ-potok „ = 0,74 „

Svega: 6,11 m³/s = 192,3 hm³

Najniža do sada opažena srednja godišnja protoka iznosila je (god. 1948/49):

- a) Ličanka SQ = 0,833 m³/s
- b) Lokvarka „ = 0,529 „
- c) Križ-potok „ = 0,196 „

Svega: 1,558 m³/s = 52,2 hm³

Navedene srednje godišnje protoke odnose se na sliv od 71,60 km². Korišćenje ovih voda vršit će se putem akumulacionih bazena, osim onog dijela, koji će se izgubiti isparavanjem u bazenima i preljevima.

Vode preostalog dijela sliva, čija je površina 9,24 km², koristit će se djelomično crpanjem i tlačenjem u cjevovod Lič, a djelomično gravitacionim putem. Srednje godišnje izdašnosti ovog sliva za tri karakteristične godine su slijedeće:

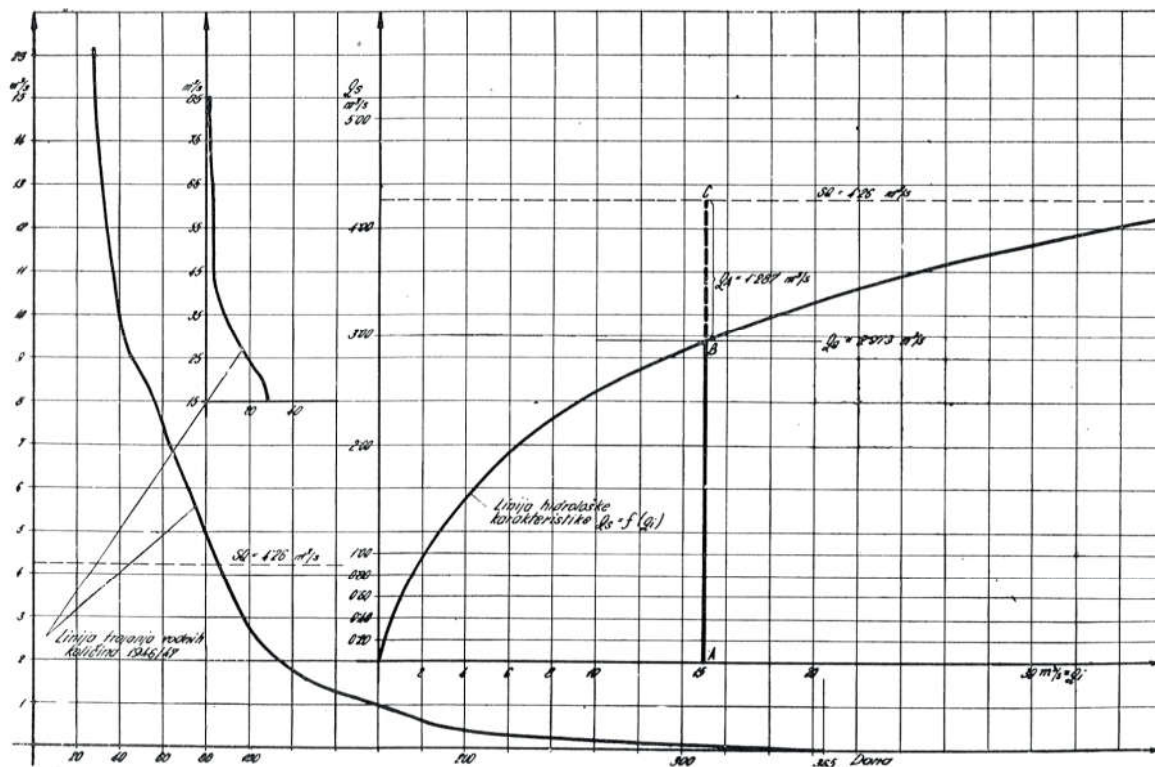
- 1946/47 SQ = 0,517 m³/s = 16,25 hm³
- 1948/49 „ = 0,215 „ = 6,77 „
- 1950/51 „ = 0,802 „ = 25,25 „

Da bi odnos vodnih količina bio jasniji, prikazan je (sl. 3.) dijagram trajanja vodnih količina, kao i dijagram hidrološke karakteristike za cijeli sliv Ličanke, Lokvarke i Križ-potoka u hidrološkoj god. 1946/7.

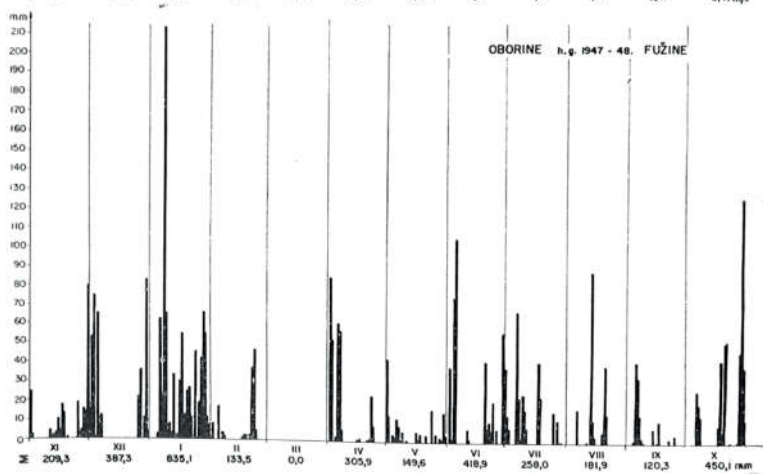
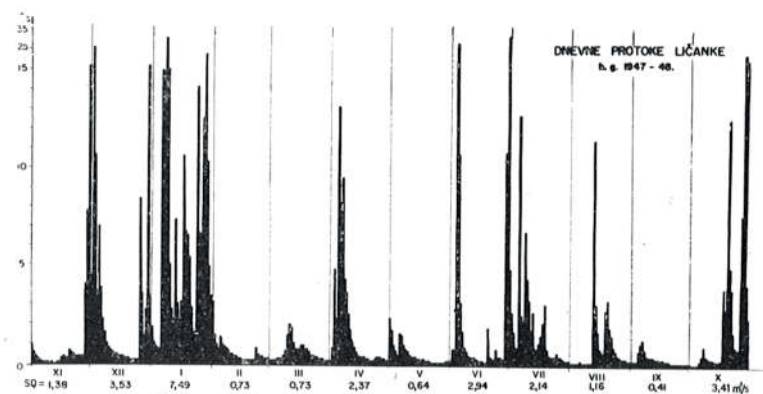
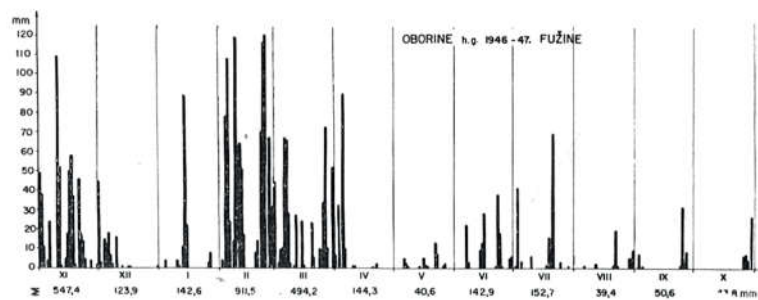
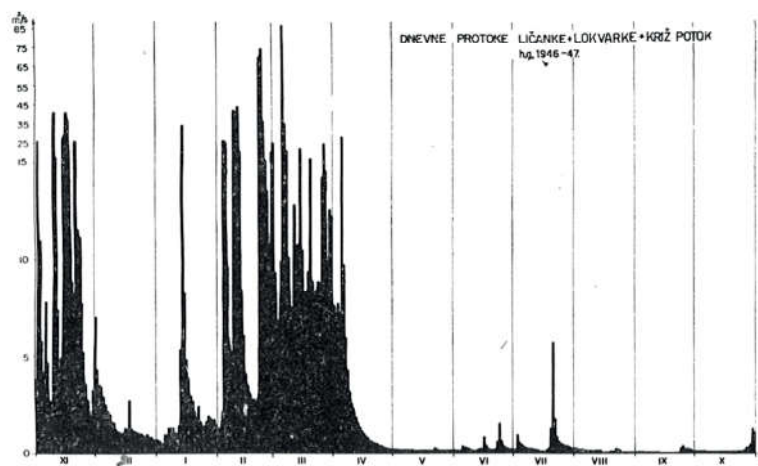
Naročito je zanimiva hidrološka karakteristika za godinu 1946/7. Ona se dobiva iz linije trajanja vodnih količina integriranjem te linije za pojedine pretpostavljene instalirane količine, dakle

$$q_s = f(q_i) = \frac{1}{T} \int_0^{q_i} t \cdot dq$$

Za $c_i = 15,0$ m³/s, na koliko je kapacitirana HE Vinodol, hidrološka karakteristika u godini 1946/47 pokazuje $q_s = 2,973$ m³/s (A — B). Višak do SQ = 4,26 m³/s (koliko je imala 1946/47 godina) u količini od 1,287 m³/s (B — C) predstavlja onu količinu vode, koja bi nužno morala proći kroz akumulacione bazene. Sumarna količina te protoke bila bi 40,500.000 m³, što predstavlja skoro 100% izjednačenja sa zapreminom projektiranih akumulacionih bazena.



Sl. 3 — Linija trajanja vodnih količina i hidrološke karakteristike za godinu 1946/7



Sl. 4 — Oscilacije oborina i pritoka Ličanke, Lokvarke i Križ-potoka
za godinu 1946/7, te Ličanke za godinu 1947/8

U sl. 4. prikazane su oscilacije vodnih količina za hidrološku godinu 1946/7 za sliv Ličanke, Lokvarke i Križ-potoka, a za 1947/8 samo za sliv Ličanke, kao i oborine za stanicu Fužine.

Raspored oborina i protoka u 1946/7 je u znatnoj mjeri nepogodan, a u 1947/8 dobro ujednačen.

Ovaj kratki hidrološki prikaz pokazuje u općim crtama na vrlo dobru vodnu izdašnost ovog malog sliva, a razumno iskorištavanje ovih voda kod prerade u električnu energiju odbacivat će vanrednu ekonomsku korist.

Građevinski dio objekta

Ing. Milan Mrvoš, Elektroprojekt, Zagreb

627.84:621.293.4(497.1)

TRAVAUX DE GÉNIE CIVIL DE L'AMÉNAGEMENT. Dans cet article l'auteur fait la description des ouvrages d'art pour la centrale hydroélectrique Vinodol. Les caractéristiques fonctionnelles principales sont données pour chaque élément de l'aménagement, avec indication des dimensions et des matériaux utilisés pour sa construction. La description des éléments de l'aménagement est faite dans l'ordre logique suivant le chemin de l'eau qui sera turbinée: en commençant par les réservoirs de Križ et de Lokvarka, on décrit l'usine génératrice et de pompage de Fužine, qui constitue le premier échelon d'utilisation de l'eau, puis on décrit le réservoir Bajer et les ouvrages d'art jusqu'à l'usine de Tribalj, qui représente l'échelon énergétique principal. Cet ordre de description fait ressortir la relation fonctionnelle entre les divers éléments de l'aménagement. Pour terminer, l'auteur fait la description de la station de pompage de Lič, qui augmente la production de la centrale Vinodol par l'injection d'un débit additionnel dans la galerie d'amenée de l'usine principale. Une illustration abondante en photos et en dessins, représentant tant les lignes générales de l'aménagement que les phases caractéristiques de la construction de divers ouvrages, complète l'article.

THE BUILDING PART OF THE PROJECT. In this article the author gives a description of the various buildings of the Vinodol hydro-electric power station. The chief characteristics of the various buildings as to their functional aspects are given as well as the chief measures and materials. The description of the individual buildings follows the logical succession of the whole plant: from the water storage Križ and Lokvarka down to the hydro-electric power plant at Fužine which at the same time represents the first stage of the plant; and then from Lake Bajer down to the power house in Tribalj as the second stage. From such an order of descriptions the functional connection between the individual projects becomes evident. The article concludes with a description of the Lič pumping station which, having its pipeline connected with the pipeline of the Vinodol power plant, increases the production of this plant. The article is richly illustrated and accompanied by diagrams both of basic solutions and of the more important stages in the development of the individual constructions.

PREGRADA KRIŽ

Uspor jezera u dolini Križ-potoka je na koti 770,00. Cijela dolina potoka Križa leži u nepropusnim slojevima karbonskih škriljaca. Profil, na kojem se predviđa pregrada, sastoji se od karbonskih škriljaca pokrivenih tankim slojem humusa i ilovine. Materijal je u dubini vrlo slabo propustan za vodu. Sastav tla idealan je za građenje nasute pregrade. Za građenje betonske pregrade najnepovoljnija je okolnost, da u blizini nema podesnog materijala za izradu betona.

Dno doline je na koti 745,00, visina krune pregrade leži na koti 774,00, a kota fundiranja nepropusne jezgre iznositi će p. p. 740,00. Prema tome će ova pregrada biti visoka 29,0 m od tla do krune, odnosno 34,0 m od temelja do krune. U blizini mjesta građenja ima dosta ilovače odgovarajuće kvalitete. Nasip će se sastojati od ilovače na uzvodnoj strani, koja će se oslanjati na karbonski pješčenjak. Uzvodni pokos će se pokriti tankom kamenom oblogom radi zaštite ilovače od valova i oborina, a nizvodni pokos će se pokriti humusom i zasijati, kako bi se karbonski pješčenjak u nasipu zaštitio od raspadanja na zraku i na mrazu. U tlocrtu nasip je lagano za-

sveden, kako bi se bolje priključio na bokove i dobio prirodaniji izgled.

Fundiranje nepropusne jezgre izvršiti će se klinom iskopanim kroz površinski razlomljenu stijenu na dubini od nekoliko metara. Ne predviđa se izrada kontrolne galerije, a vjerojatno je, da se ne će izraditi ni injekciona zavjesa.

Kubatura nasipa iznositi će p. p. 400.000 m³, a dužina nasipa u kruni 235 m.

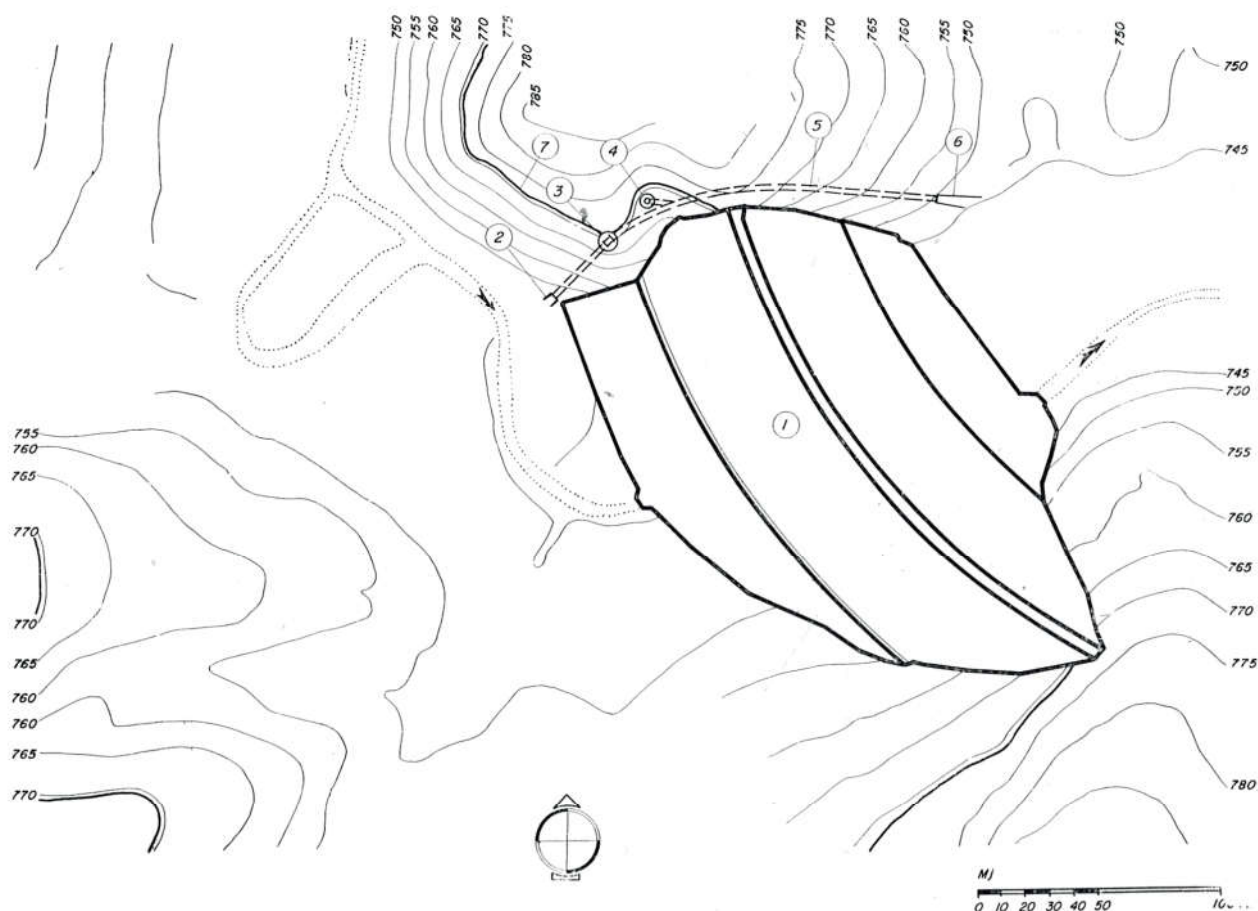
SPOJNI TUNEL KRIŽ-LOKVARKA

Tunel dužine 510 m kružnog presjeka sa promjerom od 2,0 m spaja jezero Lokvarka sa jezerom Križ i omogućuje, da ta dva jezera rade zajedno. Kota dna tunela na ulazima je 745,00. Glavni zatvarači su smješteni u okno na mjestu, na kojem je i najviša kota nivelete tunela.

Tunel prolazi kroz slojeve karbonskih škriljaca.

PREGRADA LOKVARKA

Dolina potoka Lokvarke pregrađuje se kod sela Homer. Normalni uspor vode u jezeru predviđen je na koti 770,00, maksimalna kota vode kod pre-



Sl. 1 — Pregrada Križ, situacija

- | | | | |
|-----------------------|-------------------------------|-------------------|---------------|
| 1 tijelo pregrade | 3 zatvaračnica obilaznog rova | 5 obilazni rov | 7 kota uspora |
| 2 ulaz u obilazni rov | 4 preljev | 6 izlazni objekat | |

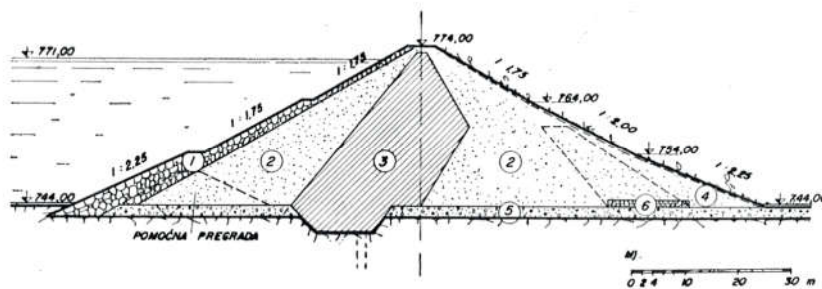
ljevanja preko preljeva punim kapacitetom iznosi 772,00. Kruna pregrade je na koti 774,00. Dno doline je na koti 728,50, a najdublja točka fundiranja 722,50. Visina pregrade iznosi dakle 51,50 m iznad najdublje točke fundiranja.

Cijeli akumulacioni bazen leži u materijalu geološke formacije karbona, odnosno permokarbona. Mjesto, na kojem se gradi pregrada, nije tako povoljno, jer se pregrada morala smjestiti na mjestu, gdje se u naravnom slijedu već pojavljuju i slojevi rabeljskih škriljaca i dolomita. U profilu pregrade leži li-

jevi bok i dno u karbonu. Desni bok sastoji se pretežno od dolomita, koji je i do veće dubine jako razlomljen i propustan za vodu.

Kod konačnog izbora tipa pregrade moralo se voditi računa o ovim faktorima:

- 1) mala nosivost tla sastavljenog od razlomljenih i raspadnutih stijena;
- 2) nejednolikost tla uslijed različitog geološkog sastava na desnom boku;
- 3) pogodna nalazišta materijala za betoniranje ili nasipanje pregrade;



Sl. 2 — Pregrada Križ, poprečni presjek

- | | | |
|---|------------------------------|---------------------------------|
| 1 kameni nasip | 3 jezgra od ilovače | 5 šljunkoviti nanos kao drenaža |
| 2 rastrošeni karbonski škriljac i pješčar | 4 otpadni zemljani materijal | 6 drenažna stopa od kamena |

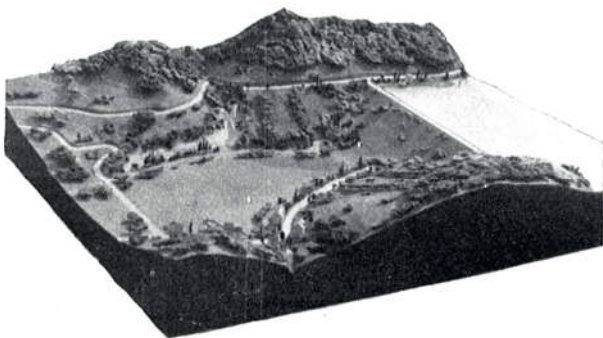


Sl. 3 — Dolina Lokvarke

- 4) transportni problemi gradilišta udaljenog 6 km od željezničke stanice Lokve.

Odabrana je pregrada nasuta od kamena i raspadnutog karbonskog škriljca, sa tankom jezgrom od ilovače, koja leži koso u uzvodnoj polovini pregrade. Nagib jezgre određen je tako, da se dobije najmanja kubatura nasipa. Uzvodni i nizvodni pokosi konstruktivnog dijela pregrade iznose prosječno 1 : 1,8 i 1 : 1,5, ili svega 1 : 3,3. Konstruktivni dio pregrade na nizvodnoj strani pokriva se otpadnim materijalom sa pozajmišta i iz iskopa temelja, te se pokos ublažuje do 1 : 2,5, da bi se omogućilo ozeleňivanje i stvorilo prirodan priključak na obronke i dno doline.

Nasip leži na otkrivenoj površini rastrošene stijene, sa koje se prethodno uklanja humus i ilovača s ostacima kamena na dijelu, koji je viši od 30 m. Niži dijelovi nasipa na bokovima položiti će se na prirodno tlo, s kojeg se skida samo sloj humusa i ilovače s korištenjem.



Sl. 4 — Maketa pregrade Lokvarka

Nepropusna jezgra od ilovače fundira se u usjeku ukopanom u stijenu do dubine od 6 m. Na desnom boku kroz propusne slojeve dolomita predviđen je betonski zid, debljine 2,50 m do dubine od najviše 25 m, na koji se naslanja jezgra od ilovače. Ispod temelja predviđena je duboka zavjesa od cementnih injekcija.

Zadatak je kamenog nasipa ispred jezgre, da drži u ravnoteži strmi pokos jezgre. Između kamena i jezgre nalazi se filter, koji sprečava ispiranje ilovače kod naglog snižavanja vodostaja u jezeru.

Jezgra se oslanja na potporno tijelo, koje se sastoji od raspadnutog karbonskog pješčenjaka na dijelu do jezgre, a dalje od jezgre nasip je izveden od zdravijeg i krupnijeg karbonskog pješčenjaka. Budući da ovaj materijal pod uplivom zraka i sunca nije postojan, zaštićen je njegov pokos debelim slojem otpadnog materijala od iskopa temelja i čišćenja pozajmišta. Pokos je pokriven humusom i zasijan travom i grmljem. Kubatura nasipa iznosi oko 600.000 m³, dužina u kruni je 276 m. Preko krune nasipa vodi cesta s jedne strane doline na drugu. Na uzvodnoj strani predviđen je zid radi zaštite od zapljusivanja vala.

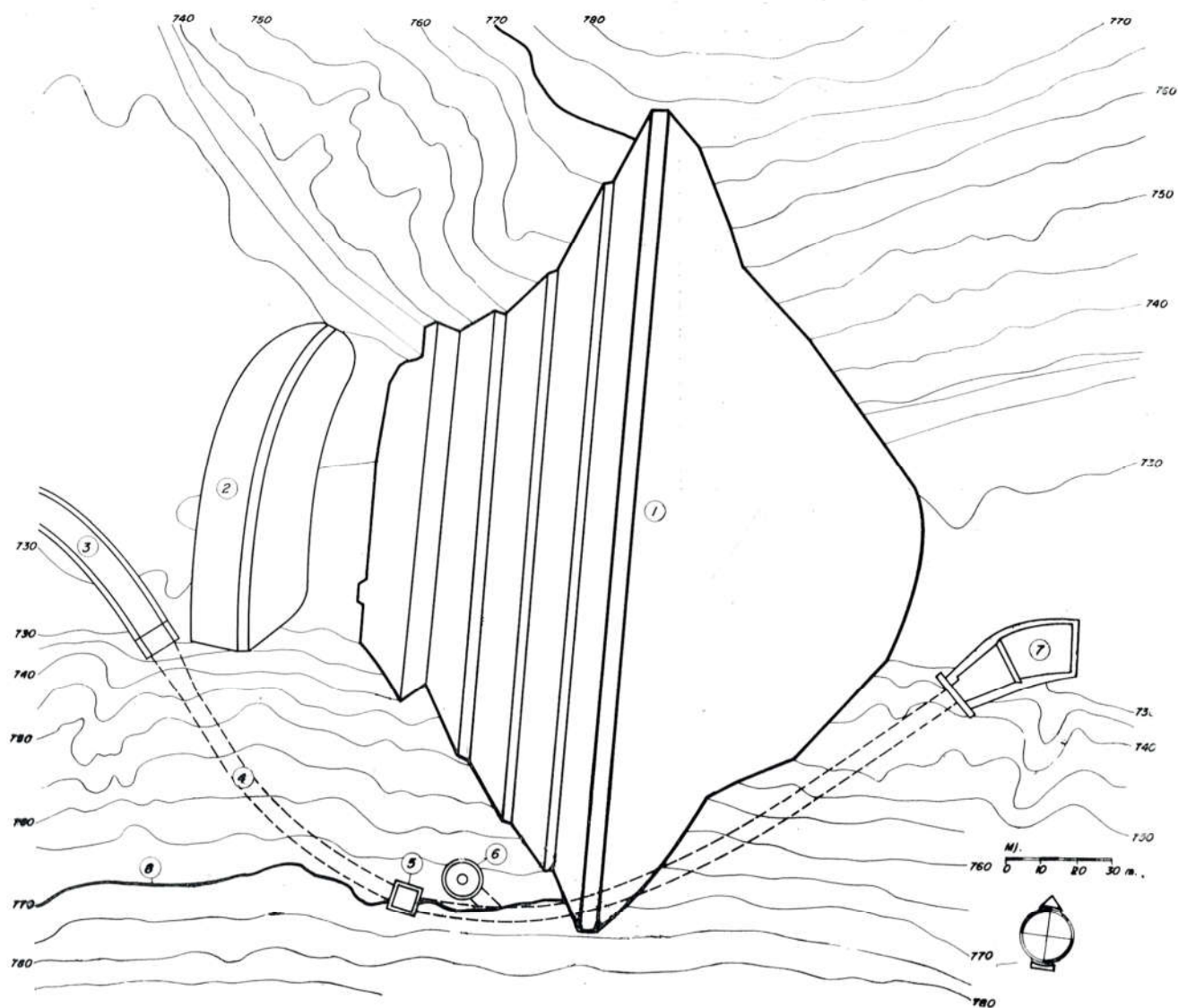


Sl. 5 — Izgradnja pregrade Lokvarka
Stanje 31. 5. 1952.

U jezgri od ilovače ugrađuje se instalacija za mjerenje tlaka porne vode i tlaka zemlje, pomoću koje će se promatrati konsolidacija za vrijeme građenja i kod naglih promjena vodostaja u jezeru. Pomoću jednog bunara i niza točaka na površini nasipa promatrat će se slijeganja i deformacije nasipa.

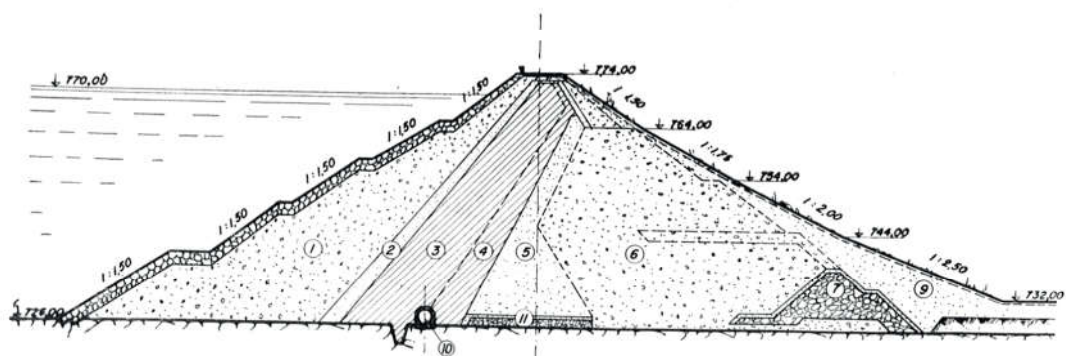
OBILAZNI ROV LOKVARKA I EVAKUACIJA VELIKIH VODA

Za izgradnju glavne pregrade Lokvarka izvedena je pomoćna pregrada, koja omogućuje odbijanje voda Lokvarke u obilazni rov i time osiguranje gradilišta glavne pregrade od velikih voda. Obilazni rov dužine 326 m smješten je na desnom boku jezera s ulazom uzvodno od pomoćne pregrade i izlazom nizvodno od glavne pregrade. Tunnel prolazi najvećim dijelom kroz rabeljske dolomite, koji se javljaju u razlomljenim slojevima. Profilom tunela od 4,17 m promjera, te usporom do kote 734,50 osigurano je gradilište pre-



Sl. 6 — Pregrada Lokvarka, situacija

- | | | | |
|--------------------|-----------------------|-------------------------------|-------------------|
| 1 tijelo pregrade | 3 ulaz u obilazni rov | 5 zatvaračnica obilaznog rova | 7 izlazni objekat |
| 2 pomoćna pregrada | 4 obilazni rov | 6 preljev | 8 kota uspora |

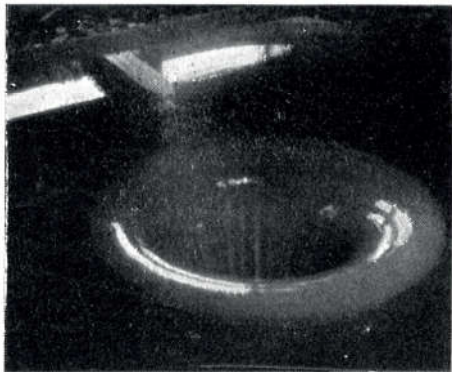


Sl. 7 — Pregrada Lokvarka, poprečni presjek

- | | | |
|--|-------------------------------|---|
| 1 kamen, dolomit, nabijeno | 3 jezgra od ilovače | } valjano ježevima |
| 2 filterski prelaz, valjano | 4 jezgra, šljunkovita ilovača | |
| 5 rastročeni karbonski škriljac, valjano | 7 kamena drenažna stopa | 10 injekciona galerija |
| 6 karbonski škriljac i pješćar, nabijeno | 9 otpadni zemljasti materijal | 11 drenažni sloj, vezan sa drenažnom stopom |

grade od protoke do 80 m³/sec, što predstavlja normalnu veliku vodu.

U konačnoj izgradnji, u pogonu, obilazni će rov služiti kao temeljni ispušt, a u zajednici s prelivnim oknom, koje je priključeno na obilazni rov, služiti će i za evakuaciju velikih voda.

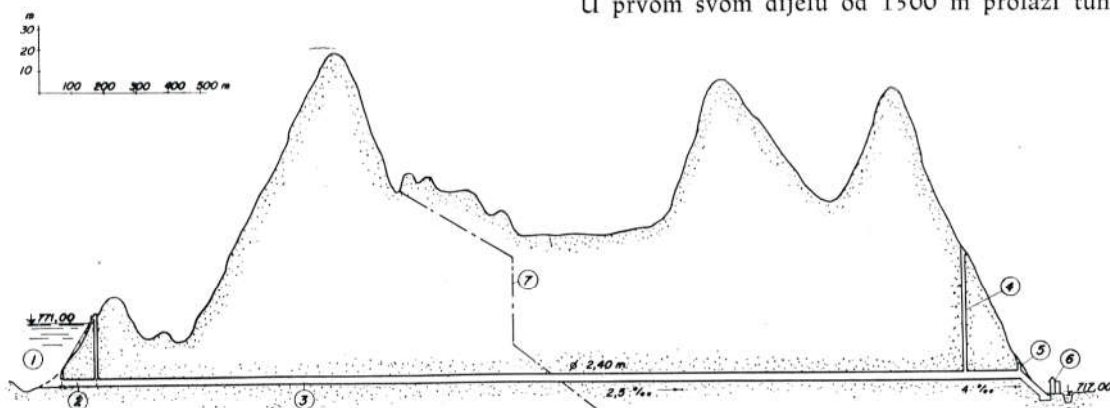


Sl. 8 — Model preljeva Lokvarke

Kapacitet obilaznog rova, odnosno temeljnog ispusta uz uspor u jezeru na koti 772,00 iznosi 200,0 m³/sec, dok je kapacitet prelivnog okna uz prelivnu visinu od 2,0 m... 170 m³/sec.

Prema tome može u slučaju potrebe temeljni ispušt preuzeti funkciju evakuacije velikih voda. Velike brzine, te pojave podpritiska zahtijevaju kod izvedbe solidnu armiranu pneumatsku žbuku u rovu i prelivnom oknu. Na izlazu iz obilaznog rova predviđen je izlazni objekat za suzbijanje djelovanja kinetičke energije vode, koja pri pražnjenju bazena, odnosno pri evakuaciji velikih voda izlazi iz rova velikom brzinom (kod protoke od 200 m³/sec iznosi brzina vode 14,6 m/sec). Rov je obložen 40 cm debelim betonom i ožbukana pneumatskom žbukom, koja je djelomično armirana.

Neposredna okolina obloge tunela je konsolidirana cementnim injekcijama, da se osigura kontakt obloge i pećine, kao i da se poveća nepropusnost, osobito na potezu između zatvaračnice i zavjese pregrade.



Sl. 10 — Tunel Lokvarke—Ličanka, uzdužni profil

1 jezero Lokvarke
2 ulazni uređaj

3 tlačni tunel
4 vodna komora

5 zasunska komora
6 hidroelektrana Fužine

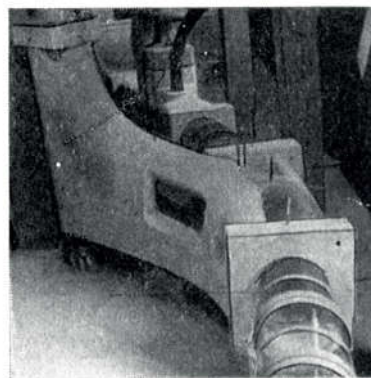
7 kontakt karbonskih škriljaca i dolomita

Preljev i izlazni objekat ispitani su na modelu u Hidrotehničkom laboratoriju »Ing. Jaroslav Černi« u Beogradu.

TUNEL LOKVARKA—LIČANKA

Odvod voda iz bazena Lokvarke u jezero Bajer vrši se tlačnim tunelom Lokvarke—Ličanka. Ovaj tunel služi ujedno i kao dovodni tunel za strojarnicu hidroelektrane Fužine kod puštanja vode iz Lokvarke u Bajer i kao tunel za prebacivanje pumpom velikih vodnih valova Ličanke u veće jezero Lokvarke.

Ulazni uređaj u tunel smješten je oko 500 m uzvodno od pregrade Lokvarke. Prag ulaznog grla postavljen je na kotu 735,50. Na ulazu je postavljena gruba rešetka i pomoćni kosi zatvarač, kojim se upravlja iz kućice zatvaračnice. Na km 0 + 87,0 nalazi se okno zatvaračnice, u kojem je smještena glavna zapornica i fina košarasta rešetka. Upravljanje glavnom zapornicom i čišćenje fine rešetke vrši se iz kućice smještene iznad okna sa podom na koti 774,00.

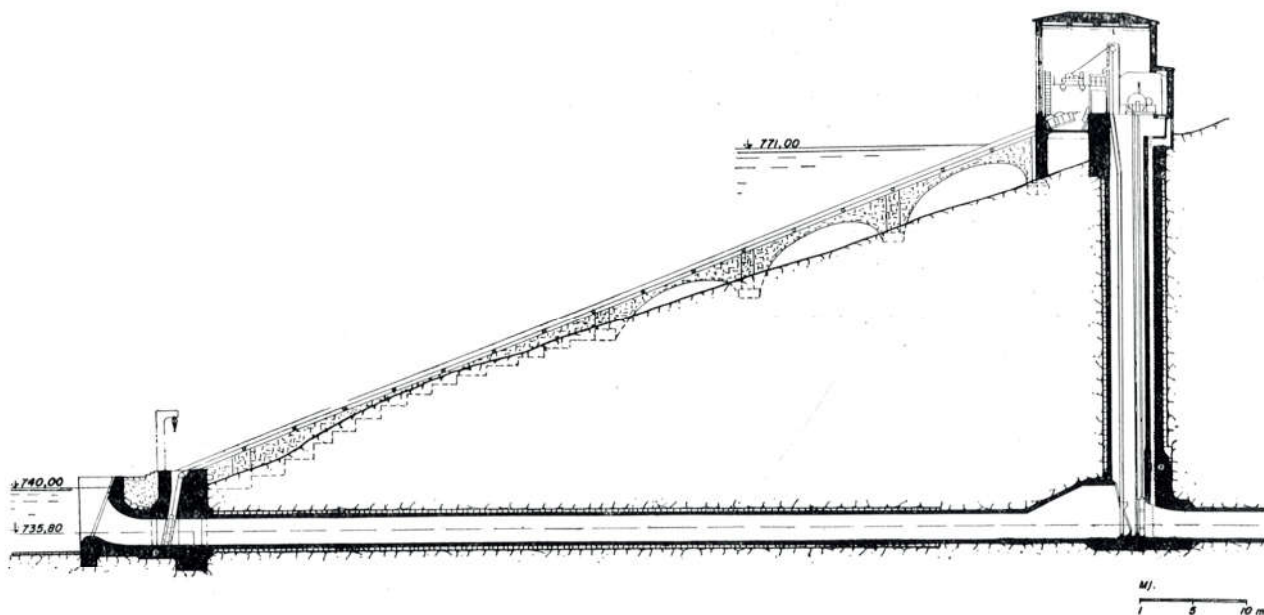


Sl. 9 — Prelaz preljeva u obilazni rov Lokvarke
Model za ispitivanje

Tlačni tunel Lokvarke-Ličanka, ukupne dužine od 3456,5 m, kružnog je profila, promjera 2,40 m na dijelu do vodne komore Fužine, a promjera 2,20 m na potezu od vodne do zasunske komore Fužine. U prvom svom dijelu od 1500 m prolazi tunel kroz

karbonske škriljce, a dalje kroz glavni dolomit. Pad dna tunela je $2,5\text{‰}$. Tunel je obložen 30 cm debelom betonskom oblogom; na potezima ukupne dužine od 3043,5 m izvedena je nearmirana pneumatska žbuka, debljine 24 mm, a na potezima ukupne dužine 413,0 m armirana pneumatska žbuka, debljine 50 mm. Armatura se sastoji od betonskog željeza debljine 10 mm na razmaku od 10 cm.

Zasunska komora Fužine smještena je na izlazu iz tunela iza prelaza tunela u čelični tlačni cjevovod. U komoru je ugrađen leptirasti zasun. U stalnoj točki neposredno iza zasunske komore čelični se tlačni cjevovod račva u dva ogranka. Jedan ogranak promjera 1,0 m vodi prema ispustu, a drugi promjera 1,80 m služi kao čelični tlačni cjevovod za dovod u strojarnicu hidroelektrane Fužine.



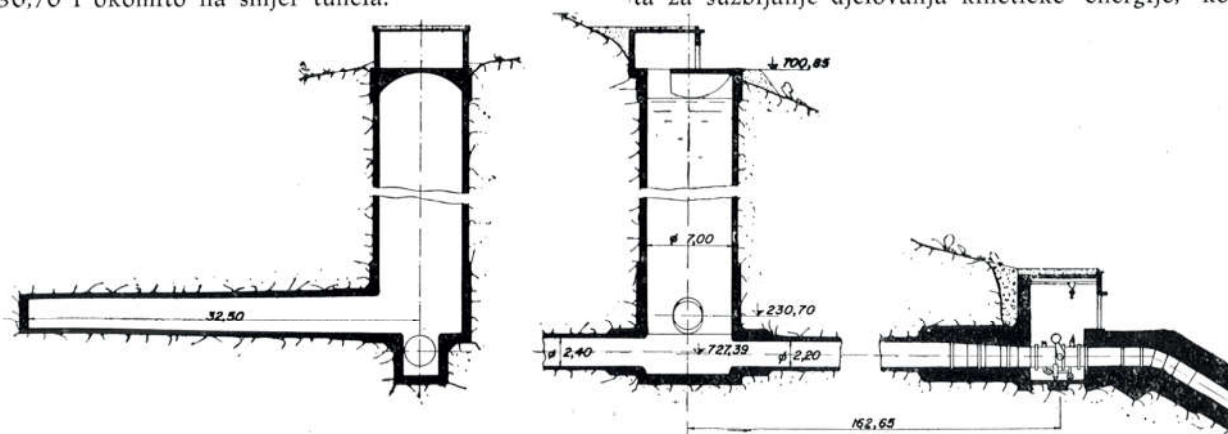
Sl. 11 — Tunel Lokvarka—Ličanka
Ulazni uređaj

Na cijelom potezu izvedene su vezne cementne injekcije pod pritiskom do 6 at, te po potrebi visokotlačne konsolidacione cementne injekcije pod pritiskom od 15–20 at. Maksimalni statički tlak u tunelu iznosi 4,5 at, a najveća je protoka u tunelu $10\text{ m}^3/\text{sec}$.

Na km $3 + 302,60$ smještena je vodna komora Fužine. Vertikalno okno komore je kružnog presjeka, promjera 7,00 m. Donja horizontalna komora ima dužinu od 29,0 m, a postavljena je sa osi na koti 730,70 i okomito na smjer tunela.

Strojarnica Fužine situirana je uz regulirani kanal Ličanke i služi za smještaj turbine i pumpe. Turbina koristi vode iz jezera Lokvarka na padu od 24,50 do 54,50 m kod puštanja vode iz Lokvarke u Bajer, dok pumpa služi za prebacivanje voda velikih valova Ličanke u akumulacioni bazen Lokvarke.

Prije nego se izgradi strojarnica Fužine, a i kasnije za vrijeme remonta strojeva u strojarnici, vode Lokvarke puštat će se u kanal Ličanke preko objekta za suzbijanje djelovanja kinetičke energije, koji



Sl. 12 — Tunel Lokvarka—Ličanka
Vodna i zasunska komora



Sl. 13 — Dolina Ličanke, prije gradnje



Sl. 14 — Dolina Ličanke pod vodom
Jezero Bajer

je predviđen kao posebna građevina pokraj strojar-
nice Fužine. Forme za što efikasnije djelovanje toga
objekta na skučenom prostoru dobivene sa modelskim
ispitivanjem u Hidrotehničkom laboratoriju Vodogra-
đevnog instituta T. V. Š. u Ljubljani.

KANAL LIČANKE

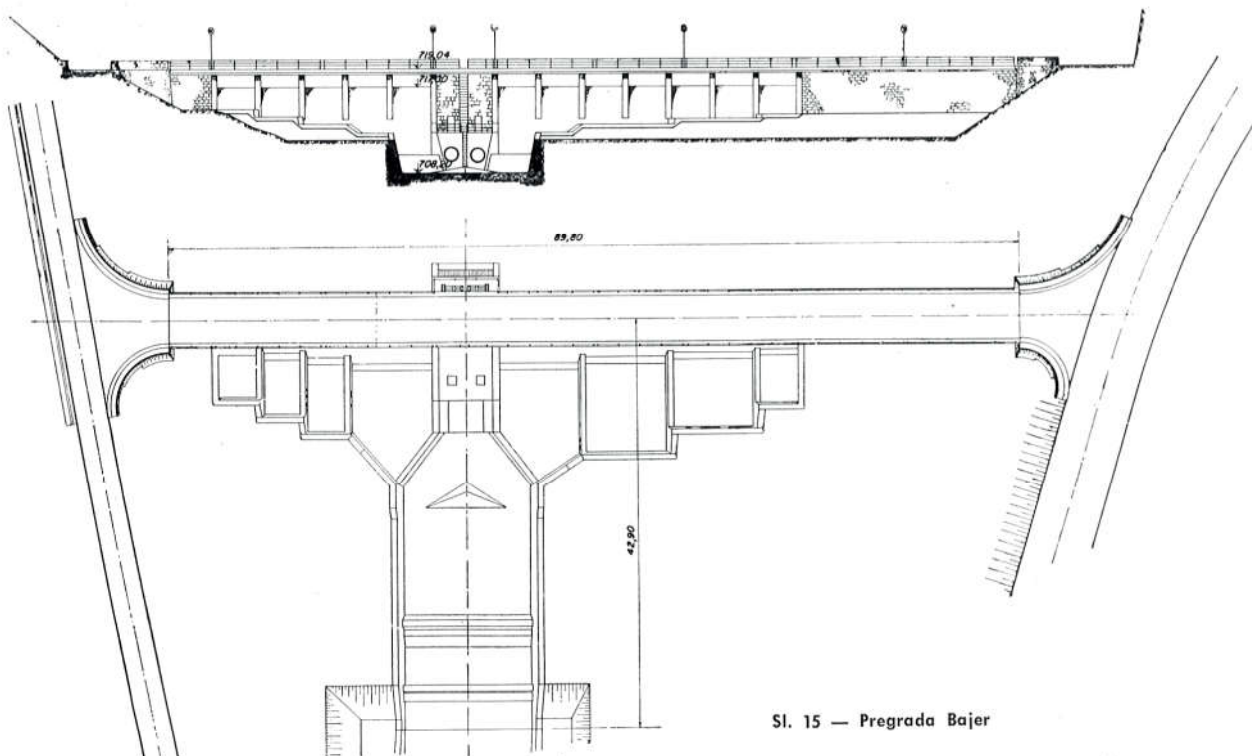
Tok Ličanke od Vrela reguliran je na dužini od
950 m. Na prvom potezu od 110 m izveden je kao
betonski kanal 6,0 m širine i s nagibom bokova 5 : 1.
Ispred zgrade strojarne za HE Fužine na ovaj se
kanal priključuje kanal za dovod vode do pumpe, od-
nosno odvod vode od turbine. Iza ovog priključka ka-
nal prelazi u regulirani potez trapeznog presjeka sa ši-
rinom dna od 5,0 m i nagibom pokosa 1 : 1,5 do vi-
sine od 1,5 m od dna. Do te su visine pokosi kao i
dno obloženi betonskim šesterokutnim kvaderima na
šljunčanoj podlozi.

PREGRADA BAJER

Na najužem mjestu doline Ličanke kod Fužina
situirana je betonska gravitaciona pregrada Bajer,
koja po visinskom položaju čini u sistemu HE Vино-
dol najniži akumulacioni bazen Bajer sa korisnom
akumulacijom od 1,23 milijuna m³ vode. Geološku
građu dna i bokova na tom mjestu čine karbonski
pješčenjaci.

Dužina je pregrade u kruni 105,5 m, a maksimal-
na joj je visina 10,6 m. Ukupna kubatura pregrade
sa temeljima iznosi 7.000 m³ betona. Bonitet pre-
grade doseže vrijednost od 171 (odnos kubature jezera
i pregrade).

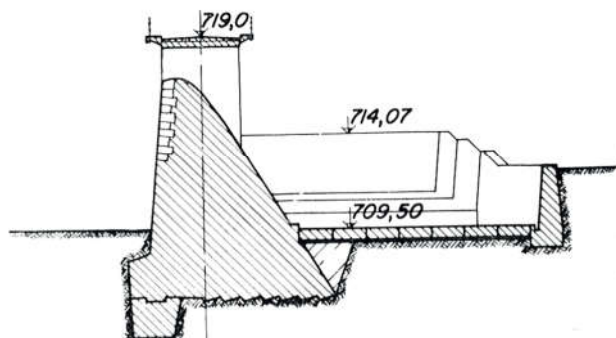
Tijelo je pregrade od nabijenog betona s maksimal-
nim zrnim agregata do 120 mm uz dodatak od 250
kg cementa na 1 m³ gotovog betona. Vodna strana
pregrade obložena je gotovim betonskim kvaderima.



Sl. 15 — Pregrada Bajer

Prethodnim bušenjima ustanovljeno je, da se mjesto na kojem se imade izgraditi pregrada sastoji od pjesčenjaka i konglomerata, koji imaju mnogo šupljina i koji su vodopropusni. Radi toga, a imajući u vidu značajan energetski efekat svake količine vode zadržane u akumulaciji, posvetila se velika pažnja izvedbi cementnih injekcija kod izgradnje pregrade Bajer. Injekcioni radovi sastojali su se od:

- 1) veznih injekcija, sa svrhom da povežu beton temelja sa pećinom, t. j. da kontakt bude vodonepropustan i
- 2) visokotlačnih injekcija za stvaranje vodonepropusne zavjese ispod klina temelja pregrade.



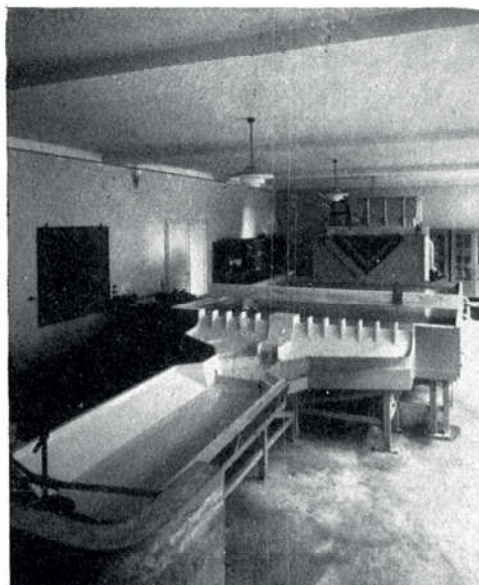
Sl. 16 — Pregrada Bajer, prelivno polje

Vezne injekcije davane su uporedno sa gradnjom. Za vezne injekcije izbušeno je ukupno 1020 m bušotina i utrošeno 34 t cementa.

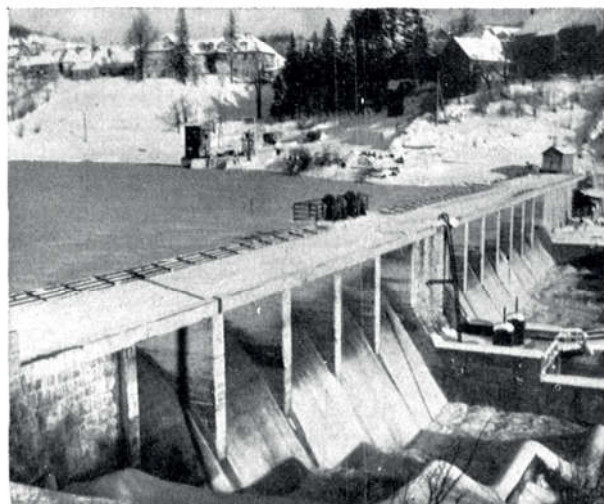
Visokotlačne injekcije za zavjesu izvađane su također uporedno sa gradnjom sa kote 712,00 kroz kose bušotine izvršene kroz tijelo pregrade sa uzvodne strane. Za normalne injekcije bušotine su bušene na razmaku od 4 m, dubine 20 m, a između njih su bušotine 10 m dubine ispod klina temelja. Injicirano je sa tlakom od 6–12 at.

Gustoća cementnog mlijeka određivala se kod svake bušotine i faze zasebno, a kreće se od 1 : 10 do 1 : 3. Za izvedbu injekcione zavjese izbušeno je 1700 m bušotina i utrošeno 138 t cementa.

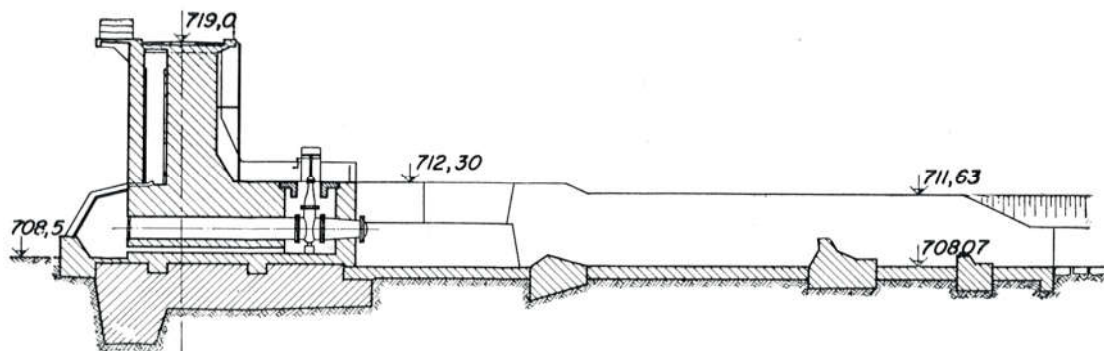
Kod punjenja jezera Bajer ustanovljeno je, da su cementne injekcije na pregradi Bajer izvršene s potpunim uspjehom.



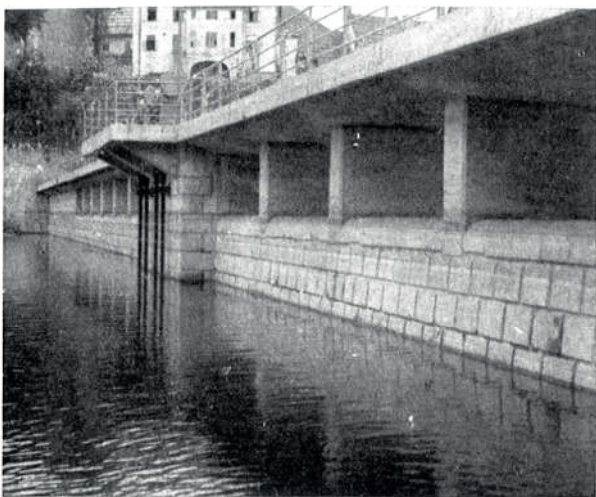
Sl. 18 — Model pregrade Bajer



Sl. 19 — Pregrada Bajer, sa nizvodne strane



Sl. 17 — Pregrada Bajer, temeljni ispust



Sl. 20 — Pregrada Bajer, sa uzvodne strane

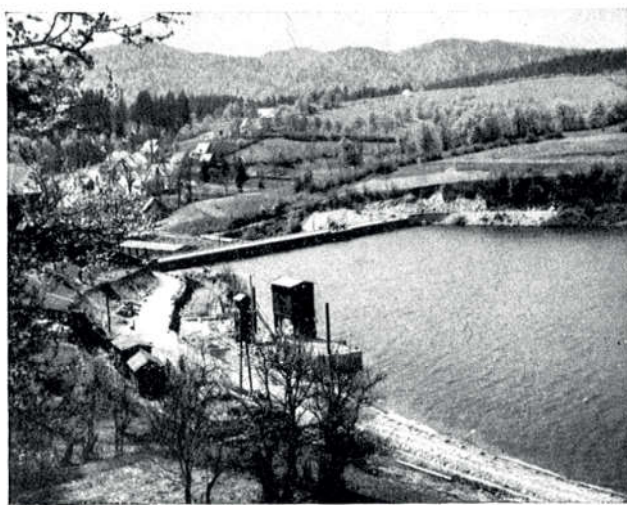
Pražnjenje jezera vrši se temeljnim ispustom u tijelu pregrade, koji se sastoji od dvije ugrađene čelične cijevi, promjera 1,20 m. Cijevi su na početnom i krajnjem dijelu providene zasunima. U tijelu pregrade ugrađena je cijev od lijevanog željeza, promjera 300 mm za željeznički vodovod.

Evakuacija velikih voda riješena je prelijevanjem preko pregrade. U tu svrhu predviđeno je 12 otvora po 4 m dužine. Kapacitet preljeva kod 1 m preljevne visine iznosi $106 \text{ m}^3/\text{sec}$, što predstavlja vodu veću od 100-godišnje vode. Suzbijanje djelovanja kinetičke energije preljevne vode vrši se preko slapišta, koje završava u bazenu, a ovaj služi ujedno i za suzbijanje djelovanja energije vode iz temeljnog ispusta. Slapište i bazen ispitani su modelski u Hidrotehničkom laboratoriju u Zagrebu.

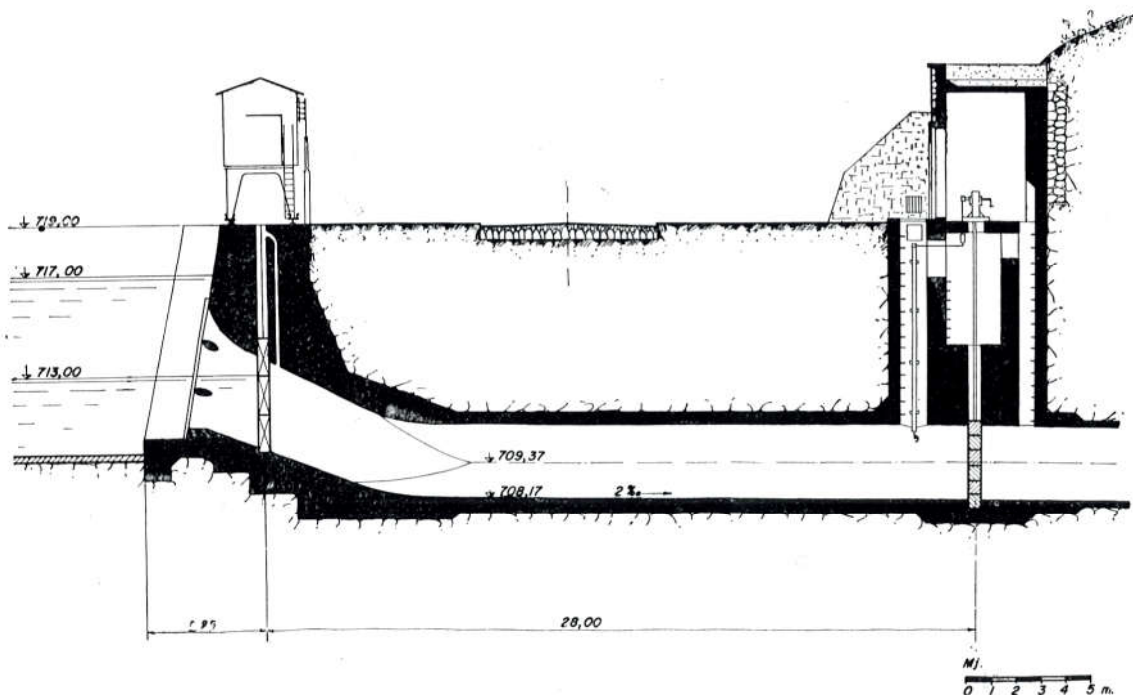
TLAČNI DOVOD BAJER—RAZROMIR

Na lijevom boku jezera Bajer, oko 80 m uzvodno od pregrade, situiran je ulazni uređaj Bajer, kao početak tlačnog dovoda za strojarnicu Tribalj. Ulazni uređaj raščlanjen je na ulazno grlo i zatvaračnicu; na ulaznom grlu smještena je fina rešetka i gredna čelična zapornica, a u zatvaračnici pločasta automatska zapornica.

Prvi dio dovoda na dužini od 199 m je tunnelski dovod, koji prolazi ispod mjesta Fužine kroz slojeve karbona. Svijetli promjer tunela je 2,80 m, betonska obloga debljine 30 cm, sa zaglađenom pneumatskom žbukom, debljine 2,5 cm.



Sl. 21 — Jezero Bajer
Pogled prema pregradi i mjestu Fužine



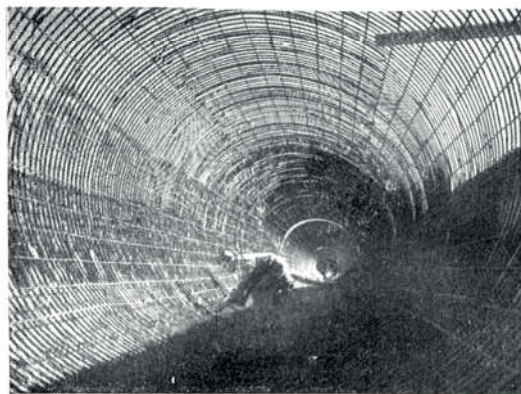
Sl. 22 — Ulazni uređaj Bajer, uzdužni presjek

Na izlazu iz brda tunel prelazi u armirano-beton-ski cjevovod Lič. Cjevovod je ukupne dužine od 4915 m, a prolazi u usjeku duž Lič-polja. Svijetli profil cjevovoda je 2,80 m.

Nakon izvršenog iskopa izvedena je posteljica od mršavog betona. Na posteljicu je nanešen izravna-

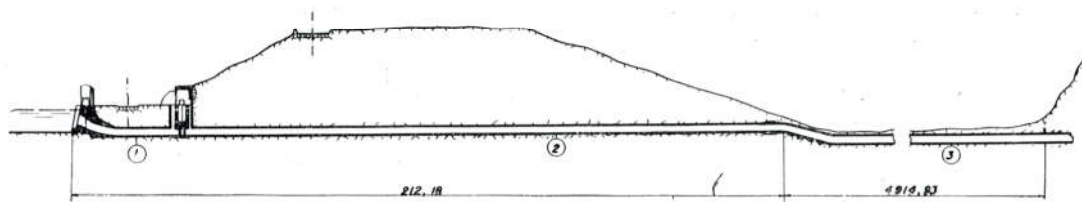


Sl. 23 — Ulazni uređaj Bajer



Sl. 27 — Armiranje cjevovoda Lič

jući premaz od smjese cementa, gline i pilovine, na kojem se onda izveo armirano-beton-ski cjevovod. Debljina stijenke iznosi 25 cm, a na mjestima najvećih opterećenja 30 cm. Cjevovod je na cijelom potezu ožbukao 2,5 cm debelom pneumatskom žbukom. Maksimalni statički tlak u cjevovodu je 1,9 at. Srednja količina armature po 1 m cjevovoda iznosila je 260 kg. Duž trase cjevovoda izvedeno je 5 revizionih okana.

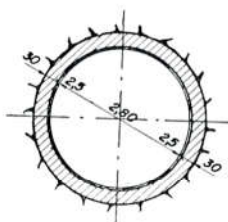


Sl. 24 — Tunel Bajer i cjevovod Lič, uzdužni presjek

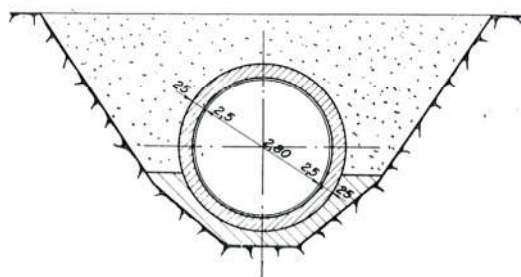
1 ulazni uređaj Bajer

2 tlačni tunel Bajer

3 armirano-beton-ski tlačni cjevovod Lič



Sl. 25 — Tunel Bajer, poprečni presjek



Sl. 26 — Cjevovod Lič, poprečni presjek

Na ulazu u brdo Kobiljak cjevovod prelazi u tlačni tunel Kobiljak - Razromir. Ukupna dužina tunela iznosi 4162 m. Promjer tunela do vodne komore iznosi 2,75 m, a od vodne komore do zasunske komore 2,40 m. Obložen je 30 cm debelim betonom i pneumatskom žbukom. Na ukupnoj dužini od 669 m žbuka je armirana betonskim željezom debljine 6 i 8 mm na razmaku od 5 cm. Prolazi tunela kroz špilje riješeni su armirano-beton-skim cijevima istog promjera kao i tunel. Na cijeloj dužini tunela davane su cementne injekcije za ispunjenje kontaktnog prostora između betonske obloge i pećine, a mjestimično su upotrebljene i visokotlačne konsolidacije injekcije.

Maksimalni statički tlak u tunelu iznosi 3,2 at.

Na početnom dijelu tunela izvedeno je piezometarsko okno, koje služi za kontrolu tlačne linije. Maksimalna protoka u dovodu je 15 m³/sec.

Na km 4 + 016,27 trase tunela Kobiljak-Razromir situirana je vodna komora Razromir. Komora je raščlanjenog tipa sa dvije donje komore, jednom gornjom komorom i vertikalnim oknom svijetlog promjera 3,5 m. Na gornjem kraju vertikalnog



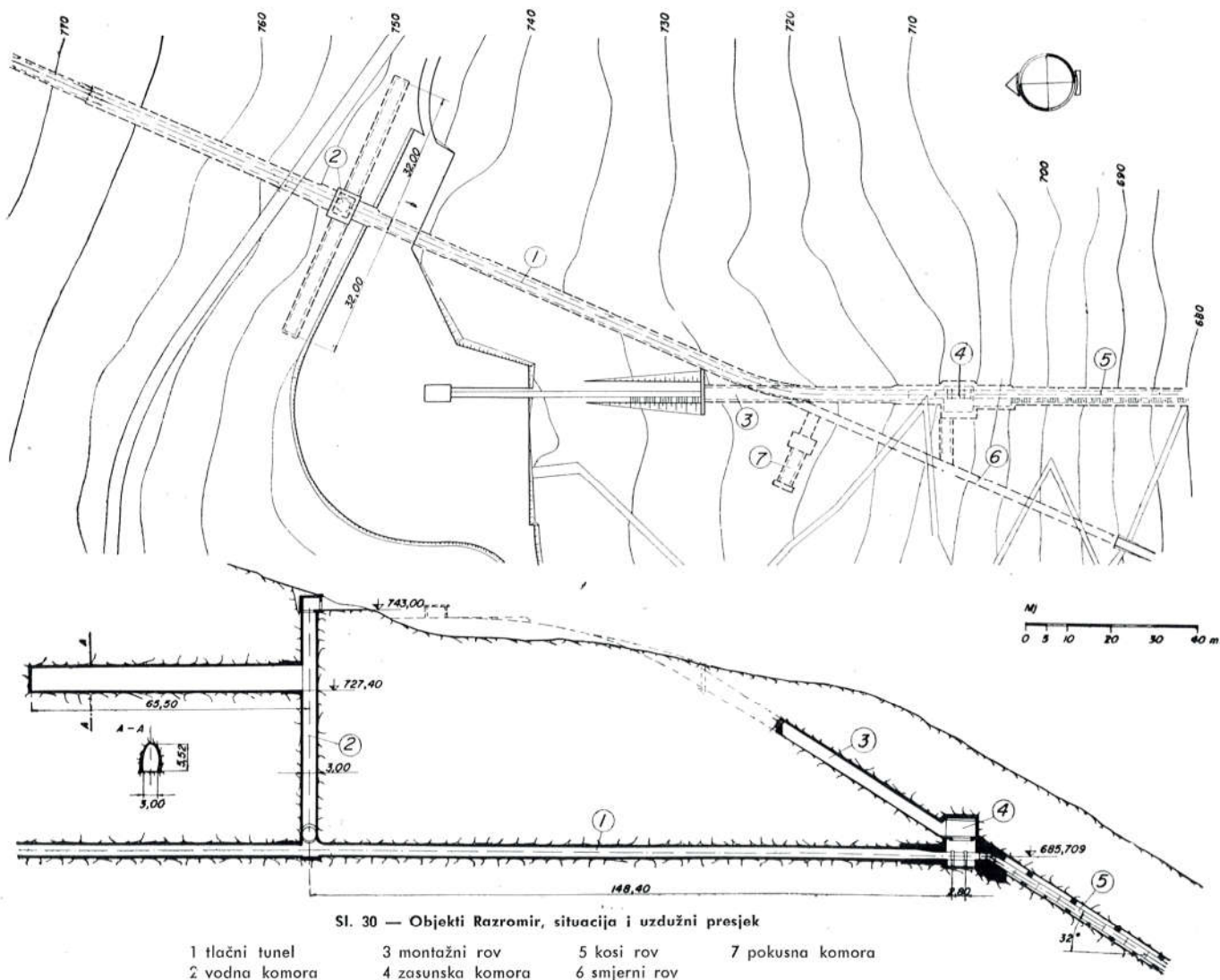
Sl. 28 — Cjevovod Lič prije zasipavanja

okna je kućica za pristup. Na prolazu iz vodne komore u tunel postavljena je fina rešetka.

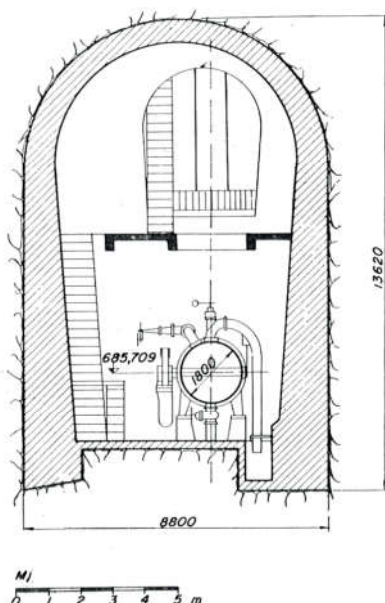
Na km 4 + 156,56 počinje čelični tlačni cjevovod s konusnim prelaznim komadom na promjer 1,80 m, s kojim profilom ulazi cjevovod neposredno iza prelaza u zasunsku komoru Razromir. U zasunskoj komori smještena su dva



Sl. 29 — Tunel Kobiljak—Razromir, prolaz kroz vrtaču



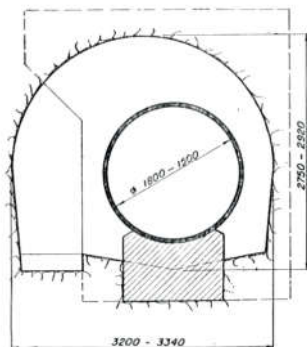
leptirasta zasuna, od kojih je jedan automatski. Između dva leptirasta zasuna na cjevovodu je ogranak promjera 25 cm sa zasunom, kroz koji se može vršiti pražnjenje tlačnog dovoda od Bajera do Razromira.



Sl. 31 — Zasunska komora Razromir, poprečni presjek

ROV KOSOG TLAČNOG CJEVOVODA

Od zasunske komore dovod vode ide kosim tlačnim čeličnim cjevovodom. Na km 4 + 174,40 neposredno iza zasunske komore cjevovod se lomi u vertikalnom smislu pod kutem od 32°. Statičke i dinamičke sile u lomnoj točki preuzima betonska stalna točka. Cjevovod je smješten podzemno u kosi rov dužine 1189 m. Za pospješene radova u kosom rovu otvoreno je pet horizontalnih napadnih okana. Čelični cjevovod počinje kod zasunske komore promjerom od 1,80 m, te se profil postepeno smanjuje na p. p. 1,50 m. Poprečni presjek kosog rova je potkovastog oblika, visine 2,90–3,10 m i širine 3,30–3,40 m. Ove dimenzije omogućuju montažu cjevovoda i kasniji rad na uzdržavanju. Na potezima zdravih vapnenaca rov je neobložen, dočim je na lošim potezima obložen betonskom oblogom. Za komunikaciju kroz rov izve-



Sl. 32 — Kosi rov, poprečni presjek



Sl. 33 — Kosi rov
Dijafagma za pričvršćenje čeličnog cjevovoda

dene su betonske stepenice. Sistem cjevovoda je takav, da je svaka druga cijev ukliještena u poprečnu dijafragmu od armiranog betona, debelu 1,2 m, a svaka druga cijev leži u sredini svoje dužine na betonskim osloncima.

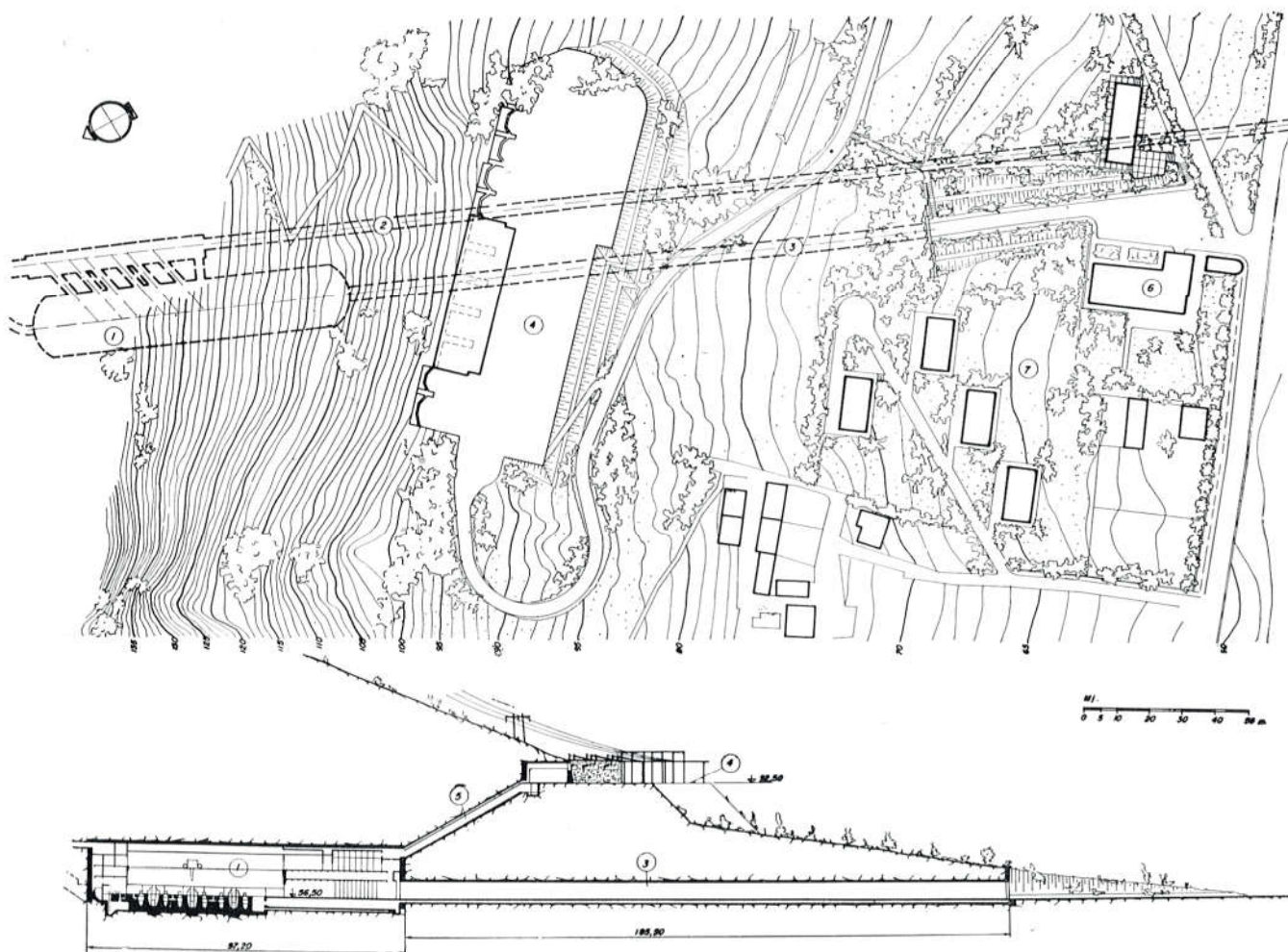
Na gornjem kraju produžen je kosi rov kroz zasunsku komoru do površine terena. Kroz ovaj montažni rov vršena je montaža cjevovoda, a on služi ujedno i kao pristup u zasunsku komoru i kosi rov.

RAZDJELNA KOMORA

Na prelazu iz kosog rova u razdjelnu komoru elektrane Tribalj cjevovod se lomi u vertikalnom smislu i prelazi u horizontalnu. Betonska stalna točka preuzima ovdje nastale statičke i dinamičke sile. Razdjelna komora je potkovastog poprečnog presjeka, visine 7,40 m, širine 4,30 m i dužine 53,65 m. Os horizontalnog razdjelnog cjevovoda je na koti 55,65. Od glavnog cjevovoda odvaja se šest ogranka promjera 0,65 m, koji privode vodu turbinama. Ogranci se vode kroz malene spojne potkovaste rove do strojarnice. Za preuzimanje sila kod ogranka, odnosno promjene profila cjevovoda izvedena su usidrenja u temeljno tlo i bokove razdjelne komore.

STROJARNICA TRIBALJ

Strojarnica je smještena u podzemnoj kaverni situiranoj paralelno s kosim rovom i razdjelnom komorom. Poprečni presjek kaverne je iz statičkih razloga jajolikog oblika, da se postigne potrebna nosivost obloge, koju zahtijeva geološka građa brda. Cijelom svojom dužinom kaverna je smještena u razmjerno lošem materijalu, vrlo razlomljenih i naknadno slabo cementiranih vapnenaca uže zone vino-

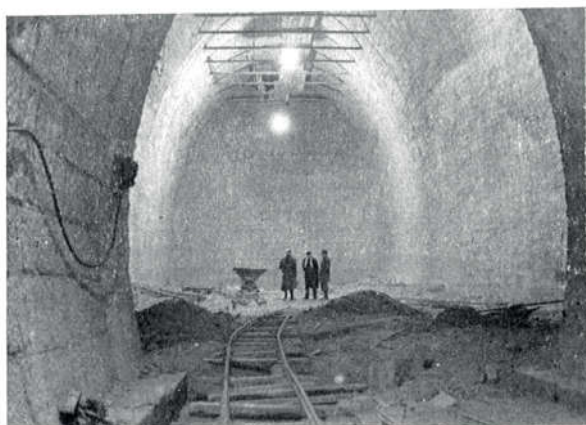


Sl. 34 — Objekti Tribali, situacija i uzdužni presjek

- | | | | |
|-----------------------|---------------------------------------|-----------------------|---------------------|
| 1 strojarnica Tribali | 3 prilazni tunel | 5 kabelski rov | 7 stambena kolonija |
| 2 odvodni tunel | 4 plato rasklopnog postrojenja 110 kV | 6 mehanička radionica | |

dolskog rasjeda. Taj materijal iskrižan je u dosta velikoj mjeri glinenim proslojcima.

Ukupni iskop kaverne je visine 21 m, širine 18,65 m, a dužine 97,20 m. Obloga je od nabijenog betona debljine 1 m u tjemenu; prema dolje obloga se poja-



Sl. 35 — Kaverna strojarnice Tribali

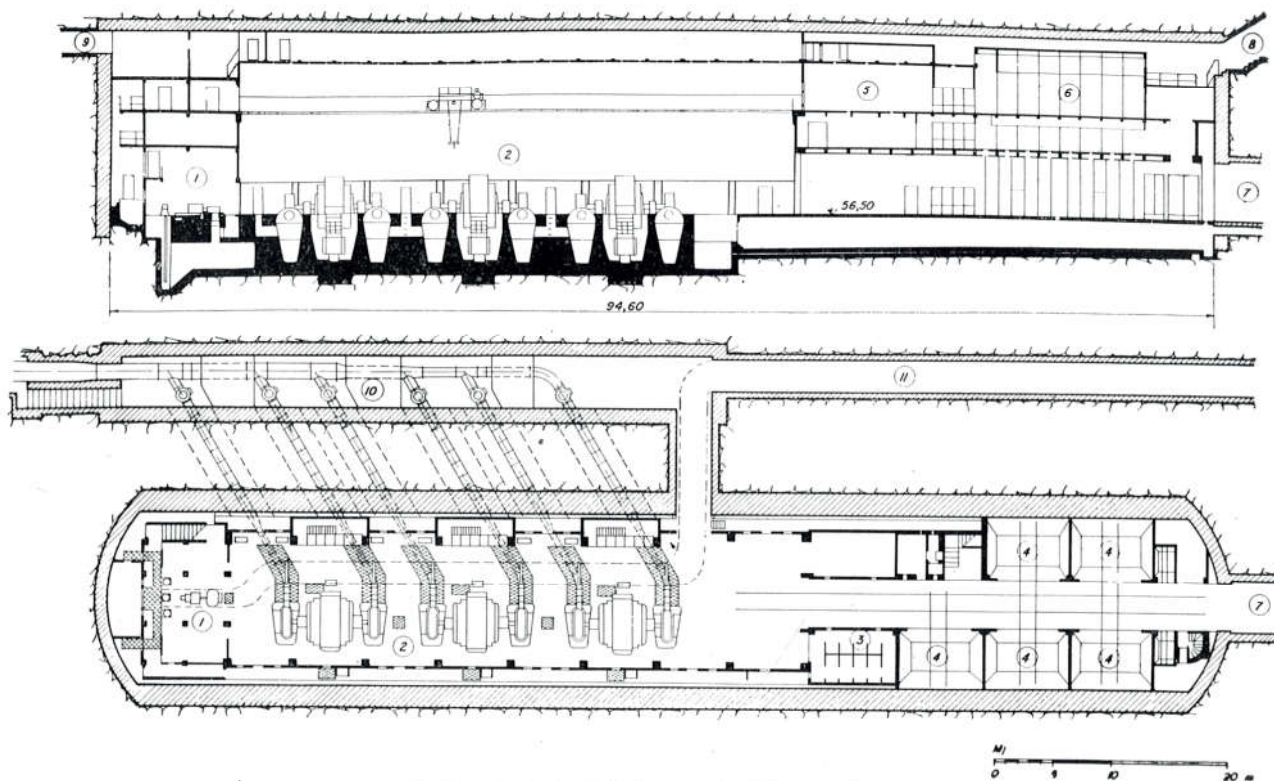
čava. Podzemna kaverna dobiva periodički vrlo jak priliv vode, koja nadolazi kroz pojedinačne vodne žile ili se procjeđuje kroz razlomljene i iskopom jače poremećene zone vapnenca. Za obranu od ove vode usvojen je princip, da se što je moguće više vode odbije od područja kaverne, a što manje da se zahvaća i odvodi drenažama. S tim ciljem se provodi konsolidacija okolne zone kaverne cementnim injekcijama.

Na početku kaverne smješteni su u prizemlju transformatori, rasklopni uređaj 10 kV i radionica, a na dva kata smješten je rasklopni uređaj 30 kV, komanda i ostale pomoćne prostorije.

Srednji dio kaverne služi za smještaj strojeva. Pod strojarnice je na koti 56,50. Ovaj prostor izoliran je od vode zidovima i svodnom krovnom ljuskom. Temelji strojeva su od armiranog betona.

Na kraju kaverne smješten je kućni agregat, pumpe za rashladnu vodu, vodni otpor, prostorije za pomoćne pogone, akumulatorski prostor, te pomoćne prostorije.

Prostor između nosivog svoda kaverne i unutar-njih zidova zgrade služi za vođenje kabela i za različite uređaje manjih dimenzija.



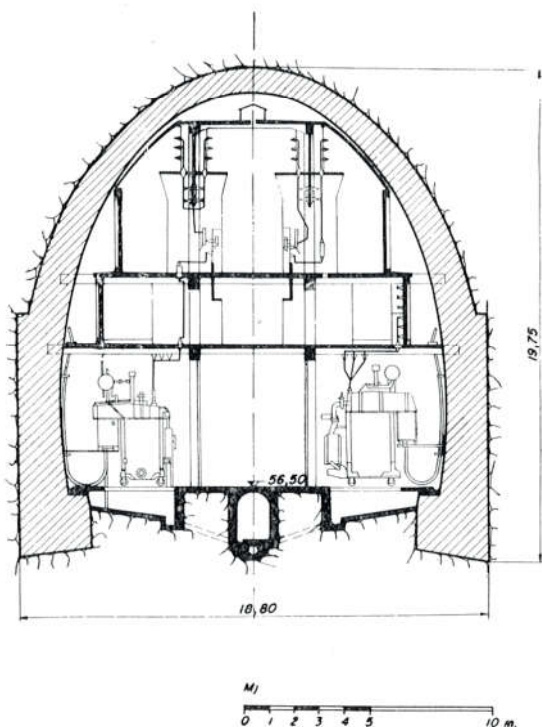
Sl. 36 — Strojarnica Tribalj, tlocrt i uzdužni presjek

1 kućni pogon
2 strojarnica
3 rasklopno postrojenje 10 kV

4 transformatorske ćelije
5 komanda
6 rasklopno postrojenje 30 kV

7 prilazni tunel
8 kabelski rov
9 ventilacioni rov

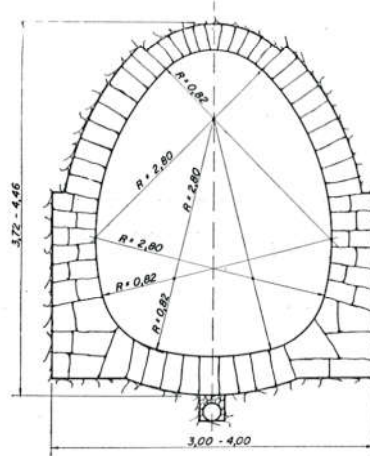
10 razdjelna komora
11 odvodni tunel



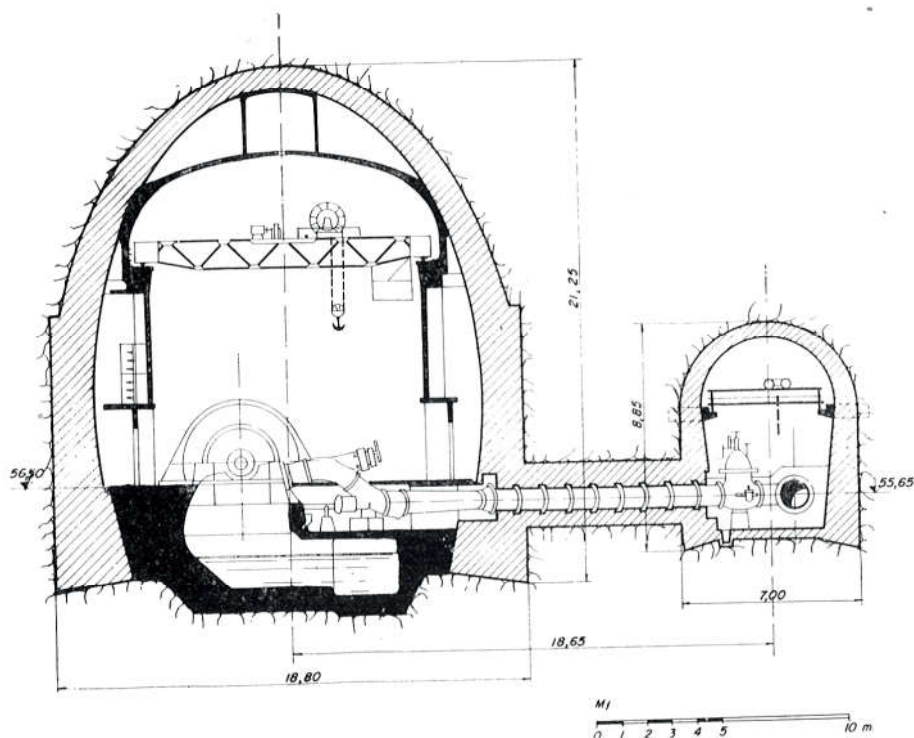
Sl. 37 — Strojarnica Tribalj, presjek kroz rasklopište

Ispod poda strojarnice paralelno sa strojevima prolazi odvodni kanal, koji iza trećeg agregata skreće prema razdjelnoj komori i ulazi u odvodni tunel.

Odvodni tunel po svom smjeru produžuje pravac kosog rova, a na kraju skreće lukom od 50 m radiusa u smjer otvorenog odvodnog kanala. Odvodni tunel dužine 449,10 m je hidraulički i statistički povoljnog jajolikog presjeka i obložen je kamenom. Odvodni kanal je trapeznog presjeka i također obložen kamenom. Nakon 600 m odvodni se ka-



Sl. 39 — Odvodni tunel, poprečni presjek

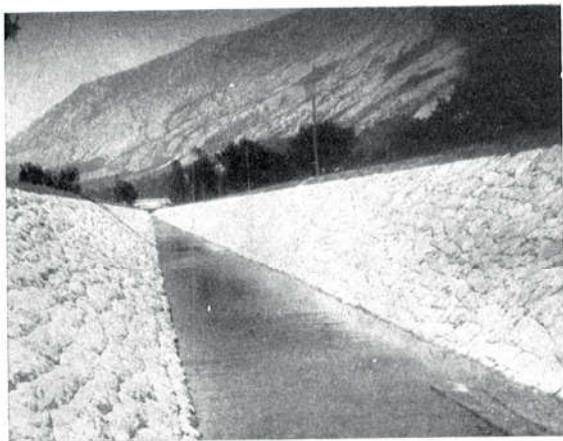


SI. 38 — Strojarnica Tribalj, poprečni presjek

nal priključuje na regulirani kanal potoka Dubračine, kojim se radna voda odvodi kod Crikvenice u more.

Pristup u strojarnicu omogućen je pristupnim tunelom dužine 185,50 m. Visina od 5,20 m i širina od 4,70 m presjeka diktirane su veličinom strojeva, koji se kroz njega transportiraju. Tunel je obložen kamenom.

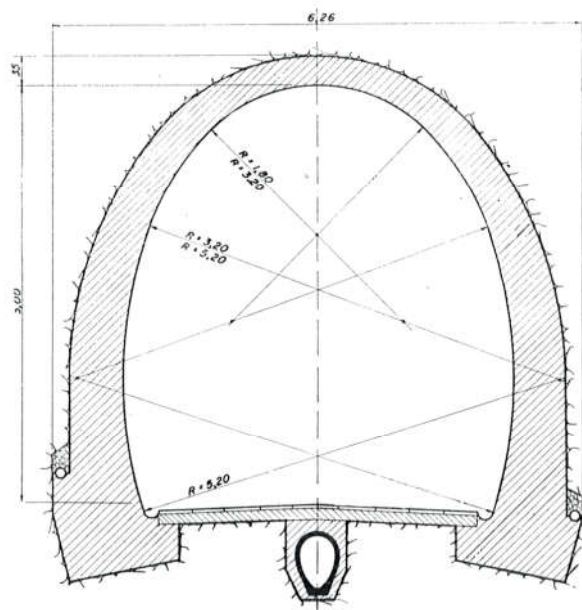
Plato, s dužinom od 120 m i širinom od 38 m, izveden je djelomično u zasjeku, a djelomično u nasipu padine. Nasip je izrađen od flišnog lapora. Materijal nasipa radi svojih karakteristika raspadanja uslijed utjecaja atmosferilija zahtijevao je specijalni način fundiranja portalnih stupova. Fundamenti su izvedeni u laganoj armirano-betonskoj konstrukciji s velikom površinom stope. Stupovi od centrifugiranog betona uloženi su u fundamente i fiksirani komprimiranim pijeskom. Na taj je način omogućeno, da se



SI. 40 — Odvodni kanal

PLATO RASKLOPNOG POSTROJENJA 110 kV

Rasklopno postrojenje 110 kV smješteno je nadzemno na platou iznad ulaza u strojarnicu na koti 92,50, a vezano je sa kavernom strojarnice kosim kabelskim rovom. Postrojenje ima 14 polja, od toga su kod pet polja sklopke i mjerni transformatori smješteni u niše radi zaštite.



SI. 41 — Prilazni tunel, poprečni presjek

nakon eventualnih slijeganja poremećaji stupova rektificiraju. Na površini platoa je uvaljan šljunak, koji je zaštićen bitumenastom površinskom obradom.

CRPNI UREĐAJ LIČ

Vode oborinskog područja Benkovca, Potoka pod grobljem i Potkoša uvode se u sistem dovoda HE Vinodol na dva načina. Vode sliva Benkovac moguće je uvesti u tlačni cjevovod Lič gravitacijom, dok je vode Potoka pod grobljem i Potkoša potrebno upumpa-

vati u taj cjevovod. U tu svrhu izgradit će se za vode Benkovca dovodni otvoreni kanal, dužine 2600 m, kapaciteta do 500 l/sec. Priključni dio dovoda na cjevovod Lič izvest će se kao armirano-betonska tlačna cijev, dužine 150 m. Vode Potoka pod grobljem dovode se koritom Ličanke, a vode Potkoša otvorenim betonskim kanalom, dužine 1600 m i kapaciteta 450 l/sec, pred crpnu stanicu. Od crpne stanice voda se vodi do cjevovoda Lič armirano-betonskom tlačnom cijevi. U crpnu stanicu ugradit će se dvije pumpe po 400 l/sec.

Građenje Hidroelektrane Vinodol

Ing. Ervin Nonveiller, Elektroprojekt, Zagreb

627.84.002:621.293.4 (497.1)

CONSTRUCTION DE LA CENTRALE HYDROÉLECTRIQUE VINODOL. L'organisation des travaux de construction de la centrale électrique Vinodol comprenait plusieurs chantiers séparés, pour les divers ouvrages d'art, relevant d'une Direction des travaux unique. Tous les chantiers étaient reliés entre eux par des routes alimentés, en énergie électrique par le réseau public, et étaient pourvus d'eau courante par une installation particulière. L'agrégat pour le béton a été obtenu par broyage des pierres calcaires extraites dans des carrières ouvertes à proximité des chantiers respectifs. Les installations de broyage comprenaient des concasseurs, des meules, des trieurs et des silos pour les matériaux préparés. Les galeries ont été creusées, et leur parois bétonnées, en partant à la fois du côté d'entrée et du côté de sortie. Pour accélérer la marche des travaux à la galerie Kobiljak - Razomir, la plus longue des galeries de cet aménagement, un puits d'attaque intermédiaire, de 130 m de profondeur, y a été ouvert à mi-chemin environ. Les résultats obtenus par l'ouverture de ce puits ont été très satisfaisants. Le grand hall souterrain, comprenant la salle des machines et les services auxiliaires principaux, est situé dans des calcaires fracturés tectoniquement. L'excavation, les déblais et le bétonnage de la calotte et des pieds-droits de ce souterrain ont été exécutés à partir d'une galerie primitive de faite et par abatages, respectivement à partir des galeries auxiliaires latérales. On n'a fait les déblais du noyau central qu'après l'exécution des pieds-droits. La conduite d'amenée Lič, en béton armé, de 5 km de longueur, a été bétonnée par sections de 35 m, qui ont été, après la

prise du béton, réunies entre elles en un monolithe par des manchons en béton armé. On se servait d'un coffrage en bois préfabriqué, de même que d'une armature hélicoïdale préfabriquée par sections.

BUILDING THE VINODOL HYDRO-ELECTRIC POWER STATION. The building of Vinodol has been organised in several independent sites for the individual constructions but under only one management. All the sites have been connected by roads, supplied with electrical energy from the public mains and with water from their own water supplies. The materials for the concrete were produced from limestone gained from a quarry near the sites, in crushing plants adequately equipped for grinding and sorting out, with silos for storing fractionised materials. The tunnels have been dug and lined with concrete at both ends. Because of their great length a 130-meter vertical shaft has also been opened. The experience gained in tunnelling from the shaft has been very satisfactory. The large underground hall for the generating plant at Tribalj has been built in cracked limestone. Into the perimeter excavation concrete lining has been placed and only then the core has been removed. The 5 km long concrete pipeline consists of on the spot constructed concrete sections of 35 meter each. These were, after the concrete had settled, joined monolithically by reinforced concrete rings. Ready-made wooden forms were used and the spiral-shaped steel reinforcing had been brought to the site in finished sections.

Karakteristike gradnje hidroelektrane Vinodol su:

- a) objekti raštrkani duž trase dužine 17 km;
- b) brdoviti teren sa gradilištima na nadmorskoj visini između 50 i 850 m nad morem;
- c) objekti djelomično udaljeni od cesta i željeznice;
- d) teške klimatske prilike sa mnogo oborina, hladnom i vjetrovitom zimom.

ORGANIZACIJA RUKOVOĐENJA GRADNjom

Izgradnju hidroelektrane Vinodol izvodi građevinsko poduzeće »Hidroelektra« iz Zagreba. Temeljna je radna jedinica poduzeća gradilište, koje se prema potrebi dijeli na više dionica. Gradilište je pod rukovodstvom tehničara ili inženjera, kojemu su dodijeljeni poslovođe i radnici. Svako gradilište ima svoje skladište materijala, strojeve i ostala sredstva potrebna za izvršenje predviđenih radova. Gradilište održava vezu samo s organima poduzeća u građevnoj upravi.

Građevna uprava objedinjuje rad svih gradilišta na svojem teritoriju. Na čelu građevne uprave stoji inženjer, kojemu je dodijeljeno tehničko i administrativno osoblje za blagajničko i računsko poslovanje, korespondenciju, službu planiranja i evidencije, te za obračunavanje izvršenih radova. Rukovodilac građevne uprave rješava, u suglasnosti s tehničkom službom uprave poduzeća, sve organizacione i tehničke probleme gradnje. Njemu su dodijeljena sva materijalna sredstva i strojevi, koje on prema potrebi izvršenja radova daje na upotrebu gradilištima. Građevna uprava održava vezu s lokalnim vlastima, nabavnim izvorima, upravom poduzeća i projektantom.

Uprava poduzeća vodi brigu, da se građevne uprave na svim objektima opskrbe materijalom, inventarom, osobljem i radnom snagom, te vodi financijsko i komercijalno poslovanje. Isto tako određuju se u upravi poduzeća, uz sudjelovanje tehničkih stručnjaka građevinskih uprava i gradilišta, osnovne organizacione postavke za izvršenje preuzetih gradnja, te vrši raspodjela raspoloživog inventara na građevne uprave.

Radovi su izvođeni na devet samostalnih gradilišta, pod rukovodstvom dviju građevnih uprava: u Fužinama za objekte od vrela Ličanke do Triblja i u Lokvama za gradnju pregrade i ostalih objekata u njezinoj blizini.

Ovakova organizaciona osnova poduzeća i gradnje Vinodol pokazala se korisnom i ostala je na snazi, uz manje povremene pokušaje izmjena, do kraja gradnje.

NASTAMBE

Na svakom gradilištu izgrađeno je malo naselje za stanovanje radnika i osoblja gradilišta. U interesu štednje izgrađene su stambene barake sa većim spavaonicama, bez naročitih prostorija za zadržavanje i razonodu. Kasnije je ovaj nedostatak uklonjen raznim dogradnjama. Na svakom gradilištu uređena je kuhinja i blagovaonica, prostorije za kancelariju i stanovanje rukovodećeg tehničkog osoblja, prostorije za skladište materijala i strojarnica sa malom priručnom radionicom.

Za smještaj osoblja građevne uprave u Fužinama, osim nekih manjih adaptacija u djelomično oštećenim kućama, nije učinjeno ništa. Nastojalo se osloniti se što više na postojeći stambeni fond mjesta, ali se to s obzirom na preferiranje potreba turizma od strane mjesnih vlasti također pokazalo pogrešnim.

Još gore prilike nastale su u tom pogledu u Lokvama, gdje su komunalne investicije svedene na minimum, pa se stalno osjeća oskudica u stambenom prostoru za službenike gradnje, a stambene prostorije za radniku su nepodesne i neprestano zahtijevaju nove adaptacije. Ova iskustva kao i primjeri drugih velikih gradilišta kod nas i u inozemstvu kazuju, da kod investicija za društveni standard treba unaprijed ozbiljno razmotriti situaciju i predvidjeti sve, što je za stalan život radnika i osoblja na gradnji potrebno, jer se inače nedostatak toga osvećuje.

KOMUNIKACIJE

Objekti hidroelektrane Vinodol protežu se od sela Homer kod Lokava do Triblja kraj Crikvenice (slika 1.).

Objekti su u blizini slijedećih glavnih prometnih veza:

- željezničke pruge Zagreb—Rijeka, čije stanice Lokve, Fužine i Plase služe za dopremu materijala i inventara;
- glavne ceste Zagreb—Rijeka, na potezu od željezničke stanice Lokve do Homera;
- ceste Sopač (kod Delnica) — Vrata—Fužine—Plase—Križišće i ceste Križišće—Tribalj—Crikvenica, za lokalne prijevoze i prijevoze sa stanica Fužine i Plase;
- lokalne ceste Fužine—Lič—Kobiljak—Tič, za lokalne prijevoze iz Fužina;
- luke Crikvenica, za dopreme morskim putem.

Gradilišta pojedinih objekata trebalo je povezati s ovim glavnim komunikacijama. Raštrkanost objekata po djelomično teško pristupačnom terenu zahtijevala je građenje novih cesta za transport materijala. Naročito treba spomenuti cestu preko masiva Kobiljaka, koja se odvaja od ceste Lič—Kobiljak—Tič i preko gradilišta Desni ide do gradilišta Razromir na tunelu Kobiljak—Razromir i do željezničke stanice Plase. Ovom cestom duž trase tunela Kobiljak—Razromir dobio se drugi spoj Fužine—Plase, koji je odigrao važnu ulogu u opskrbljivanju gradilišta materijalom. Zimi je ova cesta često bila jedini spoj Fužina s Primorjem, kad je glavna cesta preko Zlobina bila zatkrčena snijegom.

ENERGIJA

Već u početku priprema za građenje investitor je preuzeo obavezu, da sva gradilišta na ovom objektu snabdije električnom energijom. Ovo je uzeto u obzir kod projektiranja organizacije građenja, pa su nabavljeni građevni strojevi većinom za električni pogon. Već prije rata bile su postavljene manje kalorične elektrane:

Crikvenica	300 kW
Ropci	150 kW
Fužine	240 kW

Elektrane Crikvenica i Ropci spojeni su dalekovodima 10 kV na primorsku mrežu.

Već je od ranije postojao goranski dalekovod od 6 kV od hidroelektrane Skrad do Fužina i na taj je vod bila spojena termoelektrana Fužine.

Svi ovi izvori energije bili su i suviše slabi za potrebe mehaniziranog gradilišta kao što je Vinodol. Zato se godine 1947 pristupilo izgradnji dalekovoda 30 kV od Rijeke preko transformatorske stanice Plase do Fužina, koji je gradnju spajao s izvorima energije na Rijeci i u Istri. Budući da mreža u Hrvatskoj radi s frekvencijom od 50 Hz, a u Istri od 42 Hz, bio je na Rijeci postavljen pretvarač frekvencije za 1000

kW. Pretvarač nije nikada uredno funkcionirao, što je bio jedan od razloga stalne oskudice na energiji.

Kasnije je radi bolje opskrbe gradilišta u Lokvama montirana termoelektrana Križ sa 400 kW. I ova elektrana je često u kvaru, pa rijetkokad radi sa više od polovine snage.

Sva ova vrela energije nisu bila dovoljna pouzdana i nisu mogla dati dovoljno energije, kako bi to za gradnju bilo potrebno. Tako je gradnja uvijek oskudijevala na energiji i radi toga su bili česti prekidi i ograničenja pogona niskog napona, što je uzrokovalo kvarove na motorima i uređajima.

Posljedice ovakovog stanja bile su vrlo teške, jer su pored čestog onemogućenja rada u punom kapacitetu stvarale organizacionu smetnju i demoralizirale radništvo i osoblje.

Uz urednu i dovoljnu opskrbu energijom gradnja bi bez sumnje znatno brže napredovala.

VODOVODI

Većina je objekata građena u blizini potoka, iz kojih se na jednostavan način mogu opskrbiti vodom. Jedino su gradilišta Desni i Razromir na većoj visini u kršu bez vode, pa je trebalo graditi vodovod. Voda je uzeta iz željezničkog vodovoda, koji se napaja iz Ličanke pomoću pumpne stanice u Fužinama.

U blizini željezničke stanice Drivenik sagrađen je rezervoar sadržine 100 m³, iz kojeg se motornom pumpom voda diže za oko 120 m do rezervoara blizu gradilišta Desni. Odavde voda gravitacijom dolazi na gradilišta Desni i Razromir. Kasnije je vodovod od Razromira produljen duž trase kosog rova sve do gradilišta Tribalj. Ukupna dužina vodovoda iznosi oko 5 km.

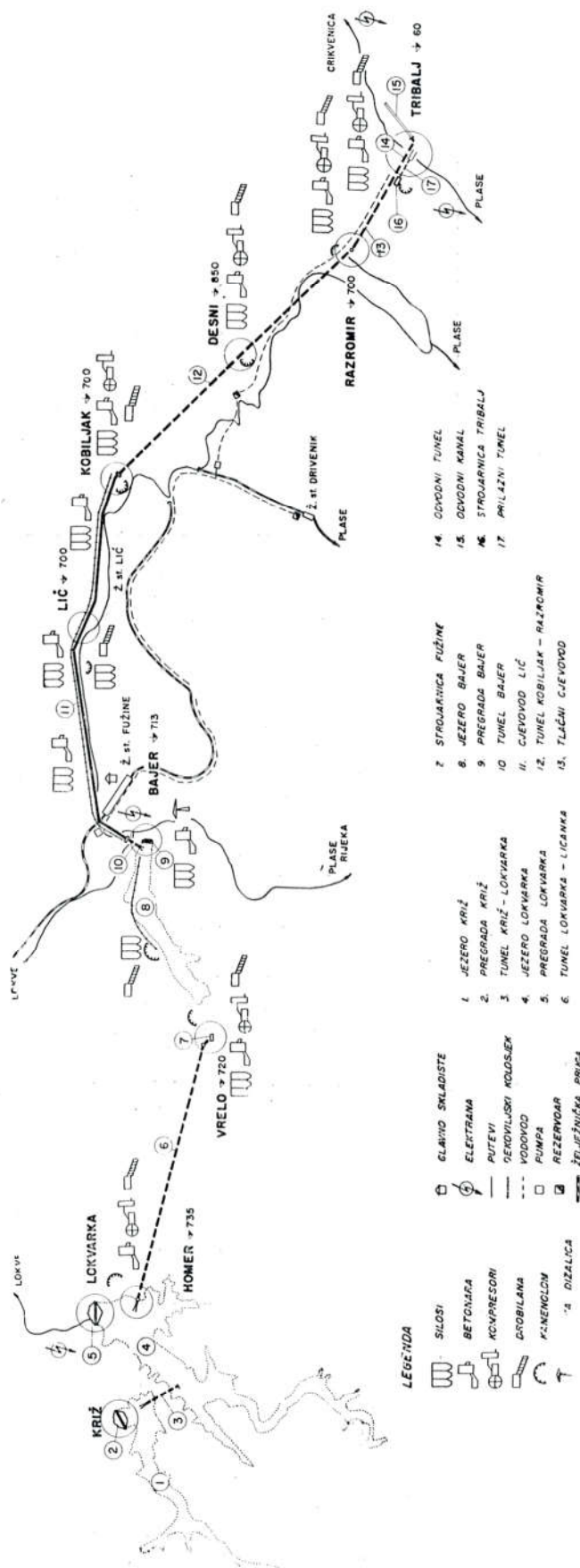
UREĐENJE GRADILIŠTA

Projektom organizacije građenja bila je u okviru naših stvarnih mogućnosti predviđena što šira primjena strojeva.

Sva tunnelska gradilišta i kamenolomi bili su snabdjeveni stanicama za komprimirani zrak sa stabilnim kompresorima na električni pogon. Za bušenje stijene upotrebljavane su normalne pneumatičke bušilice.

Cijela gradnja opskrbljena je agregatom za betoniranje isključivo iz kamenoloma, koji su bili otvoreni u vapnencu uz svako gradilište. Uz kamenolome bile su montirane drobilane za proizvodnju sortiranog agregata za beton. Tako su masovni transporti željeznicom bili ograničeni na dopremu cementa, a bio je i eliminiran skupi i nesigurni transport šljunka iz velike daljine.

Za transport materijala na gradilištima i tunnelima bio je upotrebljen pretežno kolosijek 60 cm sa vagonetima i lokomotivskom vučom. Ukupna dužina stalnih kolosijeka na cijeloj gradnji iznosila je oko 18 km bez kolosijeka na gradilištu pregrade u Lokvama. Kamioni i zaprege služile su samo za transporte od glavnih skladišta do gradilišta i između gradilišta, što je s obzirom na pomanjkanje vozila bilo opravdano.



Si. 1 — Organizaciona shema gradilišta

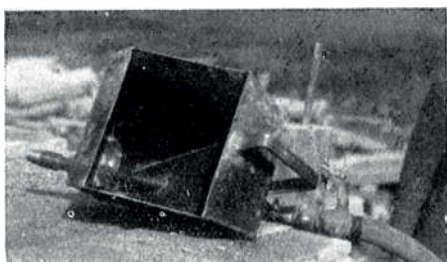


Sl. 2 — Gradilište pregrade Bajer u Fužinama

Na pregradi Bajer bila je montirana velika pokretna toranjska dizalica nosivosti do 4 t, koja se kretala po mostu na uzvodnoj strani ispred pregrade. Ova dizalica vrlo je korisno poslužila za iskop temelja, betoniranje, prijenos oplata i za zidanje uzvodne obloge betonskim kvaderima. Troškovi za gradnju mosta, montažu, skidanje i pogon dizalice bili su oko Din 45.— po m³ betona pregrade, a to je p. p. 30% cijene pregrade.

Za betoniranje bile su upotrebljene u velikoj mjeri montažne drvene oplata (9), čime se uštedilo mnogo drvene građe i radne snage. Ugrađivanje betona vršilo se pervibratorima, gdje god je to bilo moguće. Iskustva s ovim strojevima bila su dobra u odnosu na ekonomičnost rada i kvalitet betona. Međutim je bila velika smetnja njihovoj upotrebi nedovoljna pažljivost radništva, koje ih poslužuje, pa su se često kvarili.

Žbukanje tunela i cijevi u Liču bilo je izvršeno pomoću pneumatskih štrcaljki uvedenih i usavršenih po prvi puta na ovoj gradnji (10). Ovim štrcaljkama bila je izrađena nepropusna žbuka prvorazredne kvalitete, znatno jeftinije i bolje nego ručnim radom. Tako se izbjegla nabavka Torkret-aparata i montaža kompliciranih uređaja za njihov pogon.



Sl. 3 — Ručna štrcaljka za pneumatsko žbukanje

IZVOĐENJE GRAĐEVINSKIH RADOVA

Detaljnije možemo se osvrnuti samo na građenje nekoliko značajnijih velikih objekata.

TLAČNI TUNELI ZA DOVOD VODE

Na početku gradnje imali smo iskustva samo u građenju željezničkih tunela. Građenje tunela za dovod vode pod tlakom, a k tome kroz vrlo propusne stijene krša, ima svojih specifičnosti i poteškoća tehničke i organizacione naravi, koje je trebalo savladati, da bi se radovi izvršili u što kraćem roku i u odgovarajućem kvalitetu.

Tuneli od Homera do Vrela i od Kobiljaka do Razromira prolaze poprečno kroz masive, te ne pružaju mogućnosti bočnog napadanja. Stoga se za oba tunela predvidjelo građenje vertikalnog okna, približno u sredini trase. Kasnije se odustalo od građenja okna na tunelu Homer—Vrelo, ali su radovi bili započeti jednu godinu prije predviđenog roka, kako bi se dobilo na vremenu.

Građenje tunela Kobiljak—Razromir započeto je početkom godine 1947 sa ulazne i izlazne strane. Ljeti iste godine nakon dovršenja gradnje ceste i nastamba na gradilištu Desni započeti su radovi na kopanju vertikalnog okna, koji su bili potpuno dovršeni u roku od 8 mjeseci. Okno je 130 m duboko; a bilo je situirano sa strane osi tunela, te se između tunela i okna nalazio prostor za manipulaciju transporta. U oknu su bila montirana dva dizala sa skipovima, nosivosti po 1 t (jedan vagonet), koja se dižu i spuštaju pomoću motornih vitlova. Osim toga bila je montirana i pomoćna ručna dizalica za spuštanje duge građe. U oknu se još nalazilo stepenište za radništvo, ventilacione cijevi, te vodovi za zrak, struju i signalni telefon. Svi uređaji za pogon okna bili su izrađeni i montirani na gradilištu.

Skipovi su se dolje punili iz predsilosa, u koji je stalo nekoliko vagoneta iskopa, a gore su se praznili otvaranjem dna iznad pokretnog žlijeba, kojim je materijal dolazio u vagonete, a ovi su ga odvozili do deponije.

Prevoz betona u tunnel vršio se istim skipovima, koji su se gore punili izravno iz mješalice, a dolje praznili u vagonete.

Iskustvo s radom na ovom oknu bilo je odlično. Radovi na kopanju i betoniranju tunela odvijali su se kao i na svim ostalim tunnelskim gradilištima. Gradnja okna pokazala se opravdanom, jer je sa tog gradilišta izbijeno i betonirano oko 40% cijelog tunela, čime je trajanje građenja bilo skraćeno za oko dvije godine. Ekonomski je dispozicija također bila opravdana, jer kopanje i betoniranje iz okna nije bilo skuplje nego sa gradilišta na ulaznoj i izlaznoj strani tunela, a investicije za građenje i zatvaranje okna iznosile su oko 4,8% cijene tunela.



Sl. 4 — Gradilište Desni

Organizacijom građenja bilo je predviđeno, da se izbijanje vrši u punom profilu, te da se obloga betonira što skorije iza izbijanja, kako bi se što manje remetilo ravnotežu stijene i dobilo što bolju i nepropusnu oblogu. Provođenje ovih postavki naišlo je u početku na otpor od strane poslovođa, koji je postepeno bio savladan. Betoniranje je stvarno započelo sa stanovitim zaostatkom iza izbijanja, ali je ipak redovno betonirano paralelno s izbijanjem u razmaku od 300–500 m od čela. Organizacija istodobnog transporta iskopa iz tunela i betona u tunnel bila je izvršena bez poteškoća.

Većina iskopa bila je izvršena u dobrom materijalu bez podgrađivanja. Ovo je bilo potrebno u iznimnim slučajevima samo u blizini špilja ili razlomljenih partija. Podgrada se sastojala od drvenih okvira s oplatom radi osiguranja od ispadanja pojedinih blokova.

Betoniralo se u tri faze: najprije je bilo betonirano dno, nakon toga stijene, a zatim je bio zatvoren svod. Oplate su se sastojale od drvenih remenata oslonjenih na uzdužne grede. Grede su ležale na betonu dna i bile su razuprte o pragove kolosijeka. Daske oplate širine 10 cm bile su postavljane uz remenat paralelno s podizanjem betona. Na dijelu ključa svoda dužina dasaka oplate bila je jednaka razmaku među



Sl. 5 — Tunelska oplata sa željeznim remenatima

remenatima radi lakšeg ugrađivanja betona. Kasnije su uvedeni remenati od savijenih profila C-NP 10, koji su znatno ekonomičniji i praktičniji, jer ostavljaju veći slobodni profil.

Poslije betoniranja obloge vršeno je injektiranje iza gornjeg dijela svoda. Za injektiranje bili su upotrebljeni normalni niskotlačni kotlovi sadržine oko 150 l.

Budući da je injektiranje vršeno za vrijeme, kad je kolosijek u tunelu bio korišten za transport iskopa i betona u punom kapacitetu, bio je kolosijek pomaknut na stranu, a kotlovi i sav pribor za injektiranje smješteni uz stijenu na drugoj strani.

Na ovom tunelu bila su stečena dragocjena iskustva u građenju hidrotehničkih tunela malog profila. Brzina napredovanja iskopa sa jednog čela bila je u prvoj godini prosječno 37 m mjesečno, a na kraju izbijanja 72 m mjesečno. Betoniranje je napredovalo na početku 36 m mjesečno, a na kraju 180 m mjesečno.

Prosječna brzina rada iznosila je:

	sva radilišta m mjesečno	jedno radilište m mjesečno
iskop	121	42,5
betoniranje	133	58,5
injektiranje	256	175
žbukanje	256	oko 80

Građenje 4167 m tunela trajalo je svega 57 mjeseci od početka prvog iskopa do potpunog dovršenja žbuke. Mjesečni prosjek gotovog tunela iznosio je 73 m.

Radovi na tunelu Homer - Vrelo odvijali su se jednako kao na prvom tunelu na dijelu kroz vapnenac i dolomit. Znatno se teže radilo s ulazne strane u karbonskom škriljcu. Iskop se vršio u potkopu sa podgradom, a proširenje se radilo neposredno prije betoniranja.

Brdo nije pokazivalo pritiska kod otvaranja, ali je uslijed djelovanja zraka i vlage dolazilo do ispada-

nja. Na jednom mjestu nastalo je i veće urušenje, kojom je prilikom jedan radnik stradao životom. Znatne poteškoće stvarala je voda, jer je na ovoj strani kopano u padu sa ulaza, a pumpne instalacije nisu nikada bile u redu.

Prosječna brzina rada na ovom tunelu iznosila je za jedno radilište:

iskop u vapnencu i dolomitu . . . 48,5 m mjesečno
iskop u karbonu 33 m mjesečno

Prosjeck betoniranja u posljednjoj godini rada (1951) iznosio je za jedno radilište:

u vapnencu i dolomitu 270 m mjesečno
u karbonu 236 m mjesečno

ARMIRANO-BETONSKA CIJEV

Gradnja cijevi od armiranog betona između Fužina i ulaza u tunel na Kobiljaku nametala je rješenje više tehničkih organizacionih problema, o čijem je pravilnom rješenju ovisio kvalitet gotove cijevi. Cijev je duga 4920 m, ima promjer od 2,80 m i debljinu stijene od 25 cm. Betonirana je u iskopanom usjeku na podlogi od mršavog betona u dionicama dužine 35 m.

Iskop. Cijev je ukopana u tlo tako, da je na najplićem mjestu tjeme na visini tla. Na dijelovima trase, gdje je teren viši, iznosila je dubina usjeka do 11 m. Ukupna količina iskopa bila je preko 140.000 m³. Iskop je izvršen pretežno ručno uz izvoz vagonetima na kolosijeku u deponije duž samog usjeka. Sve su deponije ležale na lijevoj strani, dok je desna strana bila slobodna za organizaciju rada na postavljanju armature i oplata, te na betoniranju. Za prijevoz vlakova s iskopom upotrebljene su motorne lokomotive. Vagoneti su iz dubljih usjeka izlaćeni na strmim rampama pomoću motornih vitlova. Dio iskopa izvršen je bagerima.

Na prvom kilometru usjek je bio potpuno ispod raza temeljne vode. Tu se kopalo u dionicama dužine 100–200 m, koje su bile međusobno odijeljene zemljanim traverzama, tako da ih se pojedinačno moglo ispumpati. Kopanje usjeka bilo je započeto već godine 1947 i nastavljeno paralelno s betoniranjem podloge i cijevi skoro do svršetka betoniranja godine 1951.

Betoniranje. Dobar kvalitet cijevi ovisio je u znatnoj mjeri o dobroj organizaciji i pripremi rada betoniranja. Najveća pažnja bila je posvećena agregatu za beton, koji je morao imati odgovarajući sastav i biti potpuno jednoličan od prvog do posljednjeg kubika (6).

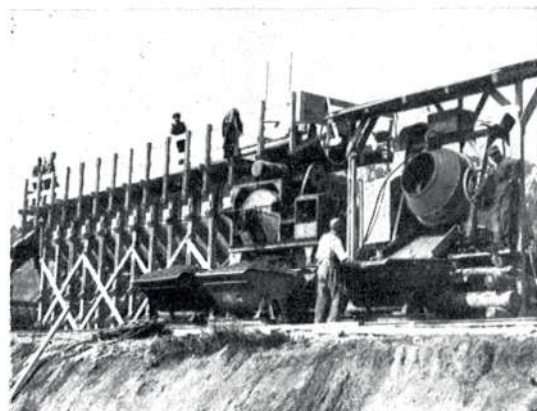
Doprema agregata sa Save ili Drave nije se mogla uzeti u obzir radi velike daljine transporta željeznicom i zato što dobavljači nisu preuzimali garancije za jednoličnost granulometrijskog sastava. Stoga je u Vranjaku, približno u sredini trase, bio otvoren kamenolom u vapnencu s drobilanom i uređajem za sortiranje s kapacitetom od 20 t/h. Drobljenjem i mljevenjem proizveden je pijesak i drobljenac sortirani u 4 frakcije. Ispod drobilane bili su izrađeni silosi za zalihi od p. p. 2000 t sortiranog agregata, koja je bila dovoljna za nesmetano odvijanje betoniranja kapaciteta do 100 m³ (cca 200 t agregata) dnevno. Ispod



Sl. 6 — Vranjak: kamenolom, silosi i drobilana

silosa bio je izrađen rov, u kojem su kompozicije vagoneta bile punjene kroz otvore u dnu silosa.

Beton se miješao u montažnim betonarama, koje su bile postavljene tako, da dužina prijevoza gotovog betona do mjesta ugradnje ne bude veća od 200 m. Betonare su se sastojale od montažnih silosa za dnevnu zalihu agregata, iz kojih su pojedine frakcije bile odmjeravane zapremninskim dozatorima i u vagonetima otpremene do mješalice.



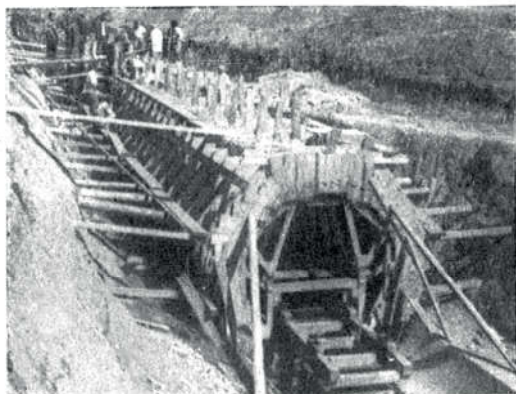
Sl. 7 — Betonara sa silosom šljunka u Liču

Prijevoz agregata od glavnog silosa do betonare i prijevoz betona od betonare do mjesta ugradnje bio je vršen vagonetima na kolosijeku.

Beton meko-plastične konsistencije ugrađivan je pretežno probadanjem željeznim šipkama, iako se zahtijevalo ugrađivanje pervibratorima. Pervibratori većinom nisu dobro funkcionirali radi nepažljivog rukovanja.

U terenskom laboratoriju bio je određen sastav smjese betona i stalno je bio kontroliran kvalitet gotovog ugrađenog betona, naročito vlažnost, čvrstoća i vodopropusnost.

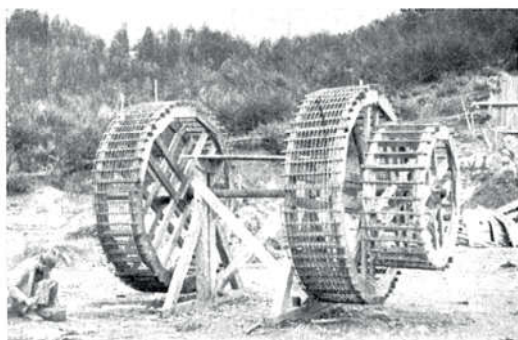
Oplate su bile konstruirane od elemenata, koji su se jednostavno postavljali i skidali. Elementi unutarnje oplata s dužinom od 3,0 m sklapali su se nakon skidanja, tako da ih se na kolicima moglo prevoziti



Sl. 8 — Betoniranje armirano-betonske cijevi u Liču

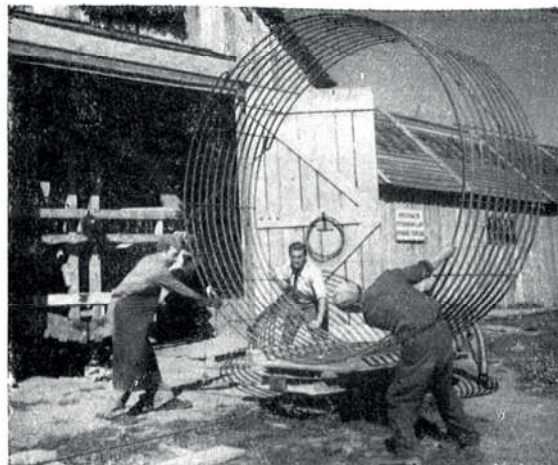
kroz dionice u oplati. Skidanje i postavljanje oplata za dionicu od 35 m dužine izvršeno je u roku od 8 sati. Na ovaj način oplata je bila upotrebljena do 20 puta bez popravaka, a utrošak nove građe bio je sveden na najnužniji minimum.

Izrada armature. Posebna pažnja bila je posvećena organizaciji gradilišta za savijanje 1200 tona armature. Za ravnanje željeza bio je na gradilištu izrađen stroj s motornom vučom, kojim se željezo do profila 25 mm ravnalo vrlo brzo uz minimalni utrošak radne snage. Glavna armatura cijevi bila je namotana na bubnjevima od drva u spiralne



Sl. 9 — Savijanje armature za cijev u Liču

koture promjera betonske cijevi, a dužine 1,0 m i težine do 250 kg. Ovi elementi bili su prevoženi na vagonetima sa slagališta uz savijačnicu do mjesta montaže. Tu su bili koturi armature spuštteni pomoću užeta u usjek za cijev i montirani sa uzdužnim željezima u povezanu cjelinu armature jedne dionice.



Sl. 10 — Otprema gotove spirale za armaturu cijevi u Liču

Žbukanje cijevi iznutra bilo je izvršeno, kao i u tunelu, ručnim pneumatskim žbukalicama. U jednoj godini žbukano je oko 4.000 m cijevi (oko 35.000 m²).

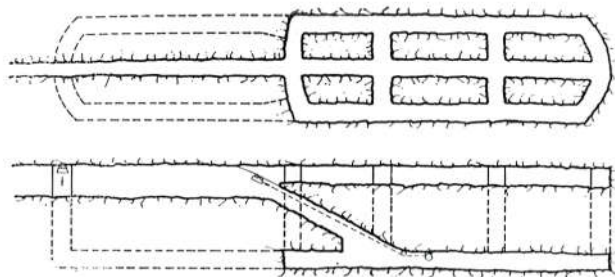
STROJARNICA TRIBALJ

Građenje hale ovako velikih razmjera ne bi bilo teško u stijeni dobre kvalitete. Kaverna za halu nalazi se u osulinskoj breči u području velikog rasjeda, kojim je nastala vinodolska dolina. U ovom materijalu bilo je mnogo pukotina manje i veće širine ispunjenih crljenicom, pa stijena nije bila povezani stjenoviti masiv. Stoga se izbijanje i betoniranje svoda moralo provoditi vrlo pažljivo, kako se ne bi izazvalo veće pokrete u brdu. Izbijanje je bilo izvršeno po t. zv. njemačkoj metodi s jezgrom. Najprije su bili izbijeni donji i gornji potkopi uz rub iskopa, zatim je u odsjecima dužine 8,0 m bio izbijen prostor za svod



Sl. 11 — Gornji potkop prilaznog tunela u strojarnicu

između donjeg i gornjeg potkopa. Nakon dovršenog izbijanja jednog odsjeka bila je postavljena oplata i svod betoniran od temelja do zatvaranja svoda. Shematski prikazan je ovaj postupak na slici 12. Izvoz iskopanog materijala bio je izvršen kroz srednji potkop na deponiju ispred strojarnice. Beton je bio uvo-



Sl. 12 — Shema iskopa strojarnice

žen istim potkopom za betoniranje temelja i donjeg dijela zidova svoda do p. p. 3 m visine iznad temelja. Beton za više dijelove зида svodova bio je dizan kosom uzvlakom pomoću motornog vitla na proširenje gornjeg potkopa, odakle je bio žljebovima spuštан u zidove svoda, odnosno lopatama prebacivan u gornji dio svoda iznad kote gornjeg potkopa.



Sl. 13 — Kosa uzvlaka na gornji potkop u strojarnici

Kad je bilo dovršeno betoniranje svih zidova obloznog svoda kaverne, onda se pristupilo iskopu preostale jezgre. Ovaj rad bio je izvršen uz veliki oprez, jer se tek tada vidjelo, kako je slaba stijena, u koju je iskopana kaverna, te je postojala opasnost, da se dijelovi jezgre uslijed miniranja uruše i zatrpaju potkove, koji su služili za transport.

Tunel razdjelne komore. Paralelno s izbijanjem i betoniranjem kaverne glavne hale bili su dovršeni radovi i na tunelu razdjelne komore.

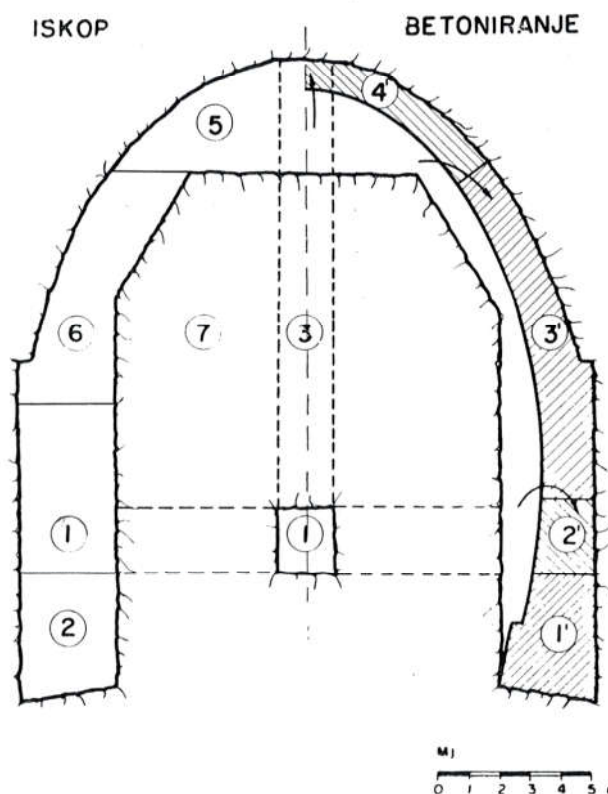
Pukotine u betonu. Ovdje treba spomenuti, da se tokom rada na izbijanju produljenja kaverne za rasklopno postrojenje opazilo poprečne pukotine u spojnim rovovima za cijevi između razdjelne komore i strojarnice. Kako je naknadno ustanovljeno, ove su pukotine posljedica preopterećenja stijene, koja je preostala između hale strojarnice i razdjelne komore i koja je preuzela sav teret, koji je prije izbijanja kaverne djelovao izravno na tlo u kaverni. Pu-

kotine su nastale u času malih vibracija izazvanih eksplozijama kod izbijanja jezgre. Prema tome treba kod projektiranja velikih podzemnih prostorija uzeti u obzir povećano naprežanje, koje uslijed prenosa tereta brda nastaje uz rubove iskopanog prostora. Pukotine se nakon dovršenja minerskih radova nisu više proširivale, te nisu u ovom slučaju imale loših posljedica.

Temelji strojeva izvedeni još prije rata bili su izmijenjeni poslije rata, kad su temelji za svod kaverne bili već dovršeni, te su znatno dublji nego temelji svoda. Radi loše kvalitete stijene iskop za temelje strojeva bio izvršen u etapama uz neposredno poduhvatanje susjednih temelja svoda betonom temelja strojeva, koji su bili projektirani tako, da mogu primiti horizontalni potisak svoda.

Oplata, armatura i betoniranje temelja strojeva i unutarnjih armirano-betonskih konstrukcija hale za strojeve i rasklopni uređaj 30 kV bili su izvedeni kao normalni armirano-betonski radovi industrijskih građevina.

Betoniranje zaštitnog svoda iznad hale strojarnice bilo je izvršeno pomoću pokretne skele, budući da se u visokoj hali, koju je trebalo



Sl. 14 — Shema iskopa i betoniranja

- | | |
|---|-------------------|
| 1 donji potkop | 5 tjemeni iskop |
| 2 iskop temelja svoda | 6 prosjek za svod |
| 3 tjemeni prosjek | 7 jezgra |
| 1' beton temelja | |
| 2' donji dio svoda (betonirano iz donjeg potkopa) | |
| 3' srednji dio svoda (betonirano iz tjemena iskopa) | |
| 4' tjeme svoda | |

ostaviti slobodnom za dovršavanje ostalih radova, nije moglo postaviti skelu od poda. Skela za svod bila je postavljena na drvene začavlane nosače raspona oko 16 m, koji su bili oslonjeni na kransku stazu strojarnice. Nakon betoniranja jednog odsjeka svoda bila je povučena cijela skela na valjcima po kranskoj stazi i postavljena na novo mjesto.

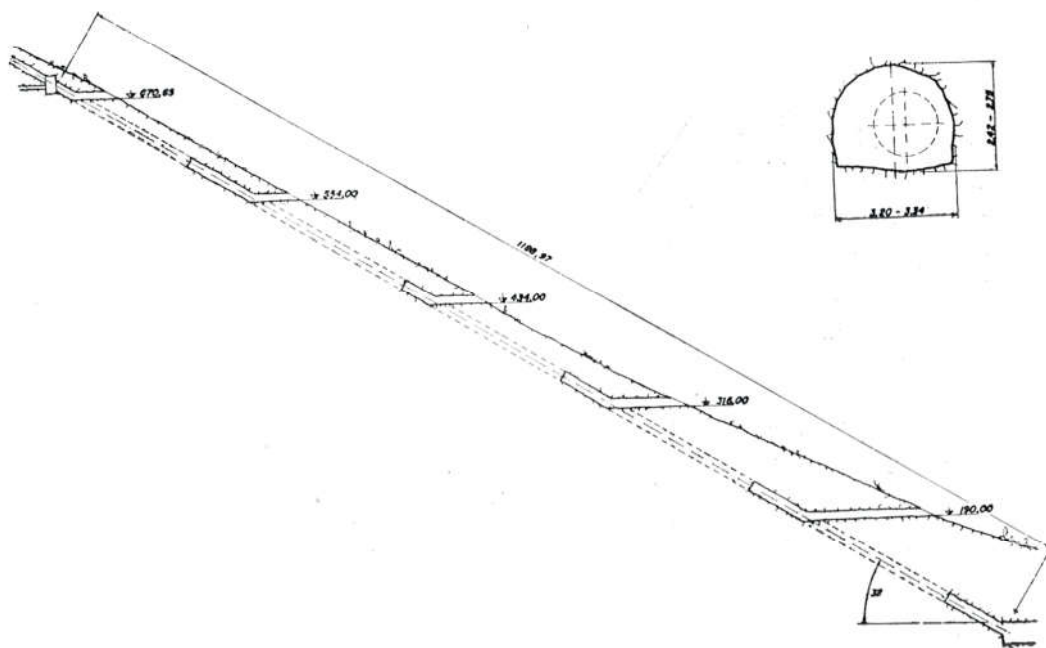
KOSI ROV

Rad na iskopu rova pod nagibom od 32° bio je vrlo težak. Hodanje po takvom nagibu opasno je i vrlo naporno, pa je nagib od 32° najveći, na kojem se može još raditi sa donje strane. Rov pod većim nagibom morao bi se izbijati u niskopu pomoću dizalica. Rov dužine 1200 m bio je podijeljen na 6 dionica. Svaka dionica bila je izbijena iz pristupnog rova sa

Beton za dijafragme bio je ugrađivan paralelno s montažom tlačne cijevi uz korištenje istog kolosijeka, kojim se prevozio beton. Oplate su bile montažne, a armatura priređena za svaku dijafragmu tako, da je montaža i betoniranje svake dijafragme trajala 10–12 sati. Odmah u početku montaže uigrale su se ekipe za montažu cijevi i betoniranje dijafragma tako, da se ovaj rad — koji se ubraja među najteže u Vinodolu — odvijao bez smetnja i iznenađenja.

BIBLIOGRAFIJA

- 1) E. Nonveiller, Uštednja cementa upotrebom agregata za beton s krupnim zrnim, „Naše građevinarstvo“, Beograd br. 3, 1948.
- 2) E. Nonveiller, Dimenzioniranje obloge tlačnih tunela, „Naše građevinarstvo“, Beograd, br. 9, 1948.



Sl. 15 — Shema iskopa kosog rova

donjeg kraja. Nagib od 32° nije dovoljan, da materijal nakon otpucavanja sam klizne do pristupnog rova. Zato su bili sa strane postavljeni drveni žljebovi obloženi limom, niz koje je materijal klizao do izlaza, gdje je bio utovaren u vagonete i odvažen na deponiju kod ulaza pristupnog rova.

Najteži dio rada bila je izrada stepenica i uzdužnih pragova od betona za postavljanje montažnog kolosijeka za čeličnu tlačnu cijev. Agregat za betoniranje bio je pripreman na deponijama pristupnih rovova drobljenjem i mljevenjem materijala iz iskopa rova. Cement se prenosio na konjima. Voda za betoniranje dopremala se vodovodom sa Razromira. Beton se miješao na ulazu u pristupne roveve i bio je prenošen u kosi rov vagonetima, koji su se prevozili pomoću motornog vitla. Stepenište je bilo izrađeno od betonskih blokova, koji su bili betonirani na deponijama i prenošeni na mjesto ugradnje.

- 3) E. Nonveiller, Određivanje modula elastičnosti pećine u tunelima hidroelektrane Vinodol, „Naše građevinarstvo“, Beograd, br. 3/4, 1952.
- 4) E. Nonveiller, Oblaganje uzvodne plohe masivnih pregrada, „Saopštenja sa I. savetovanja stručnjaka za visoke brane“, Beograd, 1951.
- 5) G. Greiner, Iskustva stečena na injekcionim radovima na pregradi Bajer hidroelektrane Vinodol, „Saopštenja sa I. savetovanja stručnjaka za visoke brane“, Beograd, 1951.
- 6) Z. Kostrenčić, Beton za cjevovode hidroelektrana, „Tehnički pregled“, Zagreb, 1949/50.
- 7) G. Greiner, Cementne injekcije, „Građevinar“, Zagreb, br. 6/7, 1952.
- 8) E. Nonveiller, Pukotine u monolitnim cijevima od armiranog betona, „Naše građevinarstvo“, Beograd, br. 5/6, 1952.
- 9) E. Nonveiller, Drvene montažne oplate, „Naše građevinarstvo“, Beograd, br. 10/11, 1948.
- 10) E. Nonveiller, Primjena pneumatskog žbukanja u praksi, „Građevinar“, Zagreb, br. 12, 1949 i „Naše građevinarstvo“, Beograd, 1950.

Ispitivanje građevnih objekata prve etape HE Vinodol

Ing. Mladen Žugaj, Elektroprojekt, Zagreb

627.823.001.4:621.239.4(497.1)

LES ESSAIS DE RÉCEPTION DES CONSTRUCTIONS CIVILES DE LA CENTRALE HYDROÉLECTRIQUE VINODOL EXÉCUTÉES EN PREMIÈRE TRANCHE DES TRAVAUX. L'auteur fait la description des préparations pour l'exécution des essais de réception, de même que de ces essais, auxquels ont été soumis les différents ouvrages d'art de l'aménagement, construits en première tranche de travaux, avant leur mise en service. On a fait les essais de réception aux constructions civiles les plus importantes, telles que: barrage Bajer, conduite d'amenée sous pression Lič, et les massifs de fixation de la conduite forcée de répartition dans l'usine Tribalj. Les essais les plus importants étaient ceux qui avaient pour but la détermination du débit des fuites d'eau dans la conduite d'amenée sous pression. L'auteur expose la méthode par laquelle ont été faits ces essais et donne les résultats obtenus tant avant qu'après l'exécution des

travaux de consolidation complémentaires ayant eu pour but l'assainissement intégral de la conduite.

EXAMINING THE BUILDINGS OF THE FIRST STAGE OF THE VINODOL HYDRO-ELECTRIC POWER STATION. The writer gives a description of the preparations made and the tests carried out on the individual buildings of the first stage of the project before the power plant has been put into operation. The most important constructions have been examined: the Bajer dam and the pressure pipeline as well as the fixed points of the distributing pipeline in the power plant. The most important were the examinations of the loss of water in the pipeline. The author describes the methods used, and gives the results of the examination before and after the additional work for preventing leaks in the pressure pipeline.

PREGRADA BAJER

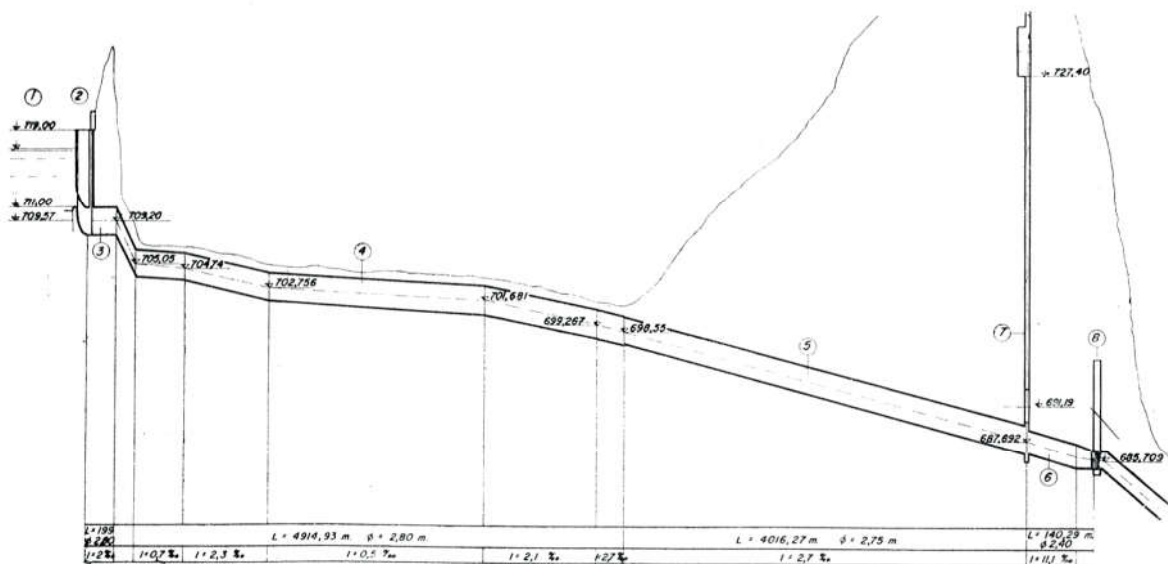
Obzirom na malu visinu pregrade od maks. 10 m nisu vršena nikakva osmatranja deformacija. Ispitivanje objekta ograničilo se samo na detaljni pregled pregrade i okoline, nakon što je jezero bilo potpuno napunjeno. Nisu opažena nikakva propuštanja vode niti na građevini, niti na terenu dna i bokova. Kakve druge štetne pojave također nijesu primjećene.

Kako se 13. II. 1952 pojavila velika voda s protokom od 45 m³/sec (preljevna visina od 58 cm), to je tom prilikom osmatrano funkcioniranje preljeva i slapišta. Djelovanje objekta potpuno se poklapa s rezultatima dobivenim kod ispitivanja na modelu i daje

sredenu i pravilnu sliku raspodjele struja vode i suzbijanja djelovanja kinetičke energije.

TLAČNI DOVOD

Ispitivanja tlačnog dovoda provedena su prvi puta tokom februara 1952. Ispitivani dovod sastojao se od 199 m dugačkog tlačnog tunela ispod mjesta Fužine s promjerom od 2,80 m, zatim od armirano-betonske tlačne cijevi dužine 4915 m i promjera 2,80 m kroz Lič-polje, te tlačnog tunela Kobiljak—Razromir dužine 4022 m s promjerima od 2,75 i 2,70 m i konačno tlačnog tunela između vodne i zasunske komore na Razromiru dužine 140 m i promjera 2,40 m. Ukupna



Sl. 1 — Shematska skica tlačnog dovoda

- | | | | |
|-----------------------|-----------------------|--|-------------------|
| 1 jezero Bajer | 3 tlačni tunel Bajer | 5 tlačni tunel Kobiljak—Razromir | 7 vodna komora |
| 2 ulazni uređaj Bajer | 4 tlačni cjevovod Lič | 6 spojni tunel od vodne do zasunske komore | 8 zasunska komora |

dužina dovoda iznosi 9276 m. Najveći statički pritisci, koji se pojavljuju u dovodu, iznose na početnom dijelu 0,8 at, a na krajnjem 3,2 at.

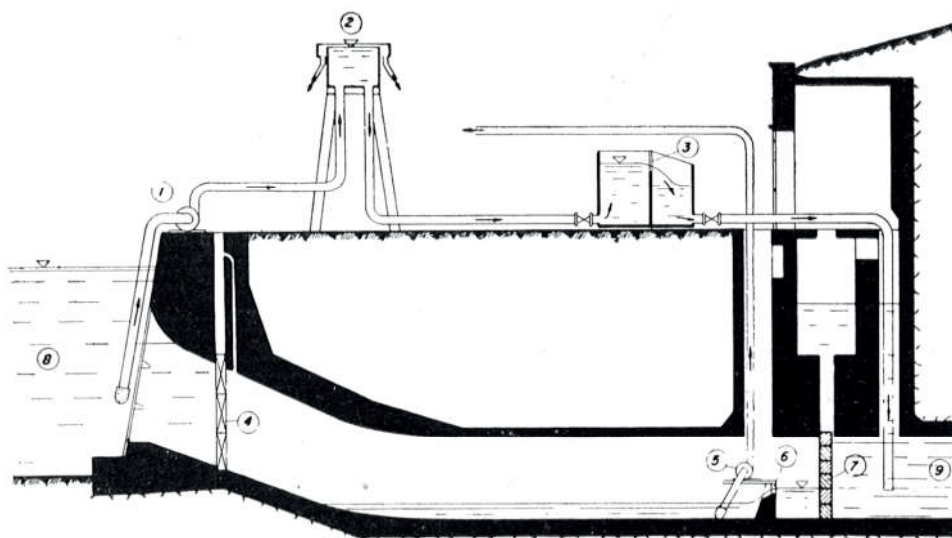
Princip ispitivanja bio je u tome, da se u dovodu, nakon što je bio napunjen vodom, zatvorila komunikacija sa jezerom. U tako izoliranom dovodu mjerili su se gubici na vodi. Gubici su bili određivani na taj način, da su mjerena sniženja vodostaja u vodnoj komori i iz tih podataka — uz poznate presjke vodne komore — bio je određivan volumen izgubljene vode u određenom vremenu. Kako bi se jasnije odredili gubici kao funkcija pritisa, bilo je potrebno omogućiti, da se vodostaji ne snizuju suviše brzo. Iz tih je razloga za vrijeme mjerenja upuššana u dovod točno dozirana količina vode, koja je djelomično kompenzirala gubitke, a kod proračuna gubitaka bila je uzimana u obzir. Ujedno su bili mjereni i gubici procjeđivanja, koji su nastajali na zatvaraču u zasunskoj komori i na provizornoj zapornici ulaznog uređaja.

Izoliranje dovoda, kao i upumpavanje vode bilo je riješeno na način, koji je prikazan na skici 2. Nakon

U gornjim su jednadžbama dani gubici kao funkcija pritisa. »K« označuje kotu punjenja, odnosno kotu tlačne linije. Gubici kod prvog mjerenja znatno su se razlikovali od onih kasnijih iz razloga, što je kod prvog ispitivanja bio manji pritisak, pa su se mnogi izvori gubitaka stvorili tek kod kasnijih mjerenja.

Gubici svedeni na maksimalnu kotu punjenja od 717,0 m n. m. iznosili bi za stanje dovoda kod prvog mjerenja 225 l/sec, a specifični gubici bili bi 2,74 l/sec na 1000 m². Kod drugog mjerenja ti bi se gubici popeli na 350 l/sec, odnosno 4,27 l/sec/1000 m², a kod petog mjerenja ukupni bi gubici iznosili 367 l/sec sa specifičnim gubicima od 4,47 l/sec/1000 m².

Nakon pražnjenja dovoda i provedene revizije ustanovljena su mjesta gubitaka na dovodu. Na armirano-betonskoj cijevi u Lič-polju bile su to, uglavnom, poprečne pukotine na sastavcima cijevi uzrokovane sniženjem temperature, a u tunelu pojedini potezi, na kojima cementne injekcije nisu bile provedene dovoljno pažljivo i efikasno.



Sl. 2 — Skica provizorija na ulaznom uređaju Bajera za ispitivanje tlačnog dovoda

- | | | | | |
|----------------|---------------------|---------------------------|------------------------|-----------------------|
| 1 pumpe | 3 Thomsonov preljev | 5 pumpe za procjednu vodu | 7 provizorna zapornica | 9 tlačni tunel Bajera |
| 2 stabilizator | 4 gredna zapornica | 6 mali Thomsonov preljev | 8 jezero Bajera | |

što je dovod bio napunjen i saturiran vodom, bio je izoliran od komunikacija sa jezerom, a zatim su bila provedena mjerenja gubitaka. Ova mjerenja bila su 5 puta ponovljena. Kod prvog je mjerenja dovod bio napunjen samo do kote 708,93. Time je bilo omogućeno opažanje gubitaka u stadiju još prije nego je dovod bio stavljen pod puni pritisak sa eventualnim posljedicama toga tlaka. Ujedno je time bilo omogućeno i montiranje provizorne zapornice. Postavljanje te zapornice bilo je potrebno, jer postojeća ulazna zapornica ne brtvi kod tlaka vode sa nizvodne strane.

Rezultati ispitivanja pokazali su velike gubitke, koji su bili karakterizirani slijedećim izrazima:

1. mjerenje $Q = 50 + (K - 704) \cdot 13,5$
2. mjerenje $Q = 223 + (K - 710) \cdot 18,2$
5. mjerenje $Q = 240 + (K - 710) \cdot 18,2$

Dopunskim radovima, koji su trajali oko mjesec dana, ta su mjesta sanirana i ukupni su gubici bili svedeni na 50 l/sec, a specifični gubici na 0,61 l/sec. Tim dopunskim radovima nisu bili obuhvaćeni neki izvori gubitaka, koji su bili poznati, ali manje značajni. U takovom je stanju hidroelektrana bila puštena u pogon i dovod je bio kroz 3 mjeseca pogona opterećen statičkim i dinamičkim pritiscima. Nakon revizije dovoda, koja je bila obavljena sredinom VII. mjeseca, bilo je konstatirano, da se stanje u dovodu nije ni u kom pogledu pogoršalo. Nakon toga bili su provedeni još i oni dopunski radovi na saniranju slabih mjesta, koji su bili ranije izostavljeni. Prema tome može se očekivati, da će uz potrebnu njegu dovod vode potpuno zadovoljiti — što treba još da utvrde naknadna mjerenja gubitaka.

STALNE TOČKE U RAZDJELNOJ KOMORI

Kod provođenja ispitivanja čelične tlačne cijevi bila su vršena i osmatranja deformacija na stalnim točkama cjevovoda u razdjelnoj komori. Te su deformacije bile mjerene pomoću Philips-ovih tenzometara, koji rade na principu električnog otpora. Zadatak je ovih mjerenja bio, da se ustanovi red veličine na-

prezanja u betonu u stalnim točkama kao i u oblozi tunela, na koju se ove stalne točke oslanjaju. Prema dobivenim rezultatima može se zaključiti, da su na prezanja vrlo mala i da ne prelaze 5 do 10 kg/cm².

U isto su vrijeme geodetskim osmatranjima kontrolirani pomaci stalnih točaka kod opterećenja, no nisu opaženi pomaci, koji bi prešli granicu točnosti samog čitanja.

Arhitektonski raspored podzemnog postrojenja HE Vinodol

Ing. arh. Ante Skare, Elektroprojekt, Zagreb

624.035.4.004.11:621.293.4(497.1)

LA DISPOSITION ARCHITECTURALE DES INSTALLATIONS EN SOUTERRAIN DE LA CENTRALE VINODOL. L'auteur expose la disposition des installations logées en souterrain qui se composent de trois parties essentielles: appareillage 30 kV, salle des machines et services auxiliaires. On donne les raisons de la disposition de locaux adoptée, qui comporte une répartition des pièces horizontale, dans les différents niveaux, et verticale, en étages. Ensuite on décrit la structure des bâtiments construits dans la caverne. L'exposé de la manière dont sont traités par l'architecte les locaux du souterrain, tant du point de vue de matériaux utilisés, que du point de vue d'effet architectural des volumes et des surfaces, clôt l'article.

THE ARCHITECTONIC LAY-OUT OF THE UNDERGROUND PLANT OF THE VINODOL HYDRO-ELECTRIC POWER STATION. The author gives a disposition of the underground plant which consists of three essential parts: the 30 kV switch yard, the power house and the auxiliary equipment. The distribution of the individual rooms and their position on the various floors are explained. Further, the building constructions in the excavation are described. Eventually the architectonic treatment of the underground rooms is explained both as regards the materials used and the architectonic impression of space and surfaces.

OPĆENITO

Prilazni tunel dužine 185,50 m vodi do podzemnog postrojenja smještenog u kaverni dužine 97,20 m, širine 18,65 m i visine 21 m.

Podzemno postrojenje sastoji se od tri dijela, situirana redom od glavnog ulaza iz prilaznog tunela prema unutra, i to:

- 1) rasklopno postrojenje 30 kV sa transformatorskim komorama, komandom i pomoćnim prostorijama;
- 2) strojarnica i
- 3) kućni pogon sa pomoćnim prostorijama.

DISPOZICIJA POJEDINIHI DIJELOVA PODZEMNOG POSTROJENJA

RASKLOPNO POSTROJENJE 30 kV

Ovo postrojenje predstavlja objekat flocrtne veličine 34,85 × 14,90 m, a sastoji se od prizemlja i dva kata, te od djelomično izgrađenog trećeg kata. Kroz čitavu dužinu prizemlja situiran je centralni hodnik širine 4,20 m kao produženje prilaznog tunela sve do strojarnice. Taj hodnik predstavlja glavnu komunikaciju.

Lijevo i desno od ovog hodnika smještene su komore za transformatore i to 5 velikih, 2 male, te prostor za dozemni svitak. Tu se nalazi i rasklopni uređaj 10 kV, priručna radionica, garderoba i sanitarne prostorije, te glavno i sporedno stubište za vezu sa katovima.

Radionica i rasklopni uređaj 10 kV pristupačni su direktno iz montažnog prostora strojarnice, dok su sve ostale spomenute prostorije i stubišta vezana na glavni centralni hodnik.

Za dopremu transformatora služi normalni kolo-sijek ugrađen u ravnini poda glavnog hodnika kroz čitavu njegovu dužinu. Kolosijek je produžen do montažne jame u strojarnici.

Visina prizemlja uključivši stropnu konstrukciju iznosi 5,65 m, a određena je visinom velikih transformatora. Iznad sanitarnih prostorija ta je visina iskorištena za smještaj jedne sobe u polukatu pristupačne direktno sa glavnog stubišta.

U I. katu, pristupačne sa glavnog stubišta posredstvom predvorja, smještene su prostorije za kabele komande i rasklopnog postrojenja 30 kV, zatim automatska telefonska centrala. Praonica i WC smješteni su također u I. katu i vezani direktno na glavno stubište, pa služe i potrebama II. kata.

Kabelski prostor rasklopnog uređaja 30 kV vezan je, u skladu s pogonskim propisima, i s pomoćnim stubištem putem montažnog prostora za dopremu električnih aparata. Ova doprema vrši se kroz otvor u podu, kojim je ovaj prostor povezan sa prizemljem i II. katom. Čitav I. kat ima visinu 2,85 m sa konstrukcijom.

U II. katu smještene su komandna prostorija, soba uklopničara, te prostor rasklopnog uređaja 30 kV sa zajedničkim predvorjem vezanim na glavno stubište.

Komandna prostorija ima vezu sa strojarnicom preko ustaklene loggie, iz koje je omogućen pristup na kranske staze strojarnice. Visina komande u sredini svoda iznosi 4,48 m. Rasklopište 30 kV vezano je i na pomoćno stubište sa predprostorom, koji služi za montažu i koji je otvorom u podu vezan sa nižim katom. Visina rasklopišta iznosi 5,82 m.

Iznad svoda komande izgrađen je ventilacioni kanal povezan sa sistemom ventilacije čitavog postrojenja. Pomoćno stubište na kraju prostora rasklopnog uređaja vodi do djelomično izgrađenog III. kata između rasklopišta i zidova kaverne, a služi za vezu s kosim kabelskim rovom, koji iz tjemena svoda kaverne vodi do vanjskog rasklopnog postrojenja 110 kV.

STROJARNICA

Glavni je prilaz u strojarnicu iz centralnog hodnika u prizemlju rasklopnog postrojenja.

Tlocrtna je veličina strojarnice $48,15 \times 10,50$ m, visina do kranskih staza 8,5 m. Ukupna visina u sredini svoda iznosi 13,0 m. U podužnoj osi prostorije smještene su tri agregata na međusobnom razmaku od 12,5 m od osi do osi, dok slobodni prostor na početku strojarnice služi za montažu, te za pristup u pokrivenu montažnu jamu, u spojni tunel razdjelne komore i u servomotorski prostor ispod poda strojarnice.

Uzdužne strane strojarnice do visine od 2,5 m izvedene su kao niše. U te niše smještene su na desnoj strani pojedine komandne ploče agregata i pumpi, dok je lijeva strana ostavljena kao potrebno proširenje radi lakše komunikacije oko agregata obzirom na ograničenu širinu strojarnice i kaverne.

Uzduž lijeve strane u prostoru između zidova strojarnice i kaverne smješteni su kabeli. Stražnji (čeon) zid strojarnice do visine od 2,50 m izveden je na stupovima i čini s uzdužnim nišama jednu cjelinu, tako da je strojarnica direktno vezana s kućnim pogonom.

Iznad svoda strojarnice kroz čitavu njezinu dužinu izgrađen je ventilacioni kanal u vezi s ventilacijom komande, s kojom čini jednu cjelinu u sistemu ventilacije i klimatizacije.

KUĆNI POGON

Tlocrtna veličina ovog dijela objekta je $11,00 \times 14,90$ m, a sastoji se od prizemlja i 4 kata.

U prizemlju je centralno smješten kućni agregat i pumpe, a lijevo i desno nalaze se komandne ploče kućnog uređaja. Između stražnjeg zida i zida kaverne ugrađena je aparatura vodnog otpora kroz visinu prizemlja i I. kata. Stubište je situirano na desnoj strani uz zid do kaverne.

Visina prizemlja sa konstrukcijom iznosi 3,02 m osim srednjeg prostora, u kojem su smješteni strojevi, a koji se proteže sve do stropa I. kata.

U I. katu visine 2,60 m smještena su skladišta materijala povezana sa galerijom za nadzor i montažu vodnog otpora, te strojeva kućnog pogona.

U II. katu smještena je akumulatorska baterija sa ustavom. Visina ovog kata iznosi 2,87 m.

U III. katu predviđene su dvije uredske prostorije i jedno veće skladište, visine 3,0 m, a u IV. katu sa pristupom pomoću posebnog željeznog stubišta smještena je depresiona komora za smještaj ventilacionog uređaja u direktnoj vezi s kosim ventilacionim rovom u tjemenu kaverne za dovod svježeg zraka.

Sa ovog kata omogućen je željeznim stubama pristup na svod strojarnice i u ventilacioni kanal.

KONSTRUKCIJA

Prilazni tunel izveden je kao eliptični svod od kamena, dok je kaverna u koju je smješteno čitavo postrojenje izvedena također u obliku eliptičnog svoda ali od betona sa čeonim zidovima segmentnog oblika od betona.

U kavernu su ugrađena sva tri dijela podzemnog postrojenja: rasklopište, strojarnica i kućni pogon. Njihova se konstrukcija sastoji od armirano-betonskog kostura s armirano-betonskim stropovima, te ispunom od opeke.

Strop nad komandnom prostorijom i strojarnicom izgrađen je obzirom na raspon od 12,0 m kao armirano-betonski svod eliptičnog presjeka, a pokrov stropa izveden je u svrhu zaštite od prokaplivanja svoda kaverne i od vlage s izolacijom izrađenom normalno kao na otvorenom. Svi ostali krovovi izvedeni su kao ravni krovovi s odgovarajućim izolacijama.

Zidovi ventilacionih kanala iznad strojarnice i komande, depresione komore, te pregrade čelija rasklopnog postrojenja izvedeni su kao armirano-betonske monier-stijene, a svi ostali zidovi od opeke.

ARHITEKTONSKA OBRADA

STROJARNICA

Donji dio do visine od 2,5 m obložen je mramorom oblogom i to stupovi niša mramorom svijetle boje, a stražnje plohe niša mramorom tamne boje.

Stupovi stražnjeg zida strojarnice kod kućnog pogona, te okvir hodnika na ulazu u strojarnicu obloženi su mramorom kao i ostali stupovi, tako da čine jednu cjelinu s uzdužnim ploham.

Zidovi strojarnice do kranskih staza obrađeni su potpuno glatko kitanjem sa specijalnim kitom u više slojeva i raznih boja u novoj »Topaložu«-tehnicima domaće izvedbe. Prvi vijenac iznad niša obrađen je u sasvim svijetlom tonu, kranske grede u tamnijem, a zidovi između njih još u tamnijem tonu, ali tako da čine harmoničnu cjelinu.

Svod je obrađen istom tehnikom kao zidovi, ali u svijetlijem tonu. Pod strojarnice izveden je od keramičnih pločica malog formata tamno crvene boje.

Strojevi su bojadisani čelično-plavom bojom. Sva su drvena vrata u strojarnici glatke izvedbe sa hrastovom patiniranom oblogom, a ventilacione rešetke u zidovima izrađene su od bijelog metala.

Rasvjeta strojarnice sastoji se od 3 reda fluorescentnih cijevi raspoređenih u sredini svoda kroz čitavu dužinu, s poprečnim drvenim lamelama radi sprečavanja direktne vidljivosti cijevi.

Čeoni zidovi i svod komandne prostorije obrađeni su istom tehnikom kao i zidovi i strop strojarnice, samo svod vrlo svijetlo sa sedefastim preljevima, a zidovi u tamnijim tonovima.

Pod je izrađen kao dermas-pod tamno crvene boje. Ustaklena loggia prema strojarnici izvedena je od fino obrađene i politirane hrastovine s ustaklenjem zrcalnim fasetiranim staklom.

Rasvjeta je provedena lusterima od fluorescentnih cijevi za direktnu rasvjetu, te sa cijevima za indirektnu rasvjetu. Time se postiglo potrebno difuzno svijetlo za komandnu prostoriju.

Komandne su ploče glatke izvedbe u sivoj boji, dok će komandni stol biti izrađen od masivne hrastovine sasvim glatke izvedbe.

Sve druge prostorije izvedene su sa zidovima i stropovima fino ožbukanim i bojadisanim i to: pogonske prostorije potpuno bijelo, a sobe za boravak i urede sa bijelim stropovima, a zidovi u svijetlo zelenkastom tonu. Zidovi sanitarnih prostorija obloženi su bijelim pocaklenim pločama.

Podovi su u kabelskim prostorima i sporednim prostorijama izvedeni s cementnom glazurom; u predvorjima, stubištima, sanitarnim prostorijama, u rasklopnom postrojenju 30 kV, te u glavnom centralnom hodniku prizemlja položen je teraco, a u sobama hrastove daske.

Vrata glavnog stubišta izrađena su od hrastovine i ustaklena, a sva ostala vrata izvedena su od mekog drva ili željeza, te bojadisana.

Rasvjeta provedena je običnim rasvjetnim tijelima.

Strojarska i elektrotehnička oprema HE Vinodol

Ing. Fedor Jelušić, Elektroprojekt, Zagreb

621.311.21(497.1)

EQUIPEMENT MÉCANIQUE ET ÉLECTRIQUE DE LA CENTRALE HYDROÉLECTRIQUE VINODOL. L'article comprend, en premier lieu, la description de la construction des turbines hydrauliques, les caractéristiques de celles-ci et de leur système de régulation, en second lieu, il comprend des indications correspondantes pour les alternateurs et les transformateurs principaux, et enfin, pour les transformateurs de distribution et pour les transformateurs alimentant les services auxiliaires. Puis, des éclaircissements du schéma électrique sont donnés, et la situation au point de vue de tension et de court-circuit est exposée. Font suite: la description des connexions électriques principales, et des appareillages 110 kV, 30 kV et 10 kV, et de l'équipement de la salle de commande. Tout spécialement l'auteur s'est penché sur les dispositifs de protection de différentes parties de l'équipement, sur les régulateurs automatiques de tension et sur les dispositifs de synchronisation et de couplage en parallèle rapides. La description des services auxiliaires suivants est donnée: ponts-roulants, installations d'eau de refroidissement, résistance liquide pour les essais sous charge des alternateurs, installations d'air comprimé, batteries d'accumulateurs, installations d'aération et de conditionnement de l'air et atelier de réparation. Ensuite on décrit les installations de téléphone et de télémesures pour débits et niveaux d'eau. En fin d'article, la description de l'équipement mécanique des

ouvrages de prise d'eau, de rupture de charge, des vannes et de la conduite forcée est faite.

MECHANICAL AND ELECTRICAL EQUIPMENT OF THE VINODOL HYDRO-ELECTRIC POWER STATION. In the article first the construction is described and then the characteristics are given of the water turbines and their regulation, of the generators with the main transformers as well as the distribution and auxiliary transformers. Then the electrical scheme of the plant is explained and the conditions of tension and short circuit described. This is followed by a description of the connections for the main flow of energy, of the switch yards for tensions of 110 KV, 30 KV and 10 KV, as well as of the control equipment. Particular attention is given to the protective relays, the automatic tension regulators and the rapid synchronising equipment. Among the auxiliary equipment the author describes cranes, the water cooling installations, water resistance for generator examination, air compressor devices, storage batteries, apparatus for ventilation and air conditioning and the workshops. Then there is a description of the telephone installations and metering apparatus for the water level and the water flows. In conclusion the hydromechanical equipment of the power station and the penstock is described. Several drawings and photographs prove the data given in the article.

VODNE TURBINE

Glavni agregati elektrane imaju po dvije horizontalne turbine izvedbe »Ateliers des Charmilles«, Genève, sistema Pelton s jednim kolom i jednim mlazom po kolu. Turbinski rotori direktno su pričvršćeni na priрубnice generatorske osovine, pa agregat ima svega dva generatorska ležaja, koji su smješteni na kućište turbina.

Osi turbinskih sapnica nešto su nagnute, tako da se kraj upusne cijevi s uređajem za upravljanje iglom nalazi iznad poda u pogodnoj visini za rukovanje.

Regulator brzine je zajednički za obje turbine jednog agregata. Regulacija je turbina izvedena s dvostrukim djelovanjem, to jest s iglom i otklanjačem mlaza. Moguće je rad agregata i samo s jednom turbinom, što je racionalno kod opterećenja manjih od 13 MW, ili pak za vrijeme radova na popravku jednog od turbinskih rotora.

KONSTRUKTIVNI PODACI

Turbine su konstruirane za snagu od 18 800 KS kod potroška od 2500 l/s i srednjeg neto-pada od 645,5 m. Normalna je brzina vrtnje 500 o/m, a kod bijega turbine postiže se brzina do 925 o/m.

Kod najvećeg mogućeg neto-pada i potpunog otvaranja može jedna sama turbina razviti snagu od 21 300 KS. Promjer mlaza vode iznosi do 175 mm, a brzina vode na izlazu iz sapnice dosiže do 110 m/s.

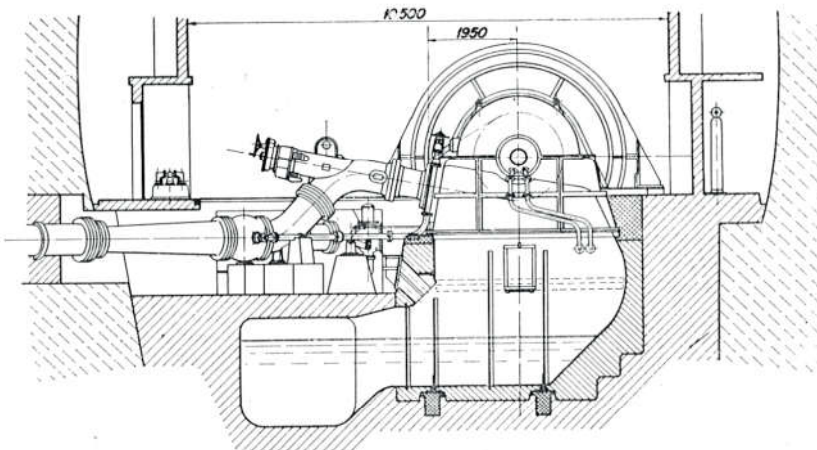
Najbolja garancijska korisnost (stepen djelovanja) turbina iznosi 89,2% kod potroška vode od 1750 l/s i pada od 639 m.

su opremljeni pipcima za ručno upravljanje i elektromagnetskim uljnim ventilima za zatvaranje.

Težina kompletnih turbina jednog agregata iznosi oko 99 tona.

REGULACIJA I SIGURNOSNI UREDAJI

Brzinu agregata kontrolira automatski regulator brzine sa konstantnom količinom tlačnog ulja, koji radi po akcelero-tahimetarskom principu. Njihalo regulatora sastoji se od mjerila brzine i mjerila ubrzanja; ova mjerila okreće elektromotor električki direktno vezan na pilotni generator. Regulator djeluje na razdjelnike tlačnog ulja za servomotore igala i na



Sl. 1 — Poprečni presjek kroz turbinu glavnog agregata

Turbinsko kolo sa 22 lopatice izliveno je od manganskog čelika u jednom komadu. Vanjski je promjer kola 2570 mm, a težina 4,5 tona.

Upusna cijev sastoji se od glave sapnice s izmjenljivim dosjednim prstenom na usni od antikoroziivnog čelika, te od zavojne cijevi od kvalitetnog lijevanog čelika. Igla za reguliranje otvora je od lijevanog čelika, a njen šiljak od specijalnog antikoroziivnog čelika. Uljni servomotor igle ima pera za izjednačenje, pa kod nestanka tlaka u ulju postoji tendencija otvaranja. Mehanizam sa zupčanicima i ozubnicom omogućuje ručno pomicanje igle, a ujedno služi za ograničenje otvaranja.

Otklanjači mlaza leže s unutarnje strane mlaza, a mehanički su vezani za regulacionu os. Stupanje u djelovanje otklanjača mlaza kod nestanka tlaka u ulju osigurava dodatni servomotor na vodni tlak, dok ih redovno pokreće uljni servomotor.

Kućiste turbine od lijevanog željeza je višedjelno. Turbinske jame ispod kućišta opločene su limenom blindažom sa revizionim vratima i otvorima za zračenje. Rešetkasti pod na blindažama služi kod pregleda i unutarnjih remontnih radova.

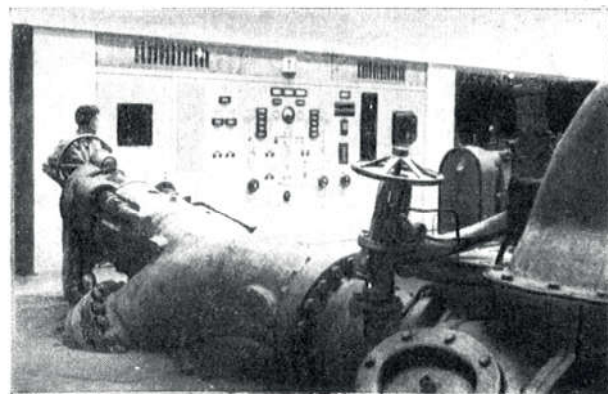
Kod svakog turbinskog kola je predviđena kočna sapnica sa protumlazom za brzo zaustavljanje grupe. Kao turbinski je zatvarač upotrebljen zvonasti zasun za svijetli promjer ulazne cijevi od 650 mm. Za otvaranje zasuna kod približno izjednačenih tlakova, te za kočenje zatvaranja pod djelovanjem tlaka vode u cijevi služi vanjski servomotor na tlačno ulje. Zasuni

razdjelnik servomotora za otklanjač mlaza, koji je ugrađen u donje kućište regulatora.

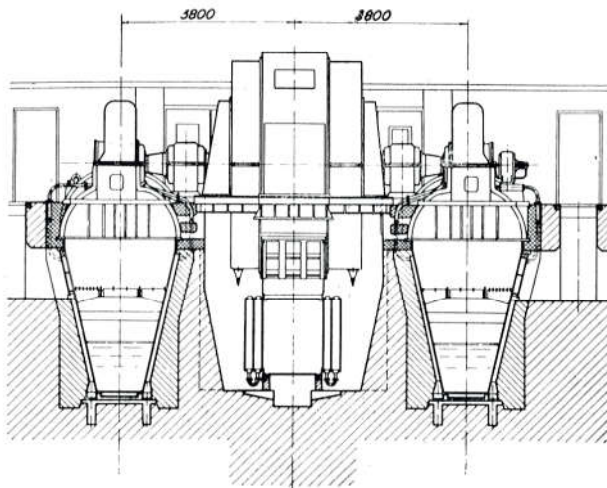
Brzina vrtnje može se mijenjati u opsegu od $\pm 5\%$ bilo ručnim udešavanjem na regulatoru ili pak električnim daljinskim upravljanjem iz komandne prostorije.

Stepen nejednolikosti regulatora može se i za vrijeme pogona udešavati u granicama od $+ 1\%$ do $+ 5\%$.

Tlačno ulje za rad regulatora, uljnih ventila i servomotora daje uljna pumpna grupa, koja se sastoji od zupčane pumpe i asinhronog elektromotora od 19 KS. Druga jednaka pumpna grupa služi kao rezerva. Pum-



Sl. 2 — Mlazna cijev glavnog agregata



Sl. 3 — Uzdužni presjek glavnog agregata

pe imaju petni ventil i ventil za sprečavanje povratne dobave. Tlak ulja može se svakovremeno regulirati pomoću sigurnosnog ventila, kroz koji se suvišak dobavljenog ulja vraća u sabirni rezervoar. Ulje u tom rezervoaru hladi se vodom.

Turbinske grupe su opremljene ovim sigurnosnim uređajima:

a) kod nestanka tlaka ulja stupaju u djelovanje otklanjači mlaza, dok je zatvaranje turbinskih zatvarača osigurano tlakom vode;

b) kod nenormalne visine napona u krugu elektromotora njihala podnaponski relej zatvara grupu;

c) u slučaju bijega turbine centrifugalni uređaj djeluje na zahvat otklanjača mlaza i zatvaranje igala, a preko vezanog kontakta djeluje se na generatorsku sklopku i razbuđivanje;

d) kod opasnosti se zaustavlja grupa pritiskom na sklopku ugrađenu na ploči. Time se otvara izlaz tlačnog ulja, pa tlak vode stavlja u djelovanje otklanjače mlaza i zatvara turbinske zatvarače, a isklapa i razbuđuje generator;

e) kod djelovanja važnijih električnih zaštitnih uređaja agregata obustavlja se pogon turbine na isti način.

KUĆNA TURBINA

Turbina kućnog agregata je horizontalna Peltonova turbina sa jednim kolom i jednim mlazom, izvedbe »Ateliers des Charmilles«.

Snaga turbine je 550 KS kod potroška od 79 l/s i neto-pada od 635 m. Normalna brzina vrtnje je 1500 o/m, a kod bijega doseže do 2700 o/m. Najpovoljnija korisnost od 85,5% postiže se kod polovičnog opterećenja.

S obzirom na neznatan potrošak vode, u odnosu na protoku tlačnog cjevovoda, turbina ima samo jednostavnu regulaciju iglom bez otklanjača mlaza.

Turbina ima dva ležaja, od kojih jedan preuzima i eventualne aksijalne sile. Na spojnoj prirubnici turbinske osovine učvršćen je zamašnjak, na koji se spaja osovina generatora.

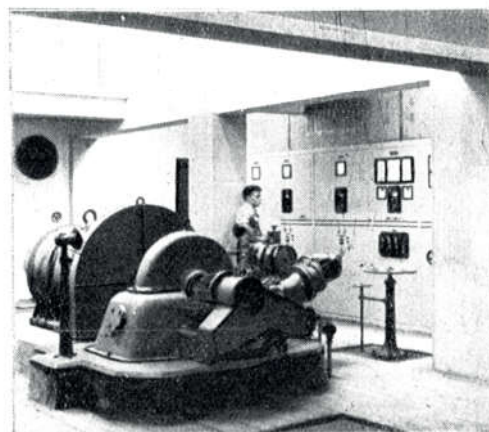
Pred turbinom se nalazi zasun svijetlog promjera 150 mm s ručnim kolom i obilaznim spojem.

Regulator broja okretaja radi na akcelero-tahimetarskom principu, a njegovo njihalo goni remenski prijenos sa osovine turbine.

Tlačno ulje daje zupčana pumpa prigradna do vanjskog ležaja, a gonjena pomoću lanca sa osovine turbine. Tlačno se ulje i ležajevi hlade vodom.

Za ručno reguliranje i ograničenje otvaranja predviđeno je ručno kolo.

U slučaju nestanka tlaka u ulju zatvara se igla pod djelovanjem utega. U slučaju bijega turbine centrifugalni uređaj otvara ispušt tlačnog ulja, pa uteg zatvara iglu. Ujedno se zatvara signalni kontakt.



Sl. 4 — Kućni agregat

GENERATORI

Generatori proizvodnih grupa snage od 35 000 kVA proizvod su tvornice »Ateliers de Sécheron«, Genève, a generator kućne grupe od 470 kVA tvornice »Brown, Boveri & Cie«, Baden.

GLAVNI GENERATORI

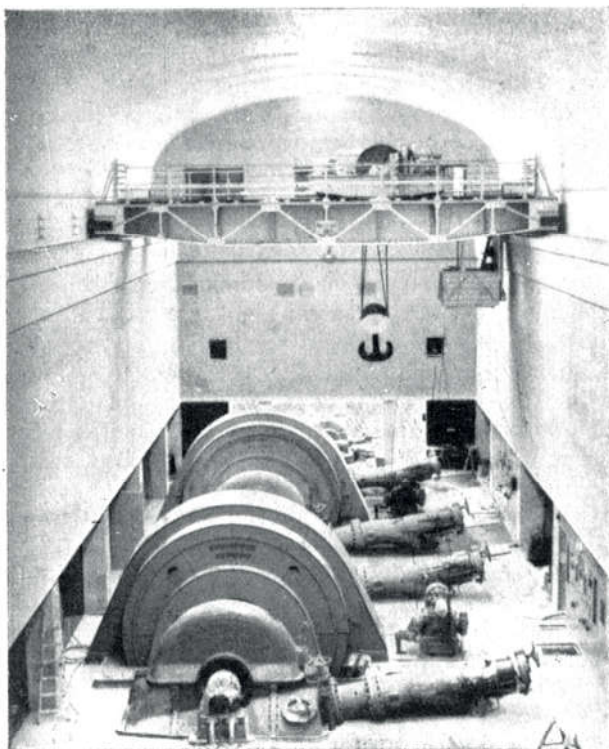
Generatori 35 MVA su trofazni sinhroni strojevi sa 12 polova na horizontalnoj osovini. Zatvorene su ventilirane izvedbe. Konstrukcija je svačena, a namot je od elektrolitskog bakra s normalnom izolacijom.

Stator je dvodjelan, pa su kod montaže umetnuti vezni svitci namota, a spojevi lemljeni. Kućište s oplatom i temeljnom pločom je električki vareno. Statorski dvoslojni namot ima 6 izvoda. Na osovinu su navučeni prsteni rotora, a na oba je kraja iskovana spojna prirubnica za pričvršćenje rotora turbine. Dva stojeća klizna ležaja sa prstenastim mazanjem hlade se vodom.

Topli zrak nakon izlaza iz generatora prolazi obostano postavljenim hladionicima sa vodom. Cirkulaciju zraka osiguravaju ventilatori, koji su prigradeni uz rotor generatora.

Trajna snaga generatora kod napona od 10 000 do 11 000 V je 35 000 kVA. Preuzeta snaga kod $\cos \varphi = 0,8$ je 28 782 kW, a predana snaga

28 000 kW, čemu odgovara korisnost od 97,28%. Nazivni je napon 10 500 V, a frekvencija 50 Hz. Normalna je brzina vrtnje 500 o/m, a rotor je ispitan sa brzinom od 925 o/m, koju postižu turbina kod bijega. Zamašni momenat rotora je 247 tm². Nazivna struja je 1925 A, udarna struja kratkog spoja 22 kA, a trajna struja kratkog spoja kod uzbuđenja za puno opterećenje uz $\cos \varphi = 0,8$ je 3,2 kA. Promjena napona između praznog hoda i punog opterećenja uz $\cos \varphi = 1$ je 28,6%, a uz $\cos \varphi = 0,8$ iznosi 41,4%.



Sl. 5 — Pogled u strojarnicu iz komandne prostorije

Kapacitivna snaga svakog generatora veća je od one neopterećenih vodova tako, da uz pažljivo rukovanje nema opasnosti samouzbuđe.

Ukupna težina generatora je 140 t, a težina kompletnog rotora i osovine 68 tona.

Glavni uzбудnik je ugrađen u kućište generatora. To je istosmjerni stroj u porednom spoju, s regulacionim i pomoćnim polovima, s namotom i kolektorom od elektrolitskog bakra. Glavni je uzбудnik građen za normalni napon od 224 V i struju od 500 A, a maksimalno za 340 V i 760 A. Struja uzbuđenja generatora kod punog opterećenja uz $\cos \varphi = 1$ iznosi 382 A, a uz $\cos \varphi = 0,8$ poraste na 503 A.

Pomoćni uzбудnik kombiniran je s pilotnim generatorom. On je kraćom osovinom vezan s kolom lijeve turbine, te leži na postolju njenog kućišta. To je kombinacija istosmjernog stroja u kompauznom spoju i sinhronog generatora s trofaznim namotom na rotoru. Kao generator istosmjerne struje daje napon od 100 V i struju od 8,5–21 A, dok struja

magnetiziranja glavnog uzbudnika kod punog opterećenja generatora uz $\cos \varphi = 0,8$ iznosi 7,5 A. Kao generator trofazne izmjenične struje daje napon od 110 V kod frekvencije od 25 Hz i struju od 10,5 A.

Za kontrolu u g r i j a v a n j a predviđeni su mjerni otporni elementi u željezu i u namotu statora, u ležajima, te u kanalu toplog i hladnog zraka, kao i na izlazu rashladne vode. U slučaju prekoračenja dozvoljene temperature djeluju termostati u ležajima i kanalu toplog zraka, te daju alarmne signale, a kod daljnjeg porasta temperature ležajeva isklapaju agregat.

Cirkulaciju rashladne vode nadzire pokazivač protjecanja sa signalnim kontaktom.

Za d r e n a Ź u generatorske jame, koja leži niže od odvodnog kanala, postavljena je mala automatska pumpna grupa.

KUĆNI GENERATOR

Generator kućnog agregata je 4-polni trofazni sinhroni stroj na horizontalnoj osovini s dva ležaja i podnožnom pločom. Stroj je otvorene zaštićene izvedbe s odlaznim kanalom toplog zraka u temeljima.

Uz napon od $380/220 \pm 5\%$ V i frekvenciju od 50 Hz je trajna snaga generatora 470 kVA. Preuzeta snaga uz $\cos \varphi = 0,8$ je 550 KS, a predana snaga 375 kW, tako da je korisnost kod tih prilika 93,5%. Normalna je brzina vrtnje 1500 o/m, a kod bijega turbine 2700 o/m. Zamašni moment iznosi 94 kgm².

Uz generator je prigraden uzбудnik snage od 3,5 kW kod napona od 54 V.

TRANSFORMATORI

U konačnoj izgradnji elektrana će sadržavati 3 ulazna blok-transformatora 35 MVA proizvodnih grupa, 2 silazna mrežna regulaciona transformatora 10 MVA i 2 silazna kućna transformatora 0,4 MVA. Svi su transformatori izvedbe »Ateliers de Sécheron«, za vanjsku montažu i ako su postavljeni u zatvorene komore. Transformatori su isporučeni i transportirani punjeni dušikom, koji je kod montaže zamijenjen uljem.

GLAVNI TRANSFORMATORI 35 MVA

U bloku s generatorima vezani su trofazni uljni transformatori za podizanje napona generatora na napon prijenosa. Trajna snaga transformatora je 35 000 kVA, a prijenosni odnosi 10 500/121 275–115 500–109 725 V u neopterećenom stanju, odnosno 1920/167–175–184 A. Odvojci $\pm 5\%$ na namotu višeg napona mogu se preklapati, dok transformator nije pod naponom. Nazivna frekvencija je 50 Hz. Spoj namota na primarnoj strani je trokut, a na sekundarnoj zvijezda s izvedenim zvjezdištem, prema spojnoj grupi Yd 5 (C2). Odnos napona kratkog spoja je 10,5%. Gubici u željezu iznose 57 kW, a gubici u toplom namotu 231 kW. Ukupna težina transformatora je 61 t, od čega 15 t otpada na ulje.

Tri izvoda nižeg napona izvedena su na provodnim izolatorima, dok je za kabelaške izvode višeg napona predviđena kutija kabelaških zaglavaka.

Transformatori imaju vanjsko hlađenje ulja vodom. Hladionici podijeljeni u dvije sekcije i cirkulaciona uljna pumpa prigradeni su na uljni kotao. Cirkulaciju ulja i vode nadziru pokazivači protjecanja sa signalnim kontaktima.

Oprema transformatora sastoji se od ekspanzione uljne posude, sušionika zraka, plinskog releja, eksplozionog kamina, kapilarnog termometra sa signalnim kontaktima, otpornih elemenata za daljinsko mjerenje temperature ulja i potrebnih priključnih otvora za kontrolu i remontne radove.

REGULACIONI TRANSFORMATORI 10 MVA

Za vezu rasklopnog postrojenja 30 kV sa onim 110 kV postavljen je u elektrani regulacioni transformator. Drugi jednaki transformator dodat će se, kad poraste potrošak na strani 30 kV priključenjem željezničkih ispravljačkih stanica za potrebe električne trake.

Trajna snaga transformatora je 10 000 kVA, a prijenosni odnos $115\,500/36\,750 \pm 8 \times 506\text{ V}$ u neopterećenom stanju, odnosno 55,5–50–45,5/157 A. U vezi s normaliziranjem srednjeg visokog napona na 30 kV u NR Hrvatskoj ovom će se transformatoru naknadno zamijeniti namot donjeg napona za naponski red 30 kV, a sada je izvršeno privremeno prespajanje, te je time smanjena snaga transformatora na 8,5 MVA.

Frekvencija je 50 Hz. Spoj obaju namota je zvijezda s izvedenim zvjezdištem prema spojnoj grupi Yy 0 (A2). Regulacioni dio namota nižeg napona nalazi se do zvjezdišta. Odnos napona kratkog spoja je 11%. Gubici u željezu iznose 28,7 kW, a gubici u toplom namotu 72 kW. Ukupna težina transformatora je 44 t, od čega 16,5 t otpada na ulje.

Izvodi visokog napona, način hlađenja i oprema slični su opisanim kod transformatora 35 MVA.

Stepenasta sklopka za regulaciju napona pod opterećenjem za nazivni napon 45 kV i nazivnu struju 200 A ima 17 položaja. Događena je na produženju poklopca transformatora, a sastoji se od birača stepena za pripremu preklapanja bez opterećenja, sklopke za sklapanje pod opterećenjem i tropskog otpora za premoštenje. Pogonski uređaj stepenaste sklopke je smješten u ormariću prigradenom sa strane kotla transformatora.

Regulacija napona je direktna ili pak daljinska s pritiskim dugmetima sa komandne ploče, bez automatske. Za paralelni hod regulacionih sklopki obaju transformatora predviđeni su odgovarajući električni aparati.

KUĆNI TRANSFORMATORI 400 kVA

Za redovnu opskrbu energijom kućnih pogona elektrane preko rasklopnog postrojenja 30 kV predviđena su dva trofazna uljna transformatora za vanjsku montažu s naravnim zračnim hlađenjem. Trajna snaga tih kućnih transformatora je 400 kVA, a prijenosni odnos $36\,750 \pm 4\% / 400 / 231\text{ V}$ odnosno 6,04–6,28–6,54/576 A. Transformatori su naknadno prespojeni na gornji napon 31,5 kV, te im je sada trajna snaga 340 kVA.

Spojna grupa je Yz 5 (C3). Odnos napona kratkog spoja je 4,66%, a ukupni gubici iznose 7,5 kW. Težina im je 2740 kg, od čega otpada 790 kg na ulje.

Transformatori imaju ekspanzionu uljnu posudu, sušionik zraka, eksplozivni kamin, direktni termometar, vozna kola i sklopku za odvojke $\pm 4\%$ na namotu višeg napona, kojom se smije rukovati samo u stanju bez napona.

ELEKTRIČNA OPREMA ELEKTRANE

Elektrana sadržaje rasklopna postrojenja za tri visoka napona, to jest za generatorski napon od 10 kV, pa 110 kV za glavni prijenosni sistem i 30 kV za pokrajinski prijenosni sistem. Vlastite potrebe elektrane pokrivat će se niskim naponom 380/220 V, te istosmjernom strujom od 220 V i 24 V.

Tri generatorske jedinice od 35 MVA i 10 kV spojene su u bloku sa transformatorima jednake snage na dvostruke sabirnice 110 kV. Na strani generatorskog napona predviđene su pomoćne sabirnice za izmjenu grupa s odvojkom na vodni otpor.

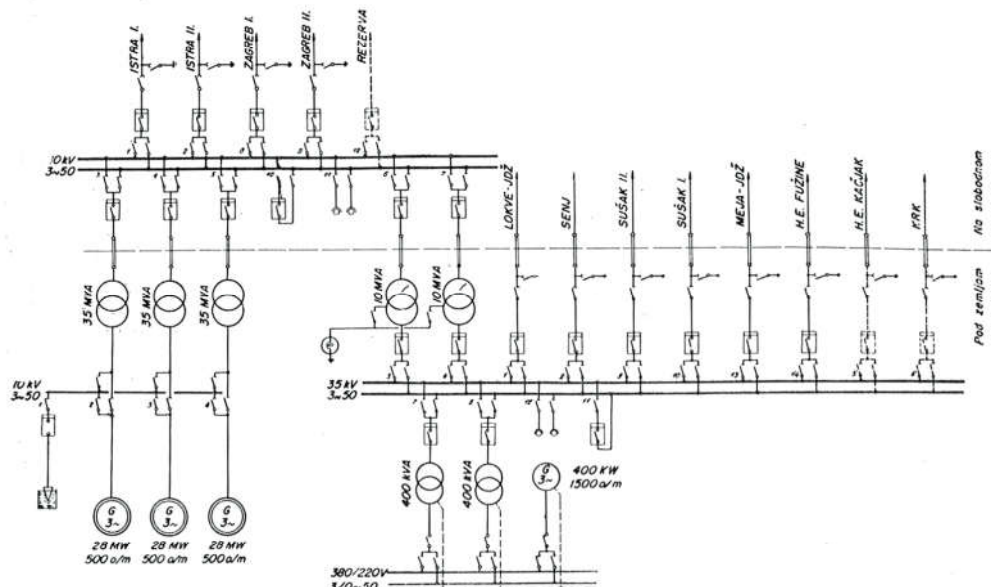
Rasklopno postrojenje 110 kV ima 12 polja, uključivši spojno i mjerno polje, te jedno rezervno polje. Četiri nadzemna voda spajat će kod potpune izgradnje elektranu sa zemaljskom mrežom, s jedne strane u smjeru Vrbovsko-Karlovac-Zagreb, a s druge u smjeru Rijeka-Matulji. Rezervno polje je namijenjeno za eventualni vod uz morsku obalu prema Lici i Dalmaciji.

Radi napajanja pokrajinskog sistema 30 kV opće elektrifikacije, kao i predviđenog sistema za elektrifikaciju vuče na željezničkoj pruzi od Rijeke prema Zagrebu predviđena je uz elektranu transformacija 110/30 kV sa dva regulaciona transformatora od 10 MVA i rasklopno postrojenje 30 kV s prostorom za 14 ćelija. Buduće manje hidroelektrane kod Fužina, te kod Kačjaka na morskoj obali, koje će predstavljati najgornju i najdonju stepenicu hidroelektričnog postrojenja Vinodol, bit će nakon izgradnje vezane s mrežom preko rasklopnog postrojenja 30 kV.

Unifikacija srednjeg visokog napona u Hrvatskoj provedena je sa 30 kV, tako da je nazivni napon pokrajinskog sistema sada 30 kV. Kako su u svoje vrijeme bili naručeni svi dijelovi za električna postrojenja hidroelektrane Vinodol za nazivni napon od 35 kV, izvršeno je prespajanje namota na svim transformatorima od 35 na 30 kV. Svi rasklopni aparati i onako su bili izrađeni za nazivni napon od 30 kV, pa je to i bio glavni razlog, zašto je u NR Hrvatskoj normaliziran nazivni napon od 30 kV. Pogon naime mreže s naponom od 35 kV, a s aparatima od 30 kV daje znatno manju električnu sigurnost.

Vlastiti potrošak elektrane osigurava kućni agregat od 470 kVA, 380/220 V sa Peltonovom turbinom od 550 KS, te dva transformatora 30/0,4 kV od 400 kVA, a moguće je osim toga iz vanjske mreže niskog napona dobivati do 200 kVA putem lokalnih vodova 6 kV.

Istosmjernu struju od 220 V i 24 V osiguravaju odnosno akumulatorske baterije.



Sl. 6 — Jednopolna principna shema hidroelektrane Vinodol

PRILIKE NAPONA I KRATKOG SPOJA

Koristeći opseg regulacije generatora od $\pm 5\%$ i odvojke bloktransformatora od $\pm 5\%$ postižu se u praznom hodu ovi naponi na sabirnicama 110 kV:

9 975/104 239—109 725—115 211 V
10 500/109 725—115 500—121 275 V
11 025/115 211—121 275—127 339 V

Kod nazivnog opterećenja grupe i $\cos \varphi = 0,8$ pad napona u transformatoru iznosi oko 7250 V, pa se kod tih prilika na sabirnicama 110 kV može postići najviši napon od okruglo 120 kV.

Prema prvoj narudžbi za regulaciju napona na sabirnicama 35 kV kod danih prilika na strani 110 kV stajao je na raspolaganju opseg regulacije transformatora od $\pm 11\%$ sa ukupno 16 stepeni.

Ekstremni i srednji naponi na sabirnicama 35 kV u praznom hodu iznosili su dakle:

104 239/28 432—33 075—36 719 V
115 500/32 700—36 750—40 850 V
127 339/35 972—40 425—44 878 V

Kod najvišeg mogućeg napona uz puno opterećenje grupe i kod nazivnog opterećenja regulacionog transformatora za $\cos \varphi = 0,7$ mogli su se na sabirnicama 35 kV postići ovi naponi:

120 000/31 300—35 500—39 700 V

Sve ove vrijednosti reduciraju se uslijed prespajanja u omjeru 35:30.

Materijal rasklopnog postrojenja 30 kV je naponskog reda 30 s ispitnim naponom od 86 kV, pa da se udovolji zahtjevima propisa VDE, pogonski napon ne smije biti veći od 37,8 kV.

Na temelju električnih karakteristika generatora, transformatora i vodova proveden je račun kratkog spoja uz pretpostavku doprinosa mreže od 1000 MVA na sabirnicama 110 kV. Tako dobiveni rezultati bili su mjerodavni za izbor aparata, za mehaničko dimenzioniranje sabirnica i vodova, kao i za određivanje najmanjih dozvoljenih presjeka kabela gledom na termička opterećenja.

Za najnepovoljnije pogonske slučajeve dobivene su na sabirnicama ove vrijednosti:

Mjesto kratkog spoja	10 kV	110 kV	35 kV	0,4 kV
snaga kratkog spoja N_k MVA	469	1383	208	16
rasklopna snaga N_r (zatezanje 0,25 sec) MVA	390	1310	208	16
udarna struja kratkog spoja I_u kA	59	16,2	7,5	52,5
izmjenična komponenta struje kratkog spoja I_k . . . kA	23,5	6,4	3,0	21
rasklopna snaga sklopki N_s MVA	600	2000	600	26,5

Proračun za srednji napon bio je još izvršen za nazivni napon od 35 kV.

Montirane sklopke visokog napona posjeduju priličnu rezervu u rasklopnoj snazi. Sklopke pak na od-

laznim krugovima niskog napona imaju manju rasklopnu snagu od rasklopne snage kratkog spoja u najnepovoljnijem pogonskom slučaju, pa su ove kombinirane s osiguračima visokog učina. Time je ujedno omogućeno, da se upotrebe na odlaznim krugovima kabeli manjeg presjeka nego što bi to tražila termička opterećenja kratkog spoja.

VEZE ZA GLAVNI TOK ENERGIJE

Glavni tok električne energije vodi se golim vodovima od generatora preko rasklopnog postrojenja 10 kV do transformatora, pa kabelima do sabirnica 110 kV i dalje dalekovodom do razdjelnih stanica zemaljske mreže. Tok energije sistema 30 kV pretežno ide kabelima od sabirnica 110 kV do regulacionih transformatora, pa golim vodovima na sabirnice 30 kV i dalje kabelskim odvodima do dalekovoda pokrajinske mreže.

Spojni vodovi između generatora, rasklopnog postrojenja 10 kV i pripadnih transformatora izvedeni su od plosnatog bakra $2 \times (80 \times 6)$ mm na porculanskim izolatorima tipa H 10/12 prelomne čvrstoće od 1200 kg. Normalni razmak faznih vodiča je 30 cm, a razmak izolatora 156 cm. Srednja dužina trase vodova 10 kV iznosi oko 70 m, a kod nazivne struje od 1925 A nastaju u njima gubici od 14 kW po grupi. Na udaljenostima od 20 m postavljene su dilatacije od snopa bakrenih lamela.

Vodovi 10 kV vode se lijevim bočnim hodnikom do strojarnice, a onda kabelskim katom do transformatorskih komora. Vodovi pojedinih grupa međusobno su odijeljeni betonskim pregradama odnosno limenim pločama, a do visine od 2,4 m imaju sa prednje strane žične mreže.

Za vezu podzemno smještenih transformatora sa vanjskim rasklopnim postrojenjem 110 kV upotrebljeni su jednožilni uljni kabeli. Savremeno tehničko rješenje sa kabelskom vezom, uspoređeno sa rješenjem izvedbe rovova velikog promjera za prolaz golih spojnih vodova, pokazalo se i kao ekonomičnije. Priključkom pak kabela na same transformatore omogućen je smještaj transformatora u razmjerno niske komore, čime je volumen iskopa mogao biti smanjen za nekih 500 m³.

Kabeli su izvedeni za nazivni napon 115 kV u švicarskoj tvornici »Berthoud, Borel & Cie«, Cortailod (Câbles Cortailod). Nazivni presjek šupljeg bakrenog vodiča je 120 mm², a papirna izolacija debela je 16 mm. Vanjski promjer kabela je 64,5 mm, a težina kabela uključivši punjenje specijalnim impregnacionim uljem iznosi 10,9 kg/m. Izmjereni faktor gubitaka $\tan \delta = 0,0045$, a kapacitet 0,178 $\mu\text{F/km}$.

Zaglavci kabela kod transformatora ugrađeni su u kutije na transformatoru napunjene uljem. Zaglavci u poljima 110 kV su jednofazni porculanski za vanjsku montažu. Kod ovih vanjskih zaglavaka je kod svake grupe kabela postavljena kompenzaciona uljna posuda s ugrađenim kontrolnim aparatima.

Srednja trasa kabela 110 kV duga je oko 95 m. Kabeli prolaze bočnim hodnicima, kabelskim rovom

i kanalom, te po čitavoj dužini leže na betonskim policama.

Za vezu podzemno smještenog rasklopnog postrojenja 30 kV s odlaznim dalekovodima upotrebljeni su trofazni kabeli s masom izvedbe »Câbles Cortailod«. Kabeli su sistema Höchstädter s tri olovna plašta i s bakrenim vodičima 120 mm². Vanjski promjer im je 91,5 mm, a težina 19,6 kg/m. Izmjereni faktor gubitaka $\tan \delta = 0,006$, a kapacitet 0,255 $\mu\text{F/km}$. Kabeli su u tvornici ispitani izmjeničnim naponom od 51 kV, a nakon polaganja su se ispitati istosmjernim naponom prema zemlji od 81 kV.



Sl. 7 — Kabelski kanal

Kabelski zaglavci u rasklopnom postrojenju su jednofazni porculanski za unutarnju montažu. Prije zaglavaka kabel se grana u metalnoj razdjelnoj kutiji. Na krajnjim stupovima dalekovoda 30 kV postavljeni su jednofazni kabelski zaglavci za vanjsku montažu i razdjelna kutija.

Goli vodovi 30 kV od transformatora do sabirnica izvedeni su od plosnatog bakra 40×4 mm na porculanskim izolatorima.

RASKLOPNO PKOSTROJENJE 10 kV

S obzirom na spoj generatora i transformatora u bloku nema rasklopnog postrojenja generatorskog napona u pravom smislu. Rasklopni uređaj 10 kV obuhvata samo aparate kod zvjezdišta generatora smještene do ulaza u generatorsku jamu i prostor za 4 polja s pomoćnim sabirnicama, rastavljajcima za izmjenu grupa, mjernim transformatorima i aparatima odvojka za vodni otpor.

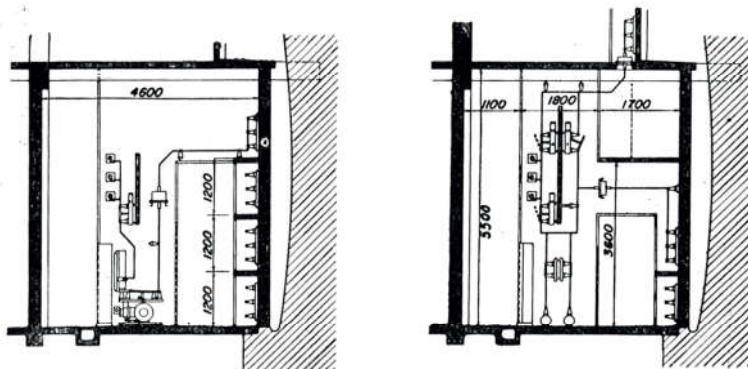
Prostor ćelija 10 kV nalazi se u prizemlju s lijeve strane od ulaza u halu strojarnice. Dolazni vodovi postavljeni su uza zid, a same ćelije stoje slobodno, tako da između njih ostaje transportni hodnik, dok se hodnik za upravljanje nalazi sa suprotne strane prema glavnom prilaznom hodniku.

Prva ćelija od ulaza sadrži aparate odvojka za vodni otpor, a slijedeće tri ćelije rastavljajče za izmjenu grupu i mjerne transformatore grupa. Ćelije su odijeljene tankim betonskim pregradnim zidovima s ugrađenim provodnim izolatorima, koji nose pomoćne

sabirnice. Pred svakom ćelijom nalazi se uski limeni ormarić za upravljanje sa slijepom shemom. Ormarić sadržaje elektro-pneumatske ventile raspoređene u shemi, po jedan ampermetar i redne stezaljke pomoćnih kabela.

Svi aparati su reda 10 za unutarnju montažu bez ulja, izvedbe »Brown Boveri«, Baden. Rastavljači su

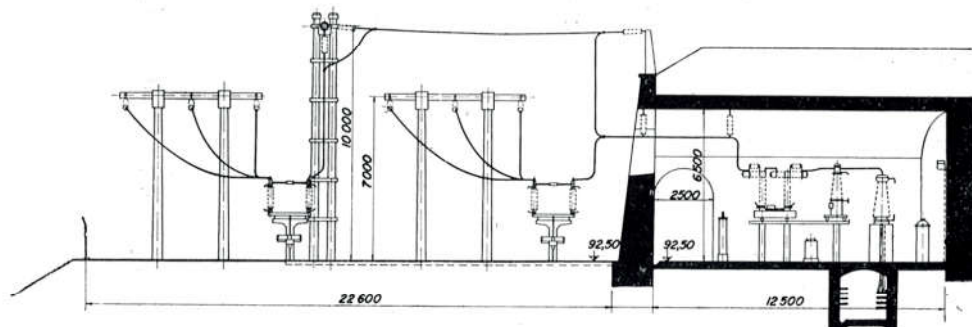
i kabelski zaglavci transformatorskog polja radi zaštite od krhotina postavljeni u zatvorenim nišama. Ispod tih 5 niša izgrađen je kabelski kanal, koji se kao kabelski rov produžuje do kaverne strojarnice i služi za smještaj svih kabela visokog i niskog napona, koji komuniciraju između podzemnih postrojenja i vanjskih postrojenja i vodova.



Sl. 8 — Rasklopno postrojenje 10 kV
Ćelija vodnog otpora i ćelija grupe

tropolni za nazivnu struju 2000 A s pneumatskim pogonom. Strujni transformatori su provodnog tipa s jednom do tri jezgre za prenosni odnos 2000/5 A. Snaga jezgri je 20 VA u klasi S 10, 60 VA u klasi 0,5 i 500 VA u klasi 3. Mjerni transformatori napona s tlačnim zrakom su dvostruki jednofazni u V-spoju sa 3 izvoda. Prenosni im je odnos 10000/100 V, a snaga 110 VA u klasi 0,5 za mjerenje, a 1100 VA u klasi 3 za regulaciju napona. Pred naponskim transformatorima uključeni su osigurači visokog učina.

Raspored polja odgovara uglavnom tako zvanj izvedbi sa srednjim stupom. Sabirnički rastavljači vanjskog sistema su postavljeni na običajnom mjestu do srednjeg stupa, dok su rastavljači unutarnjeg sistema postavljeni do hodnika za upravljanje. Na taj je način postignut jednak položaj sabirničkih rastavljača u svim poljima, pogodna veza u spojnom i mjernom polju, te dobra mogućnost odjeljivanja jednog sistema kod radova na njemu, a manja je vjerojatnost istodobnog oštećenja rastavljača istog polja.



Sl. 9 — Rasklopno postrojenje 110 kV
Polje grupe s kabelskom vezom

Sklopka na odvojkju za vodni otpor je pneumatska ležeće izvedbe za nazivnu struju 2500 A i rasklopu snagu od 600 MVA.

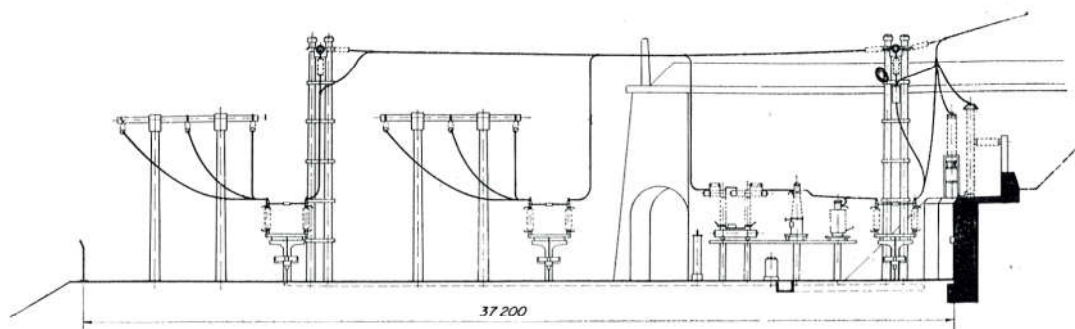
RASKLOPNO POSTROJENJE 110 kV

Rasklopno postrojenje 110 kV traži znatan prostor, pa je odvojeno od strojarnice i postavljeno na slobodnom iznad pristupnog tunela.

Ono zauzima tlocrtnu površinu od 35×112 m, a sastoji se od 12 polja s dvostrukim sabirnicama. Polja dalekovoda, te spojno i mjerno polje potpuno su slobodne izvedbe, dok su sklopke, strujni transformatori

Portali su sastavljeni od armirano-betonskih centrifugiranih stupova i prečki, koje je izradila tvornica »Jugobeton«, Zagreb. Sabirnice i spojevi u spojnom polju izvedeni su od bakrenog užeta 185 mm^2 , a spojevi u ostalim poljima od bakrenog užeta 150 mm^2 .

Svi su aparati reda 110 za vanjsku montažu i to izvedbe »Brown Boveri«, Baden osim veznog kondenzatora i zapornog svitka za visokofrekventne veze. Aparati su uzdignuti na betonska podnožja, tako da je omogućen pristup u svrhu pregleda i dok su pod naponom. Sklopke i mjerni transformatori leže na zajedničkim tračnicama.



Sl. 10 — Rasklopno postrojenje 110 kV
Polje dalekovoda

Sklopke su pneumatske tipa DCF za nazivnu struju 600 A i najveću struju isklapanja od 10,5 kA, a rasklopna im je snaga 2000 MVA. Trofazna grupa sklopke sastoji se od 3 jednaka pola, koji su jedino vezani cijevima za tlačni zrak i pomoćnim

10 kA. Oni se sastoje od više izolatora sa ugrađenim iskrištem i resorbit-otpornicima, kojima je otpor zavisao o naponu. U dozemnom vodu svakog sloga odvodnika prenapona postavljen je brojač proboja.

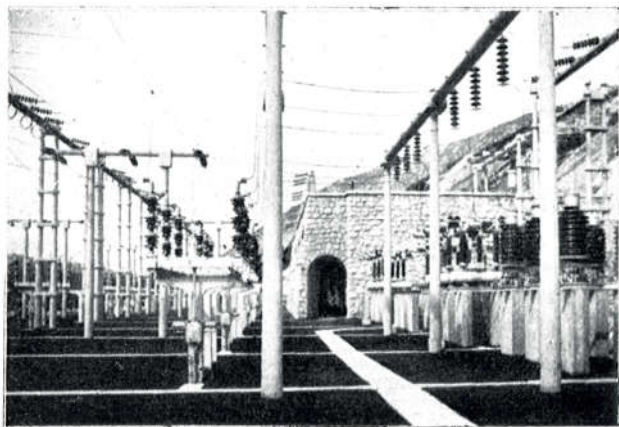
U svakom polju postavljen je limeni ormarić za smještaj zaglavaka mjernih kabela, rednih stezaljki i osigurača.

Za visokofrekventnu vezu preko vodova 110 kV postavljen je na posebnom podnožju kondenzator za spregu, dok je zaporni svitak izolirano obješen na prečku odlaznog portala.

RASKLOPNO POSTROJENJE 30 kV

Rasklopno postrojenje 30 kV smješteno je podzemno u prednjem dijelu kaverne, iznad pristupnog hodnika i transformatorskih komora, te zauzima dvije etaže. Predviđen je prostor za 14 ćelija.

Ćelije slobodno stoje, dvoredne su za dvostruke sabirnice, te imaju kabelski prostor. Između ćelija izvedene su vertikalne poprečne pregrade, a između si-



Sl. 11 — Rasklopno postrojenje 110 kV

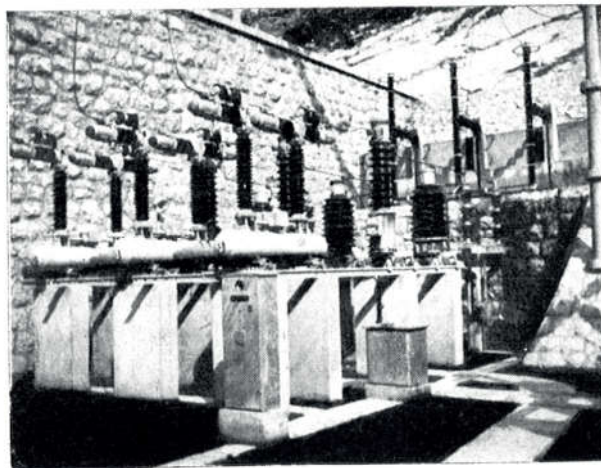
kabelima s pripadnim ormarićem za upravljanje. Naknadno se grupi sklopke može dodati uređaj za jedno-polno ili trolepolno brzo ponovno uklapanje.

Rastavljači su trolepolni u izvedbi s dva okretna izolatorska stupa, za nazivnu struju od 1000 A. Pogon im je pneumatski ili direktni ručni. Izlazni rastavljači dalekovoda imaju prigradene noževe za uzemljenje, također s pneumatskim i ručnim pogonom.

Strujni transformatori s prstenastim namotom sastoje se od uljnog kotla za smještaj aktivnog dijela, šupljeg izolatora i priključne glave. Oni su punjeni uljem, a opremljeni su sušionikom zraka, zaštitnim rogovima i voznim kolima. Primarni namot izveden je za prespajanje u omjeru 1 : 2. Strujni transformatori imaju dvije jezgre klase 0,5 i S 10, a sekundarna im je struja 1 A.

Naponski transformatori su jedno-fazni u izolacionom cilindru, s dvije mjerne jezgre i jezgrom za dozemni spoj u klasi 0,5. Spajaju se između faze i zemlje. Opremljeni su sušionikom zraka, zaštitnim rogovima i voznim kolima.

Odvodnici prenapona kod odlaznih portala građeni su za nazivnu struju odvajanja od



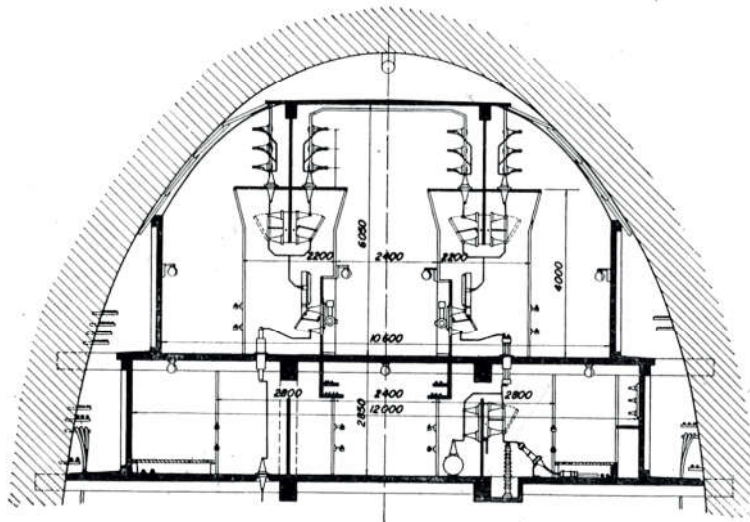
Sl. 12 — Rasklopno postrojenje 110 kV
Aparati polja dalekovoda

stema sabirnica i pripadnih rastavljača uzdužne vertikalne pregrade. Sabirnice su odijeljene od donjeg dijela ćelija horizontalnim pregradama, koje služe kao zaštita proti širenja električnog luka, a pored toga i kao platforma za radove na sabirnicama.

Sa strane centralnog poslužnog hodnika ćelije su zatvorene limenim pločama i okvirima sklopki s rezervoarima tlačnog zraka. Ispred pregrada ćelija postavljeni su uski limeni ormarići za upravljanje s nacrtanom shemom ćelija i ugrađenim elektro-pneumatskim ventilima, najnužnijim mjernim instrumentima i stezaljkama.

zemnog spoja, a na odlaznim vodovima dvostruki jednofazni transformatori u V-spoju. U svim dovodima do naponskih transformatora postavljeni su osigurači sa patronama visokog učina na jednopolnim nosačima.

Da se osigura postrojenje od prevelikog povišenja napona, koje može nastati refleksijom prenaponskih



Sl. 13 — Rasklopno postrojenje 30 kV
Ćelija transformatora i ćelija dalekovoda

U gornjoj etaži su smještene sabirnice, rastavljači, sklopke i strujni transformatori, te naponski transformatori mjerne ćelije. U donjoj kabelskoj etaži smješteni su u ćelijama odlaznih vodova izlazni rastavljači, naponski transformatori, odvodnici prenapona i kabelski zaglavci, a kod transformatorskih ćelija spojni vodovi do transformatora.

Obje etaže imaju ulaze s jedne i druge strane. Za dopremu aparata služe montažni otvori na prostoru prema čeonom zidu.

Svi su aparati reda 30, bez ulja, za unutarnju montažu. Strujni transformatori odlaznih vodova su izvedbe »Moser-Glaser«, Basel, a svi ostali aparati izvedbe »Brown Boveri«, Baden.

Sklopke su tropolne pneumatske, uspravne izvedbe, s ugradbenom pločom. Nazivna im je struja 600 A, a rasklopna snaga 600 MVA.

Rastavljači su tropolni za nazivnu struju 400 A. Na odvojcima od zvjezdišta regulacionih transformatora do induktivnog svitka za kompenzaciju struja dozemnog spoja (petersenke) postavljeni su jednopolni rastavljači. Izlazni rastavljači imaju noževe za uzemljenje. Svi rastavljači i noževi za uzemljenje opremljeni su pneumatskim pogonom za direktno ili daljinsko upravljanje.

Strujni transformatori provodnog su tipa i suhe izvedbe. Primarni se namot može prespojiti u omjeru 1 : 2. Oni imaju po dvije jezgre, a sekundarna je struja 5 A. Klasa točnosti je 0,5, 1 i S 10.

Naponski transformatori su punjeni tlačnim zrakom. U mjernoj ćeliji smješteni su trostruki jednofazni transformatori s mjernim sekundarnim namotom klase 0,5 i namotom za dojavu do-

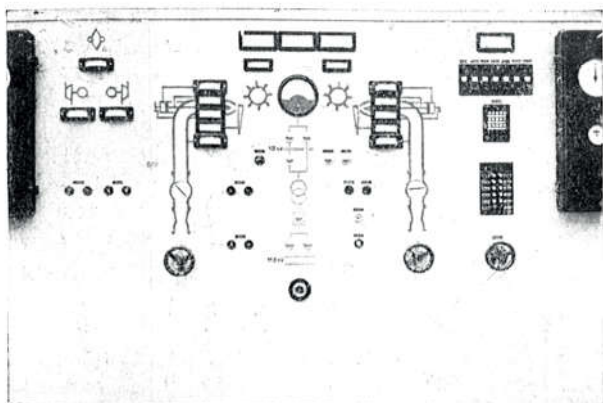
valova kod kabelskih vodova srednje dužine, postavljeni su na oba kraja dalekovodnih kabela odvodnici prenapona za vanjsku montažu. Odvodnici su građeni za nazivni napon 35 kV i nazivnu struju odvajanja od 5 kA. Svaki slog odvodnika ima brojač proboja.



Sl. 14 — Rasklopno postrojenje 30 kV

RASKLOPNO POSTROJENJE NISKOG NAPONA

Aparati za 380/220 V, koji pripadaju kućnom agregatu i kućnim transformatorima, sa glavnim razvodom, kao i aparati istosmjernih napona 220 V i 24 V smješteni su na dvokrilnu limenu rasklopnu ploču, koja se nalazi u prostoru kućnih pogona do strojarnice.



Sl. 15 — Turbinska rasklopnica glavnih agregata

Ploča ima 15 polja, a izvedena je i opremljena u tvornici »Brown-Boveri«, Baden.

S obzirom na važnost sigurne opskrbe pomoćnih pogona energijom ploča niskog napona ima dvostruke sabirnice, na koje se odlazni krugovi priključuju pomoću preklopke.

Polja kućnog generatora i kućnih transformatora, imaju reljefnu shemu s ugrađenim pokazivačima položaja i sklopkama za upravljanje. Na posebnom polju do generatorske ploče nalaze se automatski regulator napona, signalni releji grupe i ručni regulator napona, te sinhronoskop, brojilo i zaštitni releji generatora.

Odlaznih krugova s automatskim sklopkama za 60 do 200 A ima ukupno 14, a smješteni su po dva u svakom polju. Svaki odlazni vod ima ampermetar i brojilo.

Dva polja zauzimaju instrumenti i aparati istosmjerne struje 220 V, a jedno polje oni 24 V. Iza ploče su ugrađeni ispravljači i drugi aparati, a na ploči su smješteni ampermetri i voltmetri, releji i signalni aparati, te ručni pogoni kao i dvopolni automati odlaznih krugova istosmjerne struje.

Za daljnji razvod niskog napona postavljeno je na potrebnim mjestima više oklopljenih razdjelnika od lijevanog željeza s ugrađenim polužnim sklopkama i osiguračima. Posebno je izveden razvod za motore i grijalice, a posebno opet razvod rasvjete. Glavni razdjelnici mogu se napajati sa dvije strane. Posebnim kabelom spojeno je postrojenje s vanjskom mrežom.

KOMANDNO POSTROJENJE

Komandno postrojenje elektrane obuhvaća tri ploče za strojeve u strojarnici, glavnu rasklopnicu s pločom za releje i s pločom za brojila u komandnoj prostoriji, te malu zidnu ploču kod vodnog otpora.

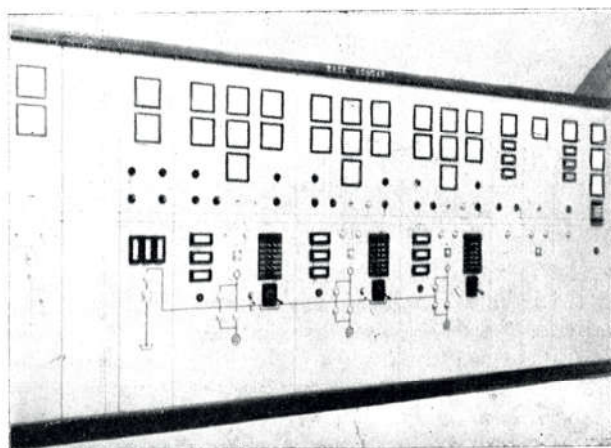
Ploče strojeva. — Pred svakim agregatom između stupova staze dizalice ugrađena je limena rasklopna ploča sa 6 polja. Široko srednje polje sadržaje mjerne instrumente i reljefnu shemu hidrauličkog i električnog dijela agregata s ugrađenim pokazivačima položaja i manometrima. Pored toga ovdje se nalaze ručna kola za upravljanje turbinskim zatvara-

čima, te pritiska dugmeta i sklopke za upravljanje grupom. Iza ploče se nalaze sklopke za razmagnetiziranje sa pripadnim otporom.

Lijevo usko polje sadržaje aparate uređaja za opskrbu tlačnim uljem, a desno usko polje aparat za mjerenje temperature s aparatom za biranje mjesta mjerenja, signalne aparate za smetnje, mašinski telegraf za sporazumijevanje s uklopničarom i ručno kolo za udešavanje nivoa generatorskog napona. Sa strane ovih polja ugrađeni su instrumenti i aparati za mjerenje potroška vode. U krajnjem desnom polju smješten je automatski regulator napona, a na suprotnoj strani su vrata za prolaz do prostora iza ploče, odnosno do stubišta, koje vodi do servomotorskog prostora.

Sa ovih ploča upravlja se strojem kod pokretanja sve do časa, kad pogon preuzima uklopničar na glavnoj rasklopnici. Za vrijeme pogona strojar nadzire pravilan rad pomoću instrumenata i aparata na ploči, a ujedno ima uvid u opterećenje, električne veličine i u sklopno stanje pojedinih aparata visokog napona.

Ploče strojeva izradila je tvornica »Brown Boveri«, Baden.



Sl. 16 — Glavna rasklopnica

Glavna rasklopnica. — U komandnoj prostoriji je postavljena četverokrila komandna ploča sa ukupno 66 polja. Krila leže paralelno sa osi strojarnice, tako da srednji prostor zatvara sa desne strane od ulaza krilo ploče za upravljanje strojevima i postrojenjem 110 kV, a sa lijeve strane krilo ploče za upravljanje postrojenjem 30 kV. Oba krila povezuju troja vrata i limena oplata zida, na kojoj se s jedne strane nalazi reljefna shema elektrane, a s druge strane shema mreže. Iznad ostaklene loggie na zidu prema strojarnici postavljena je ležeća ploča; u njejoj sredini se nalazi sinhronoskop, a sa strane veliki instrumenti za napone i sume opterećenja strojeva. Fronta krila sa relejima i zaštitnim aparatima okrenuta je prema desnom zidu, a krilo brojila i registracionih instrumenata prema lijevom zidu, te tako stvaraju dva vanjska hodnika.

Krilo postrojenja 110 kV ima 17 ploča, od kojih je 12 uskih po 350 mm, 3 su ploče strojeva širine



Sl. 17 — Relejske ploče glavne rasklopnice

900 mm, a dvije ploče po 800 mm sa signalnim aparatima. Krilo postrojenja 30 kV ima 22 ploče, od kojih je veće širine ploča za hidrauličke aparate i ploča za automatsku sinhronizaciju i kontrolu frekvencije.

Na pločama za upravljanje nalaze se četverokutni instrumenti s kvadrantnom skalom, a ispod njih reljefna shema s ugrađenim upravljačkim sklopkama sa potvrdnom dojavom (komandne sklopke). Kako se regulatori napona i neki drugi aparati nalaze na ploči strojeva, bilo je moguće sve preostale instrumente i aparate ugraditi na ploče strojeva bez upotrebe komandnog stola (pulta).

Ploče za signalizaciju imaju 107 signalnih aparata za optičku dojavu smetnja.

Ispod komandne prostorije nalazi se kabelski prostor, u kojem su izvedene police za razvod kabela prema pojedinim postrojenjima. Za vođenje kabela po vanjskim zidovima kaverne, odnosno rova upotrebljene su betonske ploče na profilnim nosačima odnosno na armirano-betonskim konzolama. Kod potpune izgradnje komandno će postrojenje obuhvaćati preko 600 mnogožilnih kabela ukupne dužine do 20 km.

Glavnu rasklopicu izradila je tvornica »Rade Končar«, Zagreb.

ZAŠTITNI UREĐAJI I AUTOMATIKA

Radi osiguranja redovnog pogona montirani su za sve važne dijelove u elektrani zaštitni uređaji. Oni služe ne samo neposrednoj zaštiti u užem smislu nego daju poslužnom i nadzornom osoblju mogućnost stalne kontrole pogona. Kod izbora zaštitnih uređaja primijenjeni su kriteriji savremene tehnike na tom području.

U slijedećim recima navedene su zaštite, koje su upotrebljene za pojedina postrojenja elektrane.

TURBINE

- 1) Zatvaranje turbine, te isklapanje grupe kod bijega turbine;
- 2) zatvaranje turbine kod nestanka tlaka ulja u cjevnom sistemu regulacije;
- 3) povrat turbine u neopterećeno stanje kod preniskog napona na dovodu od pilotnog generatora do elektromotora regulatorovog njihala.

GENERATORI

- 1) Zaštita od preopterećenja i kratkog spoja sa kombinacijom termičkih releja i vremenskog releja;
- 2) diferencijalna zaštita protiv nutarnjih defekata u generatoru i odvodu 10 kV do čelije;
- 3) zaštita od zemnog spoja u statoru;
- 4) signalizacija zemnog spoja u rotoru;
- 5) zaštita od previsokog napona;
- 6) zaštita od povratnog smjera energije;
- 7) uređaj za gašenje požara s plinom CO₂, sa signalnim termostatom i termostatom za otvaranje čeličnih boca s ugljičnim dioksidom. Kod svakog djelovanja diferencijalne zaštite otvaraju se boce s CO₂, a moguće je ručno i daljinsko otvaranje. Uređaj za svaki generator ima 5 boca sa 150 kg CO₂. Ovaj uređaj je proizvod »Sifrag«, Bern;
- 8) termostati u ležajima sa signalnim kontaktom i kontaktom isklapanja grupe;
- 9) termostat za signalizaciju previsoke temperature u kanalu toplog zraka;
- 10) signalizacija prekida strujanja rashladne vode.

Za kontrolu temperature svake generatorske jedinice ugrađeno je 11 otpornih elemenata za daljinsko mjerenje.

Za brzo razmagnetiziranje postavljena je sklopka za razbuđivanje s otporom za izbijanje u glavnom krugu uzbude i druga sklopka za razbuđivanje u uzbudnom krugu glavnog uzbudnika.

TRANSFORMATORI 35 MVA

- 1) Zaštita od preopterećenja i kratkog spoja s termičkim i vremenskim relejima;
- 2) procentna diferencijalna zaštita protiv električnih kvarova u transformatoru, kabelu 110 kV i dovodu 10 kV od čelije;
- 3) plinski relej Buchholz sa signalnim plovcem i plovcem za isklapanje;
- 4) maksimalni termometar sa signalnim kontaktom i kontaktom za isklapanje;
- 5) signalizacija kod prekida strujanja ulja;
- 6) signalizacija kod prekida strujanja rashladne vode.

Za daljinsko mjerenje temperature predviđena su dva otporna elementa u ulju.

KABEL 110 kV

- 1) Signalizacija preniskog nivoa ulja u kompenzacionoj posudi;
- 2) signalizacija preniskog tlaka ulja;
- 3) signalizacija previsokog tlaka ulja.

REGULACIONI TRANSFORMATOR 10 MVA

- 1) Zaštita od preopterećenja i kratkog spoja;
- 2) nadstrujna zaštita na strani 30 kV;
- 3) procentna diferencijalna zaštita, koja obuhvaća kabel 110 kV, transformator i dovode 30 kV do čelije;
- 4) plinski relej Buchholz s dva plovca;
- 5) maksimalni termometar s dva kontakta;
- 6) nadstrujna zaštita u vezi s radom stepenaste sklopke;
- 7) zaštita od zastajanja stepenaste sklopke između dva položaja;
- 8) signalizacija neizvršenja komande kod paralelnog hoda stepenastih sklopki;
- 9) signalizacija kod prekida strujanja ulja;
- 10) signalizacija kod prekida strujanja rashladne vode.

Za daljinsko mjerenje temperature postavljen je u najtopliji sloj ulja otporni element.

Za gašenje požara u transformatorskim komorama predviđen je centralni uređaj sa CO₂ s razdjelnim ventilima za svaku od 5 komora. Kod opasnog porasta temperature rastalni članci puštaju uteg, koji otvara pripadni razdjelni ventil i zatvara krug magnetnog glavnog ventila. Uređaj ima 14 boca sa 390 kg CO₂, a proizvod je tvornice »Walther & Cie«, Köln-Dellbrück.

OSTALI UREĐAJI

Dalekovodi 110 kV opremljeni su brzom distantnom zaštitom s okretnim poljem tipa L 3 s. Vodovi pak 30 kV imaju distantnu zaštitu s nadstrujnim uzbudjenjem tipa LG 1.

Zaštitu postrojenja od prenapona daju slogovi odvodnika prenapona s otporima zavisnim o visini napona u svim poljima dalekovoda.

Spojna polja i odvod vodnog otpora imaju nadstrujnu zaštitu. Dozemni spoj signaliziraju naponski releji s vremenskim zatezanjem u mjernim poljima.

Kućni generator je opremljen zaštitom od preopterećenja i kratkog spoja. Za brzo razmagnetiziranje ima sklopku za razbuđivanje.

Kućni transformatori imaju na strani višeg napona nadstrujnu zaštitu, a na strani niskog napona termičke izbacivače, koji djeluju kod preopterećenja.

S obzirom na čestu obustavu pogona elektrane za vrijeme manjih opterećenja mreže nije predviđena postava prigušnog svitka za kompenzaciju struja dozemnog spoja u prenosnom sistemu 110 kV. Za prenosni pak sistem 30 kV postaviti će se u elektrani takav prigušni svitak, kad to uslijed proširenja mreže bude potrebno.

Mogućnost nastanka kvarova električne prirode uslijed pogrešnih sklapanja svedena je na minimum upotrebom elektro-pneumatskog sistema zapora rasklopnih postrojenja svih visokih napona.

Releji sa pripadnim aparatima gotovo isključivo su izvedbe »Brown Boveri«, Baden.

Opsežna mreža dozemnih vodova i uzemljivača služi za zaštitno uzemljenje i pogonsko uzemljenje. Sva su uzemljenja međusobno povezana, a dimenzionirana su tako, da povišenje napona od struja dozemnog spoja ne bude veće od 125 V. S obzirom na lošu vodljivost tla u kaverni glavni su uzemljivači postavljeni na mjestima najbolje vodljivosti na slobodnom.

Automatsku regulaciju napona generatora 35 MVA provode brzi regulatori visokog učina, izvedbe »Brown Boveri«, tipa KC. Mjerni sistem ovih regulatora upravlja razdjelnikom tlačnog ulja na dovodu servomotora za uključivanje sekcija otpornika. Regulatori imaju elektromotor za pogon uljne pumpe i daljinsku dojavu položaja. Reguliranje uključenog otpora može se vršiti i ručno pomoću prigradenog kola, pa je posebni ručni regulacioni otpornik nepotreban. Za udešavanje nivoa reguliranog napona predviđen je regulacioni otpornik s ručnim kolom i motornim daljinskim pogonom. Regulatori rade brzo i stabilno i pravilno dijele jalovo opterećenje na pojedine generatore. Kompaundirani su, pa drže stalan napon na strani 110 kV i kod promjenljivog opterećenja.

Napon kućnog agregata regulira automatski regulator »Brown Boveri«, tipa AB 2/1, s dva segmenta, a nivo napona udešava se ručno otpornikom. Za ručnu regulaciju napona predviđen je serijski regulacioni otpornik s ručnim kolom.

Automatsko paralelno spajanje provodi brzi sinhronizator »Brown Boveri«, tipa F. Ovaj aparat mjeri napone i frekvenciju, te djeluje na organe za regulaciju brzine, pa u prvom povoljnom momentu daje impuls za uklapanje odnosne sklopke. Isti aparat uz pomoć preklopke koristi se za paralelna spajanja na stranama 110 kV, 30 kV i 380 V. Upotrebom automatskog sinhronizatora olakšan je rad uklopničara, štede se strojevi, a osjetljivo se skraćuje trajanje paralelnog spajanja kod poremećaja u pogonu mreže.

POMOĆNI UREĐAJI

Elektrana sadržaje niz pomoćnih uređaja, koji su neophodni za funkciju proizvodnih grupa i električnih aparata, te njihovo uzdržavanje.

DIZALICE

Za unutarnji transport, te za montažne i remontne radove proizvodnih grupa i transformatora postavljena je u strojarnici mosna dizalica na električni pogon. Raspon dizalice je 11,1 m, a nazivni teret 65 tona. Za vožnju mosta brzinom od 30 m/min služi šestopolni elektromotor od 20 kW, a za vožnju mačke brzinom od 20 m/min šestopolni elektromotor od 9 kW. Za dizanje tereta brzinom od 3 m/min montiran je četveropolni elektromotor od 46 kW, a za polako dizanje brzinom od 0,3 m/min četveropolni elektromotor od 5 kW. Elektromotorima se upravlja iz kabine ispod mosta pomoću kontrolera, pred kojima su ugrađene zaštitne sklopke.

Najviši položaj dvostrupe kuke iznad poda strojarnice iznosi 7,9 m, a krajnji su položaji kuke 1,9 m od sredine tračnica.

Dizalica se giba po tračnicama učvršćenim na armirano-betonskim gredama. Klizni vod je postavljen iznad staze. Ukupna težina dizalice iznosi 40 tona.

Dizalica je konstruirana i izrađena u tvornicama »Đuro Đaković«, »Franc Leskošek«, »Litostroj« i »Rade Končar«.

Za potrebe radova na razdjelnom cjevovodu montirana je u razdjelnoj komori manja mosna dizalica na ručni pogon. Raspon je ove dizalice 4,25 m, a nosivost 15 tona. Za gibanje mosta, gibanje mačke i dizanje tereta predviđeni su lančani ručni pogoni. Staza dizalice sastoji se od tračnica na traverzama od valjanih profila; traverze nose armirano-betonske konzole.

Za radove na kućnom agregatu predviđen je diferencijalni koloturnik od 3 tone obješen na pokretnu mačku, koja se giba po donjoj prirubnici traverze ispod stropa.

U prostoriji za mehaničku obradu vanjske radionice nalazi se mosna dizalica za oba horizontalna gibanja i za dizanje na ručni lančani pogon. Nosivost je ove dizalice 5 tona, a raspon 7,3 m.

Transformatori stoje na ugrađenim tračnicama, te se mogu uz pomoć vitla dizalice u strojarnici dovesti do montažnog prostora. U zatvaračnicama i zasunskim komorama ugrađene su ispod stropa traverze, po kojima se mogu gibati mačke za vješanje diferencijalnih koloturnika odgovarajuće nosivosti.

RASHLADNA VODA

S obzirom na vodno hlađenje strojeva i transformatora, koje je uvjetovano podzemnim smještajem elektrane, sigurna opskrba rashladnom vodom od velikog je značaja, pa su predviđene rezervne pumpe, gravitacioni rezervoar i dvostruki cijevni sistem.

Potrošci rashladne vode iznose:

generator 35 MVA	16,2 l/s
turbine svakog agregata . . .	0,9 l/s
kućna turbina	3,7 l/s
transformator 35 MVA . . .	5,8 l/s
transformator 10 MVA . . .	2,1 l/s
vodni otpor	220,0 l/s

Najveći istodobni potrošak vode svih strojeva elektrane iznosi oko 77 l/s. Vodni otpor ne dobiva vodu iz glavnog sistema rashladne vode, pa njegov potrošak nije ovamo uračunat.

Rashladnu vodu dižu pumpe iz odlaznog kanala elektrane u povišeno postavljeni rezervoar sadržaja 120 m³, koji kod punog pogona osigurava rashladnu vodu u slučaju zastoja u radu pumpi kroz gotovo pola sata.

Izborom pumpi pogodnih karakteristika uspjelo je istim tipom pumpi osigurati rashladnu vodu za redovan pogon, kao i za rad vodnog otpora.

Do kućnog agregata postavljene su tri jednake vertikalne pumpe izvedbe »Sulzer« s elektromotorima

od 27 KS. Kod rada na rezervoar dobavlja jedna pumpa 75 l/s kod manometarskog tlaka od 20 m, a kod rada na vodni otpor 115 l/s kod 10 m.

Razvod rashladne vode izveden je po sistemu dvostrukih sabirnica, tako da je omogućen nesmetan pogon i kod radova na jednom od cijevnih sistema.

Automatskim radom pumpi u zavisnosti od vodostaja u rezervoaru upravljaju sklopke s plovcem. Da se zaštite pumpe od rada na suho, ugrađen je u odvodni kanal plovac, koji kod preniskog vodostaja prekida strujni krug za upravljanje sklopki elektromotora.

Kod rada vodnog otpora dvije pumpe dobavljaju vodu u njegov bazen, a odjeljuju se od treće pumpe, koja opskrbljuje rashladni sistem.

Kod dugotrajnije obustave pogona elektrane rashladna voda za mrežni transformator može se dobiti iz vanjske vodovodne mreže.

VODNI OTPOR

Za ispitivanje rada strojeva i regulatora postavljen je do strojarnice regulacioni vodni otpor. On je dimenzioniran za opterećenje do 30 MW kod 10,5 kV.

Generator, koji se ispituje, dobiva vezu s vodnim otporom preko pomoćnih sabirnica 10 kV. Kod rada na vodni otpor ostaje u funkciji generatorska zaštita, no ova djeluje jedino na sklopku za slabljenje uzbudnog polja, dok sklopka na odvodu do vodnog otpora ima posebnu nadstrujnu zaštitu.

Vodni se otpor sastoji od 3 čelična bazena s fiksnim preljevom. Ovi bazeni služe kao nepomične uzemljene elektrode, dok su fazne elektrode izolirane pričvršćene na uzdužni nosač, koji se pomoću elektromotornog vitla može dizati i spuštati u svrhu reguliranja opterećenja strojeva. Vodnim otporom može se upravljati sa komandne ploče ili sa manje ploče ugrađene u zid pred samim otporom. Ta ploča ima nadalje ugrađeno kontrolno brojilo i tri ampermetra, a dva ostakljena otvora omogućuju uvid u prostor vodnog otpora.

TLAČNI ZRAK

Rasklopna postrojenja visokih napona trebaju zrak za gašenje električnog luka u sklopkama, te za pokretanje sklopki i rastavljača. Nadalje je tlačni zrak potreban za punjenje naponskih transformatora 10 kV i 30 kV.

Uređaj za opskrbu tlačnim zrakom smješten je do rasklopnog postrojenja 30 kV. On se sastoji od dva dvostepena stapna kompresora za dobavu po 33,6 m³/h zraka kod 30 atp s pripadnim pogonskim elektromotorima i zračnim kotlovima. Automatskim radom kompresorskih grupa upravljaju kontakti manometri, a zastoj u radu signalizira se u komandnu postroju.

U rasklopnom postrojenju 110 kV smještena su još dva dodatna zračna kotla, sa sadržajem od 500 lit, a treći je takav kotao u rasklopnom postrojenju 30 kV. Kako je radni tlak električnih aparata 15 atp, postavljeni su iza dodatnih kotlova redukcionni ventili.

Razdjelni cijevni sistem izveden je od bakrenih cijevi raznih promjera. Glavni razdjelni sistem u ras-

klopnom postrojenju 110 kV izveden je kao dvostruka sabirница, dok je kod rasklopnog postrojenja 30 kV upotrebljen prstenasti spoj, a u postrojenju 10 kV spoj jednostrukih sabirnica.

AKUMULATORSKE BATERIJE

U posebnoj prostoriji u predjelu pomoćnih pogona smještene su akumulatorske baterije 220 V i 24 V izvedbe »Munja«, Zagreb.

Istosmjerni napon 220 V služi za djelovanje zaštitnih aparata, upravljanje, signalizaciju i za rezervnu rasvjetu, a istosmjerni napon 24 V za telefonska postrojenja i uređaj električnih satova.

Predviđena je postava dviju olovnih akumulatorskih baterija stacionarnog tipa po 110 članaka, veličine L 5/6, kapaciteta od 180 Ah kod 10 satnog pražnjenja. Za trajno punjenje je postavljen suhi ispravljač, a za povremeno brzo nabijanje motor-generator u blok-izvedbi.

Baterija olovnih akumulatora za napon 24 V sastoji se od 12 članaka, veličine L 3, kapaciteta 108 Ah kod 10 satnog pražnjenja. Ova se baterija puni pomoću suhog ispravljača, koji se može preklopiti na trajno ili na brzo punjenje.

VENTILACIONI UREĐAJI

Podzemni smještaj strojarne i električnih postrojenja zahtijeva uređaje za ventiliranje prostorija kondicioniranim zrakom, kako bi se osiguralo podnošljivo stanje za pogonsko osoblje, spriječilo rošenje na aparatima i predmetima, te odvelo višak topline, što se razvija kod rada strojeva i aparata.

S obzirom na visoke vanjske temperature, koje ljeti dosežu do 40°C, i temperaturu brdske mase od nekih 14°C, glavni je problem ventilacije bio sprečavanje rošenja.

Vanjski se uzduh dovodi u kavernu strojarne kroz radna okna na kosom rovu tlačnog cjevovoda; uzduh se prolazeći rovom hladi tako, da nezavisno od vanjske temperature ima ljeti na ulazu u strojaricu temperaturu od najviše 17°C, no zasićen je vlagom. Dogrijavanjem zraka za nekih 7°C postiže se vlažnost zraka od 70%. U zimskom pogonu prolazom kroz koji rov zrak se donekle grije, te ga na ulazu u strojaricu treba još samo dogrijati na 15–20°C.

Zrak iz kosog rova sišu 3 centrifugalna ventilatora, izvedbe »Ventilator«, Zagreb, dobave po 12.000 m³/h kod statičkog pritiska od 110 mm s. v. i tlače ga kroz električne grijalice učina od 72 kW u zračni kanal iznad unutarnjeg svoda strojarne, koji ima otvore za ubacivanje.

Komandna prostorija ima na dovodu svježeg zraka još dodatne električne grijalice i ventilator.

Pojedine prostorije, koje se ventiliraju u paralelnom krugu, imaju manje propelerne ventilatore, da se osigura pravilna cirkulacija zraka.

Prostor vodnog otpora za vrijeme rada provjetrava se znatnom količinom grijanog zraka, koji prima i odvodi tamo razvijenu vođenu paru.

Akumulatorsku prostoriju ventilira ekshaustor i taj se zrak odvodi posebnom cijevi na slobodno.

Zrak izlazi iz kaverne kabelskim rovom i kanalom ispod postrojenja 110 kV na slobodno. Da se osigura provjetranje pristupnog tunela, postavljena su dva propelerna ventilatora, koja kroz taj tunel tlače jedan dio izlaznog zraka.

Reguliranje rada glavnog ventilacionog uređaja provodi se uzimanjem zraka na raznim oknima, mijenjanjem broja ventilatora u pogonu, odnosno njihovim prigušivanjem, kao i stupnjevanjem električnih grijalica.

RADIONICE

Do montažnog prostora strojarne nalazi se prostorija za priručnu radionicu s radnom klupom i najnužnijim alatom, te s ručnim strojevima za manje popravke.

Glavna radionica se nalazi na slobodnom u posebnoj prizemnoj zgradi do predusjeka ulaza u strojaricu. U glavnoj prostoriji opremljenoj dizalicom 5 t, smješteni su strojevi za mehaničku obradu. Do nje se nalazi bravarska radionica i alatnica, te prostorija za svarivanje, kovačnica, elektroradionica i prostor za uređaje uljnog gospodarstva. Pored toga radionica ima garderobu sa tuševima i praonicama i jednu uredsku prostoriju.

I ako još nije bila potpuno opremljena strojevima, radionica je bila veoma korisna za vrijeme montaže, te je u njoj izrađen velik dio pomoćnih metalnih konstrukcija elektrane.

SLUŽBA VEZE

Uređaji veze elektrane obuhvaćaju unutarnje sporazumijevanje pojedinih radnih mjesta elektrane putem automatske telefonske centrale, sporazumijevanje s vanjskim pretplatnicima poštanskih telefona preko vlastite centrale i poštanskih linija, sporazumijevanje s udaljenim radnim mjestima elektrane putem vlastitih linija i pogonskih telefona i konačno sporazumijevanje s drugim elektranama, odnosno stanicama mreže 110 kV putem visokofrekventnog prijenosa vodovima visokog napona.

U posebnoj prostoriji elektrane postavljena je automatska telefonska centrala izvedbe »Siemens & Halske«, Wien, sistema Neha, za 24 V, za priključak 50 internih aparata i 6 vanjskih poštanskih linija. Za vezu ove automatske centrale s vanjskim pogonskim telefonima predviđen je prijenosni uređaj za oba smjera saobraćaja.

Pogonski telefoni su postavljeni kod čuvarnice Lokvarka i čuvarnice Fužine, a za rezervnu vezu s ostalim telefonskim uređajima ugrađen je jedan aparat u stol komandne prostorije elektrane. Pogonski su telefoni izvedbe »Siemens & Halske«, Wien, tipa SA sa selektivnim pozivom i svi su vezani na isti vod. Svaka stanica pogonskog telefona sastoji se od aparata sa brojčanikom za biranje, od kutije s ugrađenim relejima, kondenzatorima i osiguračima, od kutije s akumulatorima 6 V, te od ispravljača. Pogonski su telefoni vezani na telefonski vod preko zaštitnih transformatora.

Aparaturu za visokofrekventni prijenos preko dalekovoda 110 kV do Zagreba izradila je radionica »Telekomunikacije« iz Ljubljane. Vezanje na jedan fazni vodič visokog napona izvedeno je pomoću spreznog kondenzatora s odgovarajućom prenaponskom zaštitom, filterom i prijenosnikom. Prijelaz vala nosioca u rasklopno postrojenje zatvara dvovalna zaporna prigušnica. Visokofrekventni uređaj dobiva redovno energiju od izmjeničnog napona 220 V s automatskim prekopčanjem na rezervni izvor struje s pretvaračem, koji se napaja iz akumulatorske baterije 220 V. Visokofrekventna aparatura smještena je u prostoriji telefonske centrale, a specijalnim je visokofrekventnim kabelom spojena s uređajem u postrojenju visokog napona.

U prvo će se vrijeme prijenos visokom frekvencijom koristiti jedino za usmeno sporazumijevanje, no predviđeno je, da se naknadno koristi i za daljinska mjerenja važnih veličina kod pogona mreže.

Posredovni je aparat postavljen u komandnoj prostoriji, pa uklopničar posreduje kod uspostave spojeva na vanjske pozive.

Telefonski vodovi u vlažnim prostorijama, kao i oni položeni u zemlju izvedeni su višezilnim telefonskim kabelom. Vlastite pogonske telefonske linije izvedene su privremeno kao slobodni vod, te trebaju od Triblja do Fužina 7 žila, a od Fužina do Lokava 4 žile, jer istodobno služe i za prijenos signala uređaja za daljinsko mjerenje vodostaja jezera Bajer i Lokvarka. Naknadno će se do Fužina položiti višezilni podzemni telefonski kabel.

POSEBNI MJERNI UREĐAJI

Uređaje za daljinsko mjerenje vodostaja izvela je tvornica »Siemens & Halske«, Wien. Oni rade na principu frekventnih impulsa, pa je prijenos neovisan od intenziteta signala i utjecaja vodova. Promjene vodostaja u jezeru mjeri putem plovca mehanički davač vodostaja sa skalom i s dva otporna daljinska davača. Ovi davači djeluju opet na davače frekventnih impulsa s pojačalom, prijenosnim davačem i napravom za priključak na mrežu izmjeničnog napona. Već prema izmjerenoj vrijednosti vodostaja šalje svaki davač dvožilnim vodom impulse odgovarajuće frekvencije do aparature primača, koji su ugrađeni u ploču glavne rasklopnice u elektrani.

Kako je točnost mjerenja oko $\pm 2\%$ od ukupnog opsega mjerenja, koji iznosi 6,5 m, odnosno 37 m, to su upotrebljeni posebni davači za metarske vrijednosti i posebni za centimetarske vrijednosti, pa ukupna točnost iznosi ± 2 cm.

Aparatura za primanje sastoji se od dvostrukih releja primača s priključkom na 220 V, 50 Hz, i pokaznih instrumenata profilnog oblika, od kojih jedan pokazuje visinu vodostaja pripadnog jezera u metrima, a drugi ostatak u centimetrima iznad metarskog iznosa.

Mjerni uređaj vodostaja jezera Bajer ugrađen je u vertikalno okno smješteno u tijelu betonske pregrade, dok će mjerni uređaj na Lokvarci biti ugrađen u

posebno okno, koje će se nalaziti uz okno zatvaračnice ulaznog uređaja Homer, a koje će putem čelične cijevi komunicirati sa jezerom.

Za stalno pogonsko mjerenje potroška vode ugrađeni su u dovodne cijevi do svake turbine cijevni elementi formirani u obliku venturi-mjernih, dok su mjerni instrumenti ugrađeni u ploče strojeva. Mjerna aparatura je izvedbe »Siemens & Halske«, Wien, za djelatni tlak od 6 m s. v., a pogonski tlak do 100 atp sa skalom do 3000 l/s. Instrumenti sa kazaljkom sekundne protoke i brojiлом sumarne protoke mehaničkog su tipa s manometrom na plovac, magnetskom spojkom i sistemom ventila.

Podaci pogonskog mjerenja potroška vode uspořeđeni sa pokazivanjem brojila istovremeno proizvedene električne energije služe za kontrolu promjene korisnosti turbina sa svrhom, da se indicira racionalnost pogona i potreba za remont turbina. Ova mjerenja daju ujedno podatke o potrošku pogonske vode.

Precizna mjerenja potroška vode u svrhu ispitivanja garantiranih vrijednosti korisnosti turbina provest će se nakon nekoliko mjeseci pogona. Za precizna mjerenja protoke određen je odvodni kanal u spojnom rovu između strojarnice i razdjelne komore; na kraju ovog kanala ugrađena je armatura za umećanje uspornog mjernog preljeva. Istovremeno sa mjerenjem na preljevu mjerit će se brzine vode u kanalu sistemom hidrometrijskih krila, te će se prema podacima dvaju preciznijih načina mjerenja ujedno baždari i mjerni uređaj sa venturi-cijevima.

HIDROMEHANIČKA OPREMA

Jezero Lokvarka. — Objekti jezera Lokvarka, koji će imati ugrađenu hidromehaničku opremu, jesu obilazni rov pregrade i ulazni uređaj Homer na početku tunela Lokvarka—Ličanka.

Na ulazu obilaznog rova predviđena je gruba rešetka, pa gredne zapornice na svijetlom otvoru $4,2 \times 4,2$ m sastojeći se od tri elementa čelične konstrukcije. Gredne zapornice mogu se koristiti, dok je vodostaj u jezeru niži od kote 740 m.

U okomitom oknu bit će smješteni glavni i dodatni zatvarač. To su vozne zapornice za svijetli otvor 2×3 m i za tlak od 44 m s. v. Armatura zapornica privarena je na čeličnu blindažu rova. Mehanizam za dizanje sastoji se od dvostrukog vitla s elektro-motornim pogonom. Ako vodostaj u jezeru dosegne određenu visinu iznad fiksnog preljeva, automatski se diže glavni zatvarač i otvori put vodi kroz obilazni rov, koji služi kao temeljni ispust.

Ulazni uređaj Homer obuhvaća grubu rešetku na ulaznom grlu i kosi pomoćni zatvarač, te finu rešetku i glavni zatvarač u okomitom oknu.

Pomoćni zatvarač je kosa vozna zapornica $2,5 \times 2,5$ m čelične konstrukcije s vitlom na ručni pogon i obilaznim ventilom za punjenje tunela iza zapornice. Glavni zatvarač je uspravna vozna zapornica istog otvora i tlaka, no s vitlom na elektromotorni pogon. Fina rešetka u oknu sastoji se od gornjeg nepomičnog dijela i donjeg dijela vrećastog oblika, koji može dizati elektromotorno vitlo radi pražnjenja nakupljenih nečistoća.

Jezero Križ. — Kad se izgradi jezero Križ, bit će potrebna hidromehanička oprema na obilaznom rovu i preljevu, te na spojnom tunelu prema jezeru Lokvarka.

Jezero Bajer. — Na izlaznoj strani tunela Lokvarka—Ličanka ugrađene su čelične cijevi s koničnim prijelazom promjera 2200 mm na 1800 mm. Ove cijevi prolaze kroz prostor buduće zasunske komore, koja će se opremiti automatskom zaklopkom i priborom kod izgradnje strojarnice hidroelektrane Fužine. Krajnja od spomenutih cijevi zatvorena je sada slijepom prirubnicom, a na nju će se kasnije priključiti tlačni cjevovod elektrane Fužine. Ova cijev ima derivaciju svijetlog promjera od 1000 mm za priključak cjevovoda za direktno ispuštanje vode. Taj cjevovod, dugačak svega 27 m, ukopan je u teren. Na kraju cjevovod prelazi u horizontalni položaj i završava koničnom cijevi sa povećanjem promjera na 1480 mm i prirubnicom za priključak ventila.

Istjecanje vode iz cjevovoda za direktno ispuštanje regulira se ventilom sistema Johnson s ručnim pogonom u izvedbi »Litostroj«. Ventil je smješten u komori, a pogonski se stalak nalazi u visini terena nad poklopcem komore. S izlazne strane ima ventil kraće grlo sa cijevi za zračenje, te vodni mlaz ulazi u bazen za poništavanje energije.

Spomenuta hidromehanička oprema konstruirana je i izrađena u tvornici »Franc Leskošek«, Maribor, u suradnji s tvornicama »Litostroj«, Ljubljana i »Rade Končar«, Zagreb.

Pregrada Bajer. — Hidromehanička oprema pregrade Bajer sastoji se od dvostrukog temeljnog ispusta. S uzvodne strane ugrađena je gruba rešetka i kod grla svake cijevi po jedna klizna zapornica izvedbe »Ateliers de Vevey«, svijetlog promjera $1,2 \times 1,2$ m, s vitlima na ručni pogon, koja leže na platformi uz kolnik mosta pregrade.

Cijevi temeljnog ispusta svijetlog promjera 1200 mm s prelazom na kvadratni oblik ubetonirane su u tijelo pregrade. Izrađene su u brodogradilištu »Treći Maj« na Rijeci.

S nizvodne strane zatvaraju se cijevi plosnatim zasunima izvedbe »von Roll«, Klus, s ručnim pogonom. Na zasune se nastavljaju konične cijevi sa suženjem na 900 mm promjera sa slijepim prirubnicama, pomoću kojih se gubici propuštanja kod zatvorenog ispusta potpuno eliminiraju.

Ulazni uređaj Bajer. — Na grlu ulaznog uređaja montirana je fina rešetka površine $7,8 \times 6$ m sa svijetlim razmakom palica od 32 mm izrađena u tvornici »Franc Leskošek«. Iza rešetke je ugrađena armatura za gredne zapornice otvora $4,7 \times 4$ m za najveći tlak od 7,5 m s. v. Gredne zapornice sastoje se od tri elementa čelične svarene konstrukcije, a izvedene su u radionicama »Giovanola«, Monthey.

Na ulaznom grlu se nalazi stroj za čišćenje rešetki, koji služi i kao dizalica za gredne zapornice. Stroj je izvela tvornica »Jonneret«, Genève. Grablje mogu dizati teret do 800 kg, a vitlo pokreće elektromotor od 14 KS. Dvije zakretne konzole dizalice mogu poslužiti za dizanje tereta do 3,5 t uz pomoć po-

sebnog vitla s elektromotorom od 5 KS. Kod prijenosa grednih zapornica do spremišta giba se čistilica po tračnicama. Uzduž tračnica je između dva stupa napet električni klizni vod. Za vožnju stroja služi vitlo s elektromotorom od 8 KS.

Glavni zatvarač ulaznog uređaja Bajer je sigurnosna vozna zapornica izvedbe »Ateliers de Vevey«. Zapornica zatvara svijetli otvor $2,8 \times 2,8$ m, a najveći tlak iznosi 9,3 m s. v. Uređaj za ručno dizanje sastoji se od dvostrukog vitla sa čelnicima i zupčanim letvama. Za brzo zatvaranje je predviđen uređaj za slobodni hod s centrifugalnom kočnicom i okidačem, koji se otvara bilo ručno, bilo daljinski pomoću elektromagneta ili pak automatski preko detektora brzine vode sa uspornom pločom u tunelu pred zapornicom.

Vodna i zasunska komora Razromir. — Da se zadrže svi predmeti, koji bi mogli dospjeti u privod vode iza rešetke ulaznog uređaja Bajer, postavljena je na prijelazu iz vodne komore Razromir u tunel prema zasunskoj komori fina rešetka. Otvor rešetke je $3,5 \times 4,4$ m, a svijetli razmak palica 32 mm. Rešetka ima vrata za prolaz.

Između prvih cijevi čeličnog tlačnog cjevovoda u zasunskoj komori Razromir ugrađene su dvije sigurnosne zaklopke svijetlog promjera 1800 mm. Druga dodatna zaklopka upotrebljena je kao rezervni zaporni organ, a i radi toga da bude moguće vršenje remonta sigurnosne zaklopke bez potrebe pražnjenja čitavog privoda do ulaznog uređaja, jer jednokratni gubitak ove vodne količine odgovara energiji od gotovo 80.000 kWh.

Zaklopke su izvedbe »Ateliers des Charmilles«, Genève, a konstruirane su za pogonski tlak od 47 m s. v. Sama zaklopka i dvodjelno kućište izrađeni su od lijevanog željeza. Zaklopka se otvara pomoću uljnog servomotora. Tlačno ulje daje pumpna grupa s elektromotorom od 2,5 KS. Zatvaranje je zajamčeno protuutegom na ručki, koja je uklinjena na osovinu zaklopke. U otvorenom položaju drži zaklopku odgovarajuće kvačilo. Kod zatvaranja služi uljni servomotor za usporenje i reguliranje brzine zatvaranja.

Zaklopka se oslobađa kvačila, ako okine zapor pomoćnog protuutega, što se dešava bilo automatski putem detektora brzine vode, bilo ručno ili pak daljinski iz strojarnice zatvaranjem strujnog kruga elektromagneta.

Otvaranje zaklopke može se provesti bilo ručnim uklapanjem elektromotora ili pak daljinski sa komandne ploče, na kojoj su ugrađeni i pokazivači položaja zaklopki.

Dodatna zaklopka razlikuje se od sigurnosne jedino po uređaju za automatsko zatvaranje.

Za punjenje cjevovoda kod zatvorenih zaklopki izveden je obilazni spoj sa zasunom promjera od 300 mm.

Ispod sigurnosne zaklopke ugrađen je na tjeme cijevi ventil za zračenje promjera od 350 mm, koji se automatski otvara, ako u cjevovodu nastane podtlak, a kod punjenja cjevovoda može ga se držati u otvorenom položaju.

TLAČNI CJEVOVOD

Tlačni cjevovod elektrane je jednostruk i započinje pred zasunskom komorom Razromir. Sastoji se od 14,2 m dugog horizontalnog dijela kod zasunske komore, kosog dijela sa stalnim nagibom od 32° dugog 1189 m i horizontalnog razdjelnog cjevovoda u razdjelnoj komori do strojarnice, koji je sa dovodima do glavne turbine dug 137 m. Promjer cjevovoda se na gornjem ravnom dijelu smanjuje od 2400 mm na 1800 mm, a prije prijelaza u razdjelni cjevovod iznosi promjer 1495 mm, dok je promjer turbinskih cijevi 650 mm odnosno 150 mm za kućnu turbinu. Po čitavoj dužini cjevovod je slobodno postavljen u prohodnom rovu.

Za dimenzioniranje cjevovoda bili su mjerodavni najveći hidrostatski tlak od 46 m s. v. na početnom dijelu cjevovoda odnosno 676 m s. v. kod razdjelnog cjevovoda, te povišenje tlaka u visini od 12% od najvećeg hidrostatskog tlaka kod hidrauličkog udara, koji može nastati kod naglog zatvaranja svih prethodno potpuno otvorenih turbina.

Brzina vode na donjem dijelu cjevovoda vrlo je visoka, no s obzirom na vršni karakter elektrane svi strojevi mogu samo iznimno biti potpuno opterećeni, jer se mora raspolagati dovoljnom rezervom snage, pa će redovno brzina vode biti u običajnim granicama. U pogledu pak regulacije nema nikakvih smetnja radi velike brzine vode u cjevovodu.

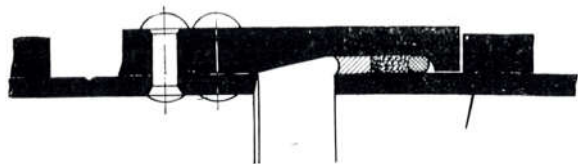
Cjevovod je izradila talijanska tvornica »Acciaieria e Tubificio di Brescia«.

Osobitost je tlačnog cjevovoda uzdužno spajanje cijevi kolčacima s minimalnim brojem montažnih varova.

KOSI CJEVOVOD

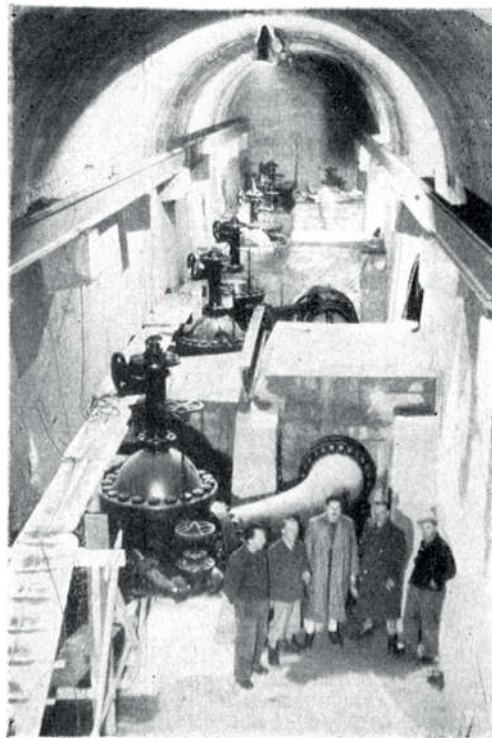
Kosi tlačni cjevovod sastoji se od 206 cijevi. Normalna dužina cijevi je 6 m. Početna konična cijev 1 i cijev 2 s prirubnicom za priključak dodatne zaklopke zavarene su međusobno kod montaže, a isto tako cijevi 4 i 5 na koljenu u prvom sidrenom betonskom bloku neposredno iza zasunske komore.

Gornji dio cjevovoda do cijevi 82 izveden je od čeličnih limova debljine 8 do 25 mm sa dva odnosno tri uzdužna šava. Ove glatke cijevi manje debljine, stijene imaju navarene prstene za ukrućenje, a na ubetoniranim dijelovima i prstene za usidrenje.



SI. 18 — Detalj spojnice tlačnog cjevovoda

Međusobno se cijevi spajaju kolčacima oblika čaše, koji su iz unutrašnjosti cijevi zabrtveni gumenim prstenom, pa katraniranim kudeljom i konačno slojem nabijene olovne vune. Ovaj tip spojnica dozvoljava manje aksijalne dilatacije između pojedinih cijevi, pa otpadaju posebni dilatacioni cijevni komadi, ali zahtijeva da se kod slobodne postave cjevovoda



SI. 19 — Razdjelna komora

svaka druga cijev po sredini ubetonira u jaki poprečni zid nazvan dijafragma. Na taj način u razmacima od 12 m izgrađene su 1,2 m debele dijafragme, a slobodne cijevi leže sredinom na betonskom podnožju.

Počevši od cijevi 82 izveden je cjevovod od bandažiranih cijevi promjera od 1700 do 1495 mm. Tijelo bandažiranih cijevi izrađeno je od zavarenih čeličnih limova, a na njega su u toplom stanju navučeni zavareni prsteni od kovkog željeza. Gornji kraj tijela cijevi konično je obrađen, a na donjem je kraju zakovicama učvršćen iznutra obrađeni kolčak. Brtvljenje spojnica slično je opisanom kod glatkih cijevi, jedino što je umjesto olovne vune upotrebljena kvadratna olovna traka. Idealne su debljine stijene bandažiranih cijevi od 26 do 41 mm.

Redukcioni cijevni dijelovi izvedeni su od lijevanog čelika, te imaju otvore za ulaz.

Na kosom dijelu cjevovoda nalaze se tri sidrena betonska bloka, a dva sidrena bloka nalaze se na gornjem i na donjem koljenu.

Najteža cijev kosog cjevovoda ima 10,5 t, a ukupna težina iznosi 1405 tona.

Sve svaene cijevi u tvornici su ispitane tlakom, koji izaziva 50% veće naprezanje od proračunatog pogonskog naprezanja, a lijevane cijevi sa 75% većim tlakom od statičkog tlaka na mjestu ugradnje.

RAZDJELNI CJEVOVOD

Razdjelni cjevovod sastoji se od 26 elemenata, od kojih je 6 cijevi od lijevanog čelika, 5 bandažiranih cijevi, 7 glatkih svarenih cijevi, 6 venturi-cijevi svaene konstrukcije i dvije cijevi kućne turbine bešavne valjane izvedbe.

Ovaj cjevovod ima tri spojnice za aksijalne dilatacije. Odvojni cijevni komadi iza dilatacija imaju ovratnike od lijevanog čelika za prijenos sila na betonske sidrene blokove, koji se nalaze između odvojenih turbinskih cijevi svake grupe. Odvojne turbinske cijevi potpuno su zabetonirane u spojnim rovovima.

Cijevi su kod montaže spojene što zavarivanjem, a što prirubnicama sa gumenim brtvilom. Stijene sva- renih cijevi debele su od 27 do 41 mm, a kod cijevi od lijevanog čelika do 115 mm. Kod dimenzioniranja razdjelnog cjevovoda uzet je u obzir hidraulički udar povećanjem najvećeg statičkog tlaka za 20%. Sva-

rene su cijevi ispitane u tvornici tlakom od 137 do 141 atp, a lijevane cijevi tlakom od 118 atp.

Razdjelni cjevovod teži ukupno 160 t, a najveća je težina pojedinačne cijevi 14 tona.

Limovi cjevovoda su prekidne čvrstoće 42/50 kg/mm² i produženja od 20–22%; prstenovi i pri- rubnice imaju prekidnu čvrstoću od 60/70 kg/mm² i produženje od 17 %, a lijevani čelik prekidnu čvr- stoću 45 kg/mm² i 16% produženja.

Nakon montaže su slobodne vanjske površine ci- jevi premazane Inertolom.

Transport i montaža opreme

Ing. Fedor Jelušić, Elektroprojekt, Zagreb

621.311.21.002.72(497.1)

TRANSPORT ET MONTAGE DE L'ÉQUIPEMENT ÉLECTROMÉCANIQUE. Dans la première partie de l'article la description est faite de la manière dont ont été transportés à pied d'œuvre l'équipement de l'usine et les éléments de la conduite forcée; les dispositifs auxiliaires de transbordement utilisés sont cités. En sa seconde partie, l'article comprend la description de l'ordre d'exécution des travaux de montage, l'indication de la durée de ces travaux et l'explication des procédés employés au montage de la conduite forcée, de l'équipement mécanique des ouvrages hydrauliques, des ponts-reoulants et des installations de services auxiliaires, des

groupes principaux, des appareillages HT et de l'équipe- ment de la commande.

TRANSPORT AND MOUNTING OF EQUIPMENT. In the first part of the article the method of transporting the equipment for the power house and the penstock is described and the auxiliary unloading equipment is listed. The second part of the article deals with the order of succesion, the duration and the process itself of mount- ing the penstock, the hydromechanical equipment, the cranes and the auxiliary equipment, the main units and the switch yard and the control equipment.

TRANSPORT OPREME

Opremu do težine od 15 t dopremalo se željezni- com do stanice Plase, a teže dijelove do željezničke stanice na Rijeci. Za pretovar sa vagona na kamione bio je podignut kod istovarnog kolosijeka stanice Plase pokretni portal s koloturnikom do 15 t. Za isto- var je ujedno služila postojeća rampa. Prijevoz sa sta- nice Plase do gradilišta u Triblju bio je vršen ka- mionima, dok je veći dio cijevi bio prevezen do skla- dišta na Razromiru. Kod dopreme na gradilište bile

su za istovar korištene privremene dizalice, a kasnije i glavna montažna dizalica u strojarnici. Za prihvrat opreme bila je podignuta u Triblju veća drvena ba- raka, u kojoj je montirana mosna dizalica za terete do 10 tona.

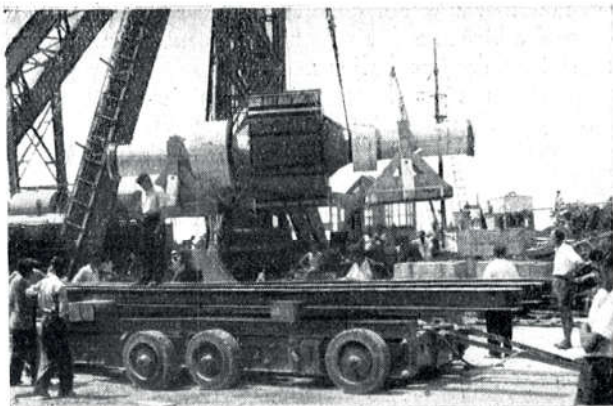
Generatorske rotore i polovice statora, te trans- formatore pretovarila je u riječkoj luci sa specijalnih niskih vagona plivajuća dizalica na svoju platformu. Dizalica je uz pomoć remorkera dotegljena do luke u Crikvenici i ovdje je materijal bio pretovaren na specijalna kola za cestovni transport, kojima je uz pomoć vučnog automobila dopremljen sve do mon- tažnog prostora strojarnice, gdje ga je preuzela mon- tažna dizalica. Najteži transportni komad bio je ge- neratorski rotor, koji je bez polova vagao 43,5 tona.

Već u prvoj etapi izgradnje transportirano je oko 2700 t opreme, od koje je bilo 5 dijelova težih od 30 tona transportiranih preko Crikvenice.

Transport opreme proveo je poduzeće »Hidro- montaža« iz Maribora.

MONTAŽNI RADOVI

Montaža u pravom smislu započela je krajem go- dine 1950 namještanjem najnižih cijevi kosog tlačnog cjevovoda. Montaža opće opreme i agregata I. prak- tički je završena u XI. mjesecu god. 1951, tako da je trajala oko 11 mjeseci. Do ispitivanja i pogona



Sl. 1 — Pretovar rotora u Crikvenici

agregata I. nastavilo se dotjerivanje pojedinih dijelova, a ujedno su započeti radovi na montaži agregata II.

Montažu gotovo sveukupne opreme izvelo je montažno poduzeće »Hidromontaža« iz Maribora. Svu hidromehaničku opremu i dizalice, te rasklopna postrojenja visokog i niskog napona, kao i pomoćne pogone montirali su isključivo domaći stručnjaci, dok je kod montaže tlačnog cjevovoda, turbina, generatora, transformatora i kabela visokog napona učestvovalo i nekoliko vodećih monterata inozemnih dobavljačkih tvornica.

MONTAŽA CJEVOVODA

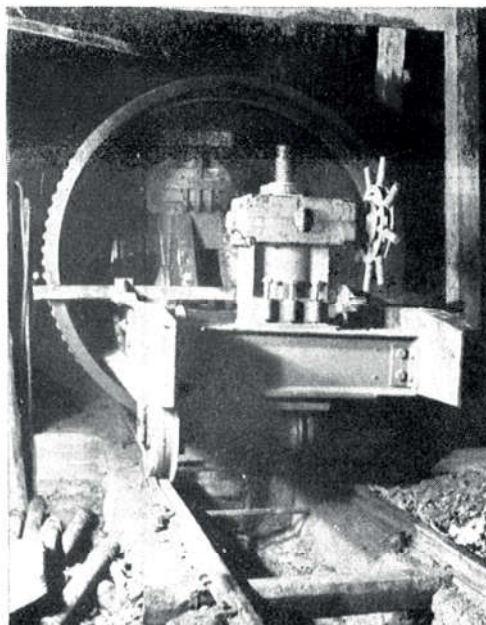
Od ukupno 232 cijevi 203 su spuštene kod montaže sa skladišta na Razromiru, pa ih je prethodno trebalo dovesti sa željezničke stanice Plase. Za prijevoz tih cijevi oko 9 km dugim, a vrlo lošim putem do Razromira upotrebljen je 10-tonski kamion marke »OM« i 12-tonski kamion »Herkules-Diamond«, a istim načinom su dopremljene preostale cijevi do Triblja.



Sl. 2 — Skladište tlačnih cijevi na Razromiru

Na Razromiru bio je uređen plato, koji je mogao da primi do 170 cijevi. Ovdje je montirana pokretna portalna dizalica s elektromotornim vitlom za terete do 15 tona. Za spuštanje cijevi u kosi rov na specijalnim kolicima izrađeno je motorno vitlo za vlačnu silu do 20 t s velikim bubnjem, koji može da primi oko 1400 m užeta promjera 32 mm. Montažna kolica uvlače se u cijev prije spuštanja, te imaju papuče i vretena za prihvaćanje cijevi iznutra i uređaj za podizanje prednjih točkova kod uvlačenja i kod namještanja cijevi na prethodnu već montiranu cijev. Pored toga se na početku kolica nalazi manje kolo s vretenom za reguliranje visine prednjeg kraja kod montaže. Da se olakša pristajanje cijevi, uže nije čvrsto vezano na konstrukciju nego na vijčani svornik, koji se može pomicati u aksijalnom smjeru pomoću elektromotora. Težina cijevi, montažnih kolica i užeta iznosila je do 22 tone. Radi montaže je od skladišta na Razromiru pa duž cijelog kosog rova položen kolosijek na uzdužnim betonskim pragovima.

Sama montaža cijevi, te brtvenje spojnice odvijali su se bez smetnje i nisu tražili osobite stručnosti



Sl. 3 — Montažna kolica za tlačne cijevi

od zaposlenog osoblja, osim kod izrade svarenih spojeva. Nakon izvršene montaže dviju cijevi trebalo je izraditi po jednu dijafragmu i jedno podnožje, dakle ugraditi oko 8 m³ armiranog betona, što je u skučenom rovu bilo prilično otežano. Nepriličnost kod montaže ovog sistema cjevovoda pokazala se upravo u tome, što je radni proces zahtijevao stalnu izmjenu na radu montažne ekipe sa građevinskom ekipom.

Radovi na montaži cjevovoda uključivo s izgradnjom dijafragma, podnožja i sidrenih blokova trajali su oko 10 mjeseci, uključivši prekide od neka 2 mjeseca radi zakašnjenja u isporuci cijevi.

Montažu tlačnog cjevovoda izvela je ekipa poduzeća »Hidromontaža« iz Maribora uz sudjelovanje jednog nadmontera dobavljača, a povremeno i jednog elektrovarionara.



Sl. 4 — Montažni radovi u razdjelnoj komori

Montažna kolica i preradu vitla konstruirala je i izradila također »Hidromontaža«.

HIDROMEHANIČKA OPREMA

U prvoj etapi izgradnje montirana je hidromehanička oprema na jezeru Bajer i sigurnosne zaklopke na Razromiru.

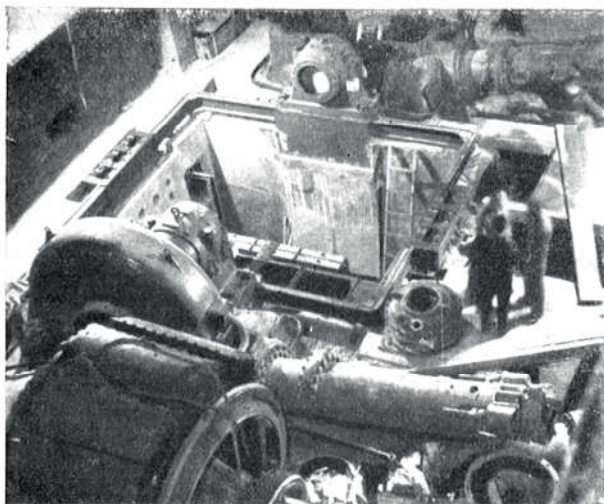
Radovi su započeli u proljeću 1951, te je za tri mjeseca sva oprema na objektima jezera Bajer bila montirana. Zaklopke u zasunskoj komori Razromir mogle su se montirati tek, kad je montaža tlačnog cjevovoda bila završena do same zasunske komore.

Hidromehanička oprema objekata na jezerima Lokvarka i Križ montirat će se u daljnjim etapama izgradnje.

DIZALICE I POMOĆNI UREĐAJI

Dizalica nosivosti 15 t u razdjelnoj komori montirana je krajem godine 1950, tako da je bila upotrebljiva već prije početka radova na tlačnom cjevovodu.

Početkom god. 1951 započela je montaža staze za dizalicu nosivosti 65 t u strojarnici. Tri mjeseca kasnije ova je dizalica već mogla služiti svojoj svrsi.



Sl. 5 — Montaža glavnog agregata

Dizanje mosta i mačke dizalice na samu stazu obavljeno je vrlo brzo i bez ikakvih poteškoća i ako se radilo o dijelovima dužine od 12 m i pojedinačne težine do 13 t. Za dizanje je služilo ručno vitlo i koluturnici obješeni na željeza ubetonirana u svod kaverne. Radove na elektrifikaciji dizalice izvršilo je poduzeće »Rade Končar« iz Zagreba.

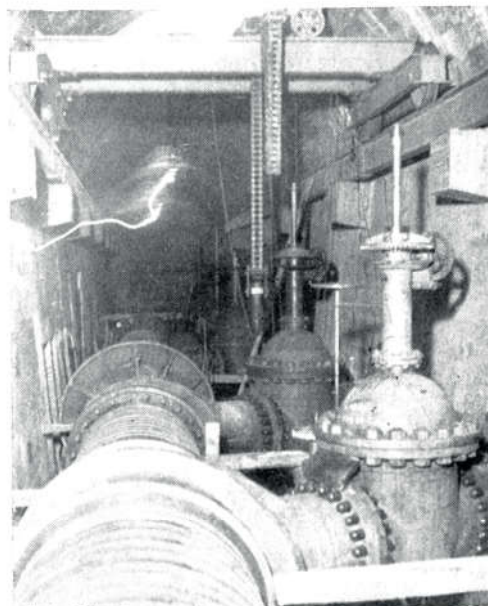
Pumpe i cjevovodi za rashladnu vodu i drenažu, vodni otpor, ventilacioni uređaji, kompresori, akumulatori, električne instalacije, telefonski uređaji i ostali pomoćni uređaji montirani su paralelno s glavnim uređajima i to redoslijedom, koji je u glavnom bio diktiran završavanjem građevnih radova u podzemnim prostorijama.

Montažu telefonskih uređaja izvršilo je poduzeće »Elektrosignal« iz Ljubljane, a montažu akumulatorskih baterija vodio je monter dobavljačke tvornice »Munja« iz Zagreba.

Električnu rasvjetnu instalaciju izvelo je poduzeće »Vlado Četković« iz Zagreba, a motornu instalaciju »Hidromontaža« iz Maribora.

MONTAŽA GLAVNIH AGREGATA

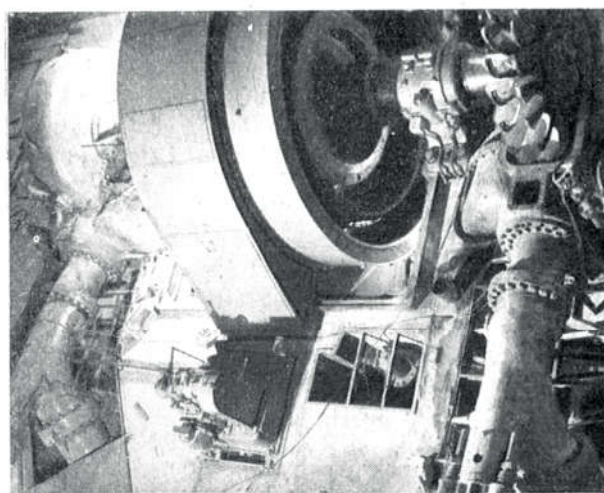
Sastavljanje blindaža turbinskih jama započelo je u V. mjesecu 1951, a montaža agregata I. trajala je oko 6 mjeseci. Nakon ugradnje blindaža sastavljena su kućišta turbina, te je kućište prve turbine zabeto-



Sl. 6 — Odvojak od razdjelnog cjevovoda na turbine

nirano. Kućište druge turbine zabetonirano je nakon izvršene kontrole položaja pomoću generatorskog rotora i osovine. Turbine su nakon toga priključene na tlačni cjevovod, pa je nastavljeno s montažom regulatorskog uređaja i pomoćnih cijevnih spojeva.

Kako je stator generatora dvodjelan, kod montaže su umetnuti preostali svitci namota, te je izvršeno njegovo spajanje.



Sl. 7 — Pogled iz dizalice u otvoreni agregat

Transformatori su kompletirani voznim postoljem, hladionicima, konzervatorom i ostalom opremom, pa je iz kotla ispušten dušik i nadomješten pročišćenim, isplinjenim i osušenim transformatorskim uljem. Kad je bila završena montaža uljnih kabela i zaglavaka 110 kV, umetnuti su zaglavci kabela u pripadne kutije na transformatoru, nakon čega je izvršen spoj s namotom transformatora, pa je ovaj definitivno napunjen uljem.

Prethodno je za nepunih mjesec dana izvršena montaža kućnog agregata.

RASKLOPNO POSTROJENJE

Montaža rasklopnih postrojenja je otpočela izradom željeznih skeletnih konstrukcija čelija za 10 kV i generatorskih sabirničkih vodova. Nastavljeno je ugradnjom aparata 10 kV, te izradom željeznih konstrukcija za postrojenje 30 kV i 110 kV.

Sama montaža aparata 110 kV mogla je započeti zadnjih mjeseci godine 1951 i praktički je završena

do proljeća 1952 godine za 5 polja prve etape izgradnje.

Rasklopno postrojenje 30 kV, koje nije potrebno za prvi pogon elektrane, počelo je pogonsko poduzeće samo montirati krajem god. 1951, te je bilo potpuno završeno i stavljeno pod napon u V. mjesecu 1952 zajedno s ostalim postrojenjima.

Razvod niskog napona već je ranije bio završen, tako da je služio svojoj svrsi tokom zadnjih mjeseci montaže koristeći energiju iz vanjske razdjelne mreže.

KOMANDNO POSTROJENJE

Pri završetku montaže proizvodne grupe otpočelo je ugrađivanje komandnih ploča i polaganje pomoćnih kabela. Nakon toga su u ploče ugrađeni instrumenti i aparati, te je vršeno spajanje žila pomoćnih kabela na pločama, u poljima i čelijama visokog napona i kod aparata na strojevima. Komandno je postrojenje montirala grupa tvornice »Rade Končar« iz Zagreba.

Ispitivanje i stavljanje u pogon hidroelektrane Vinodol

Ing. F e d o r J e l u š i ć, Elektroprojekt, Zagreb

621.311.21.001.41(497.1)

LES ESSAIS DE RÉCEPTION ET LA MISE EN SERVICE DE LA CENTRALE HYDROÉLECTRIQUE VINODOL. Avant la mise en service d'essai de la centrale hydro-électrique Vinodol, les turbines, les alternateurs et les transformateurs, les appareillages haute et basse tension dans l'usine et aux lignes de transport d'énergie électrique, ont été soumis aux essais d'aptitude à l'exploitation. La description de ces essais, dans l'ordre chronologique suivant lequel ils ont été effectués, est faite dans l'article. Le déroulement de ces essais est décrit en lignes générales, et les résultats obtenus principaux sont indiqués. L'article signale les irrégularités décelées par ces essais, irrégularités qui ont été, à la suite, rectifiées avant la mise en service régulier de l'usine.

TESTING AND PUTTING INTO OPERATION THE VINODOL HYDRO-ELECTRIC POWER STATION. The article describes the testing of the working ability of the mechanical and electrical machinery as well as of the high and low tension apparatus in the power plant and on the transmission lines before the trial run, in the order they were carried out. The process of the tests is described and the main results are given. The flaws discovered during the tests, which were corrected before the plant was put into regular operation, are also pointed out.

Prije nego što su pojedini montirani strojevi i uređaji dani na upotrebu ispitana je njihova sigurnost i funkcija. Nakon toga provjerena je pogonska sposobnost pojedinih grupa opreme, pa je konačno ispitani i zajednički rad cjelokupnog kompleksa opreme elektrane. Po uspješnom završetku ispitivanja započeo je probni pogon elektrane.

ISPITIVANJE

Ispitivanja u okviru tehničke primopredaje i provjeravanje ugovorenih garancijskih veličina izvršit će se po isteku roka za probni pogon. Generatori i transformatori ispitani su već u tvornici uz snimanje karakteristika, a u pogonu još treba ispitati njihovo vladanje kod trajnog punog opterećenja.

Dizalica. — Prvo je ispitivanje montirane opreme obavljeno početkom maja god. 1951 na montažnoj dizalici. Pomnim pregledom i mjerenjem ispi-

tan je rad dizalice u neopterećenom stanju, pa kod nazivnog tereta mačke od 60 t i konačno kod preopterećenja za 250%, to jest sa teretom od 75 t. Kako su u bitnim stvarima zadovoljavali rezultati ispitivanja, predana je dizalica redovnoj upotrebi.

K a b e l i 110 kV. — Koncem oktobra god. 1951 ispitani su montirani jednožilni uljni kabeli i zaglavci nazivnog napona 115 kV na nepropusnost i mehaničku čvrstoću pomoću dušika pod tlakom od 2 atp. Prilikom prvog ispitivanja ustanovljena je propusnost na jednom zaglavku za vanjsku montažu, pa je zamijenjen njegov defektni izolacioni cilindar. Nakon toga nepropusnost kabela i svih 12 zaglavaka bila je potpuna, pa se pristupilo impregnaciji kabela i punjenju uljem. Naponsko ispitivanje sa četverostrukom vrijednošću nazivnog napona prema zemlji, to jest istosmjernim naponom od 266 kV u trajanju po 20 minuta izdržali su kabeli bez preskoka odnosno proboja, i time dokazali svoju upotrebljivost.

Prije isporuke izvršena su opsežna ispitivanja kabela i armatura u tvornici uz mjerenje karakterističnih električnih veličina, a uzorci su uspješno ispitani udarnim naponom od 650 kV.

Hidromehanička oprema temeljnog ispusta na pregradi Bajer ispitana je početkom januara 1952. godine. Pored kontrole pravilnosti rada zapornica, zasuna i mehanizama mjereno je trajanje manipulacija i propuštanje pojedinih organa. Kod punog jezera, te djelomičnog odnosno potpunog otvaranja temeljnih ispusta mlaz vode pravilno istječe bez vibracija i udara. Kad su svi organi ispusta zatvoreni, gubitak vode uopće nema.

Hidromehanička oprema ulaznog uređaja Bajer i zasunske komore Razromir ispitana je u drugoj polovici aprila 1952. Ispitivanjem su ustanovljene stano-vite konstruktivne nepravilnosti na mehanizmima, koje ipak nisu bile zaprijetka za privremenu upotrebu te opreme u zatečenom stanju. Mjereno je trajanje pojedinih operacija, brzine pokreta stroja za čišćenje rešetki uz kontrolu potrošaka električne energije, te količine propuštene vode zapornih organa. Kod sigurnosnih zaklopki provjeren je rad automatskog zatvaranja, te daljinskog upravljanja i signalizacije. Detektori naprava za automatsko zatvaranje kod prevelikih brzina vode udešeni su pomoću dinamometra prema računski dobivenim silama na detektoru.

Cjevovodi. — Tlačni i razdjelni cjevovod s turbinskim cijevima i zatvaračima podvrgnuti su statičkom pritisku polovicom februara 1952. Kod zatvorenih zaklopki u zasunskoj komori cjevovod je postepeno punjen djelomičnim otvaranjem obilaznog zasuna. Pregledom je ustanovljeno prokapljivanje na desetak spojnica, te na poklopcu jednog zasuna u razdjelnoj komori i kod montažnog otvora turbinske cijevi. Nakon ponovnog pražnjenja cjevovoda izvršeno je ponovno zbijanje spojnica na gornjem dijelu cjevovoda, te izmjena gumenih brtvila na poklopcu zasuna i na montažnom otvoru. Prilikom drugog punjenja cjevovoda prokapljivanja praktički nije bilo.

Brtvljenje igala na sapnicama i turbinskih zatvarača bilo je potpuno, a samo neki od zasuna na razdjelnom cjevovodu neznatno su prokapljivali.

Nakon ispitivanja propusnosti tlačnog dovoda ispuštala se voda u svrhu pražnjenja kroz turbine uz zatvorene otklanjače mlaza. Tom su prilikom uspješno ispitane pumpe za rashladnu vodu i razdjelni cjevovodi, rad automatike, te konzumpcija preljeva.

Kućni agregat. — Dne 15. II. 1952 pušten je kućni agregat u prazni hod koristeći vodu iz samog cjevovoda. Uz uređivanje naprava turbinske regulacije sušen je neuzbuđeni generator ventiliranjem, te je 18. II. 1952 generator uzbuđen, a nakon kontrole zaštitnih uređaja i djelomično opterećen. Od tada je kućni agregat bio na raspoloženju za opskrbu energijom same elektrane.

STAVLJANJE U POGON

Prije pogonskog punjenja privoda vode i tlačnog cjevovoda, koje je izvršeno 24. IV. 1952, obavljeno je završno čišćenje i pregled, kod čega je za ulazno grlo do grednih zapornica bio potreban ronilac.

Prvi pokret. — Prvi agregat pokrenut je 25. IV. 1952, te su tokom slijedećih dana udešavani uređaji turbine i uređivane blazinice ležaja generatora, a ujedno je neuzbuđeni generator sušen ventiliranjem u praznom hodu.

Istovremeno s radovima na proizvodnoj grupi ponovno su pregledana postrojenja i provjereni spojevi električnih naprava, kao i djelovanje svih zaštitnih uređaja pomoću ispitnog aparata.

Pneumatske sklopke i pogoni ispitani su direktnim upravljanjem na licu mjesta, a zatim je provjereno daljinsko upravljanje iz komandne prostorije i ispitana signalizacija. Prethodno je kontroliran rad uređaja za proizvodnju tlačnog zraka, te nepropusnost razdjelnih cjevovoda i priključenih aparata.

U lije učinskih transformatora i svih mjernih transformatora ispitano je na električnu čvrstoću, koja se pokazala dovoljno visokom. Kontroliran je sistem uzemljenja i mjerenjem je ustanovljeno, da je otpor povezanog sistema 0,22 Ω kod srednje suhog terena, što potpuno zadovoljava.

Generator. — Kako su prethodne kontrole na uređajima agregata bile uspješno završene, a izolacija generatorskih namota postigla potrebnu visinu, pristupilo se dne 8. V. 1952 postepenom uzbuđenju generatora. Slijedećeg su dana spojevi kratko vezanih vodo-va 10 kV ispitani nazivnom strujom, a zatim je kontrolirano djelovanje zaštitnih uređaja kod improviziranih pogrešaka. Dne 10. V. i slijedećih dana agregat je opterećen vodnim otporom, te je vršeno udešavanje organa turbinske regulacije. U toku ispitivanja pokazalo se potrebnim zamijeniti defektnu blazinicu lijevog generatorskog ležaja, što je i učinjeno, pa nakon toga nije više bilo smetnja sa ležajima.

STAVLJANJE POD NAPON

Transformator 10/110 kV i rasklopno postrojenje 110 kV stavljeni su pod napon 14. V. 1952, a regulacioni transformator 110/30 kV i rasklopno postrojenje 30 kV dne 22. V. 1952. Istog dana pokušano je stavljanje pod napon dalekovoda 110 kV do Zagreba, ali je na vodu ustanovljen spoj sa zemljom. Na dalekovodu je trebalo izmijeniti stanoviti broj izolatora loše kvalitete, koji su probijali već kod djelomične visine napona. U međuvremenu kontroliran je rad uređaja za ručno i za automatsko paralelno spajanje glavnog agregata i kućnog agregata posredstvom kućnog transformatora 0,4/30 kV i transformatora 30/110 kV.

Kako su radovi na dalekovodu bili brzo završeni, izvršeno je dne 25. V. 1952 prvo sinhroniziranje elektrane na mrežu i podavanje energije.

Za vrijeme probnog pogona pokazalo se, da je kod rada jednog agregata moguće postići snagu na stezaljkama generatora od 30 MW, što znači, da turbine razvijaju snagu od 42 500 KS, dakle za 2900 KS više nego što se očekivalo prema garancijskim vrijednostima.

Pomoćna hidroelektrana Fužine

Ing. Fedor Jelušić, Elektroprojekt, Zagreb

621.311.21:621.294(497.1)

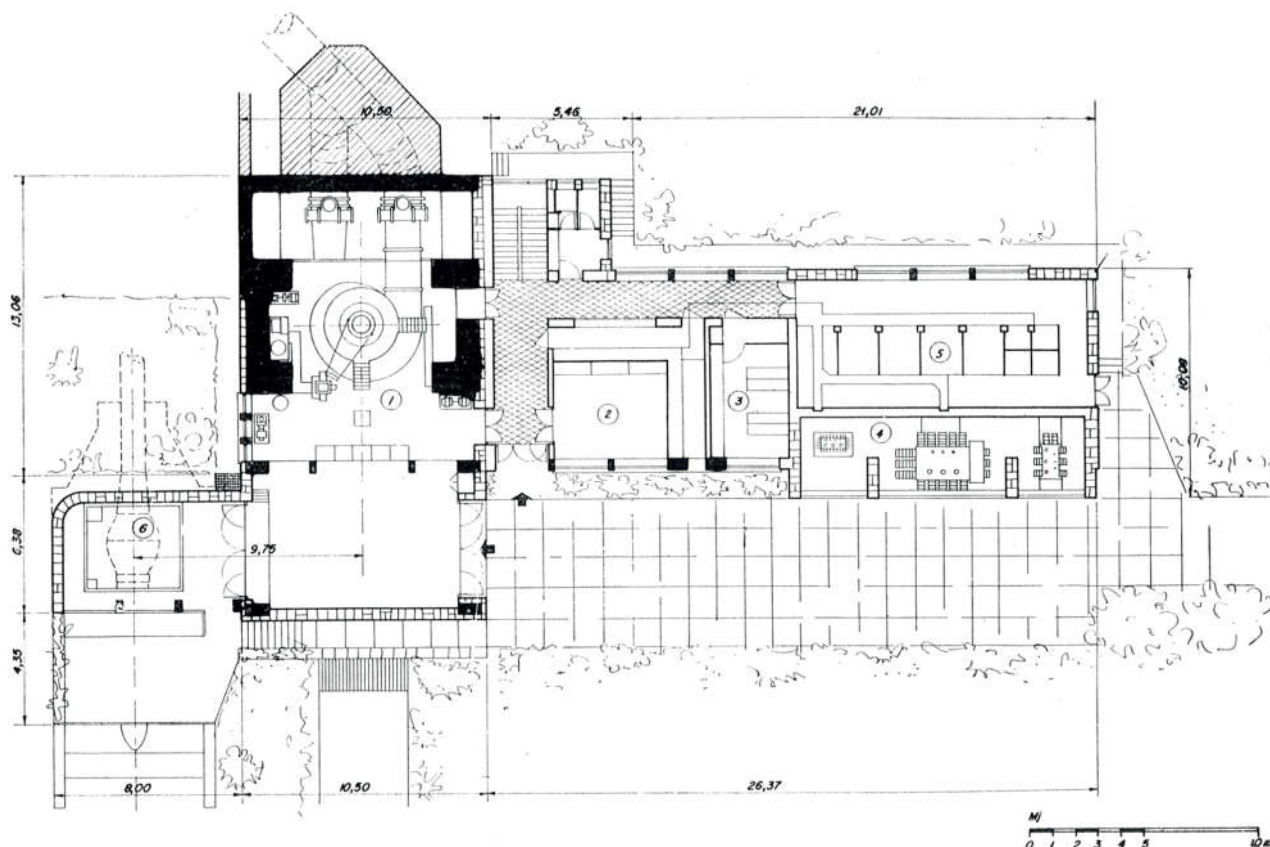
USINE AUXILIAIRE FUŽINE. Dans l'article sont décrites sommairement les circonstances particulières qui ont imposé la construction de l'usine auxiliaire de Fužine, équipée pour le pompage et pour la production de l'énergie électrique. Pareillement, l'exposé sommaire de la fonction et de l'importance énergétique de cette usine dans le système de l'aménagement Vinodol, fait partie de l'article. En plus, on y a indiqué les caractéristiques principales de l'équipement mécanique et électrique de l'usine en question.

THE AUXILIARY HYDRO-ELECTRIC POWER STATION FUZINE. The article gives a short description of the conditions, which demanded the development of this auxiliary hydro-electric power station with a pumping plant, as well as its importance as supplier of energy, and its function within the frame-work of the hydro-energetic plant at Vinodol. At the same time the chief characteristics of the mechanical and electrical equipment are given.

Visinska razlika od 24,50 do 54,50 m vodostaja jezera Lokvarka i Križ prema onom u jezeru Bajer, te činjenice, da više od polovice raspoloživih voda postrojenja dotiče u gornja jezera, opravdavaju izgradnju odgovarajuće hidroelektrane. Pored toga potreba ove izgradnje povećana je nedovoljnim kapacitetom jezera Bajer za primanje dotoka velikih voda Ličanke i pritoka, te velikom energetsom vrijednošću raspoložive vode, a to traži da se voda, koja bi se prelijevala preko pregrade Bajer, pumpanjem diže u jezero

Lokvarka i tako sačuva za sušnije periode. Iz tih je razloga predviđeno, da se kod izvora Ličanke podigne hidroelektrana nazvana »HE Fužine« s jednim kombiniranim agregatom koji se sastoji od turbine, električnog stroja i pumpe.

Već u prvoj etap. izgradnje postrojenja Vinodol trebalo je izgraditi glavne hidrotehničke objekte HE Fužine, to jest pregradu Lokvarka, ulazni uređaj Homer, tunel Lokvarka-Ličanka, te vodnu i zasunsku komoru Fužine. Ostaje dakle da se još izgradi zgrada



Sl. 1 — Tlocrt hidroelektrane Fužine

- | | | |
|---------------|---------------------------|--------------------------------------|
| 1 strojarnica | 3 akumulatorska baterija | 5 rasklopno postrojenje 30/10 kV |
| 2 radionica | 4 transformatorske komore | 6 Johnsonov ventil za direktni ispuh |

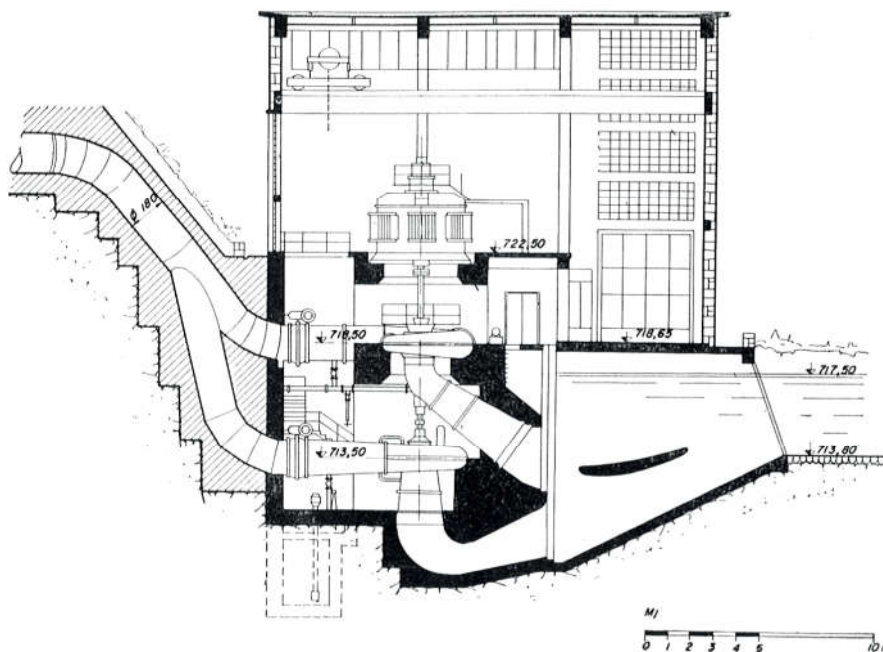
strojarnice i rasklopišta s kratkim tlačnim cjevovodom i odvodni kanal pred strojarnicom, te da se elektrana opremi strojevima i ostalim uređajima.

Energetski značaj hidroelektrane Fužine u sklopu hidroenergetskog postrojenja Vinodol očituje se u povećanju proizvodnje u prosjeku za nekih 21.500.000 kWh godišnje, od čega nešto preko sedam milijuna kWh otpada na proizvodnju same HE Fužine, dok se ostatak od nešto manje od 14.500.000 kWh odnosi na povećanje proizvodnje u HE Vinodol prerađivanjem vode sačuvane pumpanjem.

tako akumuliranom vodom povećati proizvodnju elektrane za vrijeme vršnih opterećenja.

Oprema HE Fužine bit će gotovo isključivo domaće izrade.

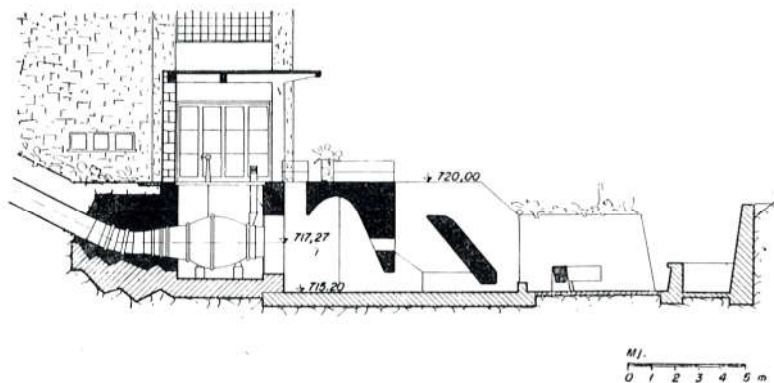
Tlačni cjevovod će se priključiti na postojeću cijev u zasunskoj komori Fužine, koja je privremeno zatvorena slijepom priрубnicom. Promjer cjevovoda je 1800 mm, odnosno 1600 mm na donjem dijelu pred strojevima. Ukupno je cjevovod dug 43,5 m. U zasunskoj komori ugradit će se sigurnosna zaklopka.



Sl. 2 — Presjek kroz strojarnicu

Prvenstveno će se HE Fužine upotrebljavati kao regulator dotoka u jezero Bajer, pa će se turbinski pogon vršiti za vrijeme većih opterećenja mreže, što će povećavati vrijednost proizvedene energije. Pored toga može se akumulacionim pumpnim pogonom za vrijeme niskih noćnih opterećenja mreže koristiti eventualni pretičak energije protočnih hidroelektrana, te

Vodna turbina je spiralna, tipa Francis F 1,155/210 s vertikalnom osovinom, izvedbe »Lito-stroj«. Kod neto-pada od 49 m i potroška od 9,9 m³/s turbina razvija snagu od 5300 KS kod 375 o/m. Turbina je izvedena za direktni čvrsti spoj s električnim strojem i s pumpom, koja leži ispod turbine. Turbinski zatvarač je zaklopka s hidrauličkim pogonom.



Sl. 3 — Uništavač energije porednog ispusta

Centrifugalna pumpa sa spiralnim kućištem izvedena je za čvrsti spoj s električnim strojem posredstvom osovine turbine. Pumpa će biti izvedbe »Litostroj« C 1,75, za srednju dobavu od 7,6 m³/s kod tlaka od 48 m i 375 o/m, te potroška pogonske snage od 5800 KS. Na tlačnoj cijevi pumpe nalaziti će se zaklopka s hidrauličkim pogonom, kojom će se po potrebi pumpa prigušavati tako, da i kod manjih visina dizanja dobava ne bude veća od 9 m³/s.

Kod pumpnog pogona vrti se rotor turbine u zraku, a kod turbinskog pogona rotor pumpe, što traži, da se pomoću tlačnog zraka istisne voda iz kućišta pumpe. Za motorni pogon sinhronizira se električni stroj pomoću turbine.

Pomoćni uređaji hidrauličkih strojeva izvest će se tako, da odgovaraju za automatski pogon i za daljinjsko upravljanje iz komandne prostorije HE Vinodol.

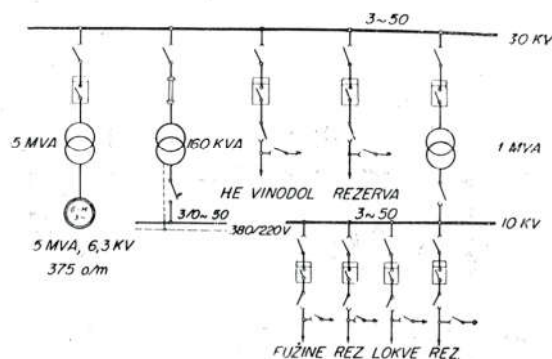
Električni stroj će biti sinhronog tipa s vertikalnom osovinom, zatvorene izvedbe, s vodnim hlađenjem, izrade »Rade Končar«. Snaga stroja kao generatora bit će 5000 kVA, $\cos \varphi = 0,8$, 6 – 6,6 kV, 50 Hz, a kao motora 4800 kW, $\cos \varphi = 1$, 5,7 – 6,6 kV, 375 o/m.

Transformator 5000 kVA, 6,3/31,5 $\pm 5\%$ kV, trofazne izvedbe za vanjsku montažu bit će spojen u bloku s električnim strojem, te će služiti za povišenje napona generatora na napon prijenosa.

Kućni transformator 160–250 kVA, 31,5/0,4 kV opskrbljivat će energijom pomoćne pogone elektrane.

Montažna dizalica u strojarnici, raspona 8,5 m, imat će nosivost od 25 t, a predviđa se motorni pogon za dizanje.

Rasklopno postrojenje 30 kV sastojat će se od 5 ćelija s jednostrukim sabirnicama. Dalekovodom 30 kV bit će vezane HE Fužine i HE Vinodol, a drugi dalekovod istog napona služiti će kao rezervna veza s mrežom.



Sl. 4 — Jednopolna principna shema hidroelektrane Fužine

Uz elektranu se predviđa i transformacija 30/10 kV s nekoliko vodova 10 kV za opskrbu energijom objekata postrojenja Vinodol i zapadnog dijela Gorskog Kotara.

Kod elektrane Fužine predviđen je gornji napon od 30 kV, jer se očekivalo, da će se do njene izgradnje u NR Hrvatskoj već izvršiti prijelaz srednjeg napona zemaljske razvodne mreže od 35 kV na normalizirani napon od 30 kV i u elektrani Vinodol. U međuvremenu taj je prijelaz već i izvršen.

Predviđa se automatsko stavljanje u pogon strojeva elektrane.

Uloga hidroelektrane Vinodol u elektroenergetskom sistemu zapadnog dijela zemlje

Ing. Hrvoje Požar, Institut za elektroprivredu, Zagreb

620.92:621.293.4(497.1):621.311.21

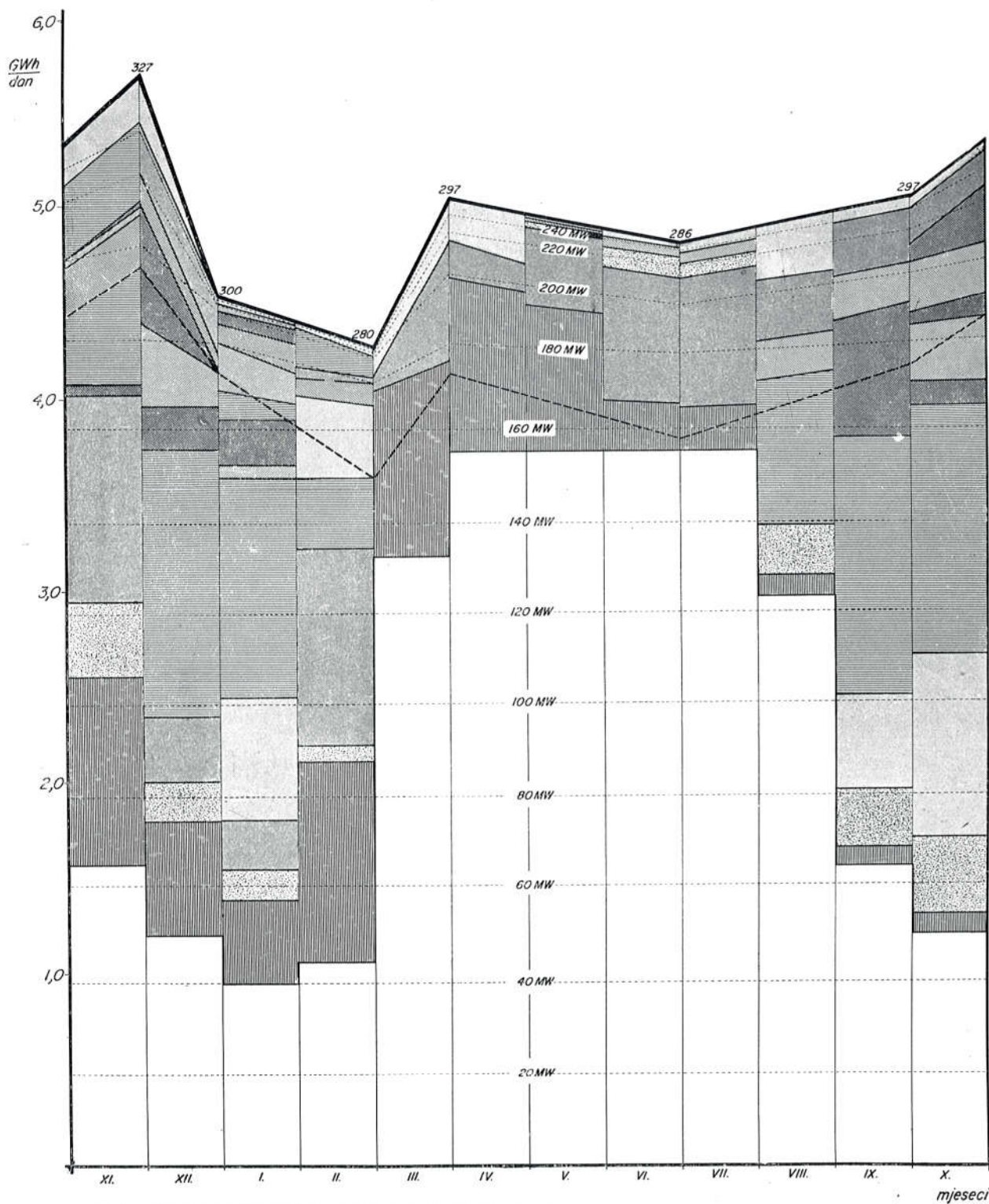
RÔLE DE LA CENTRALE HYDROÉLECTRIQUE VINODOL DANS LE SYSTÈME ÉLECTROÉNERGÉTIQUE DE LA PARTIE OUEST DU PAYS. En partant de la prévision des besoins d'énergie et de puissance du réseau de la partie Ouest de la Yougoslavie en l'année 1956, le rôle de la centrale hydroélectrique Vinodol est déterminé. L'importance capitale de la nouvelle centrale, du point de vue de fourniture de l'énergie de pointe et de l'énergie complémentaire, est constatée.

THE ROLE OF THE VINODOL HYDRO-ELECTRIC POWER STATION IN THE ELECTRO-ENERGETIC SYSTEM OF THE WESTERN PARTS OF YUGOSLAVIA. The role of the Vinodol hydro-electric power station is laid down on the basis of energy and power requirements in the electro-energetic system of the western parts of Yugoslavia for 1956. The great value of the new power station for covering peak loads as well as for producing additional energy is asserted.

Način izgradnje hidroelektrane određuje njena pogonska svojstva. Izbor veličine instalirane snage u hidroelektrani Vinodol (84 MW), vrste dovodnih organa (tlačni dovod), te mogućnost akumulacije vode na ulazu u tlačni dovod (jezero Bajer) ukazuju na to, da je ova elektrana predviđena kao vrhna u relativno velikom elektroenergetskom sistemu. Ve-

ličina akumulacionih bazena (Lokvarka i Križ) omogućuje osim toga i djelomično izravnavanje protoka, što će dozvoliti, da hidroelektrana Vinodol posluži i kao temeljna elektrana za vrijeme malih voda u ostalim hidroelektranama.

Međutim pravu vrijednost pogonskih svojstava elektrane možemo tek onda ocijeniti, kada ustanovi-



Sl. 1 — Konzumni okvir područja zapadnog dijela NR Hrvatske i NR Slovenije za godinu 1956

mo, da se mogu korisno upotrijebiti u sistemu, t. j. kada se korišćenjem tih pogonskih svojstava može postići ili bolje iskorišćenje vode u ostalim hidroelektranama ili smanjenje proizvodnje u termoelektranama. Da bi ovo ustanovili, potrebno je izvršiti raspodjelu opterećenja među elektranama u promatranom elektroenergetskom sistemu uvažujući kod toga dnevne dijagrame opterećenja kroz godinu, promjene protoka u svim hidroelektranama sistema (za jednu srednju godinu ili niz godina), a vodeći računa o što boljem iskorišćenju vode u hidroelektranama, da postignemo što jeftiniju proizvodnju, te o tehničkom minimumu u termoelektranama.

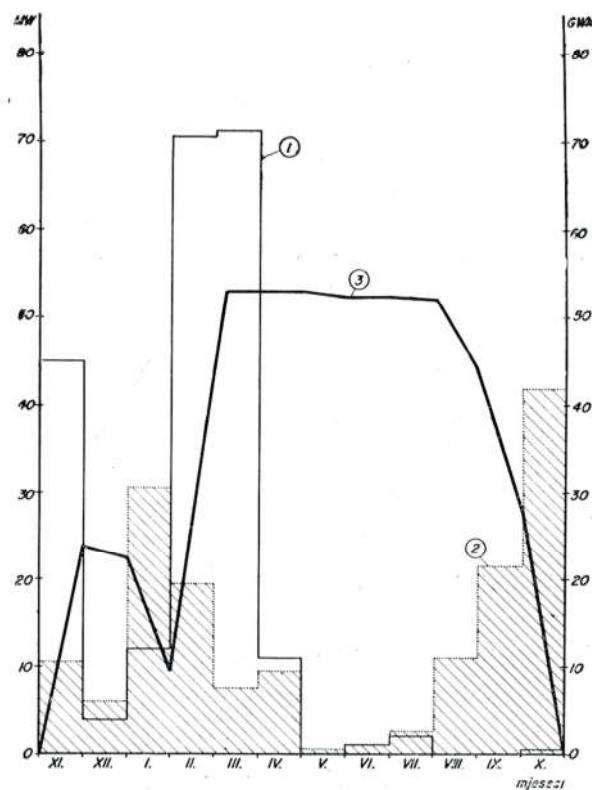
Hidroelektrana Vinodol predstavlja obzirom na instaliranu snagu najznačajniji izvor energije u elektroenergetskom sistemu zapadnog dijela Jugoslavije (Slovenija i zapadni dio Hrvatske), koji će u godini 1956 biti opskrbljivan osim iz hidroelektrane Vinodol još iz hidroelektrana na Dravi (Dravograd, Vuzenica, Fala, Mariborski otok), hidroelektrana na Soči (Doblari, Plave), hidroelektrane Gojak (vodotok Dobra — Mrežnica), te iz hidroelektrana na Savi (Moste, Medvode) s ukupnom instaliranom snagom od 215 MW, zatim iz termoelektrana (Šoštanj, Trbovlje, Konjščina, Vlača, Zagreb, Rajhenburg, Velenje) s ukupnom instaliranom snagom 142 MW. Od navedenih hidroelektrana ukupna instalirana snaga elektrana s akumulacionim bazenima za dnevno ili tjedno izravnavanje iznosi 62 MW. Uzeto je stanje u godini 1956, jer će tada biti hidroelektrana Vinodol potpuno dovršena.

Potrebe energije u promatranom elektroenergetskom sistemu u godini 1956 ocijenjene su sa 1.710 GWh, dok je maksimalno opterećenje procijenjeno sa 327 MW. Količina energije, te promjene maksimalnog opterećenja, dijagrama dnevnog opterećenja i minimalnih opterećenja tokom godine određene su analizom današnjeg konzuma uz pretpostavljeni porast potrošnje malih potrošača, a s uvažanjem prijavljenih velikih potrošača. Na osnovu pretpostavljenih dnevnih dijagrama opterećenja tokom godine određen je konzumni okvir (sl. 1.), koji predstavlja potrebe energije (ordinata u MWh/dan) i snage (linije snage) za svaki dan u godini. Površine u dijagramu predstavljaju energiju, dok je potreba snage određena linijama snage. Konzumni okvir je crtan uz pretpostavku potpune obustave velike elektrokemijske i elektrometalurške industrije u januaru i februaru (male protoke na Dravi, Soči i Savi), te postepenog obustavljanja u decembru, a postepenog stavljanja u pogon u martu.

Popunjavanjem konzumnog okvira raspoloživim količinama energije i raspoloživim snagama hidroelektrana, te dopunom manjkova energijom i snagom termoelektrana, a uvaživši kriterije ranije navedene, dobiva se raspodjela opterećenja među elektranama sistema (sl. 1.). Računato je s protokama, koje odgovaraju hidrološkoj godini 1946/47, koju možemo smatrati srednjom godinom po količini i rasporedu voda. Radi bolje preglednosti elektrane su podijeljene u četiri grupe: protočne hidroelektrane,

hidroelektrane s dnevnim ili tjednim izravnanjem, termoelektrane i hidroelektrana Vinodol.

Prema načinjenom rasporedu korišćenja elektrana hidroelektrana Vinodol će djelomično raditi kao temeljna u mjesecima januaru-februaru i septembru-oktobru. U mjesecima januaru, septembru i oktobru pokrivanje dijela temeljnog opterećenja omogućuju akumulacioni bazeni (Lokvarka i Križ), a



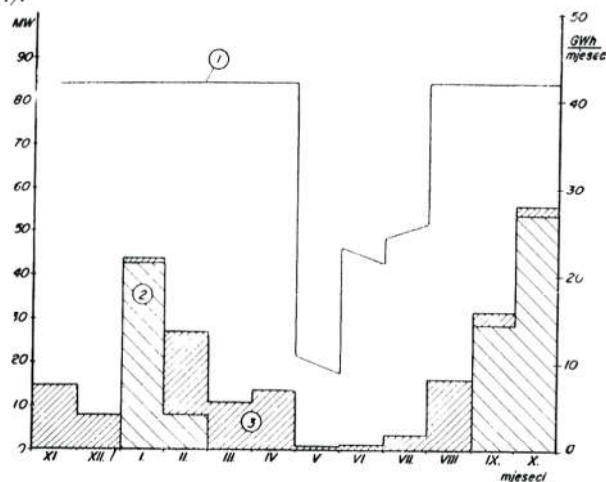
Sl. 2 — Srednje mjesečne snage i energija u akumulacionim bazenima HE Vinodol

- 1) srednja mjesečna snaga prirodnih protoka
- 2) srednja mjesečna snaga reguliranih protoka
- 3) energija u akumulacionim bazenima

ovakav rad je potreban, jer su u tom periodu protoke u ostalim hidroelektranama malene. U mjesecu februaru hidroelektrana Vinodol radi samo neznatno kao temeljna elektrana radi boljeg iskorišćenja velikih voda. Krajem januara (sl. 2.) akumulacioni bazeni nisu bili ispražnjeni, pa je bilo moguće — da je bilo potrebno — iskoristiti ih za izravnanje i tokom februara. Akumulacioni bazeni odigrali su važnu ulogu zimske nadopune, ali njihova je vrijednost još veća za nadopunu krajem ljeta (septembar-oktobar), kada protoke u svim hidroelektranama sistema padnu na male iznose. Krajem toga perioda akumulacioni bazeni bit će potpuno iscrpljeni. Od važnosti je naglasiti, da će se akumulacioni bazeni početi prazniti već u maju, što još više povećava vrijednost ovih akumulacija.

Međutim prava vrijednost nove hidroelektrane nije u mogućnosti energetskog izravnanja, nego u pokrivanju vršnog opterećenja. Hidroelektrana Vinodol radi djelomično ili potpuno kao vršna elektrana preko cijele godine. Upotrebljena je s a m o

kao vršna kroz osam mjeseci (novembar-decembar i mart-august), kad sva proizvedena energija služi za pokrivanje najviših dijelova dnevnog dijagrama (sl. 1.).



Sl. 3 — Opterećenja i proizvodnja HE Vinodol

- 1) maksimalna dnevna opterećenja
- 2) temeljna energija
- 3) vršna energija

Radni opseg HE Vinodol. — Iako hidroelektrana Vinodol ima veliku instaliranu snagu (s protokom u hidrološkoj godini 1946/47 moguće je iskorišćenje instalirane snage kroz 1795 sati godišnje), ipak će čitava instalirana snaga biti iskorištavana svakog dana kroz devet mjeseci godišnje (sl. 3.). Kroz

ostala tri mjeseca (maj-august) maksimalno opterećenje hidroelektrane Vinodol kretat će se između 18 i 52 MW, jer u tim mjesecima ima dovoljno vode u ostalim hidroelektranama, pa nije potrebna snaga iz ove hidroelektrane.

U promatrani sistem hidroelektrana Vinodol daje 46,4 GWh vršne energije, a 66,6 GWh temeljne energije, dok u mjesecima martu-aprilu dolazi do preljeva (38,0 GWh). Ali potrebno je još jednom naglasiti, da će maksimalno opterećenje hidroelektrane Vinodol biti jednako instaliranoj snazi u tri četvrtine dana godišnje. Ovo predstavlja glavnu vrijednost hidroelektrane Vinodol, jer bi zamjena ove hidroelektrane s termoelektranom iste instalirane snage zahtijevala znatno veću proizvodnju u toj termoelektrani radi nemogućnosti svakodnevne obustave, što bi se naročito odrazilo u onim mjesecima, kada je predviđen samo vršni pogon hidroelektrane Vinodol.

Uloga HE Vinodol. — Na osnovu ovog razmatranja — provedenog za konzum u godini 1956, dakle u prvoj godini nakon potpune izgradnje akumulacija za hidroelektranu Vinodol — može se zaključiti, da će već tada ova hidroelektrana odigrati značajnu ulogu u opskrbi električnom energijom energetskog sistema u zapadnom dijelu Jugoslavije.

U godinama nakon 1956 još će više nova hidroelektrana biti iskorištavana kao vršna elektrana, što će biti potrebno radi porasta opterećenja, pa će tada u još većoj mjeri doći do izražaja pogonska svojstva ove hidroelektrane, a porast konzuma eliminirat će i relativno velike preljeve, koji će se pojaviti u godini 1956.

Troškovi izgradnje hidroelektrane Vinodol

Ing. Radoslav Planić, Elektroprivredni sistem NR Hrvatske, Zagreb

621.293.4.003.2:658.17

COÛTS DE CONSTRUCTION DE LA CENTRALE HYDROÉLECTRIQUE «VINODOL». On fait la revue des dépenses de construction effectuées et des dépenses prévues pour l'intervalle de l'an 1938 à l'an 1955, date de complétion prévue pour l'aménagement Vinodol. Pour l'intervalle de temps cité, qui comprend des périodes avant, pendant et après la Seconde Grande Guerre, l'auteur tâche de ramener les valeurs numériques des dépenses dans les différentes années à la même mesure, c. — à — d. à les évalueur aux prix de l'an 1939 d'abord, et ensuite aux prix de l'an 1952, — pour rendre possibles les analyses économiques des frais de premier établissement. Au cours de cette opération, l'auteur a fait intervenir les facteurs suivants, à l'évaluation des frais matériels: le multiplicateur appliqué après la guerre aux prix de l'équipement électrotechnique importé, et l'augmentation de l'index des prix de matériaux au marché mondial et au marché domestique. Séparément, on a évalué, aux prix de main-d'oeuvre de 1939, et de 1952, les dépenses de services et de main-d'oeuvre aux différents ouvrages de l'aménagement. L'évaluation des dépenses aux prix de l'an 1939 a permis de constater, que les frais de premier établissement spécifiques, pour cette centrale de pointe, étaient d'un ordre de grandeur acceptable. L'auteur donne une argumentation pour l'évaluation calculée aux prix de 1952. Enfin, en manière de con-

clusion, on a déterminé et examiné le prix de revient de l'énergie qui sera produite à Vinodol en 1956, — ce prix étant chiffré doublement: en monnaie du pouvoir d'achat de 1939, respectivement de 1952.

THE CONSTRUCTION COSTS OF THE VINODOL HYDROELECTRIC POWER STATION. The article gives a survey of the expenses incurred and foreseen for the development of the project from 1938—1955. For these prewar, war-time and post-war periods the author tries to work out a balance of expenses, on the basis of prices with purchase power of 1939 and 1952, in order to discuss statically the investments of the power station. The favourable specific investments of this peak-load power station are stated on the basis of prices in 1939, while those on the basis of 1952 prices are also explained. For this calculation the multiplying factor for the import of electrical equipment is taken into consideration as well as the index of price increases for materials in the world market and in Yugoslavia. Then the cost of work on the individual buildings (based on the purchase power of 1939 and 1952) is worked out; and finally the costs are discussed of producing electrical energy for the year 1956 as well as the same costs under the conditions existing in 1939.

Prvi troškovi za ispitivanje građenja hidroelektrane Vinodol nastali su u jesen 1938 god. Radovi na izgradnji elektrane završeni su sada u prvoj etapi. Do potpunog završetka radova proći će 4 godine, koje će biti praćene troškovima.

Izdaci za pojedine godine bili su slijedeći:

1938	Din	210.000.—
1939	"	240.000.—
1940	"	11,516.000.—
1941	Din. i Kuna	28,181.000.—
1942	" " "	28,324.000.—
1943	" " "	12,105.000.—
1944	" " "	2,800.000.—
1945	Din	1,782.000.—
1946	"	34,527.000.—
1947	"	64,910.000.—
1948	"	84,921.000.—
1949	"	225,833.000.—
1950	"	270,546.000.—
1951	"	367,771.000.—

Ukupni stvarni izdaci u razdoblju od 1938—1951 iznosili su dakle

Din. 1,133,666.000.—

Za 1952 god. predviđeno je za građevne radove, projekte, istraživanja i odštete iznos od:

Din. 1,534,010.000.—

Perspektivnim planom 1953 do 1955 god. predviđene su slijedeće investicije:

1953	Din	1,307,840.000.—
1954	"	733,400.000.—
1955	"	383,760.000.—

Nakon 1955 god. (to znači 1956) predviđeni su izdaci za završne radove u iznosu od

Din 25,000.000.—

Naprijed navedeni izdaci odnose se dakle na građevne radove, na troškove projektiranja i istraživanja, na otkup i odštete, na upravu investitora i na sitne izdatke za pripremu kadrova.

Izvjestan dio sitnijih izdataka izvršen je prije drugog svjetskog rata. Već 1940 god. započeli su radovi na Velikom Tiću, na građenju tunela Kobiljak—Desni—Razromir i na kosom rovu. Manje, a primjetne investicije izvršene su u prvim godinama rata u okupacionoj valuti. God. 1943 još su vršeni radovi iskopa u strojarnici Tribalj. God. 1944 odustalo se od daljnje izgradnje hidrocentrale. Nakon Oslobođenja — tokom 1945 i 1946 god. — započeli su ponovno pripremni radovi u novo-dinarskoj valuti. Od god. 1947 do 1952 ova elektrana se postepeno izgrađuje kao ključni objekt 5-godišnjeg plana.

Za uređaje i drugu opremu, kao i za montažne radove izvršena je odnosno ugovorena nabava odnosno izdaci u slijedećim iznosima:

1940	Šv. fr.	679.167.—
1943	"	20.375.—
1948/50	"	10,646.884.—
1948	Lit.	421,144.400.—
1948	ČK	7,792.965.—

1952	Dol.	22.457.74
1952	Hol. For.	8.490.—
1952	Bel. fr.	38.300.—
1952	Njem. Mar.	23.573.76

Za tuzemnu opremu izdano je:

1951 Din 28,198.325.—

Tuzemna oprema predviđena je u 1952 za iznos od:
Din 163,764.000.—

a tuzemna oprema za perspektivni plan 1953/1955 iznosi:

Din 598,582.000.—

Montažni radovi iznose:

1949	Din	389.000.—
1950	"	9,576.000.—
1951	"	24,915.000.—

Za 1952 god. predviđeni su montažni radovi u iznosu od ukupno

Din 121,342.000.—

a za razdoblje 1953 do 1955 predviđeni su montažni radovi u iznosu od

Din 59,400.000.—

Svi navedeni apsolutni iznosi nijesu razmjerni količinskom opsegu izvedenih i predviđenih radova. Izgradnja hidroelektrane Vinodol odvija se u vrijeme, kada u kupovnoj moći novca nastaju poremećaji uzrokovani ratnim prilikama i poslijeratnim teškoćama oko obnove, teškoćama radi provedene blokade i sl. Sve ove objektivne teškoće imale su izravan ili posredan utjecaj na kretanje cijena. Usljed toga izdacima za izgradnju Vinodola ne dostaje ravnoteža, a da bi se mogla utvrditi cijena izvedbe pojedinih objekata odnosno cijena pojedinih uređaja i dijelova postrojenja, te konačno statički razmatrati nabavna cijena hidroelektrane Vinodol u cjelini.

Iz toga je vidljivo, da treba za ove razne valute i njihove kupovne moći u pojedinim godinama uspostaviti novčanu ravnotežu. Treba postići zajedničku cijenu koštanja ovih investicija po cijeni od 1952 god. odnosno po relativno stabiliziranoj cijeni dinara od prije rata, u koju svrhu se obično koristi cijena iz god. 1939.

Da bi se apsolutni iznosi, koji su investirani u izgradnju u pojedinim godinama mogli svesti na zajedničku cijenu, potrebno je ispitati činioce, koji su tu cijenu remetili.

Ispitivanjem porasta cijena građevnog materijala i cijene građevnih radova u razdoblju od 1939—1946* ustanovljeno je, da vagani prosjek cijena građevnog materijala raste prilično usporedno sa porastom nadnica. Indeksi porasta tipičnih građevnih materijala u tom razdoblju su slijedeći:

Količnik poskupljenja 1939—1946

Cement	2,05
Opeka	4,04
Građevno rezano drvo	3,81
Betonsko željezo	2,66
Pijesak i šljunak	4,66

* Privredni savjet DFJ: »Proizvodni troškovi u građevinskom sektoru 1946 god.«, Beograd, marta 1946.

STVARNI TROŠKOVI IZGRADNJE
(bez opreme)

G o d i n a	1938	1939	1940	1941	1942	1943	1944	1945
	S t v a r n i t r o š k o v i u							
Troškovi projektiranja		120	240	500	600	3,000	2,800	300
Ostale studije i istraživanja	210	120	120	200	400	1,100		200
Pripremni radovi			6,680	13,756	10,954	2,405		282
Radovi zahvata:								
pregrada Križ								
pregrada Lokvarka								
pregrada Bajer								
uništavač energije								
obilazni tunel sa ulaz. zatvaračnicom								
Radovi dovoda:								
tunel Križ—Lokvarka								
tunel Lokvarka—Ličanka								
tunel Bajer—Lič								
kanal Ličanka								
crpna stanica Lič								
Tlačni cjevovodi:								
cjevovod Lič								
tunel Kobiljak—Razromir			2,256	5,480				
kosi rov			2,220	4,130				
Centrale:								
pristupni tunel				825	2,730	800		
strojarnica Tribalj					8,180	4,000		1,000
razdjelna komora								
rasklopno postrojenje 110 kV								
strojarnica Fužine								
Zgrade:								
Tribalj, stambene zgrade								
Tribalj, radionica								
Radovi odvoda:								
regulacija Dubračine				3,290	5,460	800		
Vodovod željeznički								
Vodovod pitke vode								
Uprava investitora i režijski radovi								
Priprema kadrova								
Otkup i odštete								
U K U P N O	210	240	11,516	28,181	28,324	12,105	2,800	1,782

HIDROELEKTRANE VINODOL
i montaže)

Tabela I.

1946	1947	1948	1949	1950	1951	1938- 1951	1952	1953	1954	1955	1956
h i l j a d a m a d i n a r a							plan u hiljadama dinara				
1,818	700	280	4,000	7,500	8,817	30,675	27,000	26,000	18,000	16,000	10,000
5,887	200	100	1,000	2,000		11,537					
	35,110	17,494	8,080	27,630	76,238	198,629	166,232	240,000	30,000	20,000	10,000
								102,000	300,000	275,000	
			4,360	2,680	29,696	36,736	484,916	438,000	310,000	50,000	
	6,200	11,270	13,550	1,785	3,886	36,691	20,432				
					390	390	11,632				
				24,005	10,820	34,825	109,640				
							25,557	130,000	40,000		
	707	10,660	30,610	29,100	73,490	144,567	263,843	10,000			
	5,892				867	6,759					
					2,617	2,617	67,220	8,000			
								80,000			
	4,001	6,267	40,800	71,421	53,711	176,200	76,542	20,000			
	11,700	28,540	63,035	41,500	36,344	188,855	25,803				
				18,510	9,400	34,260	4,232				
						4,355					
26,822			1,930	21,100	25,718	88,750	76,906	30,000			
				1,238	953	2,191					
		7,200	18,900	943	17,933	44,976	54,206				
								42,000			
	400		3,565	4,049	350	8,364		45,000	15,000	10,000	
				1,453	1,181	2,634					
					178	9,728	49,026	120,000			
				94	3,759	3,853	10,800				
				2,776	4,831	7,607					
		3,110	36,003	12,762	1,713	53,588	11,023	9,840	5,400	2,760	
					200	200	1,000	1,000			
					4,679	4,679	48,000	6,000	15,000	10,000	5,000
34,527	64,910	84,921	225,833	270,546	367,771	1,133,666	1,534,010	1,307,840	733,400	383,760	25,000

UDIO MATERIJALA, RADNE SNAGE, NORMIRANIH TROŠKOVA I AKUMULACIJE U PRODAJNOJ CIJENI
 GRAĐEVNIH RADOVA 1947—1951.
 (u hiljadama dinara)

Tabela III.

Godina	Rad		Materijal		Neto troškovi izrade	Amortizacija i ostalo ¹		Prodajna cijena	
	iznos	%	iznos	%	iznos	iznos	%	iznos	%
1947	19,430*	31,4	12,381*	20,0	31,811	30,090*	48,6	61,901	
1948 I-V	7,857	24,1	4,819	14,7	12,676	19,971	61,2	32,647	
1948 VI-XII	13,575	27,6	7,577	15,4	21,152	28,012	57	49,164	
1949	55,700	29,6	39,802	21,4	95,502	90,763	49	186,265	
1950	88,391	35,5	54,602	21,9	142,993	106,420	42,6	249,413	
1951	103,012	30,6	64,317	19,1	167,329	169,972	50,3	337,301	
	287,965	31,4	183,498	20,00	471,463	445,228	48,6	916,691	100 ^{0/0}

* Rekonstruirano na temelju prosjeka, jer je izvađačko poduzeće 1947 g. situiralo po jediničnim prodajnim cijenama, u kojima su bili već sadržani materijal, rad, amortizacija, režija i porez t. j. slično kao 1952.

¹ U ovoj stavci sadržano je: amortizacija, režija, doprinosi, posebni troškovi, dobitak i porez.

Vagani indeks cijena građevnog materijala za ovo razdoblje iznosi 342. Indeks prosječnih nadnica za 1945 iznosi 339. Ova spoznaja opravdana je činjenicom, da se cijena koštanja građevnog materijala raznih vrsta u svom kretanju uglavnom ravna u većoj ili manjoj mjeri prema tomu, u kojem udjelu radna snaga učestvuje u troškovima proizvodnje, odnosno u kojoj visini je proizvodni proces mehaniziran.

U pravilu se to još izrazitije odražuje pri samim građevnim radovima. Usljed toga je cijena građenja — normalno — zavisna o kretanju visine plaća radništva. Ukupno poskupljenje cijene građevnih radova u razdoblju 1939-1946 iznosi 3,44 puta.

Osigurana nadnica porasla je u 5-godišnjem razdoblju od 1935—1939 od Din. 21,65 do Din 24,28. Ovo minimalno kretanje osigurane nadnice — promatrano danas — odražuje se u novčanoj ravnoteži i predstavlja konstantu, koja opravdava, da se godina 1939 smatra kao povoljna za usporedbu cijene koštanja ovog objekta s drugim sličnim hidroelektranama kod nas i u susjednim zemljama.

Iz podataka Zavoda za socijalno osiguranje* i pomoćnih vrela vidi se kretanje prosječne osigurane nadnice radnika po godinama i to:

1938	valutnih jedinica	23,64
1939	„	24,28
1940	„	26,34
1941	„	45,10
1942	„	61,49
1943	„	90,97
1944	„	281,65
1945	„	82,42
1946	„	91,27
1947	„	120,87
1948	„	128,55
1949	„	141,56
1950	„	171,—
1951	„	209,15
1952	„	225,—

* »Radnička zaštita«, Socijalno politička revija, Službeni dio, 1940.

Godina 1947 je prva godina Petogodišnjeg plana razvitka narodne privrede. Istodobno su propisane jedinstvene cijene materijala, koje su — naročito za ključne objekte — ostale u krijeposti do konca 1951.

Međutim nadnica je za to vrijeme lagano rasla. Godine 1947 nadnica iznosi Din. 120,87 (indeks 497), 1948 Din. 128,55 (indeks 529), 1949 Din. 141,56 (indeks 583), 1950 Din. 171,— (indeks 704), 1951 Din. 209,15 (indeks 863).

Jedinstvene cijene materijala treba smatrati — u odnosu na nadnice i na potrebu utvrđenja cijene građevnih radova na temelju kretanja nadnice — kao stopirane. Radi toga se taj suviše jednostavni nalaz i pravilo o gotovo usporednom kretanju cijene građevnih radova sa kretanjem građevne nadnice ne može primijeniti na građevnu cijenu u razdoblju 1947—1951 bez bitnih korektura.

Treba ispitati, u kojoj je visini trošen materijal u pojedinim godinama u razdoblju 1947—1951 na gradilištima hidroelektrane Vinodol. Ovo je potrebno iz razloga, da bi se indeks kretanja nadnica mogao vagano sniziti i na taj način upotrijebiti dobiveni, sniženi indeks u svrhu postignuća zajedničke cijene građevnih radova.

U razdoblju od 1947—1951 su se građevni radovi situirali putem izvađačkog poduzeća, dok su prijašnji radovi bili izvađani pretežitim dijelom na režijski način. Za vrijeme od 1947—1951 izvršeno je 78,5^{0/0} građevnih radova izvedenih do konca 1951 ili 40,8^{0/0} od ukupnih radova do konca 1955.

Radna snaga iznosila je 31,4^{0/0}. Ona se u pojedinim godinama kretala od 24,1^{0/0} do 35,5^{0/0}. Materijal je iznosio 20^{0/0} krećući se u pojedinim godinama od 14,7^{0/0} do 21,9^{0/0}.

U savezu s ovim glavnim faktorima građenja treba napomenuti, da su amortizacija, režija gradilišta i poduzeća, doprinosi, posebni troškovi, redovni dobitak i porez za to vrijeme iznosili 48,6^{0/0} sa kretanjem od 42,6^{0/0} do 61,2^{0/0}.

	Oprema 1940—1940 valute	Montaža 1951 Din.	Oprema 1951 Din.	Montaža 1951 Din.	Oprema 1952 Din.	Montaža 1952 Din.	Oprema 1953—1956 Din.
A. Pripremni i završni radovi		1.890.000.—		3.870.000.—		18.910.000.—	
B. I. Strojarski i električni dio							
a) Vodne turbine:							
1 turbina i dolnađni dijelovi (2 Pelton turbine)	sv. fr.	785.000.—		1.846.000.—		453.000.—	
2 turbine i 1 kućna turbina (4 Pelton turbine) ¹	"	1.178.452.—	303.961.—			338.000.—	15.600.000.—
modifikacija regulirajućih osovin	"	8.500.—				7.840.000.—	
b) Električni generatori i transformatori:							
3 generatora po 35 MVA	"	3.329.250.—		1.329.000.—		20.067.000.—	
generator 470 kVA	"	26.000.—	17.502.—	638.000.—		6.675.000.—	
2 trafo po 10000 kVA ²	Belg. fr.	469.165.—				453.000.—	
motor-generator 220 V	sv. fr.	38.500.—				1.690.000.—	
rezervni dijelovi za generatora i trafo	"	184.330.—					
promjene i dodatne dobave	"				500.000.—		
nadeplata po kliznoj formuli	"				5.700.000.—		
sporedni troškovi	"				700.000.—		
nadeplata po kliznoj formuli	"	42.354.—			715.000.—		
ukladštenje	"						
3 trafo po 35 MVA	"	1.100.550.—	828.171.—			1.355.000.—	
3 trafo po 35 MVA	"					1.243.000.—	
2 trafo po 400 kVA	"	26.055.—					
c) Raslojno postrojenje:							
komandni uređaj (aparati i releji)	"	1.365.745.—		7.787.000.—		7.986.000.—	
visokonaponski materijal	"	1.948.000.—				3.960.000.—	
						5.760.000.—	
						339.000.—	
						1.138.000.—	
komandna ploča			9.666.000.—				
d) Vezu za glavni tok energije i kućni pogon:							
kabli	Lit.	8.395.400.—				1.342.000.—	
kabli	sv. fr.	242.845.—				3.890.000.—	
motor 17,5 kVA — 380 V	DM	1.289.—	1.662.074.—			1.580.000.—	
cijevi i zasuni za rashladnu vodu			146.276.—			904.000.—	
vodni otpor			861.426.—				
ventilatori i grijanje			476.175.—				
akumulatorske baterije i pribor			448.338.—			1.243.000.—	
motorna instalacija	sv. fr.	50.200.—	1.280.289.—			113.000.—	
električni uređaj							
tri grupe sisaljki							
e) Električni zaštitni uređaji:							
uređaji za zaštitu i reguliranje za 3 grupe generatora-trafo	sv. fr.	144.980.—					
aparati protiv požara za transformatore	DM	11.500.—				154.000.—	
aparati protiv požara za transformatore						4.001.000.—	
aparati za gašenje			88.000.—				
aparati za umjetno disanje						1.225.000.—	
naprava za čišćenje ulja						205.000.—	
naprava za ispitivanje ulja						28.777.000.—	
dodatni dijelovi opreme							
II. Pomoćni uređaji							
a) Dizalica u strojarnici:							
električna oprema za dizalicu	DM	10.784.76	588.000.—	5.158.628.—	1.680.000.—		
kranska staza i 05-tonska dizalica					625.000.—		
b) Glavna i pomoćna radionica:							
radionica				536.718.—			1.866.000.—
shaping 500 mm							3.610.000.—
glodalica							1.165.000.—
rtupna bušilica							8.000.000.—
elektromotori 160 kW							461.000.—
elektromotori							
elektromotor 970 okr/min. 380 V	Dol.	1.629.63					300.000.—
uljni trafo 50 kVA	"	800.—					
aparat za električno varjenje							
alat							
c) Akumulatorske baterije					100.000.—		
220 V i 24 V						2.715.000.—	2.600.000.—
d) Klimatizacija i ventilacija							
klimatizacija — grijali	"	1.200.—					
naprava za klimatizaciju			428.000.—			226.000.—	140.000.—
ventilacija							
III. Tlačni cjevovod							
tlačni cjevovod ³	Lit.	400.000.000.—	389.000.—	719.649.—	6.320.000.—	452.000.—	
limovi za cjevovod	CK	7.792.965.—	2.671.000.—				
cjevovod za kućnu turbinu	Lit.	418.000.—	3.660.000.—				
transportni voz	Lit.	11.400.000.—					
venturi cijevi i spojni materijal	sv. fr.	1.800.—					
crteži za venturi							
IV. Hidromehanička oprema							
a) Lokvarka, Bajer i Razromir							
hidromehanička oprema Bajer i Razromir	"	448.200.—	772.000.—	11.945.—	1.020.000.—	452.000.—	
hidromehanička oprema Bajer i Razromir				357.566.—		4.070.000.—	
armatura za pom. zatvaračnicu Homer				168.817.—			
glavna i pom. zatvaračnica sa elk. pogonom Homer				562.310.—			
gruba rešetka O. R. Lokvarka				82.987.—			
tlačne cijevi, traverza sa mačkom zasun, kom. Fužine				953.764.—			
cijevi, sidra i zasun uništavača energije				423.648.—			
fina rešetka na ulazu Bajer				76.076.—			
fina rešetka, traverza sa mačkom vodne i zasunske komore							
Razromir							
glavna zatvaračnica O. R. Lokvarka					36.000.000.—	2.930.000.—	
pomoćna zatvaračnica					18.000.000.—		
gruba rešetka Križ-Lokvarka					1.200.000.—		
gruba rešetka Homer					4.500.000.—	3.270.000.—	
zatvaračnica i mehanizmi Homer					16.000.000.—		
zatvaračnica i mehanizmi Homer					26.000.000.—		
fiksna i ostale rešetke Homer					6.000.000.—		
uništavač energije					4.410.000.—		
pumpe					2.038.000.—		
rezervoar za ulje					550.000.—		
željezne konstrukcije					2.100.000.—		
sisaljka za pitku vodu	Dol.	992.80					
b) Križ							86.000.000.—
preljev							64.000.000.—
obilazni rov							48.000.000.—
zatvaračnica tunela Križ-Lokvarka							3.200.000.—
pomoćne konstrukcije							800.000.—
instalacije							
c) Električna i strojarska oprema HE Fužine ⁴							
turbina Francis 5100 KS, 10 m/s							46.000.000.—
pumpa							49.000.000.—
sinhroni generator 4,5 MVA							51.000.000.—
sinhroni motor 6 MVA							59.000.000.—
tlačni cjevovod							13.000.000.—
dnevalne pumpe i odvodnja							8.000.000.—
trafo 6,5 MVA — 6/30 kV							16.000.000.—
kućni trafo 250 kVA							1.700.000.—
montažna dizalica 25 t							9.000.000.—
raslojno postrojenje 6 kV							11.000.000.—
raslojno postrojenje 30 kV							16.000.000.—
komandno postrojenje i kabli							22.000.000.—
instalacije							4.000.000.—
pomoćni uređaji							17.000.000.—
automatska zaklopka							12.000.000.—
gredne zapornice aspiratora							2.600.000.—
d) Pumpna stanica Lit ⁴							6.000.000.—
2 vertikalne pumpe 390 1/s							4.000.000.—
2 vert. osinbrona motora 160 kW							3.400.000.—
2 uljna trafo 200 kVA							800.000.—
aparati 6 kV							5.200.000.—
ploča niskog napona sa 3 polja							400.000.—
montažno višio i traverza							2.000.000.—
uređaj automatike							600.000.—
električne instalacije							5.000.000.—
lijevane cijevi							4.000.000.—
rešetke i zapornice							
V. Služba veze							
telekomunikacija			2.500.000.—		2.169.000.—		
telefonska centrala					720.000.—		
telematarska naprava							
telefonski uređaj	"	15.009.76					
VI. Mjerni uređaji							
telematarski uređaj	"	3.425.55					
instrumenti za brzinu	Lit.	931.000.—				452.000.—	
instrumenti za mjerenje	Hil	8.490.—					
mjerilo frekvencije	Firs	159.—					
instrumenti za meteorološke stanice			140.000.—				

¹ 1940 g. sv. fr. 679.167.—, 1943 g. sv. fr. 20.375.— 1948 g. sv. fr. 478.910.—² Ovdje je obuhvaćen i trafo 30 kV za elektrifikaciju željeznica.³ Montaža 1949.⁴ Za ove stavke iznosi montaža 1953—1956 g. ukupno Din. 59.400.000.—

Iako su za to vrijeme vršeni mnogi radovi raznorodne prirode na pregradama, dovodnim uređajima, tlačnim cjevovodima, podzemnoj strojarnici i stambenim zgradama, ipak u tom razdoblju postoji pravilnost u odnosu, koji se primjećuje između radne snage i materijala, a koji odnos iznosi 3:2.

Razmjernim dodavanjem naprijed navedenih (»normiranih« i ostalih) troškova i akumulacije na ove nosioce troškova, podvostručuju se brojke odnosa materijala i radne snage i dobivaju se nove brojke 6:4.

Vrijedno je mimogred napomenuti, da su francuski projektanti putem »L' Électricité de France« sakupili svoja iskustva o izgradnji hidroelektrana i o cijenama. Tom prilikom razmatrano je pitanje variranja cijena. U tu svrhu korišćena je također formula:

$$\begin{aligned} & 0,60 \frac{\text{Plaće (1 + koef. soc. osig.)}}{\text{Plaće »O« (1 + koef. soc. osig.)}} \\ & + 0,20 \frac{\text{Cijena cementa}}{\text{Cijena cementa »O«}} \\ & + 0,20 \frac{\text{Cijena čelika (betonskog željeza)}}{\text{Cijena čelika (betonskog željeza) »O«}} \end{aligned}$$

(»O« označuje polazni datum — srpanj 1946).

Tamo se dakle rad javlja opet sa 60%, a materijal — obuhvaćen u reprezentativnim artiklima cementu i betonskom željezu — sa 40%. Vjerojatno postoje činioci, koji kompenzaciono djeluju tako, da odnos između materijala i radne snage ostaje nepromijenjen (veće nominalne plaće, ali i veća mehanizacija uz slobodno kretanje cijena građevnog materijala 1946—1949 na francuskim gradilištima, a manje nominalne plaće, veći udio manualnog rada, manja mehanizacija i stopirane cijene građevnog materijala u razdoblju 1947—1951 na gradilištima Vinodol).

Radovi na nasutim branama su — naravno — izuzeti od tog omjera. Planom građevnih radova za 1952 utvrđena je slijedeća struktura i apsolutni iznosi:

	000 Din.	Procenti
Materijal	419,638.—	29,2
Plaće	276,439.—	19,3
Amortizacija	106,000.—	51,5
Režija građenja, lična	83,679.—	
Režija građenja, mater.	149,750.—	
Režija uprave, lična	9,234.—	
Režija uprave, mater.	22,088.—	
Akumulacija 100%	369,352.—	100
	1,436,180.—	

U prošlom 5-godišnjem razdoblju bio je odnos radne snage naprama materijalu 31,4% : 20%, a 1952, kada su u toku radovi na nasutim branama, odnos radne snage naprama materijalu glasi 19,3% : 29,2%. Procentualni odnos se gotovo preokrenuo.

Razmatranjem procenata kvalificirane i nekvalificirane radne snage, koja sudjeluje u građevnom procesu u prijašnjem razdoblju i danas, utvrđujemo, da se taj odnos preokrenuo i to tako, da je u prijašnjem

razdoblju, kada su bili u toku radovi u betonu i armiranom betonu, bio potreban veći broj kvalificirane radne snage, a manji broj nekvalificirane, dok je danas — kada su u toku radovi na nasutoj brani — obratno:

Radne grupe	Radovi u armiranom betonu i betonu na dovodima, tlačnim cjevovodima, betonskoj brani i podzemnoj centrali	Radovi na nasutoj brani
	1947—1951	1952
I	2%	2%
II	10%	15%
III	14% —	4% +
IV	18%	36%
V	14%	17%
VI	15%	12%
VII	16% —	8% +
VIII	6%	4%
IX	5%	2%
	100%	100%

Istodobno je materijal preveden na nove ekonomske cijene i na taj način se odnos cijena između radne snage i materijala na gradilištu Vinodol u 1952, kada su u toku masovni radovi na brani Lokvarka, preokrenuo u korist materijala.

Iz ovih saznanja se naravno ne može utvrditi trajni temeljni odnos između materijala i radne snage, kako na gradilištu Vinodol, tako i na ostalim gradilištima. Ova saznanja praktički su potrebna, da bi se za pojedine godine mogla koristiti u razdoblju 1947—1951 u cilju formiranja količnika kretanja odnosno porasta građevne cijene.

U 1947 učestvuje materijal u prodajnoj cijeni sa 20%. Opteretiti li se materijal — kao jedan od dvaju odlučujućih faktora građenja — sa pripadajućim dijelom amortizacije, režija, doprinosa AOR-u i za kadrove, posebnim troškovima, dobitkom i porezom, tada se materijal penje od 20% na 39%.

Najvažniji artikal za gradnju hidroelektrana je cement. God. 1939 je maloprodajna cijena cementa iznosila Din. 67 za 100 kg*. Prodajna cijena 100 kg cementa na veliko na 300 km od proizvođača iznosi 1946 Din. 137,45. Ova je cijena uvažena prilikom formiranja vaganog indeksa porasta građevinskih cijena 1939—1946 od 344. Jedinstvena cijena 100 kg cementa propisana je 1947 god. sa Din. 147,50, a to — u načelu — odgovara indeksu cijene građevnih radova od 369.

Radna snaga učestvuje na građevnim radovima Vinodol 1947 god. sa 31,4%. Opterećenjem radne snage, kao odlučujućeg faktora, sa pripadajućom amortizacijom, režijom i ostalim troškovima do uključivo poreza, penje se postotak od 31,4% na 61%.

* »Proizvodni troškovi u građevinskom sektoru 1946 god.«, Privredni savjet DFJ, Beograd, mart 1946, str. 1.

PREGLED PROSJEČNIH NADNICA
OD 1937 DO 1952 GOD. Tabela IV.

	Din	1939 kao 100
1937	22,71	93,5
1938	23,64	97,3
1939	24,28	100
1940	26,34 a)	108
1941	45,10	186
1942	61,49	252
1943	90,97	384
1944	281,65 b)	1.160
1945	82,42 c)	339
1946	91,27	386
1947	120,87 d)	497
1948	128,55	529
1949	141,56	583
1950	171,— e)	704
1951	209,15e)	863
1952	225,— e)	925

- a) Izračunano na temelju kretanja prosječne osigurane nadnice za vrijeme od I.-IX. 1940.
b) Izračunano na temelju kretanja prosječne osigurane nadnice za vrijeme od I.-X. 1944.
c) Izračunano na temelju kretanja prosječne osigurane nadnice za vrijeme od X.-XII. 1945.
d) Izračunano na temelju kretanja prosječne osigurane nadnice za vrijeme od VIII.-XII. 1947.
e) Izračunano na temelju podataka elektrograđevnih poduzeća, jer se za 1950, 1951 i 1952 nijesu više sastavljale službene tablice kretanja osigurane nadnice.

Množenjem procenata udjela materijala i radne snage sa njihovim indeksima postizava se slijedeći rezultat:

	%	Indeks	Indeks građevne cijene
1947 Materijal	= 39 po 369	= 144	
Rad	= 61 po 497	= 315	459.

Na taj način je izvršena korektura prvotnog indeksa porasta cijene građevnih radova pretpostavljenog na temelju kretanja osigurane nadnice sa 497 na indeks 459 za građevne radove u 1947.

UTVRĐIVANJE INDEKSA POSKUPLJENJA 1947—51 NAPRAMA 1939

na osnovi porasta osigurane nadnice, uz uvažavanje stopiranih cijena materijala

(računano na temelju cijena cementa)

Tabela V.

Temelj: 1939	67,—	=	100	
1947	147,5	=	369	
Utvrđena cijena cementa kod koeficijenta				
3,44	137,4	=	344	
1947 M	= 39 po 369	=	144	
R	= 61 po 497	=	315	459
1948 M	= 32,8 po 369	=	122	
R	= 67,2 po 529	=	356	478
1949 M	= 42 po 369	=	155	
R	= 58 po 583	=	338	493
1950 M	= 38,2 po 369	=	141	
R	= 61,8 po 704	=	436	577
1951 M	= 38,4 po 369	=	142	
R	= 61,6 po 863	=	533	675

Za slijedeće godine ova korektura glasi kako slijedi:

1948 sa indeksa 529 na indeks 478
1949 sa indeksa 583 na indeks 493
1950 sa indeksa 704 na indeks 577
1951 sa indeksa 863 na indeks 675.

Konačni indeksi kretanja cijena izvedenih građevnih radova Vinodol utvrđeni su za razdoblje 1938—1951 prema ovom iskazu:

God. 1939 kao 100

1938	97,3
1939	100
1940	108
1941	186
1942	252
1943	384
1944	1160
1945	339
1946	386
1947	459
1948	478
1949	493
1950	577
1951	675

Uvažavanjem ovih količnika svedeni su stvarni izdaci za građevne radove, projektne i istražne radove, kao i izdaci za upravu investitora, pripremu kadrova, te otkup i odštete, koji su nastali u razdoblju od 1938 do 1951, na cijenu iz 1939.

Za projektne radove i pripremu kadrova bi trebalo smanjiti indeks, jer je udio radne snage gotovo isključiv odnosno znatno veći od udjela drugih faktora. Indeks kvalificiranog osoblja iznosi danas 580—600 odnosno sa akumulacijom 1160—1200 naprama 1939. No projektantske investicije i priprema kadrova su relativno sitne investicije u odnosu na cjelokupnu izgradnju Vinodol. Uslijed toga pogrešno bi bilo tražiti točnost na ovim sporednim investicijama ostavljajući istodobno po strani netočnosti, koje su se nehotice — u znatnijoj mjeri od netočnosti sa količnikom za projektantske usluge — uvukle prilikom korišćenja količnika pojedinih godina za formiranje zajedničke cijene građevnih radova.

U 1952 god. cijene materijala teku u građevinarstvu ponovno usporedno s izdacima iz naslova nadnica (nadbice + 100% akumulacije). Te godine nadnica iznosi Din. 225.—, indeks 925,5. Na nadnice se plaća u građevinarstvu 100% akumulacija, čime se postizava indeks od

1851 (god. 1952).

Istodobno iznosi cijena cementa Din. 1500.— za 100 kg, indeks 2238.

Cijena betonskog željeza iznosi u 1952 Din. 88.— naprama Din. 4,30 za 1 kg u 1939. Indeks 2043.

Cijena rezanog drva iznosi u 1952 Din. 12750.— naprama Din. 600.— za 1 m³ u 1939 god. Indeks 2120.

Cijene materijala se časovito kreću primjetno iznad izdataka iz naslova nadnica (nadbice + aku-

mulacija): odnos 2043 do 2230 naprama 1851. Sigurno je, da će se cijene građevnog materijala postepeno prilagoditi tržištu i tako u grubom u vaganom indeksu postepeno uskladiti s današnjim izdacima iz naslova nadnica (nadnice i akumulacija).

Usljed toga je uputno primijeniti za planirane građevne radove u Vinodolu, koji su u toku 1952 godine, i za radove 1953—1956 nadnični količnik od 18,51.

Praktična posljedica primjene ovog — časovito — niskog količnika je kalkuliranje cijene građevnih radova 1939 prema gore i osiguranje protiv eventualnih nerealno povoljnih rezultata.

Postavlja se pitanje, na koji način svesti na zajedničku vrijednost montažne radove, koji su vršeni od 1949—1951. Nadalje, na koji način treba obračunati na god. 1939 montažne radove u toku i radove, koji će biti vršeni na montaži hidromehaničke i elektrostrojarske opreme do 1955.

Značajka montažnih radova kod nas je pretežiti monstroski rad, primjetna primjena mehanizacije i neznan udio ostalog montažnog i pomoćnog materijala.

Radi toga su montažni radovi za razdoblje 1949—1951 svedeni na zajedničku cijenu primjenom indeksa kretanja nadnica korigiranog sa stopiranjem cijena materijala 1947.

U 1952 god. plaća se na montažne radove vršene u Vinodolu akumulacija od 400%. Stopa akumulacije je među inim instrumenat razine cijena. Usljed toga se i stopa akumulacije za montažne radove nalazi u fazi ispitivanja. Stopa akumulacije za hrvatska montažna poduzeća iznosila je 1952 godine 250%.

U cilju kalkuliranja cijene investicija za Vinodol 1939 godine prema gore korisno je montažne radove izravnati sa građevnim radovima u pogledu količnika za 1952 god.

Prema tomu količnici montažnih radova glase, kako slijedi:

	1939 kao 100
1949	583
1950	704
1951	863
1952—1955	1851

U cilju ustanovljenja cijene uređaja i opreme, koji su u raznim zemljama izrađivani i kupovani po cijenama tržišta u času nabave, potrebno je pregledati listu kretanja cijena opreme i građevnog materijala u nekoliko tipičnih zemalja, a naročito u Švicarskoj, za razdoblje od 1938 god. do danas. U tu svrhu upotrebljeni su pri rješavanju pitanja kretanja cijena uvozne opreme mjesečni podaci Statističkog ureda Ujedinjenih Naroda o velikoprodajnim cijenama građevnog materijala (Wholesale prices of building materials^{*}). Ova ugledna statistička služba ne prati posebno kretanje cijena električne i strojne opreme, no tok kretanja cijena građevnog materijala u pojedinim ze-

mljama iz mjeseca u mjesec tokom niza godina je radi koneksiteta siguran temelj za ocjenu kretanja cijena opreme¹.

KRETANJE VELIKOPRODAJNE CIJENE GRAĐEVNOG MATERIJALA U SVIJETU

(Wholesale prices of building materials—April 1951, str. 193 — «Monthly Bulletin of Statistics—Statistical Office of the United Nations» — October 1951, str. 184)

Tabela VI.

Godina	Francuska	Španija	Švicarska	USA	Finska
1938	100	110	113	95	102
1939	108	131	118	95	105
1940	125	160	149	100	133
1941	135	181	172	108	161
1942	158	197	179	116	199
1943	172	205	183	117	227
1944	204	219	189	121	245
1945	374	233	193	124	397
1946	511	259	200	139	630
1947	638	369	208	189	715
1948	1313	449	220	209	1048
1949	1515	409	215	203	1027
1950	1516—1606	474	198	216	1160
August 1951	1400	556	236	234	Juni 1548

Vidljivo je, da je do kolovoza 1951 godine naprama 1938 godini cijena porasla u Francuskoj 14-struko, u Švicarskoj i USA nešto više od dvostruko, u Španiji 5-struko, a u Finskoj 15-struko.

Švicarska pokazuje 1948 godine, kada je nabavljen najveći dio uređaja, indeks 220, a 1939 indeks 118 (1939 god. kao 100, 1948 godina indeks 186,1).

Kupovne cijene uređaja nabavljenog u Švicarskoj svedene su na temelju indeksnog količnika za pojedinu godinu na kupovnu cijenu u švicarskim francima 1939 god. i množene sa predratnim tečajem.

Za Italiju, daljnijeg jakog dobavljača uvozne opreme Vinodol, ne postoje podaci o kretanju cijena materijala i opreme putem statističke službe Ujedinjenih naroda. Radi toga upotrebljen je podatak o indeksu 2230 za francusku opremu crpljen iz «L'Électricité de France» s obzirom na slično poslijeratno privredno stanje u obim zemljama. Za električne uređaje nabavljene u Zapadnoj Njemačkoj utvrđen je za 1950 god. indeks od 144 usporedbom cjenika «AEG Preisliste» 1939 godine i 1950 godine.

Tuzemna prema odnosi se pretežitim dijelom na hidromehaničku opremu i pomoćne uređaje. Glavni materijal za izradu ove opreme jesu lijevano željezo i čelik. Oprema je dobavljana tokom 1951 i 1952 g. Nadalje će tokom 1953 do 1955 biti nabavljena i montirana hidromehanička oprema na brani Križ, pumpnoj stanici Lič, te električna i strojarska oprema u hidroelektrani Fužine nakon završetka građevnih radova. Cijena željeza za hidromehaničku opremu iznosi danas Din 300.— do 350.— po 1 kg naprama

* Statistical Office of the United Nations: «Monthly Bulletin of Statistics», April 1951, str. 193, October 1951, str. 184.

¹ Ovaj pregled istodobno pruža grubi uvid u posljedice rata na privredni život i cijene pojedinih zemalja i u poteškoće, koje se u savezu s tim javljaju oko potpune ravnoteže kupovne moći novca.

TROŠKOVI IZGRADNJE
po cijenama iz 1939
(bez opreme)

	1938	1939	1940	1941	1942	1943	1944	1945	1946
Troškovi projektiranja		120	222	268	238	782	242	88	470
Ostale studije i istraživanja	217	120	111	108	159	287		59	1,525
Pripremni radovi			6,180	7,400	4,350	626		83	
Radovi zahvata:									
pregrada Križ									
pregrada Lokvarka									
pregrada Bajer									
uništavač energije									
obilazni tunel sa ulaz. zatvaračnicom									
Radovi dovoda:									
tunel Križ—Lokvarka									
tunel Lokvarka—Ličanka									
tunel Bajer—Lič									
kanal Ličanka									
crpna stanica Lič									
Tlačni cjevovodi:									
cjevovod Lič									
tunel Kobiljak—Razromir			2,090	2,944					
kosi rov			2,054	2,220					
Centrale:									
pristupni tunel				444	1,082	208			
strojarnica Tribalj					3,250	1,043			
razdjelna komora								296	6,960
rasklopno postrojenje 110 kV									
strojarnica Fužine									
Zgrade:									
Tribalj, stambene zgrade									
Tribalj, radionica									
Radovi odvoda:									
regulacija Dubračine				1,767	2,174	208			
Vodovod željeznički									
Vodovod pitke vode									
Uprava investitora i režijski radovi									
Priprema kadrova									
Otkup i odštete									
U K U P N O	217	240	10,657	15,151	11,254	3,154	242	526	8,955
% izvršenja ukupnih građevnih radova (uključiv projektiranje, istraživanje, otkup i odštete)	—	—	2,4 ⁰ / ₀	3,4 ⁰ / ₀	2,5 ⁰ / ₀	0,7 ⁰ / ₀	—	0,1 ⁰ / ₀	2 ⁰ / ₀

HIDROELEKTRANE VINODOL

u hiljadama dinara
i montaže)

Tabela VII.

1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	Ukupno	Ukupno po vrstama objekata i investira- nja
153	59	812	1,303	1,307	1,460	1,408	974	866	542	11,314	
44	21	203	346							2,200	13,514
7,640	3,660	1,640	4,785	11,280	8,990	12,960	1,624	1,084	542	72,844	72,844
						5,520	16,240	14,860		36,620	
1,350	2,358	884 2,748	464 309	4,395 575	26,200 1,106	23,720	16,780	2,709		75,152	
			4,160	58 1,616	628 5,924					8,446	
										686	
										11,700	132,604
					1,380	7,040	2,163			10,583	
154	2,229	6,215	5,040	10,870	14,260	542				39,310	
1,282				128	3,680	433				1,410	
				387		4,332				4,500	
										4,332	60,135
872	1,311	8,275	12,400	7,950	4,140	1,083				36,031	
2,543	5,965	12,810	7,180	5,368	1,396					41,296	
			3,209	1,391	228					9,102	86,429
		391	3,655	3,808	4,153	1,624				1,735	
			214	141						25,180	
	1,508	3,831	163	2,657	2,930					355	
						2,272				11,089	
										2,272	40,631
87		723	700	52		2,433	812	542		5,349	
			252	175						427	5,776
					26	2,654	6,480			13,309	13,309
					16	584				1,157	
			480	716						1,196	2,353
	651	7,300	2,214	254	602	532	292	149		11,994	11,994
				30	54	54				138	138
				693	2,595	324	812	542	271	5,237	5,237
14,125	17,762	45,832	46,890	54,434	82,964	70,757	39,697	20,752	1,355	444,964	444,964
3,20/0	40/0	10,30/0	10,50/0	12,80/0	18,50/0	15,90/0	8,70/0	4,70/0	0,30/0	1000/0	—

Din 10.— do 15.— u 1939 god. Prosječan indeks za 1952 god. iznosi 2600. Cijena željeza u 1952 g. određena je pomoću faktora 6 (za odljeve od čelika, sivog lijeva i temper-ljeva).

Usljed toga za tuzemnu opremu 1951 god. indeks iznosi 434 naprama 1939 god.

Izvedba za tuzemnu opremu Vinodol:

	1939 kao 100
1951	434
1952—1955	2600.

Na taj način utvrđena je cijena građevnih radova, opreme i montaže u Vinodolu. Ona omogućuje utvrditi amortizaciju i vraćanje investicionih sredstava unutar akumulacije, osnovati poslovne knjige, pratiti tok napredovanja radova posredstvom evidencije o novcu i srediti dokumentaciju za kolaudaciju.

Sveukupni građevni radovi (uključivši projektiranje i istraživanja, odštete, pripremanje kadrova i upravu investitora) cijene se na Din. 444,964.000.— iz 1939 god., i to:

Cijene građevnog dijela sa kupovnom moći 1939 g.

građevni radovi	Din. 414,081.000.—
projektiranje i istraživanje	Din. 13,514.000.—
uprava investitora i režij. radovi	Din. 11,994.000.—
priprema kadrova	Din. 138.000.—
otkup i odštete	Din. 5,237.000.—
	Din. 444,964.000.—

Ovi radovi vršeni su u pojedinim godinama u slijedećem opsegu:

Investicije za građevni dio u pojedinim godinama sa kupovnom moći 1939 g.

Izvedeno	Opseg %	Dinara
1938		217.000.—
1939		240.000.—
1940	2,4	10,657.000.—
1941	3,4	15,151.000.—
1942	2,5	11,254.000.—
1943	0,7	3,154.000.—
1944		242.000.—
1945	0,1	526.000.—
1946	2	8,955.000.—
1947	3,2	14,125.000.—
1948	4	17,762.000.—
1949	10,3	45,832.000.—
1950	10,5	46,890.000.—
1951	12,8	54,434.000.—

Izvedba u toku i plan

1952	18,5	82,964.000.—
1953	15,9	70,757.000.—
1954	8,7	39,697.000.—
1955	4,7	20,752.000.—
1956	0,3	1,355.000.—
	100,0	444,964.000.—

Na prikazani način predloženi su jednoznačno najgrublji podaci o građevnom dijelu Vinodola.

Cjelokupna oprema i montaža Vinodol cijeni se na Din. 178,979.000.— sa kupovnom moći 1939 god.

Cijena montažnog dijela sa kupovnom moći 1939 god.

uvozna oprema	Din. 129,191.000.—
tuzemna oprema	Din. 35,860.000.—
montažni radovi	Din. 13,928.000.—
	Din. 178,979.000.—

Sveukupne investicije Vinodol cijene se prema tome na Din. 623,943.000.— sa kupovnom moći 1939, od čega se odnosi na građevni dio (uključivo projektiranje i istražne radove, upravu investitora, otkup i odštete, te pripremu kadrova) 71,4⁰%, na opremu 26,4⁰%, a na montažne radove 2,2⁰%; ukupno uređaji 28,6⁰%.

Odnos cijene građevnih radova naprama cijeni uređaja je u talijanskim elektranama slijedeći*:

	Godišnja proiz- vodnja GWh	Pad	Građev- ni radovi ‰	Uređaj (oprema) ‰
Alpska postrojenja sa samostalnim izravna- njem	95	visoki	85,2	14,8
„	97	„	82,9	17,1
Alpska postrojenja sa potpunim izravna- njem	157 do 745	srednji	68,3 do 84,7	15,3 do 31,7
Apeninska postroje- nja sa potpunim iz- ravnanjem	210	visoki	73,7	26,3
„	430	„	75,9	24,1

Procentualan odnos troškova građenja i montiranja Vinodola u skladu je sa talijanskim iskustvima izgradnje hidroelektrana. Nešto veći procenat troškova uređaja (između 26,3 i 28,6⁰%) opravdan je razmjerno većim troškovima opreme tlačnog cjevovoda.

Tlačni cjevovod Vinodol spada među deset najvećih tlačnih cjevovoda u Evropi. Koliko je poznato, u nama bližim zemljama montirani su slični cjevovodi u hidroelektrani Gorenza kod Merana (pad p. 660 m), te cjevovodi u hidroelektranama Dixence (pad 1700 m) u Švicarskoj i Bissorte (pad 1400 m) u Francuskoj.

Troškovi opreme tlačnog cjevovoda Vinodol iznose trećinu (33,1⁰%) cjelokupne opreme odnosno 9,5⁰% od sveukupnih investicija Vinodol.

Jednoznačna cijena investicija Vinodol po cijena-
ma iz g. 1939 omogućuje, da se putem količnika za pojedine investicione elemente utvrdi cijena investicija u novim ekonomskim cijenama 1952 godine.

* Mainardis: »Centrali elettriche« — Edit. Ulrico Hoepli, Milano 1949, str. 462.

	Oprema 1940—1950	Montaža 1940—1950	Oprema 1951	Montaža 1951	Oprema 1952	Montaža 1952	Oprema 1953—1956	Ukupno	Ukupno po vrstama uređaja
A. Pripremni i završni radovi		268		449		1.024		1.741	1.741
B. I. Strojarski i električni dio									
a) Vodne turbine:									
1 turbina i doknadni dijelovi (2 Pelton turbine)	4.870		71	191		30		5.091	
2 turbine i 1 kućna turbina (4 Pelton turbine)	9.395					1.260		10.655	
modifikacija regulirajućih osovin	53							53	15.870
b) Električni generatori i transformatori:									
3 generatora po 35 MVA	20.700			230		1		22.494	
generator 470 kVA	162		4					166	
2 trafo po 10000 kVA	2.855					250		3.105	
motor-generator 220 V	20							20	
rezervni dijelovi za generatore i trafo	1.058							1.058	
promjene i dodatne dobave					19			19	
nadoplata po kliznoj formuli					314			334	
sporedni troškovi					27			27	
nadoplata po kliznoj formuli	224							224	
usklađivanje					27			27	
3 trafo po 35 MVA	6.540					141		6.681	
3 trafo po 35 MVA			193					193	
2 trafo po 400 kVA	140							149	34.497
c) Raslojeno postrojenje:									
komandni uređaj (aparati i releji)	7.740							7.740	
visokonaponski materijal	11.080							12.118	
komandna ploča			2.248	900		1.038		9.148	23.006
d) Veze za glavni tok energije i kućni pogon:									
kabli	990							990	
kabli	1.379							1.691	
motor 17,5 kVA — 380 V	35					252		35	
cijevi i zasuni za rashladnu vodu			186			85		471	
vodni otpor			14			59		93	
ventilatori i grijanje			200					200	
akumulatorske baterije i pribor			111					111	
motorna instalacija			104					104	
električni uređaji			298			67		365	
tri grupe sisaljki	286					6		292	4.292
e) Električni zaštitni uređaji:									
uređaji za zaštitu i reguliranje za 3 grupe generator-trafo	900							900	
aparati protiv požara za transformatore	93							93	
aparati protiv požara za transformatore					6			6	
aparati za gašenje					154			154	
aparati za umjetno disanje			20					20	
naprava za čišćenje ulja					47			47	
naprava za ispitivanje ulja					8			8	
dodatni dijelovi opreme					1.106			1.106	
II. Pomoćni uređaji									
a) Dizalica u strojarstvu:									
električna oprema za dizalicu									
kranska staza i 65-tonska dizalica	87	83	1.200	268				1.551	
b) Glavna i pomoćna radionica:									
radionica			125					125	
shaping 500 mm							72	72	
gledalica							140	140	
stupna bušilica							45	45	
elektromotori 160 kW							308	308	
elektromotori							18	18	
elektromotor 970 okr/min. 380 V	37						12	37	
uljni trafo 50 kVA								12	
aparati za električno varenje	18							18	
alat					19			19	
c) Akumulatorske baterije									
220 V i 24 V						140	100	240	
d) Klimatizacija i ventilacija:									
klimatizacija — grijalci	27						9	27	
naprava za klimatizaciju								9	
ventilacija			60			14		113	2.826
III. Tlačni cjevovod									
tlačni cjevovod	47.100	67	167	733		25		48.092	
linexi za cjevovod	5.910	310**						6.220	
cjevovod za kućnu turbinu	10							49	
transportni voz		424**						424	
venturi cijevi i spojni materijal	1.342							1.342	
crteži za venturi	10							10	59.137
IV. Hidromehanička oprema									
a) Lokvarka, Bajer i Razremir									
hidromehanička oprema Bajer i Razremir	2.386	110		118		245		2.859	
hidromehanička oprema Bajer			3					3	
armatura za pom. zatvaračnicu Homer			60					60	
glavna i pom. zatvaračnica sa elk. pogonom Homer			132					132	
gruba rešetka O. R. Lokvarka			131					131	
tlačne cijevi, traverza sa mačkom zasun. kom. Fuzine			19					19	
cijevi, sidra i zasun uništavača energije			222					222	
gruba rešetka na ulazu Bajer			98					98	
traverza sa mačkom vođne i zasunske komore			18					18	
Razremir									
glavna zatvaračnica O. R. Lokvarka					1.384			1.384	
pomoćna zatvaračnica O. R. Lokvarka					692	160		1.544	
gruba rešetka Kriš-Lokvarka					46			46	
gruba rešetka Homer					173	177		350	
zatvaračnica i mehanizmi Homer					616			616	
zatvaračnica i mehanizmi Homer					966			966	
fiksna i onale rešetke Homer					230			230	
uništavač energije					170			170	
pumpe					78			78	
rezervoar za ulje					21			21	
željezne konstrukcije					81			81	
sisaljka za pitku vodu	9							9	6.525
b) Kriš									
preljev							3.700	3.700	
obloženi rov							2.460	2.460	
zatvaračnica tunela Kriš-Lokvarka							1.840	1.840	
pomoćne konstrukcije							123	123	
instalacije							31	31	8.154
c) Električna i strojarska oprema ME Fuzine									
turbina Francis 5500 KS, 10 m/s							1.770	1.770	
pumpa							1.880	1.880	
sinhroni generator 4,5 MVA							1.950	1.950	
sinhroni motor 6 MVA							2.266	2.266	
tlačni cjevovod							498	498	
drnatne pumpe i odvodnja							308	308	
trafo 6,5 MVA — 670 kV							614	614	
kućni trafo 250 kVA							50*	50*	
montažna dizalica 25 t							346	346	
raslojeno postrojenje 6 kV							423	423	
raslojeno postrojenje 30 kV							614	614	
komandno postrojenje i kabli							815	815	
instalacije							154	154	
pomoćni uređaji							652	652	
automatska zaklopka							461	461	
gređne zapornice aspiratora							100	100	16.140
d) Pumpna stanica Liš									
2 vertikalne pumpe 390 t/s							240	240	
2 vert. asinhrona motora 160 kW							154	154	
2 uljna trafo 200 kVA							131	131	
aparati 6 kV							31	31	
ploča niskog napona sa 3 polja							200	200	
montažno virlo i traverza							15	15	
uređaji automatike							27	27	
električne instalacije							23	23	
lijevane cijevi							192	192	
rešetke i zapornice							154	154	1.217
V. Služba veze									
telekomunikacija			583		83			583	
telefonska centrala					28			28	
telematarska naprava									
telefonski uređaji	342							342	1.050
VI. Mjerni uređaji									
telematarski uređaji	78							78	
instrumenti za branu	110					25		110	
instrumenti za mjerenje	157							157	
instrumenti za meteorološke stanice	1		33					33	404
UKUPNO:	129.192	1.262	6.559	2.859	6.295	6.567	23.006	178.979	178.979

** — Utvrđeno količnikom za 1951.

* — Montaža 1953—1956 predviđena sa Din. 3.209 × 1000.

ODNOS INVESTICIJA HE VINODOL 1939—1952 PO INVESTICIONIM ELEMENTIMA

Tabela IX.

	1939 1000 Din.	%	Indeks 1952	1952 po indeksima Din.	1952 po % iz 1939 Din.
Građevni dio	444,964	71,4	1.851	8,,236,283.640.—	9,,590,627.100.—
Oprema uvoz	129,191	20,7	2.800	3,,617,348.000.—	} 3,,841,623.740.—
„ tuzemna	35,860	5,7	2.600	932,360.000.—	
Montaža	13,928	2,2	4.640	646,259.200.—	
Ukupno	623,943	100		13,,432,250.840.—	13,,432,250.840.—

Utvrđenim količnikom za građevne radove od 18,51 (9,255 više 9,255 iz naslova 100% akumulacije) postiže se današnja cijena građevnih radova u visini od Din. 444,964.000.— $\times$ 18,51 =

Din. 8,,236,000.000.—

REKAPITULACIJA EKONOMSKIH PODATAKA
HE VINODOL

Tabela X.

Pad	658 m	
Snaga	87,9 MW	
Prosječna godišnja proizvodnja	195 GWh	
	Po cijeni 1939 1000 Dinara	Pro- cenat
Trošak projektiranja i istraživanja	13,514	2,2
Pripremni radovi građenja	72,844	11,7
Radovi zahvata	132,604	21,2
Radovi dovoda	60,135	9,6
Tlačni cjevovodi	86,429	13,9
Centrale	40,631	6,5
Zgrade	5,776	0,9
Radovi odvoda	13,309	2,1
Vodovodi za željeznicu i mjesto		
Fužine	2,353	0,4
Uprava investitora i režijski radovi	11,994	1,9
Priprema kadrova	138	—
Otkup i odštete	5,237	0,8
Pripremni radovi montiranja	1,741	0,3
Vodne turbine	15,870	2,5
Elektr. generatori i transformatori	34,497	5,5
Rasklopno postrojenje	23,006	3,7
Veze za glavni tok energije i kućni pogon	4,292	0,7
Električni zaštitni uređaji	2,334	0,4
Pomoćni uređaji	2,826	0,5
Tlačni cjevovod, oprema	59,137	9,5
Hidromehanička oprema Lokvarka,		
Bajer	8,325	1,3
Hidromehanička oprema Križ	8,154	1,3
Hidroelektrana Fužine — uređaji	16,140	2,6
Pumpna stanica Križ — uređaji	1,217	0,2
Služba veze	1,036	0,2
Mjerni uređaji	404	0,1
	623,943	100,0

Cijena investicija per 1952 Din. 13,,432,250.840.—

Specifične investicije (po cijenama 1939) Din/kW 7.099.—

„ „ „ („ „ 1952) „ 152.813.—

Investicioni količnik (po cijenama 1939) Din/kWh 3,21

„ „ „ („ „ 1952) „ 68,90

Za uvoznu opremu Vinodol je značajan valutarni odnos sa Švicarskom.

Tečaj 1939: 100 švicarskih franaka Din. 1159,—

Tečaj 1952: 100 švicarskih franaka Din. 6860,561

Količnik 5,92.

Ministarstvo financija NR Hrvatske, Uprava za cijene, objavilo je 24. IV. 1952 (br. 442-IV-1952) popis multiplikatora pri nabavi uređaja i materijala iz inozemstva. Multiplikator za razne vrste električne i strojne opreme kreće se između 2 i 3. Pri procjeni uvažen je vagani

multiplikator 2,36.

Cijene materijala i opreme u Švicarskoj porasle su od 1939—1952 na dvostruko (od 118 na 236, prema mjesečnim podacima Statističkog ureda Ujedinjenih naroda).

Umnoškom valutarnog količnika, multiplikatora i količnika porasta cijena opreme ($5,92 \times 2,36 \times 2$) postizava se za uvoznu opremu

količnik 28.

Cijena uvozne opreme u 1952 iznosi dakle Din. 129,191.000.— $\times$ 28 = Din. 3,,617,000.000.—

Za tuzemnu opremu 1952 vrijedi utvrđeni

količnik 26,

i na taj način dolazi do izražaja koneksitet količnika uvozne i tuzemne opreme. Cijena tuzemne opreme u god. 1952 iznosi dakle Din. 35,860.000.— $\times$ 26 = Din. 932,000.000.—

Za montažne radove 1952 vrijedi već utvrđeni

količnik 46,4,

dok traje akumulacija 400% na montažni platni fond za radove u HE Vinodol. Cijena montažnih radova u 1952 god. iznosi dakle Din. 13,928.000 $\times$ 46,4 = Din. 646,000.000.—

Potpuna oprema i montaža u 1952 iznosi prema tome Din. 5,,195,000.000.—, a cijena sveukupnih investicija Vinodol po cijenama u 1952 god. iznosi onda

Din. 13,,432,000.000.—

Cijena investicija Vinodol porasla je naprama investicijama u 1939

21,5 puta.

TROŠKOVI IZGRADNJE HE VINODOL
po cijenama sa kupovnom moći 1952.

Tabela XI.

	Građevni dio 1000 Dinara	Montažni dio 1000 Dinara	Ukupno 1000 Dinara
Trošak projektiranja	209,500		209,500
Ostale studije i istraživanja	40,700		40,700
Pripremni radovi	1,348,000	47,617	1,395,617
Radovi zahvata			
pregrada Križ	675,000	236,400	911,400
pregrada Lokvarka	1,392,750	147,200	1,539,950
pregrada Bajer	156,400	45,700	202,100
uništavač energije	12,700		12,700
obilazni tunel sa ulaz. zatvaračnicom	217,100*		217,100
Radovi dovoda			
tunel Križ-Lokvarka	196,000		196,000
tunel Lokvarka-Ličanka	728,000		728,000
tunel Bajer-Lič	26,130		26,130
kanal Ličanka	83,370		83,370
crpna stanica Lič	80,000	35,300	115,300
Tlačni cjevovodi			
cjevovod Lič	668,000		668,000
tunel Kobiljak-Razromir	764,000	48,300	812,300
kosi rov	168,700	1,718,000	1,886,700
Centrala			
pristupni tunel	32,140		32,140
strojarnica Tribalj	472,570		2,219,490
vodne turbine		462,000	
generatori i trafo		1,003,000	
veze za glavni tok energije		124,800	
zaštitni uređaji		67,700	
dizalica		47,600	
služba veze		30,100	
mjerni uređaji		11,720	
raskl. postrojenje 110 kV	205,550	668,000	873,550
strojarnica Fužine	42,000	468,000	510,000
Zgrade			
Tribalj, stambene zgrade	98,900		98,900
Tribalj, radionica	7,900	34,530	42,430
Radovi odvoda			
regulacija Dubračina	246,800		246,800
Vodovod željeznički	21,420		21,420
Vodovod pitke vode	22,140		22,140
Uprava investitora i režij-ski radovi	221,160		221,160
Priprema kadrova	2,554		2,554
Otkup i odštete	96,800		96,800
	8,236,284	5,195,967	13,432,251

* Oprema sadržana u stavci: »Pregrada Lokvarka«

Potrebno je razmotriti, u kojem procentu sudjeluju pojedine vrste građevnih radova, opreme i montažnih radova, te ostali troškovi u cijeni koštanja Vinodola.

Troškovi projektiranja i istraživanja iznose 2,20%. Od toga se odnosi na projektiranje 1,85%, a na istražne radove 0,35%.

S obzirom na mogućnost praktične primjene stopa za projektiranje na buduće projektiranje hidroelektrana, treba napomenuti, da je stopa od 1,85% izvjesnim dijelom predkalkulacione naravi. Još je u toku projektiranje građevnog i elektrostrojarskog dijela hidroelektrane Fužine, brane Križ i Lokvarka, te

crpne stanice Lič tako, da će izrada glavnog projekta i izvedbenih nacrti teći usporedno sa izgradnjom t. j. do kraja 1955.

Današnja propisana maksimalna stopa za »projektiranje građevnog dijela kompliciranih hidroelektrana« iznosi 3,20% od sume troškova građenja, kada troškovi građevnog dijela iznose 2 milijarde dinara i više. Slično tomu propisana stopa za projektiranje elektrostrojarskog dijela hidroelektrana iznosi danas 0,80% od cijene opreme, ostalog montažnog i pomoćnog materijala, te montažnih radova za projektiranje podzemnih hidroelektrana, kada troškovi montažnog dijela iznose 2 milijarde dinara i više.

Po propisanim stopama iznosila bi cijena projektiranja Vinodola u 1952:

Građevni dio $414,081.000 \times 18,51 \times 3,2\% = \text{Din. } 245,268.448$
Oprema i montaža $5,195,000.000 \times 0,8\% = \text{Din. } 41,567.737$
ili ukupno $\text{Din. } 286,836.185$

Formiranjem troškova projektiranja na temelju cijene 1939 postizava se $\text{Din. } 13,514.000 \times 18,51 = \text{Din. } 250,000.000$.

Postoji sadržajna veza između ovih dviju svota, iako proističu iz nezavisnih izvora.

Pripremni radovi građenja iznose 11,70% od ukupnih investicija ili 17,60% od građevnih radova. Valja podsjetiti, da je izgradnja Vinodola bila prekidana kao što je to uvodno napomenuto i vidljivo iz prekidanog financiranja izvedbe građevnih objekata. Uslijed toga je stavka pripremnih radova »progutala« mnoge neracionalne izdatke uvjetovane objektivnim okolnostima. Sve do konca 1951 stavka pripremnih radova bila je terećena — po propisu — troškovima izgradnje raznih vrsta privremenih objekata u poslovne svrhe i za smještaj radništva. Tek od 1952 je stavka pripremnih radova očišćena od izdataka takve prirode putem propisa o kalkuliranju.

Kraj svega toga je stavka troškova pripremnih radova u toj visini, koja bi sistematskom izvedbom bila znatno niža, ipak sastavni dio građevne cijene, koja služi za formiranje povoljnog količnika boniteta elektrane.

Radovi zahvata iznose 21,20% od ukupnih investicija Vinodol. Oni se odnose na opsežne radove na tri zasebna objekta: na branama Križ, Lokvarka i Bajer, te na uništavaču energije Vrelo.

Troškovi za ovu vrstu građevnih radova specifični su i uslijed toga su veoma razmaknuti. Pri izgradnji hidroelektrana u Italiji oni se kreću od 10,6 do 63,60%.

Radovi dovoda iznose 9,60% od ukupnih investicija Vinodol. Oni se odnose na izvedbu dovodnog tunela Križ-Lokvarka (510 m), tunela Lokvarka-Ličanka (3456,5 m), tunela Bajer-Lič (199 m), kanala Ličanka i crpne stanice Lič.

Uslijed toga se troškovi isto tako kreću u znatnom razmaku, jer su ovi radovi specifične prirode. Na talijanskim gradilištima oni se kreću od 9,5 do 44,70%. Vidljivo je, da se troškovi dovoda Vinodol nalaze na donjem kraju ovog razmaka.

Troškovi građenja tlačnih cjevovoda iznose 13,9% od ukupnih investicija Vinodol. Ovi troškovi obuhvaćaju građevne radove na niskotlačnom armirano-betonskom cjevovodu Lič (4915 m), u tunelu Kobiljak—Razromir (4162 m), i u kosom rovu (1189 m).

Talijanska iskustva u građenju pokazuju, da se građevni troškovi za tlačne cjevovode kreću od 3,3 do 22,2%. Vidi se, da se naši troškovi procentualno kreću oko sredine ovog razmaka.

Troškovi građenja centrala iznose 6,5% od ukupnih investicija Vinodol. Ovi troškovi obuhvaćaju radove u podzemnoj strojarnici (16820 m³), rasklopištu (9680 m³), ventilacionom rovu (170 m³), pristupnom tunelu (6588 m³), odvodnom tunelu (4950 m³), razdjelnoj komori (1833 m³), rasklopnom postrojenju 110 kV — sve u Triblju. Nadalje ovi troškovi obuhvaćaju građenje hidroelektrane Fužine.

Korisno je opet poslužiti se podacima iz susjedne Italije. Troškovi gradnje centrala kreću se između 4,3 i 13%. Vidljivo je, da se procenat troškova građenja centrala Vinodol ponovno kreće oko sredine ovog razmaka.

Troškovi radova odvoda iznose 0,9%, a odnose se na regulacione radove potoka Dubračine. Ovi troškovi kreću se u Italiji između 0,2 i 9,3%.

Iz izloženog je vidljivo, da se građevni radovi kreću unutar granica iskustvenih procenata radova u Italiji, koja gradi pod sličnim uvjetima, pa je uslijed toga prikladna za usporedbu.

Troškovi uprave investitora i sitni režijski radovi iznose 1,9% od ukupnih investicija. Izdaci za otkup i odštete iznose 0,8% od ukupnih investicija.

Ovi troškovi odnose se na izgradnju stambenih zgrada za žitelje, čija imanja i kuće bivaju potopljene akumulacijom, i na ostale izdatke u savezu sa eskproprijacijom.

Pripremni radovi za montiranje iznose 0,3% od ukupnih investicija Vinodol.

Poučni su podaci o pojedinim vrstama montažnog dijela:

vodne turbine	2,5%
električni generatori i transformatori	5,5%
rasklopno postrojenje	3,7%
veze za glavni tok energije i kućni pogon	0,7%
električni zaštitni uređaji	0,4%
pomoćni uređaji	0,5%
tlačni cjevovod (oprema)	9,5%
hidromehanička oprema Lokvarka i Bajer	1,3%
uređaj za hidroelektranu Fužine	2,6%
hidromehanička oprema Križ	1,3%
uređaj za pumpnu stanicu Lič	0,2%
služba veze	0,2%
mjerni uređaji	0,1%

Iako su troškovi za pojedine vrste uređaja Vinodol u izvjesnoj mjeri uvjetovani koncepcijom projekta, ipak u ovom procentualnom odnosu između pojedinih vrsta uređaja veći je supstantni dio troškova, koji uz male otklone vrijedi i za druge hidroelektrane s visokim padom.

Vrijedno je provjeriti cijenu pojedinih vrsta radova na Vinodolu. Razni građevni objekti izvađani su katkada na prekide i nezavisno jedan od drugog, a jedinstvena cijena objekata utvrđena je godišnjim indeksima na temelju kretanja nadnica i cijena materijala, kao što je izloženo. Potrebno je dakle vratiti se količinama, da se vidi odnos jediničnih cijena između srodnih i sličnih objekata.

Dovodni tunel Križ—Lokvarka, dug 510 m, iznosi po jednom tek. metru po cijenama 1939 god. Din 20.720.—, a po cijenama 1952 Din. 384.000.— Tunel je profila 2 m, s ulaznim i izlaznim uređajem i oknom zatvarača. Svi ovi objekti su ravnomjerno sadržani u cijeni po tekućem metru.

Dovodni tunel Lokvarka—Ličanka, dug 3456,5 m, iznosi po tekućem metru po cijenama 1939 Din. 11.730.—, a po cijenama 1952 Din. 210.300.— Objekat je profila 2,4 m, s ulaznim uređajem, s oknom zatvaračnice, te vodnom i zasunskom komorom.

Dovodni tunel Bajer—Lič, dug 199 m, iznosi po tekućem metru po cijenama 1939 Din. 7.080.—, a po cijenama 1952 Din. 131.300.— Tunel je profila 2,8 m.

Tlačni tunel Kobiljak—Razromir, dužine 4162 m, iznosi po tekućem metru po cijeni 1939 Din. 9.910, a po cijeni 1952 Din. 183.600.— Objekat je profila 2,75 m, sa piezometarskim oknom, napadnim vertikalnim oknom Desni od 130 m, te sa vodnom i zasunskom komorom, koji objekti razmjerno terete jedan tekući metar tunela u ovoj jediničnoj cijeni.

Obilazni rov Lokvarka, dužine 326 m, iznosi po tekućem metru po cijenama 1939 Din. 35.910.—, a po cijenama 1952 Din. 665.000.— Rov je profila 4,17 m, s ulaznim grlom, oknom zatvaračnice, preljevnim oknom i izlaznom građevinom.

Kosi rov, dužine 1189 m, iznosi po cijeni 1939 po tekućem metru Din. 7.510.— a po cijenama 1952 Din. 139.000.— Objekat je potkovastog profila 3,10 : 3,40 metra.

Armirano-betonski niskotlačni cjevovod Lič, dužine 4.915 m, iznosi po tekućem metru po cijenama 1939 Din. 7.328.—, a po cijenama 1952 Din. 135.400. Objekat je profila 2,8 m, sa 260 kg armature po tekućem metru.

Vidljivo je, da se cijena tunelskih objekata, koji nijesu praćeni komorama, ulaznim i izlaznim uređajima i ostalim objektima, potrebnim pri dovodu i tlaku, kreće po tekućem metru:

po cijenama 1939 Din. 7.080.— do 7.510.— a po cijenama 1952 Din 131.300.— do 139.000.—

Slijedom toga cijena tunelskih objekata, u koju je uračunana i izvedba komora, ulaznih i izlaznih građevina i ostalih objekata za dovod i tlak, je razmjerno veća, što je dužina tunela manja:

			Indeks Din 7.306 Dužina kao 100
Obilazni tunel Lokvarka	326	m	490
Tunel Križ—Lokvarka	510	m	284
Tunel Lokvarka—Ličanka	3456,5	m	160
Tunel Kobiljak—Razromir	4162	m	135

Objekat	Podaci o objektu	Dužina m	Cijena 1939 1000 Din.	Cijena 1952 1000 Din.	Cijena po 1 tek. metru 1939 1952 Dinara Dinara	
Križ-Lokvarka	D = 2 m, ulazni i izlazni uređaj, okno zatvarača	510	10,583	196,000	20,720.—	384,000.—
Lokvarka-Ličanka	D = 2,4 m, statički pritisak 4,5 at, ulazni uređaj s oknom zatvaračnice, vodna i zasunska komora	3.456,5	39,310	728,000	11,730.—	210,300.—
Bajer-Lič	D = 2,8 m, statički pritisak 1 at	199	1,410	26,130	7,080.—	131,300.—
Kobiljak-Razromir	D = 2,75 m, statički pritisak 3,2 at, piezometarsko okno, napadno vertikalno okno Desni 130 m, vodna i zasunska komora	4.162	41,296	764,000	9,910.—	183,600.—
Obilazni rov Lokvarka	D = 4,17 m, ulazno grlo, okno zatvaračnice, preljevno okno i izlazna građevina	326	11,700	217,100	35,910.—	665,000.—
Kosi rov	potkovasti profil 3,1×3,4 m, nagib 32°	1.189	9,102	168,700	7,510.—	139,000.—
Armirano-betonski cjevovod Lič	D = 2,8 m, statički pritisak do 2 at, 260 kg armature po 1 m	4.915	36,031	668,000	7,328.—	135,400.—
		sadržaj m³			cijena po 1 m³	
Brana Križ	nasuta brana od 2 vrste materijala: ilovače i karbona	350.000	36,620	678,000	105.—	1,940.—
Brana Lokvarka (uklj. obilazni tunel)	nasuta brana od 6 vrsta materijala: dolomit, filter od drobljenca, ilovača, raspadnuti karbon, karbonski pješčar, zemlja	560.000	86,852	1,608,000	155.—	2,870.—
Strojarnica Tribalj	podzemna strojarnica	šupljina m³			cijena po 1 m³ šupljine	
Stambene zgrade Tribalj	4 jednokatne zgrade izvan naselja: podrum i tavan, opeka, parket sa 137,9 m² izgrađenog prostora po spratu. Nenastanjeni podrum i tavan računani kao 1 sprat	40.041	38,359	709,000	956.—	17,700.—
		izgrađeni prostor m²			cijena po 1 m², izgrađ. prostora	
		1.654,8	1,562	28,950	943.—	17,450.—

Ovaj račun izvršen je u cilju grube provjere cijene objekata građevnog dijela. Pri tomu nije bilo prilike vršiti osvrt na promjer tunela, na debljinu tunnelske obloge, na geološki stvor, na statički pritisak i ostale tehničke momente, uz koje je vezana propisna izvedba svakog pojedinog od navedenih objekata.

Nasuta brana Križ kod 350.000 m³ dvovrsnog materijala iznosi po m³ po cijenama 1939 Din. 105.—, a po cijenama 1952 Din. 1.940.—

Nasuta brana Lokvarka kod 560.000 m³ šestovrsnog materijala iznosi po m³ po cijenama 1939 Din. 155.—, a po cijenama 1952 Din. 2.870.—

Složeniji način građenja glavne akumulacione brane Lokvarka uzrokuje za 47,6% veću cijenu od cijene brane Križ.

Podzemna strojarnica Tribalj, izvedena u šupljini od 40.041 m³ (strojarnica 16820 m³, rasklopište 9680 m³, ventilacioni rov 170 m³, pristupni tunel 6588 m³, odvodni tunel 4950 m³, razdjelna komora 1833 m³) iznosi po m³ izvedenog prostora šupljine po cijenama 1939 Din. 956.—, a po cijenama 1952 Din. 17.700.—

Stambene zgrade Tribalj, s ugrađenim prostorom od 1.654,8 m², iznose po m² po cijenama 1939 Din. 943.—, a po cijenama 1952 Din. 17.450.—

V. Verner* navodi, da troškovi jednokatne stambene zgrade, podalje od centra, podrumljene, s barem

* Verner V.: »Pravilnik općine grada Zagreba za procjenu nekretnina«, Zagreb 1936, skrižaljka H.

djelomičnim komforom, od opeke i s drvenim stropovima, u solidnoj izvedbi, iznose 1936 g. po 1 m² Din. 600.— Godine 1939 je takova građevna cijena bila već teško ostvariva. U to vrijeme se solidna izvedba ovakvih objekata iskustveno cijenila po 1 m² Din. 900—1000. Uslijed toga cijena 1939 stambenih zgrada Vinodol od Din. 943.— po 1 m² u grubom zadovoljava.

Odvodni kanal Dubračine, dužine 7000 m, iznosi po tekućem metru po cijenama 1939 Din. 1.900.—, a po cijenama 1952 Din. 35.200.— Ova cijena pretežitim dijelom obuhvaća hidrograđevne radove, a manjim dijelom obuhvaća bujičarske radove za otklanjanje šteta prouzročenih odvodom iskorištenih voda iz strojarnice.

Specifične investicije potpuno izgrađenog Vinodola iznose:

po cijenama iz 1939	Din/kW	7.099.—
po cijenama iz 1952	„	152.813.—

R. Schneider¹ navodi slijedeće o predratnim specifičnim investicijama: »O troškovima izgradnje hidrocentrala ne mogu se dati stavovi opće vrijednosti, jer su (troškovi) ovisni o mjesnim prilikama. Oni se kreću za visokotlačna postrojenja nekako između 300

¹ Schneider R.: »Elektrische Energiewirtschaft«, Berlin, Verlag Julius Springer, 1936. str. 133.

i 600 RM/kW, a za niskotlačna i dolinsko-pregradna postrojenja između 500 i 1200 RM/kW. Podloga za sve zaključke treba uvijek biti projekat, te troškovi, koji iz njega proizlaze. Isto se tako jako mijenjaju troškovi akumulacionih elektrana prema tomu, da li se primjenjuju prirodne ili umjetne posteljice, da li se raspolaze s tlačnim cijevima i t. d. Kao donja granica može se smatrati nešto oko 100 RM/kW, dok najviši stavovi redovito iznose do 400 RM/kW.

Specifične investicije hidroelektrana kretale su se 1936 u Njemačkoj između:

100—1200 RM/kW ili 1430 — 17.160 Din/kW.

Specifične investicije Vinodol per 1939 sa

Din/kW 7.099.—

nalaze se u donjem dijelu Schneiderovog grubog iskustvenog razmaka.

O poslijeratnim specifičnim investicijama navodi A. Kaech* slijedeće podatke:

	na temelju cijena 1948
Švicarska: Maggia	šv. fr/kW 1.300.—
Marmorera Tinzen	„ 1.850.—
Valle di Lei	„ 1.710.—

Preračunavajući po današnjem tečaju (»nerobni dinar«) postiže se slijedeća gornja i donja granica za ove investicije:

	na temelju cijena 1948
Švicarska:	Din. 89.187.— do Din. 126.920.—

Nije uputno u ovu svrhu rekonstruirati cijenu specifičnih investicija Vinodol per 1948, no cijena od Din. 152.813 iz 1952 nalazi se god. 1948 unutar gornjeg razmaka.

U skraćenom sastavku Radne hidroenergetske grupe: »Usporedba cijena izgradnje hidroelektrana« 1951 (Francuski prijevod sa engleskog) na str. 22 iskazane su cijene po 1 kW:

	po cijenama u proljeće 1950	
Zemlja	cijena po kW izražena u nacionalnoj valuti	cijena po kW izražena u Dol.*
Danska	770 dan. kruna	110
Njemačka	340—420 njem. mar.	80—100
Švedska	500 šved. kruna	100
Vel. Britanija	55 livr. šterlinga	150

* Sa konverzijom pojedinih valuta u dolare, po ocjeni jačine pretvorbenog stava (»aux taux de change en vigueur«).

Za specifične investicije Vinodol 1952 od Din/kW 152.813.— treba utvrditi, koliko bi one iznosile godine 1950.

Kod tog grubog računa uputno je uzeti — kao odlučujuće — kretanje građevinskih cijena 1939—1952. Količnik za Vinodol iznosi 1952 g. 21,5 pri indeksu

* Kaech A.: »Die Maggia-Kraftwerke«, Bull. SEV 1949, str. 229—240 (korišćeno iz knjige Jerić: »Vodne snage Hrvatske«, Zagreb 1952, str. 52).

za građevne radove 1851. Indeks građevnih radova 1950 iznosi 577, a količnik investiranja 6,7.

Investicije Vinodol iznose grubo po cijenama 1950 Din. 4.,180,418.100.—, a specifične investicije iznose per 1950 Din/kW 40.819.—

Da i specifične investicije Vinodol — na temelju iskustava sa specifičnim investicijama 1939 god. — opravdano budu ocijenjene, i to per 1950 sa Dol./kW 110.—, kao što je tipično iz gornjih podataka, trebalo bi dolar za 1950 godinu odrediti po pretvorbenom stavu od cca Din. 371.—

Radi postojećih nerazmjera u preračunavanju, koji su tipična poslijeratna pojava, ova grupa upozoruje na strani 20 navedenog elaborata: »Već je upozoreno, da se pristaje — u međunarodnim studijama o cijeni — na slobodnu ocjenu pretvorbe službenih tečajeva, ali je teško pronaći takove pretvorbene stavove, koji omogućuju egzaktniju usporedbu kupovnih moći zemalja. Ipak će biti korisno izvršiti usporedbu na temelju predratnih kondicija«.

Utvrđeno je na temelju kondicija 1939, da specifične investicije Vinodol pokazuju povoljan količnik boniteta ove elektrane. Ako je taj količnik — dokumentirano rekonstruiran iz svih kupovnih moći u razdoblju od 1939 do 1952 i sa predviđanjem do 1956 — povoljan po kondicijama iz 1939, onda je taj količnik povoljan i danas.

Investicioni količnik Vinodol iznosi:

po cijenama iz 1939	Din/kWh 3,21
po cijenama iz 1952	„ 68,90

Mainardis na str. 461 citiranog djela navodi slijedeće investicione količnike za postrojenja sa samostalnim izravnjanjem:

po cijenama iz 1938	Lit/kWh 1,35 do 1,50
---------------------	----------------------

što pretvoreno u našu valutu iznosi:

po cijenama iz 1938	Din/kWh 3,55 do 3,95
---------------------	----------------------

Vinodolski investicioni količnik Din/kWh 3,21 je po cijeni iz 1939 niži od gornjeg raspona, dok bi po cijeni iz 1938 (po indeksu kretanja osigurane nadnice), što više iznosio Din/kWh 3,12.

U pogledu investicionog količnika iz poslijeratnih godina navodi A. Kaech u citiranoj knjizi slijedeće investicione količnike:

Švicarska	po cijenama iz 1948	
Maggia	šv. fr/kWh	0,464
Marmorera Tinzen	„	0,393
Valle di Lei	„	0,408

koji se količnici — pretvoreno po današnjem tečaju — kreću

od Din. 26,96 do Din. 31,83.

Slično tomu navodi Mainardis u istoj knjizi investicione količnike za postrojenja sa samostalnim izravnjanjem u Italiji:

po cijenama 1948	Lit/kWh 81.— do 90.—
------------------	----------------------

što pretvoreno po današnjem tečaju iznosi:
od Din/kWh 38,88 do 43,20.

Pri tomu valja primijetiti, da je investicioni količnik porasao u Italiji od 1938 do 1948 god. 59—62 puta, a lira po tečaju naprama dinaru oslabila 5,5 puta. Slična stvar — samo u suprotnom, povoljnom pravcu — je i sa Švicarskom. Radi toga se redovitim putem može doći i dolazi do krivog rezultata.

Pokuša li se utvrditi investicioni količnik Vinodol 1948, tada proizlazi slijedeće:

Količnik za 1948 iznosi 5,55 naprama količniku 21,5 iz 1952. Investicije Vinodol iznose prema tomu Din. 3,431,686.500.— (Din 623,943.000.— puta 5,5).

Investicioni količnik Vinodol 1948 iznosi Din. po kWh 17,66. Ovaj investicioni količnik per 1948 je bitno niži od najniže stavke Din/kWh 26,96 (švicarska kalkulacija), no ovaj povoljni nalaz se ipak ne smije bez daljnjega usvojiti.

Primjenom tečaja do 1950 od Din. 1,143.427 za 100 šv. fr. — umjesto današnjeg tečaja — utvrdio bi se najniži švicarski stav: šv. fr/kWh 0,393 od 1948 god. = Din/kWh 4,49, a to ne odgovara činjeničnom stanju.

Na temelju toga najsigurnije je poslužiti se preporukom »Radne hidroenergetske grupe« o usporedbi po predratnim kondicijama i zadovoljiti se konstatacijom, da je investicioni količnik Vinodol 1948 unutar švicarskog razmaka

šv. fr/kWh 0,393 do 0,464

iz razloga, što je taj količnik godine 1939 bio niži od talijanskih kondicija. U tom slučaju bi godine 1948 jedan šv. fr. valjalo »ocijeniti« sa Din 41,16.

AMORTIZACIJA

Tabela XIII.

	1939 1000 Din.	1952 1000 Din.
a) Amortizacija građevnog dijela investicija:		
Vrijednost per 1939	444,964	9,590,627
— 20% za ruševni materijal	88,993	1,918,125
Temelj	355,971	7,672,502
Vrijeme trajanja: 85 godina		
Stopa za investicije, nezavisne o radu smjena 1,18%		
Amortizacija za građevni dio	4,200	90,536
b) Amortizacija uređaja (opreme):		
Vrijednost uređaja per 1939	178,979	3,841,624
— 10% za vrijednost dotrajalih uređaja	17,898	384,162
Temelj	161,081	3,457,462
Vrijeme trajanja: 20 godina		
Stopa kod rada od 8760 h godišnje 5%		
Stopa kod rada od 4000 h godišnje 2,28%		
Amortizacija za montažni dio (uređaji)	3,673	78,829

Vremenski obostrano obrađena problematika troškova izgradnje Vinodol pruža mogućnost za pravilnu razradu pitanja osnovnih sredstava u parcijalnom opsegu prilikom današnje djelomične proizvodnje, odnosno u totalnom opsegu nakon što elektrana prodradi punim kapacitetom.

U savezu s tim ova razrada služi kao temelj za uređenje amortizacione službe i službe vraćanja investicionih sredstava socijalističkoj zajednici putem amortizacije*, a u cilju jačanja proizvodnih snaga i povećanja proizvodnje.

Rješenjem ovih potonjih pitanja u biti se već formira prodajna cijena električne energije Vinodol, kao samostalnog pogona i stvara temelj za dobro tarifiranje u vezanom gospodarstvu elektroenergetskog sistema.

Informativna prodajna cijena po 1 kWh Vinodol 1939 iznosi para 23,96. Cijena je planirana obilno, da bi realno mogla poslužiti u svrhu usporedbe sa predratnim cijenama hidroelektrične energije kod nas i u susjednim zemljama.

God. 1932** elektrana Fala je prodavala električnu energiju za pogon obrtnicima po Din 2.— po kWh. a potrošačima od 3000 sati godišnje po Din 1.— po kWh. Za industriju je postojala specijalna tarifa.

Godine 1939 prosječna prodajna cijena elektrane Fala u biti je iznosila para/kWh 15. Po tarifi je kemijska industrija kupovala struju po para/kWh 10, a velepotrošači po para/kWh 70—80. Prosječna prodajna cijena vršne elektrane Vinodol 1939 iznosi para 23,96 po kWh ili 59,7% skuplje od cijene protočne elektrane Fala, a taj nalaz je neobično povoljan.

PRODAJNA CIJENA 1 kWh U GOD. 1939

Tabela XIV.

	1000 Dinara	Troškovi utječu na cijenu u postotcima	Procenat troškova u odnosu na investicije
Amortizacija:			
građevni dio	4,200		
oprema	3,673		
	7,873	18,—	1,26
Materijal za uzdržavanje	1,000		
Plaće	4,000		
Ostali troškovi i vlastiti potrošak	2,866	18,—	1,26
Kamati i porez	27,937	64,—	4,48
	43,676	100,—	7,—
Prodajna cijena 1 kWh pri proizvodnji od 195 GWh iznosi			
para		22,4	

* Mišljenje dva predstavnika Centrale Narodne banke za NR Hrvatsku od 25. VIII. 1952, zatim v. članak Š. Babića: »Cijena koštanja i zahvaćanje viška proizvoda«, »Naprijed« br. 18, od 1. V. 1953.

** F. Reich, »Statistika električnih centrala Jugoslavije«, Zagreb 1933, str. 40.

PRODAJNA CIJENA 1 kWh U GOD. 1952.

Tabela XV.

	1000 Dinara	Troško- vi utje- ču na ci- jenu u po- stotcima	Proce- nat tro- škova u odnosu na inve- sticije
Amortizacija: građevni dio oprema	90,536 78.829	21,6	1,25
Materijal za uzdržavanje	169,365		
Plaće	50,000		
Ostali troškovi i vlastiti potrošak	30,000	18,—	1,05
Akumulacija i fondovi	60,506		
	470,129		
	780,000	100,0	5,80
Prodajna cijena 1 kWh pri proizvodnji od 195 GWh iznosi	Dinara	4,—	

Tarifne cijene električne energije iznosile su u 1939 u elektrificiranim zemljama¹:

Potrošač	1939 prema elektri- ficiranim ze- mljama Din.
teška industrija	0,19
laka industrija	0,60
zanatstvo	1,50
kućanstva	0,75
rasvjeta	4,0
srednja cijena	0,703

Iz prednjega slijedi, da bi prodajna cijena Vinodol formirana na stvarnim troškovima i ocjeni osnovnih sredstava 1939 god. sa para/kWh 23,96 kao vršna energija povoljno poslužila za formiranje pozitivnih tarifa u odnosu na elektrificirane zemlje.

Godišnji troškovi proizvodnje električne energije u HE Vinodol iznose:

8,07%

od troškova izgradnje (investicija), a troškovi kapitala iznose:

6.63%

od troškova izgradnje (investicija).

Amortizacija, kamati i porez iznose 80—82% od troškova proizvodnje u svijetu i kod nas. Sami troškovi kapitala sudjeluju u odnosu na troškove izgradnje u svijetu u daleko većem postotku nego što je 6,63%, koliko sudjeluju troškovi kapitala u troškovima proizvodnje energije HE Vinodol.

¹ Ministarstvo industrije FNRJ. »Plan elektrifikacije FNRJ. II dio, Konzum i plan«, str. 206.

AMORTIZACIONA OSNOVA GRAĐEVNOG DIJELA
HE VINODOL

(na temelju Uputstva za procjenu osnovnih sredstava u privredi,
V. 1953.)

Tabela XVI.

	Građev- ni dio 1000 Dinara	Vijek trajanja godina	Godišnja amorti- zacija 1000 Dinara
Trošak projektiranja	209,500	60	3,500
Ostale studije i istraživanja	40,700	60	678
Pripremni radovi	1,348,000	60	22,480
Radovi zahvata			
pregrada Križ	675,000	80	8,440
pregrada Lokvarka	1,392,750	80	17,400
pregrada Bajer	156,400	100	1,564
uništavač energije	12,700	60	212
obilazni tunel sa ulaz. zatvaračnicom	217,100	80	2,718
Radovi dovoda			
tunel Križ-Lokvarka	196,000	80	2,452
tunel Lokvarka-Ličanka	728,000	80	9,115
tunel Bajer-Lič	26,130	80	327
kanal Ličanka	83,370	80	1,042
crpna stanica Lič	80,000	60	1,335
Tlačni cjevovodi			
cjevovod Lič	668,000	60	11,140
tunel Kobiljak-Razromir	764,000	80	9,560
kosi rov	168,700	80	2,111
Centrala			
pristupni tunel	32,140	80	402
strojarnica Tribalj	472,570	60	7,865
rasklopno postrojenje 110 kV	205,550	60	3,428
strojarnica Fužine	42,000	60	700
Zgrade			
Tribalj, stambene zgrade	98,900	50	1,980
Tribalj, radionica	7,900	50	158
Radovi odvoda			
regulacija Dubračine	246,800	60	4,115
Vodovod željeznički	21,420	65	330
Vodovod pitke vode	22,140	65	341
Uprava investitora i režijski radovi	221,160	60	3,686
Priprema kadrova	2,554	60	42
Otkup i odštete	96,800	60	1,614
	8,236,284		118,735

prosječno 69,4 god. ili 1,441%/o

Za naše socijalističko gospodarstvo načelno je odlučno, da cijena hidroenergije obuhvati izdašna sredstva za obnovu postrojenja, dovoljna sredstva za isplatu kamata i poreza, kao i sredstva za normalno uzdržavanje pogona potrebnim ljudstvom i materijalom.

Amortizacija je utvrđena na temelju Uputstva za procjenu osnovnih sredstava, V. 1953.

Za građevni dio (uključujući pripadajuće sporedne troškove) kreće se vijek trajanja od 50—100 godina ili prosječno 69,4 godine (amortizaciona prosječna stopa 1,441%/o). Apsolutni iznos godišnje amortizacije za građevni dio iznosi Din. $118,735 \times 10^3$.

Za montažni dio (uređaji — oprema) kreće se vijek trajanja od 15—30 godina ili prosječno 22,1 godinu (amortizaciona prosječna stopa 4,53%/o). Apsolutni iznos godišnje amortizacije za montažni dio iznosi Din. $234,789 \times 10^3$.

AMORTIZACIONA OSNOVA MONTAŽNOG DIJELA HE VINODOL

(na temelju Uputstva za procjenu osnovnih sredstava u
privredi, V. 1953)

Tabela XVII.

	1000 Dinara	Vijek trajanja godina	Godišnja amortizac. 1000 Dinara
Hidromehanička oprema			
pregrada Križ	236,400	30	7,780
pregrada Lokvarka	147,200	30	4,915
pregrada Bajer	45,700	30	1,523
crpna stanica Lič	35,300	30	1,177
pumpna stanica Fužine	80,000	30	2,670
tunel Kobiljak-Razromir	48,300	30	1,611
kosi rov	1,718,000	20	85,900
cjevovod Fužine	30,000	20	1,500
Vodne turbine Tribalj	462,000	25	18,480
Vodne turbine Fužine	91,000	25	3,640
Generatori i transforma- tori	1,003,000	25	40,120
generator Fužine	163,000	25	6,520
trafo Fužine	23,000	15	1,532
Zaštitni uređaji	67,700	20	3,385
komandni uređaj i zašti- ta Fužine	18,000	20	900
Dizalice Tribalj	47,600	20	2,380
Dizalice Fužine	13,000	20	650
Služba veze	30,100	20	1,505
Mjerni uređaji	11,720	20	586
Rasklopno postrojenje 100 kV	668,000	20	33,400
Rasklopno postrojenje Fužine	26,000	20	1,300
Veze za glavni tok energije	124,800	20	6,240
Pomoćni pogoni Tribalj	82,147*	15	5,475
Pomoćni pogoni Fužine	24,000	15	1,600
	5,195,967		234,789

prosječno 22,1 god. ili 4,53% godišnje.

* Pomoćnim pogonima su dodani montažni pripremni radovi.

Ukupna amortizacija iznosi:

2,63%

od troškova izgradnje (investicija) predstavljajući ob-
novu postrojenja u cjelini (isplatu »zajma») u

38 godina.

Kamati i porez. Tu su sadržani kamati na osnovna i obrtna sredstva, porez na promet, porez na dohodak, izdvajanje u fond za samostalno raspolaganje i konačno višak fonda zarada. Umjesto dosadašnjih stopa akumulacije i fondova predviđeni su za 1956 ovi instrumenti u pravcu pravilnijeg izračunavanja cijene koštanja.

Ova stavka predviđena je u godišnjem iznosu od Din. $537,290 \times 10^3$ ili 49,6% od godišnjih troškova proizvodnje. Ona predviđa 4% ukamaćenje osnovnih sredstava odnosno isplatu od Din. 10.209×10^6 tokom 38 godina, od čega otpada proporcionalno na jednu godinu Din $268,6 \times 10^6$.

Preostalih Din $268,6 \times 10^6$ u načelu služi za plaćanje navedenih vrsta poreza, kamata na obrtna sredstva, za dotiranje fondu za samostalno raspolaganje i za višak zarada. Danas su visine tih stopa još u razmatranju, pa je uslijed toga preuranjeno ovdje pokušati izvesti neku specifikaciju. Načelno navedeni izdaci su kalkulirani u visini od 4% na postepeno otplativa osnovna sredstva u uvjerenju, da bi to smjela biti gornja granica za oporezovanje ove vrste proizvodnje i da je to dovoljno vrelo za naprijed navedene druge izdatke.

Osobni troškovi predviđeni su sa Din. $73,000 \times 10^3$ prema procentualnom udjelu učestvovanja ovih troškova u cijeni vršne hidroenergije u svijetu.

Ovdje je danas sadržan znatan dio »neposrednog doprinosa rada«, na koji se način naša cijena koštanja prilagođuje cijeni u elektrificiranim zemljama (Š. Babić: »Cijene koštanja i zahvaćanje viška proizvoda«, »Naprijed« br. 18 od 1. V. 1953).

Materijalni troškovi i vlastiti potrošak iznose Din. 121×10^6 ili 11,2% od troškova proizvodnje HE Vinodol. Tu je sadržan materijal za njegu postrojenja, ostali režijski troškovi, prebačeni upravni materijalni i ostali troškovi i troškovi rada u elektroenergetskom sistemu.

Prodajna cijena energije HE Vinodol na pragu elektrane iznosi

Din/kWh 5,28.

Pretvorbom prodajne cijene energije HE Vinodol po službenom tečaju u švicarsku valutu utvrđuje se cijena od:

PREGLED TROŠKOVA PROIZVODNJE HE VINODOL
po uvjetima 1939 god.

Tabela XVIII.

	1000 Dinara	Troškovi utječu na cijenu u postotcima	Postotak troškova u odnosu na investicije	Prodajna cijena 1 kWh na pragu elektrane para
Osobni troškovi	4,000	8,1	0,64	1,94
Materijalni troškovi i vlastiti potrošak	3,866	7,9	0,62	1,90
Amortizacija i otpisi	16,410	33,4	2,63	8,00
Kamati i porez	24,958	50,6	4,—	12,12
	49,234	100,0	7,89	23,96

PREGLED TROŠKOVA PROIZVODNJE HE VINODOL
1956 god.

Tabela XIX.

	1000 Dinara	Troškovi utječu na cijenu u postotcima	Postotak troškova u odnosu na investicije	Prodajna cijena 1 kWh na pragu elektrane Din.
Osobni troškovi (zarade, »nepo- sredni doprinos rada« i socijalno osiguranje)	73,000	6,7	0,54	0,35
Materijalni troškovi i vlastiti potrošak	121,000	11,2	0,90	0,57
Amortizacija i otpisi	353,524	32,5	2,63	1,74
Kamati i porez	537,290	49,6	4,—	2,62
	1,084,814	100,0	8,07	5,28

$$\frac{\text{Din. } 5,28}{\text{Din. } 68,60561} = c/\text{kWh } 7,7$$

što je za vršnu zimsku energiju još uvijek povoljna cijena u svijetu.

Svjetska cijena zimske energije iznosi šv. fr/GWh 43,7 krećući se po mjesecima od šv. fr/GWh 42—47 (Directives pour l'étude comparative de la rentabilité d'avantprojets d'usines hydrauliques, str. 19). Po službenom tečaju ova cijena odgovara našoj cijeni od Din/kWh 2,998.

Da bi se postigla realna usporedba, uputno je koristiti se kotiranjem dinara na züriškoj burzi početkom ožujka 1953 od 0,75—0,80. Na taj način spoznajemo, da jedan šv. fr. nabavljamo za Din 128,40. Cijena zimske hidroenergije iznosila bi dakle

$$\text{Din/kWh } 5,61$$

što odgovara činjeničnom stanju obzirom na daleko veće troškove kapitala u švicarskoj cijeni koštanja,

te osvrtnom na naprijed izvršene usporedbe investicijskih količnika i specifičnih investicija.

Kao što je vidljivo Vinodol proizvodi vrijednu vršnu energiju, koja nalazi primjetno povoljno mjesto među današnjim cijenama električne energije ove vrste u Evropi, iako je Vinodol građen sa malo iskustava i pod svestranim neobično teškim okolnostima.

Prilog 3 — Pregled opreme za Hidroelektranu Vinodol uključiv montažu, po originalnim cijenama. Tabela II.

Prilog 4 — Pregled opreme za Hidroelektranu Vinodol uključiv montažu, reducirano na cijene g. 1939. Tabela VIII.

Pregled poduzeća koja su sudjelovala na izgradnji hidroelektrane Vinodol

Ing. Milenko Nadinić, Elektroprivredni, sistem NRH, Zagreb

381.714(083.6):621.293.4(497.1)

ISPORUČIOCI OPREME ZA HIDROELEKTRANU VINODOL

Oprema, koja je ugrađena ili se još mora ugraditi nizvodno od jezera Bajer, nabavljena je, uz manje izuzetke, sva iz inozemstva.

Osim čeličnog dijela tlačnog cjevovoda, koji je nabavljen u Italiji, ostala uvezena oprema (izuzevši neku sitniju opremu i električni materijal) nabavljena je u Švicarskoj.

S obzirom na planirani rok puštanja u pogon elektrane Vinodol trebalo je neposredno po završetku rata ugovoriti isporuku opreme, što je imalo za posljedicu, da smo se morali orijentirati prema uvozu,

a ne prema našoj domaćoj industriji, koja se onda počela istom jače podizati. Međutim je domaća industrija ipak uspjela, da sudjeluje već u izgradnji prve etape. Tako je iz zemlje isporučena dizalica u strojarnici, akumulatorska baterija, dio signalnih i komandnih kabela, razne željezne konstrukcije za hidromehaničku opremu, razni bakarni profili i slično.

Za puštanje u pogon druge etape Lokvarka-Bajer, kao i pumpne stanice Lič izvršit će isporuku opreme uglavnom domaća industrija. Isto vrijedi i za isporuku opreme, koja je potrebna za korištenje voda potoka Križ.

PREGLED ISPORUČILACA OPREME IZ ŠVICARSKJE

I. Tvrtka Ateliers des Charmilles S. A., Genève, isporučuje:

1. Tri dvostruke horizontalne Pelton turbine sa po jednim mlazom, 38300 KS, 500 okr/min., sa regulatorom i zatvaračem.
2. Jednu horizontalnu kućnu Pelton turbinu sa jednim mlazom, 550 KS, 1500 okr/min sa regulatorom i zasunom.
3. Rezervne dijelove turbina i pribora.
4. Dva zasuna 1200 mm promjera za temeljni ispuš jezero Bajer.
5. Sigurnosnu zaklopku 1800 mm promjera za zasunsku komoru Razromir.
6. Dodatnu zaklopku 1800 mm promjera za zasunsku komoru Razromir.
7. Dopunske zasune i pribor (zračni ventil, obilazni spoj, međukomad i odvodnju).

Kao dodatni dobavljači tt. Charmilles sudjelovale su sljedeće tvrtke:

1. Tvrtka Giovanola Frères, Monthey (Švicarska) isporučila je gredne zapornice od željezne swarene konstrukcije za ulazni uređaj Bajer.
2. Tvrtka Ateliers de Constructions Jonneret et fils aîné, Genève, isporučila je motornu česticu i dizalo sa elektromotorima za ulazni uređaj Bajer.
3. Tvrtka Ateliers de Constructions mécaniques de Vevey S. A., Vevey (Švicarska), isporučila je jednu voznu sigurnosnu zapornicu sa vitlom za ručno podizanje za ulazni uređaj Bajer. Osim toga ova tvornica isporučila je dvije klizne zapornice s okvirom i vitlom za temeljni ispuš jezero Bajer.
4. Tvrtka Ludvig von Roll, Klus (Švicarska), isporučila je:
 1. Šest zasuna na odvojn timerbinskim cijevima sa ručnim pogonom, 650 m promjera.
 2. Jedan zasun na ručni pogon, 150 mm promjera.

II. Tvrtka Société anonyme des Ateliers de Sécheron, Genève, isporučuje:

1. Tri glavna trofazna sinhrona generatora, s horizontalnom osovinom, 35000 kVA, 10 kV, 500 okr/min.
2. Tri glavna trofazna uljna transformatora, 35000 kVA, 10,5/115 kV, s vodnim hlađenjem.
3. Dva trofazna uljna regulaciona transformatora, 10000 kVA, 115 $\pm$ 10%/36,7 kV.
4. Dva kućna trofazna uljna transformatora, 400 kVA, 36,7/0,4 kV sa zračnim hlađenjem.
5. Rezervne dijelove za generatore i transformatore.

III. Tvrtka Brown, Boveri & Cie, Baden izvršila je isporuku sljedeće opreme:

1. Rasklopne aparate, izolatore, mjerne transformatore i odvađanje prenapona za postrojenje 110 kV.
2. Rasklopne aparate, izolatore, mjerne transformatore i odvađanje prenapona za postrojenje 30 kV.
3. Rasklopne aparate, izolatore i mjerne transformatore za postrojenje 10 kV.
4. Aparate za električnu zaštitu i automatiku za 3 glavne grupe, te za sva postrojenja 110 i 30 kV.
5. Sve aparate za glavnu komandnu ploču.
6. Kompletne rasklopne ploče strojeva sa svim aparatima.
7. Dvije rasklopne ploče sa svim aparatima za razvod niskog napona.
8. Dvije kompresorske grupe sa rezervoarima.
9. Jedan kućni trofazni sinhroni generator sa horizontalnom osovinom, 470 kVA, 0,4 kV, 1500 okr/min.

IV. Tvrtka Câbles Cortaillod, Société d'Exploitation des Câbles Électriques, Cortaillod (Švicarska), isporučuje:

1. Jednožilni uljni kabel 1 $\times$ 120 mm², Cu, 110 kV, kabelske zaglavke i kompenzacione tlačne posude.
2. Trožilni kabel 3 $\times$ 120 mm², Cu, 35 kV, kabelske zaglavke za unutarnju i vanjsku montažu, spojne i razdjelne kolčake.

V. Tvrtka Gebrüder Sulzer A. G., Winterthur (Švicarska), isporučila je:

1. Tri kompletne pumpne grupe, s elektromotorima, za rashladnu vodu.
2. Tri kompletne pumpne grupe, s elektromotorima, za drenažu vode u generatorskim jamama.

PREGLED OSTALIH ISPORUČILACA OPREME IZ INOZEMSTVA

I. Tvrtka Acciaieria e Tubificio di Brescia, Brescia (Italija), isporučila je čelični tlačni cjevovod, koji se sastoji od:

1. 206 kom. swarenih i lijevanih cijevi, 2400—1495 mm promjera, ukupne dužine 1203 m, 1405 tona težine.
2. 19 kom. lijevanih cijevi, 1495/650/150 mm promjera, ukupne težine 140 tona.
3. 6 kom. Venturi-cijevi, 650/537 mm, ukupne težine 26,4 tone, a 3,5 m dužine svaka.

Osim naprijed navedenih isporučilaca opreme iz inozemstva sudjelovale su još i niže navedene tvrtke s manjim isporukama:

1. Ateliers de Constructions Électriques de Charleroi ACEC, S. A., Charleroi (Belgija).
2. AEG-Union Elektrizitätsgesellschaft, Wien (Austrija).

3. Câblerie & Corderies du Hainaut S. A., Dour près Mons (Belgija).
4. Claassen Wilhelm, Fabrik für Elektromotoren und Hebezeuge, Dortmund (Zapadna Njemačka).
5. ELIN Aktiengesellschaft für elektrische Industrie, Wien (Austrija).
6. Garvenswerke, Maschinen-, Pumpen- und Waagenfabrik, Wien (Austrija).
7. Keller, S. A. Italiana, Milano-Affori (Italija).
8. Marelli & Fossati, Fabbrica prodotti speciali per l'edilizia, Como (Italija).
9. Mate Ernst G. m. b. H., Elektrotechnische Fabrik, Wien (Austrija).
10. Nikoll Rupert, Beleuchtungsglashütten, Wien (Austrija).
11. »RELAIS«, Elektrotechnische und Metallwarenfabrikate, Wien (Austrija).
12. Siemens & Halske G. m. b. H., Wien (Austrija).
13. Walther & Cie, Köln-Dellbrück (Zapadna Njemačka).

PREGLED DOMAĆIH ISPORUČILACA OPREME

I. Tvornica »Franc Leskošek«, Maribor-Tezno, isporučuje:

1. Grubu rešetku temeljnog ispusta Bajer.
2. Finu rešetku ulaznog uređaja Bajer.
3. Finu rešetku vodne komore Razromir.
4. Grubu rešetku obilaznog rova Lokvarka.
5. Pomoćni zatvarač na ulazu obilaznog rova Lokvarka.
6. Glavni zatvarač obilaznog rova Lokvarka.
7. Pomoćni zatvarač obilaznog rova Lokvarka.
8. Zatvarač tunela Lokvarka—Križ.
9. Cijevi zasunske komore Vrelo (Fužine).
10. Cijevi i sidra poništavača energije (Fužine).
11. Grubu rešetku ulaznog uređaja Homer (za tunel Lokvarka—Ličanka).
12. Pomoćni zatvarač ulaznog uređaja Homer.
13. Fine rešetke ulaznog uređaja Homer.
14. Glavni zatvarač ulaznog uređaja Homer.
15. 65-tonsku dizalicu za strojarnicu u Triblju, bez električne opreme.

Dodatni dobavljači u isporuci ove dizalice bili su: »Litostroj« Ljubljana, Wilhelm Claassen, Dortmund i »Rade Končar«, Zagreb. — Dizalica je izvedena prema projektu tvornice »Đure Đaković«, Slav. Brod.

II. Tvornica »Rade Končar«, Zagreb

1. izradila je željeznu konstrukciju za četvero-krilnu komandnu ploču, te je izvršila montažu mjernih i zaštitnih aparata, s mjernim i signalnim kabelima;
2. sudjelovala je kao dodatni dobavljač kod isporuke 65-tonske montažne dizalice za strojarnicu u Triblju; montirala je električni uređaj na toj dizalici;
3. izvršila je elektrifikaciju hidromehaničke opreme.

III. Tvornica »Titovi zavodi Litostroj«, Ljubljana

1. izradila je mačku za 65-tonsku montažnu dizalicu strojarnice u Triblju;
2. isporučila je zasun sistema Johnson za direktno ispuštanje vode iz tunela Lokvarka—Ličanka.

U isporuci opreme i materijala za ovu hidroelektranu sudjelovale su još slijedeće jugoslavenske tvornice:

1. Tvornica »Elka«, Zagreb.
2. Tvornica »Impol«, Slovenska Bistrica.
3. Tvornica »Jastrebac«, Niš.
4. Tvornica »Elektrovina«, Maribor-Tezno.
5. Tvornica »Kontakt«, Zagreb.
6. Tvornica »Munja«, Zagreb.
7. Novosadska tvornica kabela, Novi Sad.
8. Tvornica »Prvomajska«, Zagreb.
9. Tvornica električnih proizvoda (TEP), Zagreb—Vrapče.
10. Tvornica »Telekomunikacije«, Ljubljana.
11. Gradska ljevaonica željeza, Varaždin.
12. Tvornica »Ventilator«, Zagreb.

PREGLED OSTALIH PODUZEĆA,

KOJI SU SUDJELOVALI NA ISTRAŽNIM RADOVIMA. PROJEKTIRANJU, GRADNJI I MONTAŽI HIDROELEKTRANE VINODOL

1. Elektroprojekt, poduzeće za projektiranje elektroenergetskih postrojenja, Zagreb, izvršilo je projektiranje cijelog objekta.
2. Građevno poduzeće »Hidroelektra«, Zagreb, izvodilo je i izvodi građevinske radove na postrojenju i na jednom dijelu privremenih nastambi na gradilištu Lokvarka.
3. Elektrosond, poduzeće za ispitivanje i konsolidaciju terena, Zagreb, vrši istražna bušenja i konsolidaciju terena na pregradi Lokvarka i Križ.
4. Građevno-projektni zavod, Rijeka, projektirao je radionicu i nastambe u Triblju.
5. Kotarsko građevno poduzeće, Crikvenica, izvelo je radionicu i nastambe u Triblju.
6. Građevno poduzeće »Kvarner-Jadran«, Rijeka, izgradilo je dio privremenih nastamba na gradilištu Lokvarka.
7. Montažno poduzeće Hidromontaža, Maribor, izvršilo je montažu hidromehaničke opreme, tlačnog cjevovoda, strojeva, rasklopnog postrojenja i kabela uz prisustvo vodećih montera tvrtka: Brown Boveri & Cie, Ateliers des Charmilles, Ateliers de Sécheron, Câbles Cortaillod i Acciaieria e tubificio di Brescia.
8. Poduzeće »Vlado Četković«, Zagreb, izvelo je instalaciju za električnu rasvjetu.

Pregled oglašivača

S. A. des Ateliers de Sécheron, Genève, Švicarska
A. G. Brown, Boveri & Cie, Baden, Švicarska
Ateliers des Charmilles S. A., Genève, Švicarska
Société d'exploitation des câbles électriques, Cortaillod, Švicarska
Maschinenfabrik Oerlikon, Zürich-Oerlikon, Švicarska
Motor-Columbus A. G., Baden, Švicarska
Emil Haefely & Cie, A. G., Basel, Švicarska
Officine Galileo, Battaglia Terme (Padova), Italija
Acciaieria e tubificio de Brescia, Brescia, Italija
Siemens & Halske G. m. b. H., Wien, Austrija
Walther & Cie, A. G., Köln-Dellbrück, Zapadna Njemačka
Ateliers de Constructions Jonneret fils aîné, Genève, Švicarska
Marelli & Fossati, Como, Italija
»Rade Končar«, Tvorница električnih strojeva, Zagreb
Titovi zavodi »Litostroj«, Ljubljana
Invest-Import, Poduzeće za uvoz i izvoz investicionih dobara i mašina, Beograd
Hidromontaža, Poduzeće za montažu hidroelektrana, Maribor
Elektroopskrba, Poduzeće za nabavke Elektroprivrede N. R. Hrvatske, Zagreb
Elektroprojekt, Podjetje za projektiranje elektroenergetskih in prenosnih naprava, Ljubljana
Elektro-mehaničko pretprijatie, Skopje
OZEHA, Zavod za ekonomsku propagandu i publicitet, Zagreb
Institut za elektroprivredu, Zagreb
Hempro, Poduzeće za uvoz i izvoz hemiskih proizvoda, Beograd
Željezarna Ravne, Ravne na Koroškem
Elektroprojekt, Poduzeće za projektiranje elektroenergetskih postrojenja, Zagreb
»Braća Kavurić«, Elektro-strojarsko montažno poduzeće, Zagreb
Elektrosond, Poduzeće za ispitivanje i konsolidaciju terena, Zagreb
Elektrokovina, Tovarna elektrokovinskih izdelkov, Maribor-Tezno
Elektroprimorje, Poduzeće za distribuciju električne energije, Rijeka
Gradska Ljevaonica željeza, Varaždin
Elektro-Ljubljana, Ljubljana
Elektroprivredni Sistem N. R. Hrvatske, Zagreb
Dalekovod, Poduzeće za izgradnju dalekovoda, razvodnih postrojenja i transformatorskih stanica, Zagreb
Elektra, Poduzeće za elektrifikaciju sjeverne Hrvatske, Zagreb
Elektro-Istra, Poduzeće za elektrifikaciju Istre, Pula
Elektro-Dalmacija, Poduzeće za prenos i distribuciju električne energije, Split
Elektrosignal, Montažno tehničko poduzeće, Ljubljana
Hidroelektrana »Nikola Tesla«, Poduzeće za proizvodnju i prijenos električne energije, Tribalj-Vinodol
Elektrana Senovo, Brestanica (Rajhenburg)
Gebrüder Sulzer Aktiengesellschaft, Winterthur, Švicarska

GENERATORI I TRANSFORMATORI U ELEKTRANI „VINODOL“

Električnu energiju u hidroelektrani »Vinodol« proizvode tri agregata, svaki sa snagom od 35 000 kVA. Generatori su u direktnom blok-spoju vezani na transformatore jednake snage, koji generatorski napon od 10,5 kV transformiraju na prenosni napon zemaljske mreže od 110 kV.

Napon na sabirnicama 110 kV regulira se na vrijednost potrebnu za prenosne uvjete udešavanjem uzbuđenja na glavnim generatorima. Na iste sabirnice priključeni su i regulacioni transformatori od 10 000 kVA za napajanje razdjelne mreže 30 kV. Ovi transformatori imaju regulacione sklopke za rad pod opterećenjem, da se napon razdjelne mreže može regulirati neovisno od visine napona u velikoj prenosnoj mreži 110 kV.

Pomoćne pogone u elektrani napaja posebni kućni agregat od turbine i generatora, koji služi kao sigurnosni izvor energije. Normalno napajaju se pomoćni pogoni iz dva kućna transformatora po 400 kVA priključena s jedne strane na sabirnice 30 kV, a s druge strane na sabirnice niskog napona 380/220 volti.

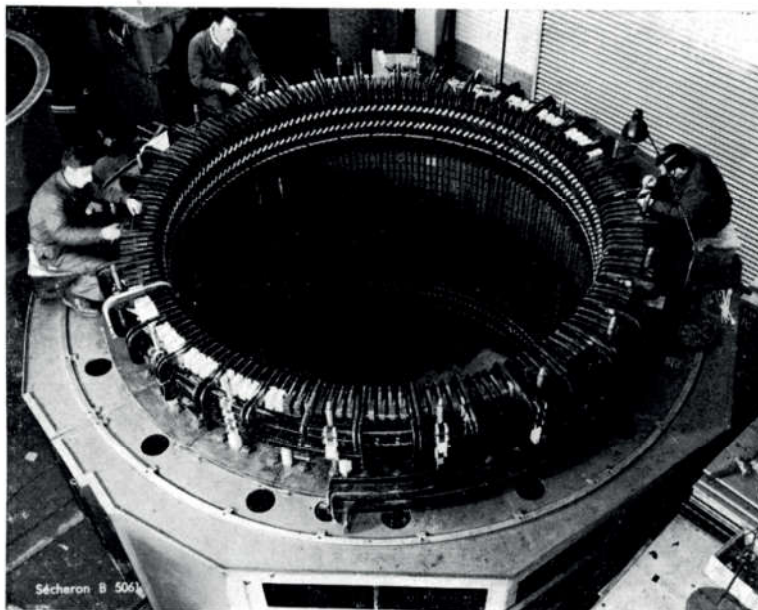
- 2 trofazna regulaciona transformatora, svaki po 10 000 kVA, $115 \pm 8 \times 1,25 \% / 36,75$ kV, sa regulacionom sklopkom za rad pod opterećenjem;
- 2 kućna transformatora, svaki po 400 kVA, 36,75/0,4 kV.

Opisat ćemo malo potanje ovu našu dobavu:

GENERATORI

Svaki generator ima dvije Peltonove turbine, po jednu na svakom kraju generatora. Njihova konstrukcija provedena je za ove tehničke karakteristike:

nominalna snaga u trajnom pogonu	35 000 kVA
snaga kod $\cos \varphi = 0,8$	28 000 kW
primljena snaga	39 000 KS
nominalni napon	$10\,500 \pm 5 \%$ volti
frekvencija	50 Hz
nominalni broj okretaja	500 o/min.
slobodni broj okretaja	925 o/min.
zamašni momenat	235 tm ²



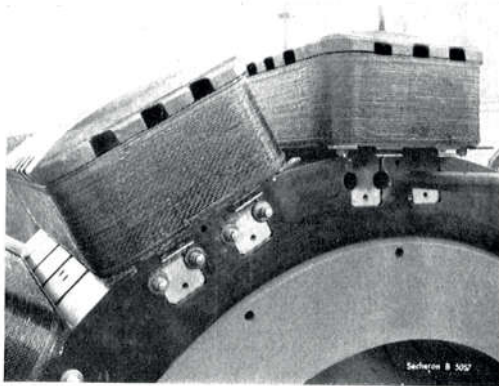
Sl. 1 — Ulaganje namota u dvodjelni stator jednog od tri generatora za HE »Vinodol«, od 35 000 kVA i 500 okr/min.

Tvornicama SÉCHERON u Ženevi bila je povjerenjena dobava generatora i transformatora za elektranu »Vinodol«, i to:

- 3 trofazna sinhrona generatora, s horizontalnom osovinom, svaki 35 000 kVA, 500 okr/min., 10 500 volti, 50 Hz, sa glavnim i pomoćnim uzбудnikom i pilotnim generatorom za regulaciju turbine;
- 3 trofazna transformatora, svaki 35 000 kVA, $10,5 \pm 5 \% / 115$ kV;

Svaki agregat počiva na dva ležaja, a Peltonova kola smještena su slobodno na krajeve generatorske osovine sa vanjske strane ležaja. Glavni uzбудnik ugrađen je u kućište generatora i nalazi se između samog generatora i jednog ležaja. Pomoćni uzбудnik kombiniran je s pilotnim generatorom, te vezan s jednim od turbinskih kola komadom osovine i elastičnom spojkom. Takav raspored uzbudnog generatora dozvoljava, da se pogon vrši i samo s jednom turbinom kod polovine opterećenja.

Generatori izvedeni su u zatvorenoj ventiliranoj konstrukciji s kružnim hlađenjem. Hladnjaci s rebri-
ma za hlađenje smješteni su u generatorskoj jami.
Ovakovo zatvoreno hlađenje najekonomičnije je kod
podzemnih elektrana, a osim toga ima i tu pred-
nost, da štiti generator od nečistoća i stvaranja vlage.



Sl. 2 — Ova slika prikazuje način pričvršćenja polova za generatore HE »Vinodol«. Polovi imaju dva nastavka, koji zahvaćaju u pripadne utore u vijencu polnog točka, a učvršćeni su okruglim klinovima

Stator je izveden dvodjelno i električki je za-
varen. Aktivno željezno tijelo sastavljeno je od nasla-
ganih segmenata generatorskog lima izoliranog papi-
rom; ovi segmenti stegnuti su tlačnim pločama i vij-
cima. Tlačni svornici služe ujedno i kao vodilo lime-
nih segmenata. Kod ulaganja limova vršilo se u od-
sjecima jednoliko tlačenje limenog paketa. Snažni
tlačni prsti između krajnjih limova tlačnih ploča osi-
guravaju potpuno stezanje utorskih zubi. Aktivno že-
ljezno tijelo razdijeljeno je ventilacionim rasporima u
pakete raznih širina; užu paketi leže u sredini gene-
ratora.

Statorski namot izveden je kao dvoslojni namot.
Svici namota formirani su mehanički i položeni
u otvorene utore statorskog željeza. Svaki vodič sa-
stavljen je od više međusobno izoliranih bakrenih
pruga. Da bi se gubici u bakru sveli na minimum, ove
se pruge ciklički mijenjaju tako, da svaka pruga red-
om zauzima svaki položaj u utoru. Da bi se dodatni
gubici još dalje snizili, a i radi poboljšanja krivulje
napona skraćen je utorski korak prema normalnom
koraku polova. Obadvije ravne strane svitka oprešane
su mikafolijem u toplom stanju. Površina onog dijela
oprešanog mikafolija, koji leži u željeznom paketu,
obložena je slojem vodljivog laka, a površina dijela,
koji leži izvan utora, slojem poluvodljivog laka. Ove
su mjere poduzete, da se spriječi tinjanje. Glave svi-
taka poduprte su na kućište statora, da budu sigurne
od kratkog spoja.

Rotor je jednodjelan. Pet polnih koluta od
prvorazrednog lijevanog elektro-čelika toplo je navu-
čeno na zvjezdastu osovinu iskovanu od SM-čelika
tako, da je njihov centrički položaj osiguran još i kod
slobodne brzine okretanja (»bijega« turbine). Ventila-
torska krilca sišu rashladni zrak iz otvora između
zvjezdaste osovine i vijenca polnog točka i kroz vi-
jenac ga tlače u stator. Masivni polovi od čeličnog
lijeva imaju nastavke, koji zahvaćaju u glodane utore
na polnim kolutima; ubrušeni okrugli klinovi preuzi-
maju centrifugalne sile polova.

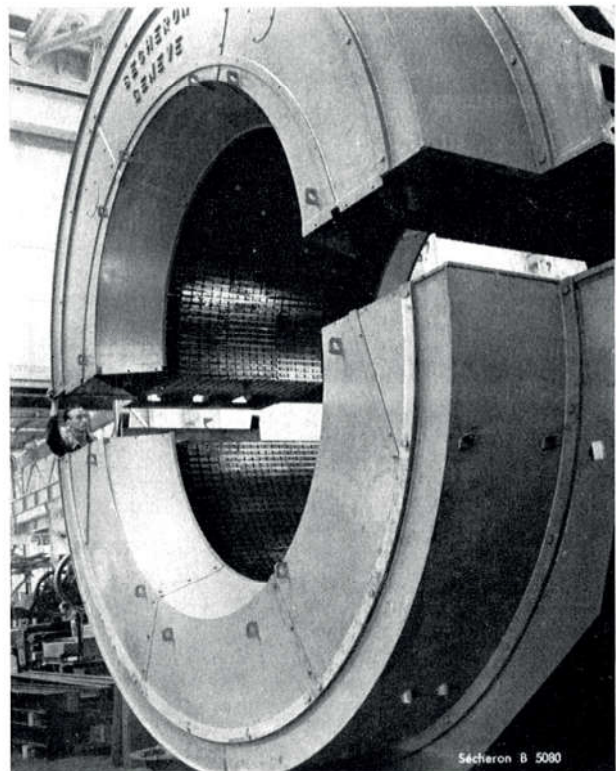
Svaki pol ima dva svitka od osovijenog plosnatog
bakra toplo prešana s lakiranim izolacionim ulošcima
u čvrsto tijelo. Svici su međusobno poduprti jakim kli-
novima uloženim između polova i pritegnuti na polne
kolute snažnim vijcima.

Za kontrolu zagrijavanja ugrađeni su otporni ele-
menti, i to po jedan u namotu statora, u aktivnom
željezu, u ležajima, u komori toplog i hladnog zraka
i u odlaznoj rashladnoj vodi. Za signalizaciju i isklju-
čenje sklopaka ugrađeni su u svaki ležaj i u komori
toplog zraka termostati s dvostrukim kontaktima, je-
dan za upozorenje, a drugi za isključenje. Protočni
indikator za rashladnu vodu zračnog hladnjaka gene-
ratora okida alarmni uređaj, čim kroz rashladni ure-
đaj teče premalo vode. Osim toga svaki generator ima
i požarnu zaštitu s ugljičnim dioksidom (CO₂-zaštitu).

TRANSFORMATORI

Tri glavna uzlazna transformatora s nominal-
nom snagom od 35 000 kVA i s prijenosnim omjerom
u praznom hodu od $10\,500 \pm 5\%$ / 115 500 volti
imaju na strani donjeg napona odvojnu sklopku s tri
položaja. Ova sklopka može se udešavati na poklopcu
kod isključenog napona i služi za odabiranje prije-
nosnog opsega gornjeg napona za $\pm 5\%$.

Dva silazna regulaciona transformatora s no-
minalnom snagom od 10 000 kVA i s prijenosnim
omjerom u praznom hodu od $115\,500 \pm 8 \times 1,25\%$ /
36 750 volti imaju regulacionu sklopku, kojom se mo-
že regulirati pod opterećenjem napon na strani 36 kV
u opsegu $\pm 10\%$ neovisno o momentanom naponu
generatora. Od ova dva regulaciona transformatora
sada je samo jedan montiran u HE »Vinodol«, a dru-
gi je prethodno upotrebljen na drugom mjestu.



Sl. 3 — Slika montaže u tvornici dvodielnog generatorskog kućišta
jednog od tri generatora za HE »Vinodol«, od 35 000 kVA i
500 okr/min.

I ako treba držati konstantnim napon na strani 36 kV, pokazalo se kod konstrukcije povoljnijim, da se regulaciona sklopka ugradi na strani donjeg napona i da se regulacija vrši mijenjanjem magnetske indukcije, koju je u tom slučaju trebalo izabrati dosta malenom. Ovakovo rješenje dozvolilo je upotrebu regulacione sklopke za 36 kV s manjim potrebnim prostorom i s povoljnijom cijenom. Sklopka ima kao obično tri glavna dijela: birač stepena, koji priprema preklapanje bez prekida struje, teretnu sklopku, koja vrši preklapanje pod opterećenjem, te pogonski ormarić sa svim uređajima za daljinsko upravljanje i kontrolu.

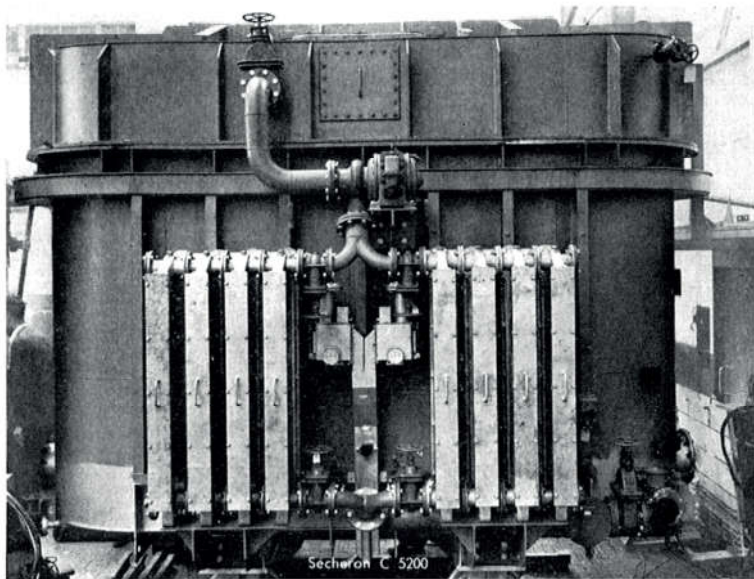
glavci smješteni su u kućištu napunjenom uljem, koje je prigradeno neposredno na poklopac transformatora. Montaža spojeva između kabela i krajeva namota vrši se kroz posebne ulazne otvore. Za primopredajna ispitivanja u tvornici SÉCHERON morali su se na transformatorskom poklopcu posebno montirati provizorne provodne stezaljke;

f) ispitni naponi s trajanjem od 1 minute iznosili su:

232 kV za namot 115 kV

74 kV za namot 36 kV

22 kV za namot 10,5 kV



Sl. 4 — Jedan od tri glavna transformatora za HE »Vinodol« od 35 000 kVA, 10,5 + 5%/115 kV, sa vodnim hladnjacima podijeljenim u dvije grupe. Transformatori nemaju provodnike na strani gornjea na pona, nego kabelske zašlavlke za priključne uline kabele od 115 kV.

Konstrukcija tih pet transformatora ima ova glavna obilježja:

- magnetsko postolje od visokovrijednog transformatorskog lima izoliranog papirom, sa tri namotane jezgre i dva jarma, te sa brižno blanim stičnim površinama;
- namoti od elektrolitskog bakra s izolacijom od papira i s pamučnim opredom kao mehaničkom zaštitom papirnato sloja. Gotovi namoti bili su impregnirani u bakelitnim smolama. Time se znatno povisila njihova čvrstoća kako za mehanička, tako i za električna naprezanja;
- glavna izolacija između gornjeg i donjeg napona provedena je uljnim kanalima s bakelitnim izolacionim cilindrom. Kao što je poznato, dozvoljava ovakova konstrukcija laganu demontažu namota i kontrolu, u kojem se stanju nalazi glavna izolacija, jednostavnim ispitivanjem ulja;
- uljni kotao i poklopac električki su zavareni i dozvoljavaju podržavanje vakuumu u kotlu za vrijeme sušenja namota. Na poklopcu montiran je uljni konzervator i obični pribor, kao sigurnosni ventil, Buchholzova zaštita, i t. d.;
- priključak gornjeg napona na uljne kabele za 115 kV; prema tome transformatori nemaju provodne izolatore na strani gornjeg napona, a kabelski za-

- hlađenje transformatorskog ulja provedeno je prisilnim optokom ulja kroz vodne hladnjake prigradene neposredno na kotao transformatora. Ulje se tlači u hladnjake uljnom optočnom pumpom bez brtvenica. Hladnjaci su podijeljeni u dvije neovisne grupe i imaju slobodno istjecanje vode tako, da je tlak ulja u njima uvijek veći od tlaka vode. Protjecanje ulja i vode nadzire se protočnim indikatorima s alarmnim kontaktima.

TRANSPORTI

Transport ovako teških generatora i transformatora postavio je nekoliko teških problema. Ukupna težina jednog generatora s uzbuđnim strojevima i ostalim priborom dosiže u pogonskom stanju oko 146 t. Od toga teži sam stator oko 60 t, a kompletni rotor s osovinom oko 69 t. Za transport trebalo je generatore rastaviti i najveći dijelovi bili su utovareni u specijalni vagon švicarskih željeznica s dubokom platformom. Taj je vagon morao kod svakog generatora tri puta preći put od Ženeve do Rijeke i natrag, i to najprije s rotorom bez polova i s osovinom (oko 43 t), zatim s donjom polovicom statora (oko 32 t) i konačno s gornjom polovicom statora (oko 27 t). Ostali dijelovi bili su dodani u vagon s dubokom platformom ili otposlani u posebnim vagonima.

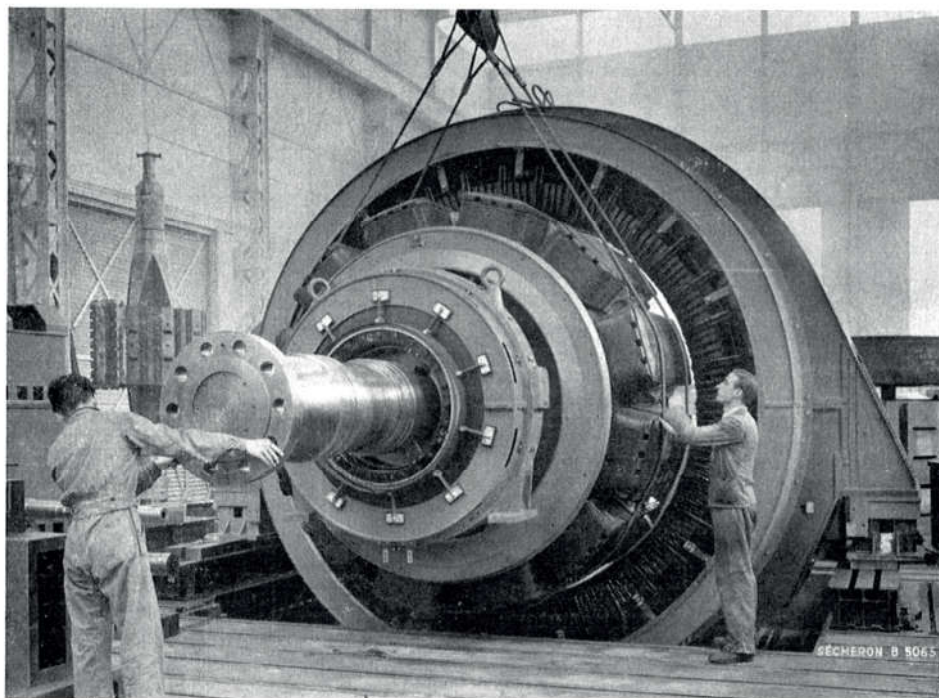
Transformatori mogli su se transportirati u montiranom stanju, samo je trebalo demontirati uljni konzervator, provodne stezaljke, hladnjak i ostali pribor. Aktivni dio bio je transportiran u svom transformatorskom kotlu ispunjenom dušikom. Na taj način mogli su se montažni radovi na transformatorima u elektrani »Vinodol« svesti na minimum, jer je na licu mjesta trebalo samo još montirati hladnjake, stezalj-

ke i ostali sitni pribor, te transformator napuniti uljem. Težina transformatora od 35 MVA iznosi oko 47 t bez ulja, a težina uljnog punjenja oko 12,5 t. Težina pak regulacionog transformatora od 10 MVA je oko 29,5 t, a njegovo uljno punjenje oko 14,9 t.

Transport od Rijeke do dizalice u strojarnici u HE »Vinodol« bio je proveden cestom na posebnim teškim automobilskim prikolicama.

Ing. Luchsinger

S É C H E R O N



Montaža u tvornici jednog od 3 trofazna generatora 35 000 kVA, 500 okr./min., za elektranu »Vinodol«

Vozni materijal za električne željeznice — generatori — transformatori — živini ispravljači bez pumpe u željeznom kućištu — automatski regulatori — aparati za svarivanje — elektrode

S. A. DES ATELIERS DE SÉCHERON
GENÈVE (ŠVICARSKA)

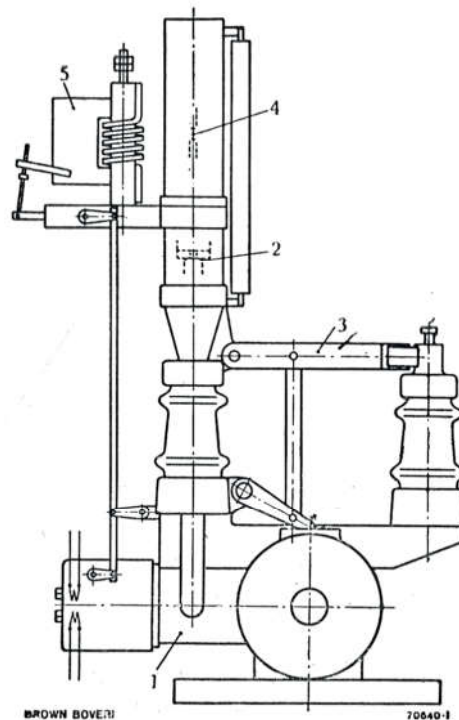
POSTROJENJE VISOKOG NAPONA I UREĐAJI ZA ZAŠTITU I REGULIRANJE U HIDROELEKTRANI „VINODOL“

I. RASKLOPNO POSTROJENJE VISOKOG NAPONA

Ovo rasklopno postrojenje dobavila je tvornica BROWN BOVERI. Ono se sastoji od tri dijela: uređaj za 10 kV s glavnim spojnim vodovima između učinskih generatora i uzlaznih transformatora, te sa spojevima do vodnog otpora; uređaj za 35 kV s odvodima za napajanje opće elektrifikacije u okolici elektrane; te uređaj za 110 kV za priključak gornjeg napona uzlaznih transformatora i dalekovoda 110 kV. Aparati za 10 i 30 kV smješteni su u podzemnim ćelijama; sve su te aparature bez ulja, te ne mogu proizročiti ni vatre ni dima, a to je u podzemnim prostorijama od osobitog značenja.

Pneumatske sklopke, po današnjem stanju tehnike, jedine su sklopke za unutarnje prostorije, koje potpuno odgovaraju zahtjevima modernog pogona, a to su: brzina rada, jednostavnost, izbjegavanje opasnosti od požara i eksplozije. Osim toga raznovrsne mogućnosti montaže daju pregledan i lijepi raspored postrojenja, a najmanju potrebu na prostoru.

Opisat ćemo osnovni princip ovih sklopki (vidi sliku 1): temeljnu podlogu sklopke čini spremište komprimiranog zraka. Na ovo spremište montirani su aktivni dijelovi. Isklapanje sklopke počinje otvaranjem glavnog ventila (1), od kojeg vode spojne cijevi za komprimirani zrak do lučne komore montirane na šupljim izolatorima. U komorama snažna struja zraka gasi odmah električni luk, koji je nastao otvaranjem kontakta (2) na sklopki. Zatim se pneumatski otvara rastavljač (3) sklopke, a prekine dovod zraka lučnim komorama tako, da se kontakti (2) opet zatvore. Otvoreni rastavljač (3) spojen u seriju s kontaktima (2) daje potrebnu izolaciju između dovoda i odvoda jedne faze. Isti taj rastavljač vrši i uključivanje sklopke. Važnu funkciju ima iskrište (4), koje na kontakte (2) paralelno priključuje otpor kod isklapanja velikih struja. Kod toga se povišenje napona na kontaktima (2) tako upravlja, da sklopka može bes-



Sl. 1 — Pneumatska brza sklopka za unutarnje prostorije do 30 kV nominalnog napona

- 1 = glavni ventil
- 2 = kontakti za prekidanje struje
- 3 = rastavni kontakti
- 4 = pomoćno iskrište
- 5 = primarni relej na sklopki

Konstrukcija ovih sklopaka je vrlo jednostavna i preledna.

prikladno i uredno raditi u svim pogonskim situacijama i kod svih kratkih spojeva.

Pneumatska sklopka 10 kV za vodni otpor predviđena je za montažu na podu prema sl. 1, dok su sve sklopke za 30 kV montirane na montažnim pločama, koje rastavljaju naprave visokog napona od dijelova niskog napona i od armatura za komprimirani zrak. Ove se sklopke mogu stoga lako montirati i demontirati iz poslužnog hodnika. Rasklopna snaga pneumatskih sklopki za 10 i 30 kV iznosi 600 MVA.

Strujni transformatori za 10 i 30 kV izvedeni su kao suhi štapni mjerni transformatori bez ulja, s više jezgri. Naponski transformatori za 10 i 30 kV izvedeni su za izolaciju komprimiranim zrakom, pa se mo-

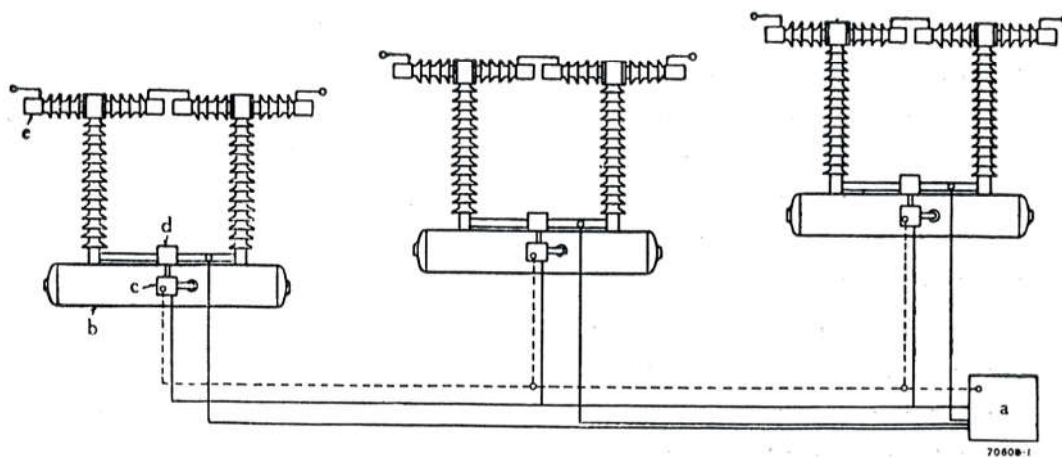
gu montirati u bilo kojem položaju. To vrlo olakšava dispoziciju u ćeliji visokog napona.

Uređaji za 10 i 30 kV imaju snažne trolpolne rastavljače dimenzionirane i za najveće struje kratkog spoja, koje bi mogle nastati u ovom velikom postrojenju. Svi rastavljači pokreću se pneumatskim zagonima, koji se mogu upravljati bilo iz poslužnog hodnika ili daljinski iz komandne prostorije.

Aparati 110 kV smješteni su na slobodnom prostoru. Uslijed vrlo pregledne dispozicije i jednostavne

daje male dimenzije i težine, a ipak vrlo veliki nominalni učin i dobru točnost mjerenja.

Pneumatske sklopke 110 kV izvedene su s upravljanjem višestrukim prekidima. Rasklopna im je snaga 1600 MVA. Sklopke se naročito odlikuju najkraćim vremenima za uklapanje i isklapanje, a rijetko potrebna revizija kontakti može se obaviti u kratkom vremenu. One su posebno izgrađene za trolpolno i jednopolno brzo ponovno uključivanje i za to je potrebno samo malo dodatnih dijelova.



Sl. 2 — Principna shema pojednostavnjene pneumatske brze sklopke

- | | | |
|-----------------------------------|-------------------|--------------------------------|
| a = upravljački ormarić sklopke | d = glavni ventil | — = vodovi komprimiranog zraka |
| b = spremište komprimiranog zraka | e = lučna komora | - - - = električni spojevi |
| c = naprava za upravljanje | | |

Sklopka nema nikakvih mehaničkih poluga ni između polova ni prema dijelovima pod naponom; uslijed toga je sklopka jednostavna i vrlo sigurna u pogonu.

konstrukcije aparata daje ovo vanjsko rasklopno postrojenje veliki stupanj sigurnosti, a ipak se vrlo lako poslužuje. Za montažu postrojenja 110 kV odabran je tako zvani »niski način gradnje«, koji traži razmjerno veće površine, ali zato samo niske i jeftine stalke. Ipak su svi aparati postavljeni dovoljno visoko tako, da se postrojenjem može prolaziti bez opasnosti.

Vanjski rastavljači s dva potporna izolatora po fazi također su jednostavno i pregledno konstruirani. Njihovi rastavni kontakti smješteni su zaštićeno, tako da se pogon vrši potpuno sigurno i kod teških uvjeta, kao kod magle, mraza i sl. Svi rastavljači imaju pneumatski zagon, a mogu se upravljati daljinski iz komande ili ručno na samom aparatu.

Strujni i naponski transformatori za 110 kV smješteni su u potporne izolatore. Ovakova konstrukcija

Slika 2 prikazuje principnu shemu takove pneumatske sklopke. Kod isklapanja napune se aktivne lučne komore komprimiranim zrakom otvaranjem glavnog ventila (d). Kad se električni luk ugasio strujom komprimiranog zraka, zatvaraju se ispušni ventili na lučnim komorama (e) tako, da uz otvoreni glavni ventil izolaciju između kontakti stvara komprimirani zrak. Uklapanje vrši se opet pomoću glavnog ventila. Ovaj je ventil izveden s tri položaja, pa kod zatvaranja ventila ujedno izlazi komprimirani zrak iz lučne komore i kontakti se oslobode za uklapanje. Sklopke su iskušane ne samo kod velikih i malih opterećenja i kod velikih struja kratkog spoja, nego i kod sklapanja induktivnih struja transformatora u praznom hodu, te kapacitivnih struja neopterećenih dalekovoda.

II. UREĐAJI ZA ZAŠTITU I REGULIRANJE

Tvornica BROWN BOVERI dobavila je za elektranu »Vinodol« i uređaje za zaštitu i reguliranje. Ti uređaji sastoje se uglavnom od ovih aparata:

Reguliranje napona na generatorima vrši se poznatim brzim naponskim regulatorima BBC s odvalnim kontaktima sa servomotorima. Upotrijebljeni su tipovi s velikim učinkom obzirom na snage generatora. Regulatori i servomotori s pripadnim otpornicima čine jednu jedinicu i smješteni su u blizini generatora. Prema potrebama pogona uređaji rade ili kao potpuno automatski regulatori ili kao magnetski regulatori s daljinskim upravljanjem iz komandne prostorije.

Brzi regulatori utječu na napon sabirnica 110 kV i drže ga konstantnim ili ga reguliraju u ovisnosti o proizvedenoj snazi. Ti regulatori vrše ujedno razdijelbu jalove snage jednolično na sve generatore u paralelnom radu. Njihova je osobita prednost u pogonu, što ne traže gotovo nikakovo uzdržavanje i što im se djelovanje na uzbudni uređaj uvijek može kontrolirati po položaju regulacionih organa.

Zaštitni uređaj generatora izveden je za potpunu zaštitu i sadržaje ove dijelove:

- 1) zaštitu od preopterećenja,
- 2) zaštitu od kratkog spoja,
- 3) zaštitu od prenapona,
- 4) zaštitu od zemljospoja statorskog namota,
- 5) zaštitu od zemljospoja rotorskog namota,
- 6) zaštitu od izgaranja namota (zaštita CO_2).

Jedna grupa ovih zaštita (1, 3 i 5) daje samo alarmni signal kod nastale opasnosti, dok druga grupa zaštita (2, 4 i 6) kod nastale smetnje odmah provodi svestrano isključenje štićenog postrojenja. Na taj način po-

stizava se najmanji gubitak u proizvodnji, ali i brzo ograničenje šteta, koje bi mogle nastati kod većih smetnja.

Brzo razmagnetiziranje svakog generatora provodi se u slučaju potrebe pomoću dvije sklopke za magnetsko polje. Sklopka glavnog magnetskog polja uključena je u glavni uzbudni krug i providena magnetskim zagonom i otporom za izbijanje. Ova se sklopka može staviti u rad bilo automatski ili rukom. Druga sklopka u porednom magnetskom polju prekida istodobno i uzbudivanje glavnog uzbudnog generatora.

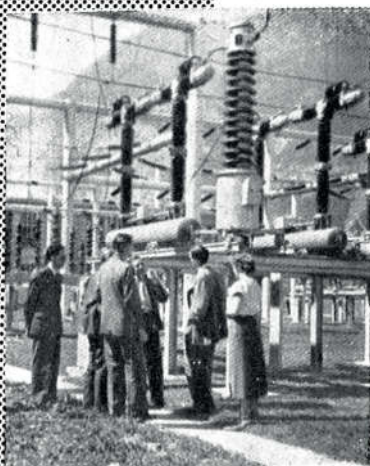
Zaštitni uređaj transformatora štiti glavne uzlazne i regulacione silazne transformatore od ovih smetnja:

- 1) preopterećenja,
- 2) kratkih spojeva,
- 3) spojeva među fazama.

Zaštita dalekovoda od 110 i 30 kV od kratkih spojeva provedena je brzim distantnim relejima BBC. Ti releji u zajednici s pneumatskim sklopkama imaju osobitu selektivnost i daju minimalna isključna vremena, te takovim osobinama pomažu, da se uzdrži stabilitet mreže u slučajevima smetnja.

Komandna je prostorija smještena podzemno u kavernu i prema tome se iz nje ne može vidjeti u rasklopne uređaje, koji su također djelomično ugrađeni u kavernu. Ta činjenica traži nužno, da se pri izgradnji rasklopnog postrojenja najveća pažnja posveti sigurnosti pogona, preglednoj montaži, te lakom i pouzdanom upravljanju. To se dalo postići jedino uređajima bez ulja i materijalom najmodernije konstrukcije.

Ing. M. Ebersberger



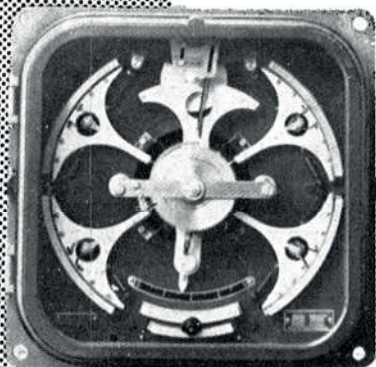
Specijalni proizvodi

za
elektrane i
rasklopne stanice



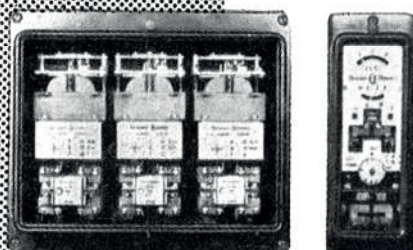
Pneumatske brze sklopke

S ovim sklopkama za vanjsku i unutarnju montažu, a u vezi s brzim i selektivnim zaštitnim relejima "Brown Boveri", postizava se najsigurniji pogon mreža.
brze i precizne!



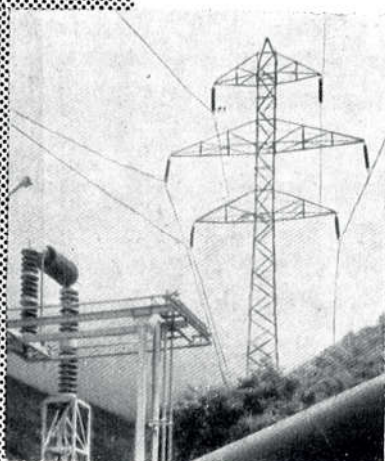
Brzi regulatori

Podesni modeli za strojeve svake veličine i za sve regulacione probleme.
točni i solidni!



Zaštita generatora i releji

sastoje samo od pouzdanih dijelova i aparata. Upotrijebite ove prokušane proizvode za zaštitu Vaših strojeva i postrojenja
prikladni i sigurni!



Visokofrekventna telefonija i daljinsko mjerenje

olakšavaju nadzor i upravljanje Vaših postrojenja.
pouzdana i ekonomična!

Naša iskustva oslanjaju se na sistematska istraživanja i opsežne pokuse u ispitnoj stanici i u pogonu, te Vam stoga jamče za dobavu najmodernijih i najprikladnijih aparata.

AG. BROWN, BOVERI & CIE.
BADEN — ŠVICARSKA

CHARMILLES

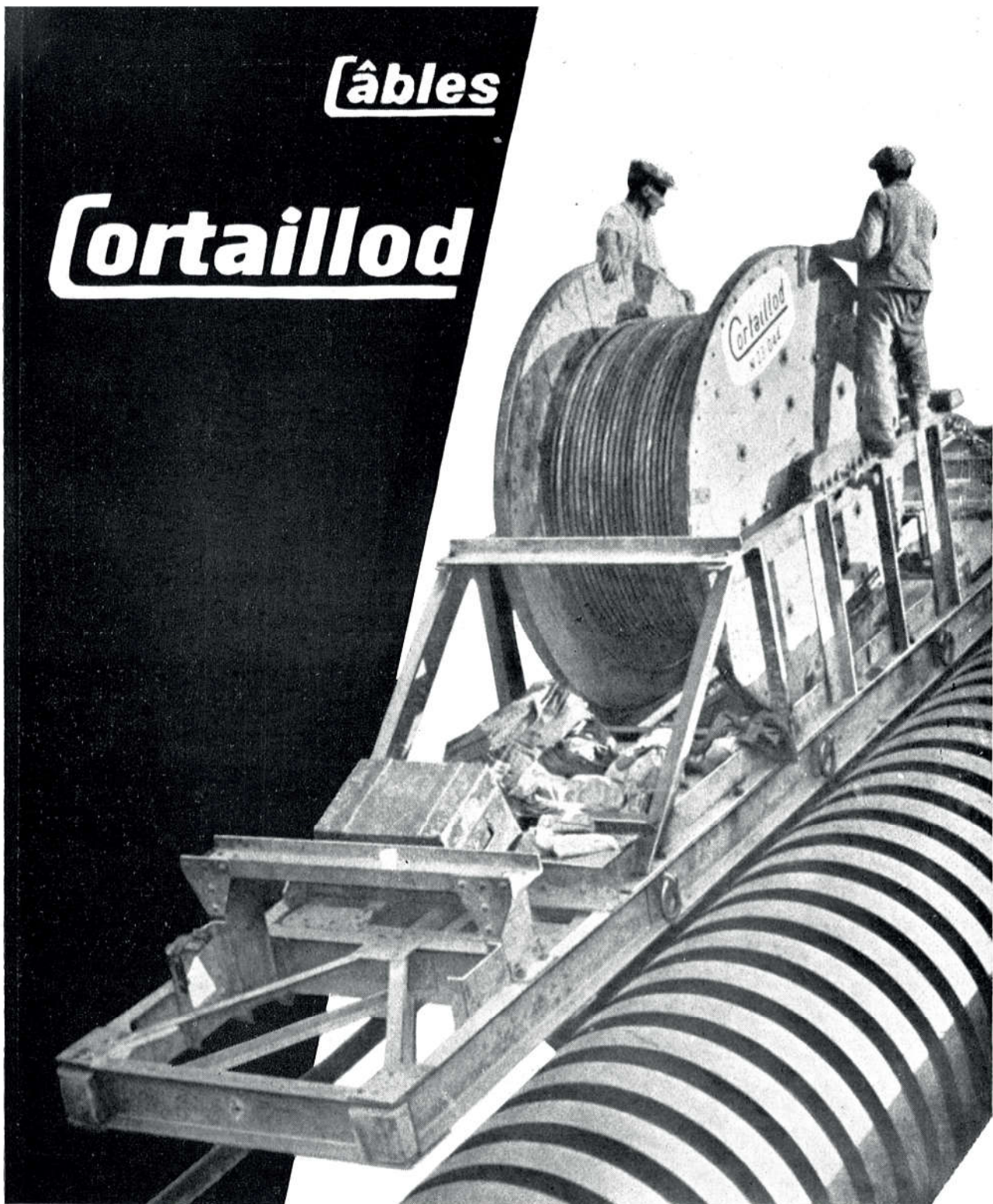


VODNE TURBINE

ATELIERS DES CHARMILLES S. A.
GENÈVE (Švicarska)

Tvornica je dobavila 6 Peltonovih turbina po 19150 KS za hidroelektranu „VINODOL“

Câbles
Cortaillod

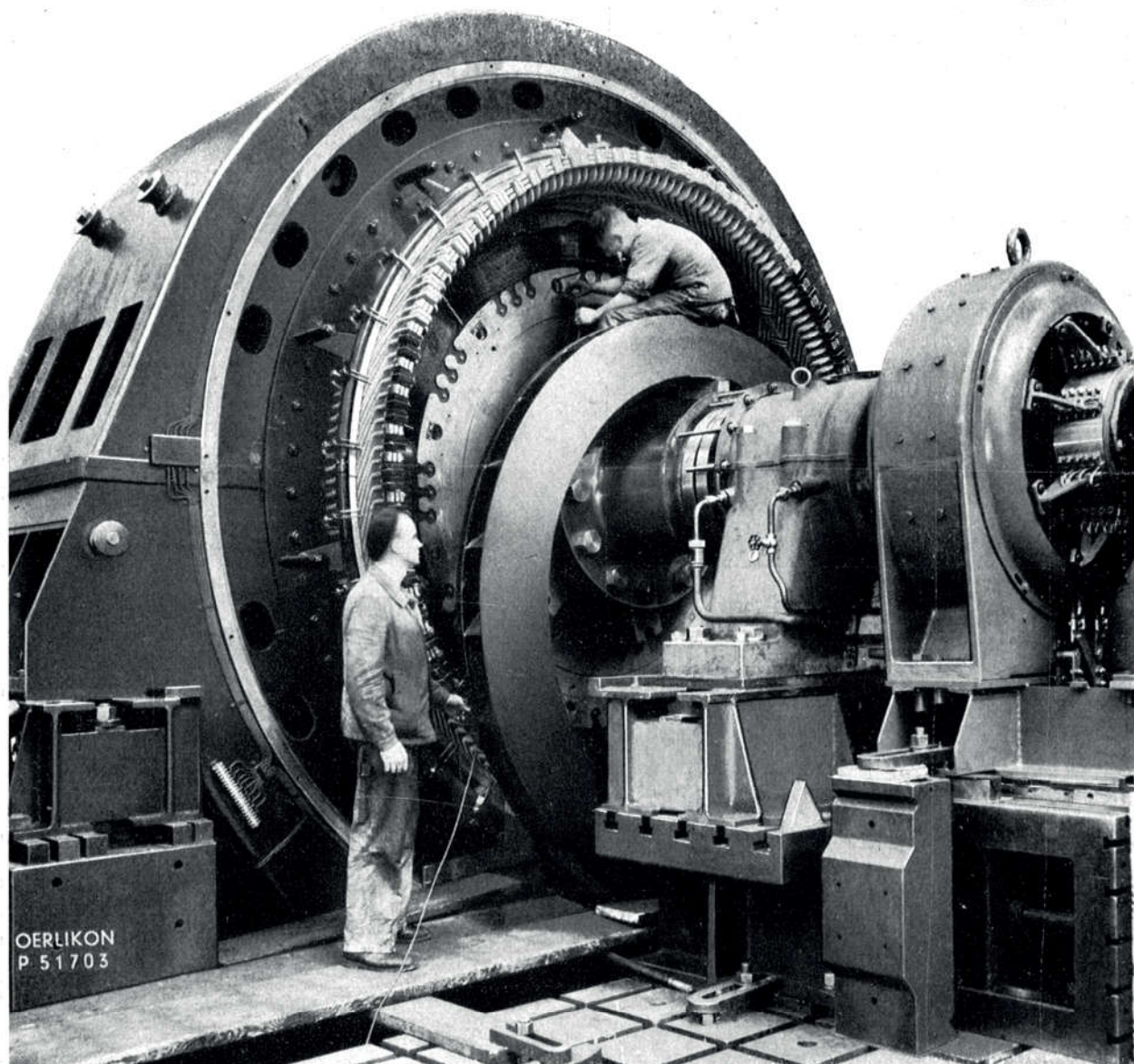


TVORNICA KABELA CORTAILLOD **ŠVICARSKA**

osnovana je godine 1879 i jedna je od najstarijih tvornica kabela na svijetu — tvornica dobavlja telefonske kabele za zvučne i visoke frekvencije, koaksijalne kabele, učinske kabele za visoki i niski napon, uljne kabele za najviše napone.

OERLIKON

Strojevi — aparati — potpuna oprema za proizvodnju, razdiobu i upotrebu električne energije.



Montaža u tvornici horizontalnog trofaznog generatora 40 000 kVA. Tvornica je dobavila dvije takve jedinice za neku elektranu u Norveškoj.

NAŠ FABRIKACIONI PROGRAM OBUHVAĆA:

proizvodnju električne energije

generatore za sve vrste pogona, do najvećih snaga - parne turbine do najviših tlakova i temperatura - plinske turbine;

razdiobu električne energije

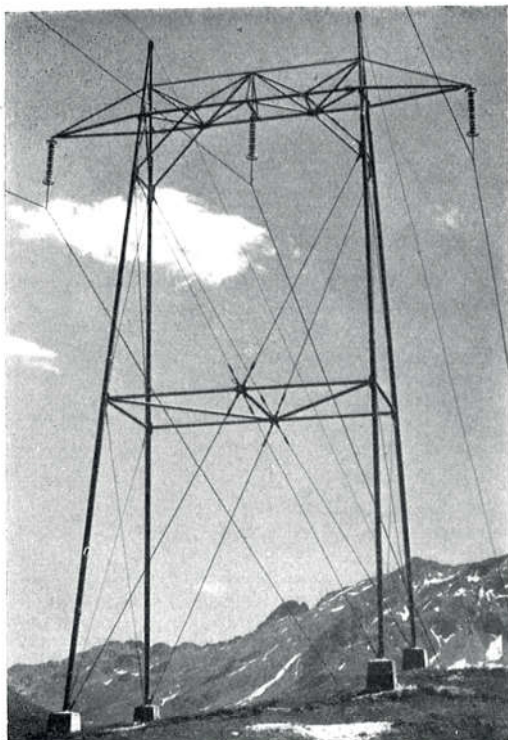
transformatore - pretvarače - rasklopne aparate svih vrsta za visoki i niski napon - regulatore i releje - rasklopnice i komandne uređaje - prenaponske odvodnike;

upotrebu električne energije

elektromotore za sve napone i snage - električnu opremu za lokomotive, motorna vozila, dizel-električna vozila, tramvaje, trolejbus, željeznice, žičare, i t. d. - vozila s elektro-žiroskopskim pogonom - kompresore i vakuum-pumpe za vozila - elektrolizatore za proizvodnju vodika i kisika - aparate za lučno svarivanje.

MASCHINENFABRIK OERLIKON, ZÜRICH - OERLIKON (ŠVICARSKA)

Telegrami: USSINE ZURICH



Elektrane

Vodovi visokog napona

Transformatorske stanice

Rasklopna postrojenja

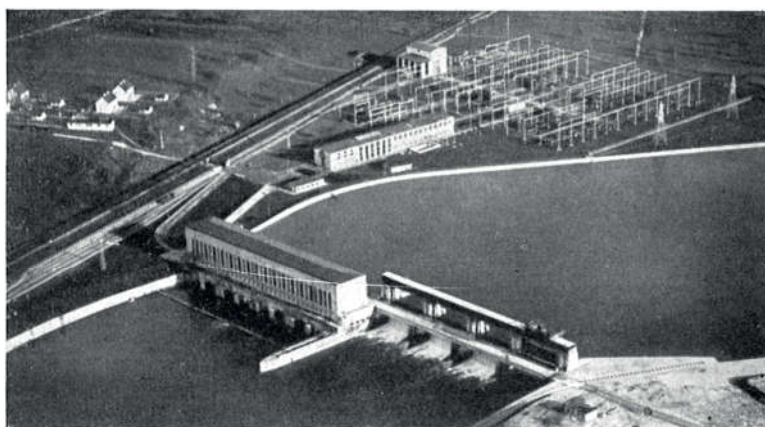
Vod od 225/380 kV preko sedla Lukmanier u Švicarskoj.
Stup od cijevi ispunjen betonom sistema »Motor-Columbus«

MOTOR-COLUMBUS

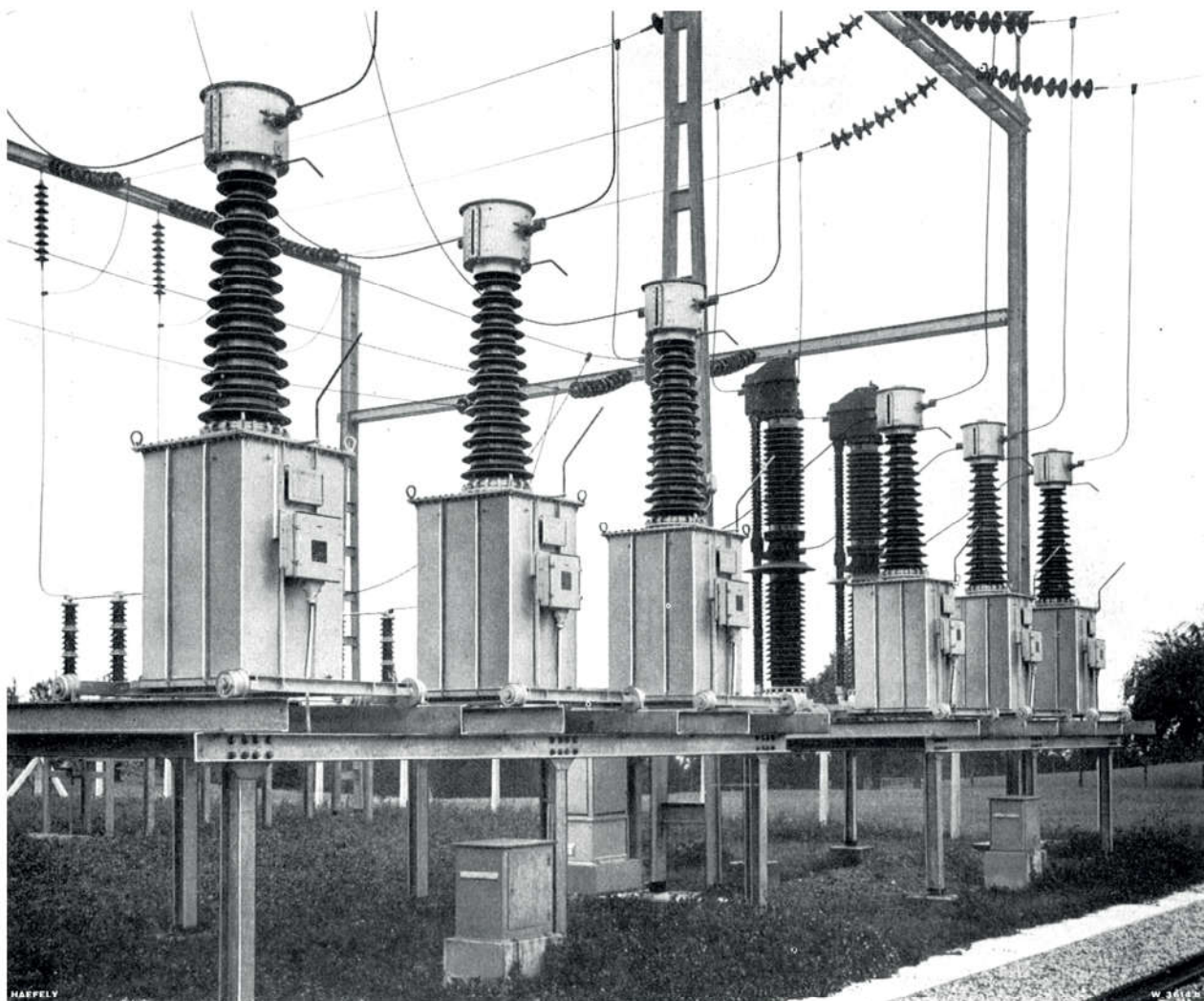
BADEN (Švicarska)

Projektiranje

Nadzor gradnje



Elektrana Ryburg-Schwoerstadt na Rajni. — Instalirana snaga 109 000 kW



6 jednofaznih mjernih grupa u vanjskom rasklopnom postrojenju 150 kV.

HAEFELY

Učinski i regulacioni transformatori

Mjerni transformatori

Namotavanje i premotavanje električnih strojeva i transformatora

Električni kondenzatori

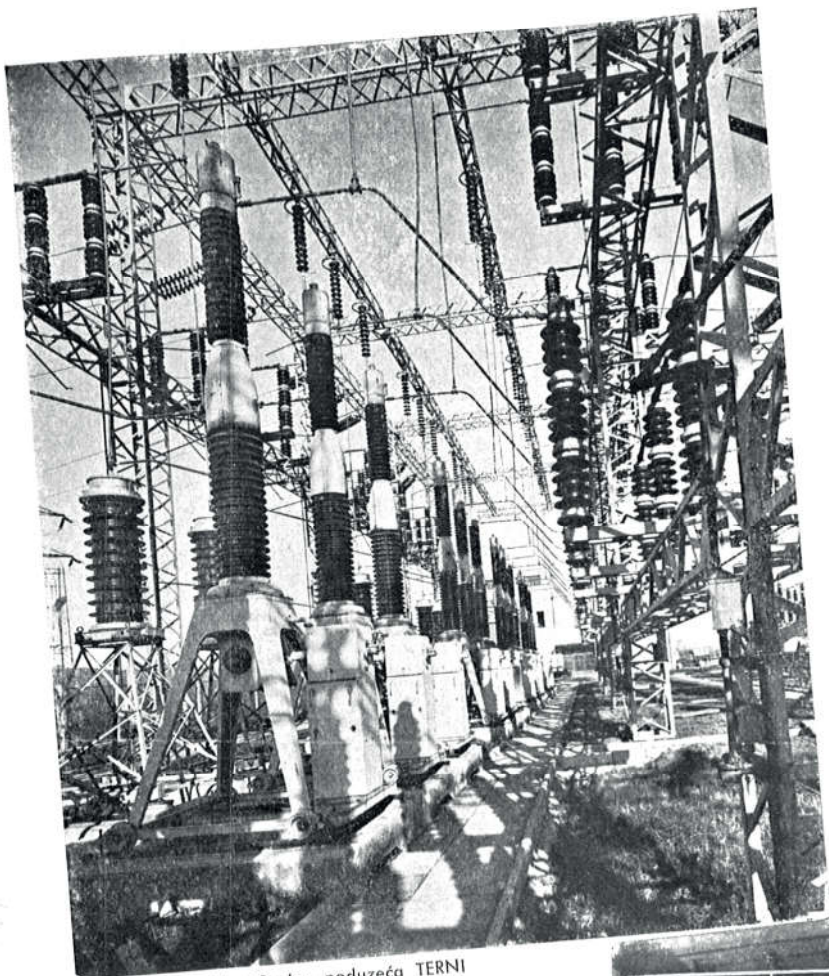
Izolacioni materijal "HAEFELYT"

Provodnici visokog napona

Potpuna oprema ispitnih stanica i laboratorija za visoki napon

Kondenzatori za spregu kod visokofrekventnog prijenosa na vodovima visokog napona

EMIL HAEFELY & CIE A. G., BASEL, ŠVICARSKA



Podstanica »Chiusi-Scalo« poduzeća TERNI
Sklopke tipa OCER 150 za 150 kV.

**METALNE
KONSTRUKCIJE
SVAKOG
TIPA
I ZA
SVE
INDUSTRIJSKE
UPOTREBE**

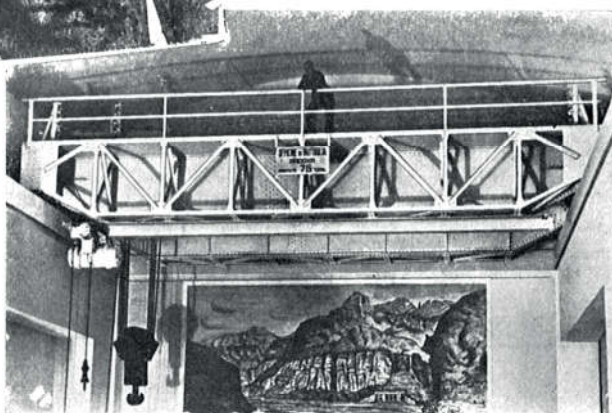
DIREKCIJA
TEHNICKA I
KOMERCIJALNA
BATTAGLIA TERME
PADOVA, ITALIJA
TELEFONI: (Padova)
25-689, 26-003
TELEGRAMI:
OFFICINE
BATTAGLIATERME

**OFFICINE
GALILEO**

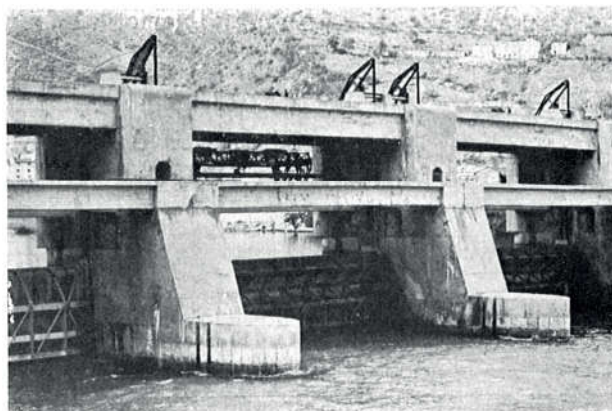
BATTAGLIA TERME, PADOVA - S. p. A.

**ELEKTRIČNI
APARATI
SVAKOG
TIPA
»GALILEO
SCARPA«
ZA
NAPONE
OD 12
DO 275 kV**

TRGOVAČKO
PREDSTAVNIŠTVO
ZA F. N. R. J.:
»KONTINENTAL«
INOSTRANA
ZASTUPNIŠTVA
BEOGRAD
TERAZIJE 27
TELEFON: 27-259
TELEGRAMI:
KONTINENTAL
BEOGRAD

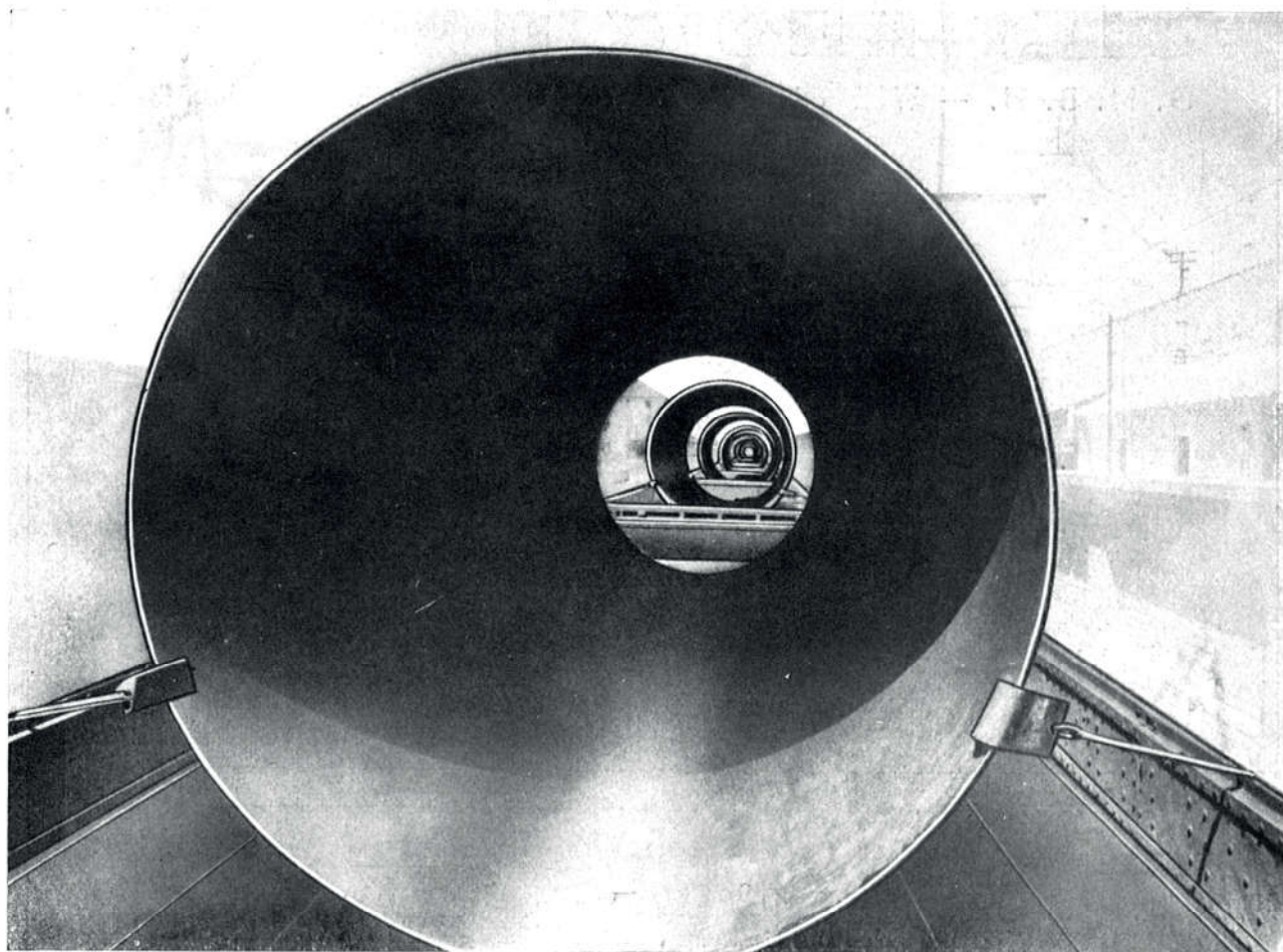


Elektrana »Stanga« (S. A. D. E.) - Mostovna dizalica 75 t.



Zapornice s automatskim krilcem na Brenti (Bassano)

tlačni cjevovodi za hidroelektrane



Otprema cijevi za tlačni cjevovod hidroelektrane »VINODOL« iz tvornice.

Aparati za hidraulička postrojenja — čelične cijevi do najvećih promjera za vodovode i svaku drugu upotrebu — cijevni sistemi za kotlove — postolja od tlačnog lima — kompletna postrojenja za tvornice šećera i žeste — strojevi i aparati za kemičku industriju — konstrukcije od teških čeličnih limova — konstrukcije za tešku industriju — posude za lijevanje željeza i metala — okviri za teretne automobile — valjaonički proizvodi — čelične boce



ACCIAIERIA E TUBIFICIO DI BRESCIA

SIEMENS & HALSKE

G. M. B. H. — WIEN III., APOSTELGASSE 12 — AUSTRIA

*Mi smo dobavili
za elektranu „Vinodol“:*

KUĆNI TELEFONSKI AUTOMAT »NEHA« TIPA
SIEMENS - AUSTRIA — RAZNE SIGNALNE URE-
ĐAJE — ELEKTRIČNO MJERENJE VODOSTAJA
UREĐAJ ZA MJERENJA VODNIH KOLIČINA

Požarna zaštita »WALTHER«



štiti u elektranama i razvodnim postrojenjima
više od

650 generatora

1350 transformatora

svojim specijalnim aparatima:

WALTHER — požarna zaštita ugljičnim dioksidom

WALTHER — zaštita vodnim zalijevanjem

WALTHER — uređaji za prskanje

— zaštita vodnim zastorom

— uređaji za javljanje dima

— ručni uređaji za gašenje požara

— požarna kola

Parni kotlovi — ložišta — uređaji za otprašivanje
za sve pogonske uvjete

W A L T H E R & C I E A. G.
KÖLN - DELLBRÜCK, NJEMAČKA



ATELIERS DE CONSTRUCTIONS
JONNERET FILS AINÉ
GENÈVE 8

Proizvodi kao specijalitet:

strojeve za čišćenje rešetaka

- kod hidroelektrana
- kod zahvata za rashladnu vodu termoelektrana
- kod postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda
- kod pumpnih stanica, i t. d.

MARELLI & FOSSATI

FEDERICO MARELLI & DOTT. ARRIGO MEDRI

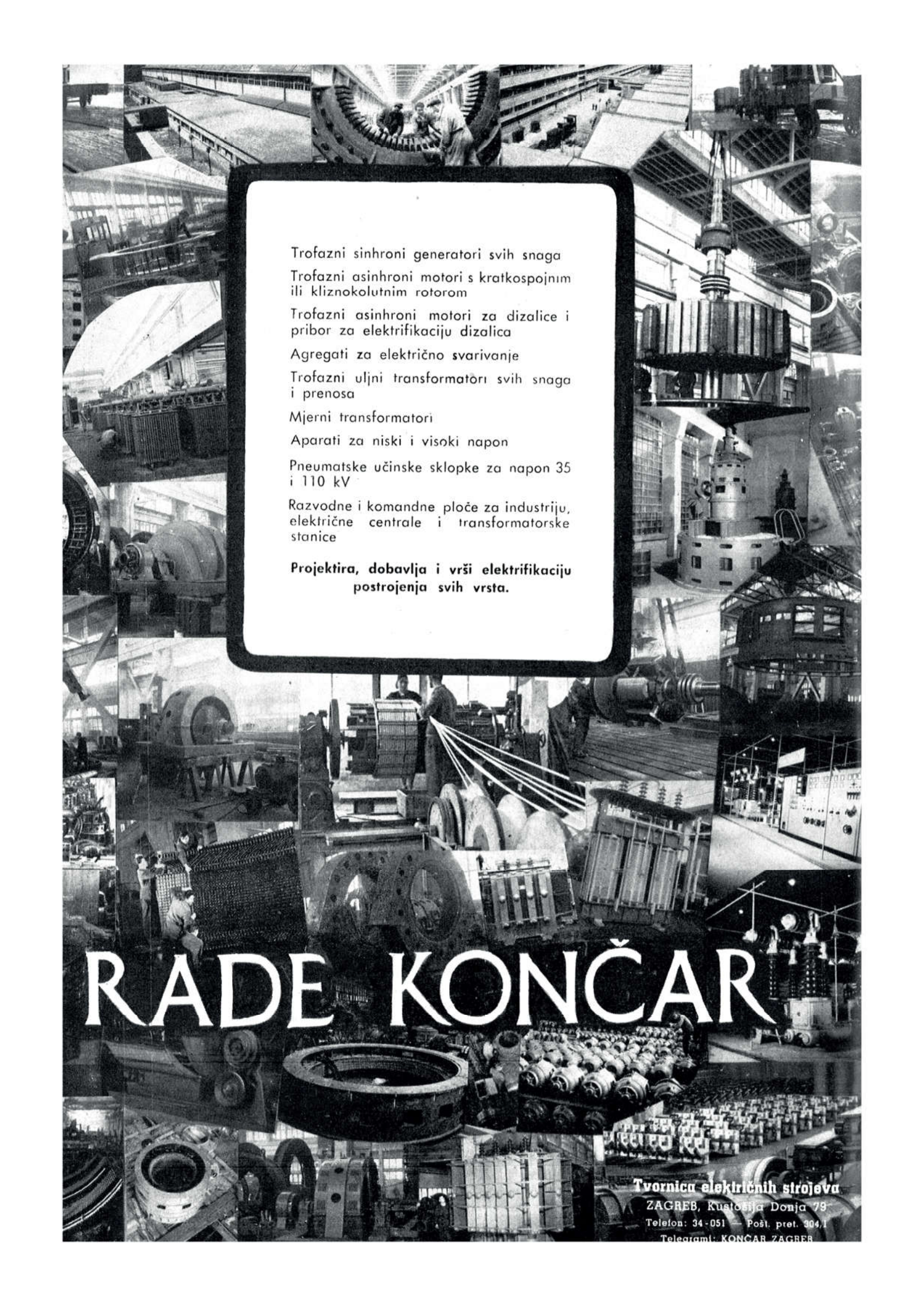
TELEFON: 48-40

C O M O

VIA SCALABRINI 86

SPECIJALNI PROIZVODI ZA HIDROELEKTRANE:

- | | |
|----------------------|---|
| BIANCO - BIANCO C | — vododržni dodatak za cementnu žbuku i za izrade od cementa |
| RAPIDO - RAPIDISSIMO | — dodatak za brže vezanje i veću tvrdoću cementne žbuke |
| ISOL | — bituminozni lak protiv rđanja za tlačne cjevovode, te za impregnaciju kudelje na spojevima, i t. d. |
| ISOLIT | — plastični cement za zalijevanje dilatacijskih spojeva |
| DUROLITE | — dodatak za pojačanje otpornosti protiv habanja kod cementnih smjesa |



Trofazni sinhroni generatori svih snaga
Trofazni asinhroni motori s kratkospojnim
ili kliznokolutnim rotorom
Trofazni asinhroni motori za dizalice i
pribor za elektrifikaciju dizalica
Agregati za električno svarivanje
Trofazni uljni transformatori svih snaga
i prenosa
Mjerni transformatori
Aparati za niski i visoki napon
Pneumatske učinske sklopke za napon 35
i 110 kV
Razvodne i komandne ploče za industriju,
električne centrale i transformatorske
stanice
**Projektira, dobavlja i vrši elektrifikaciju
postrojenja svih vrsta.**

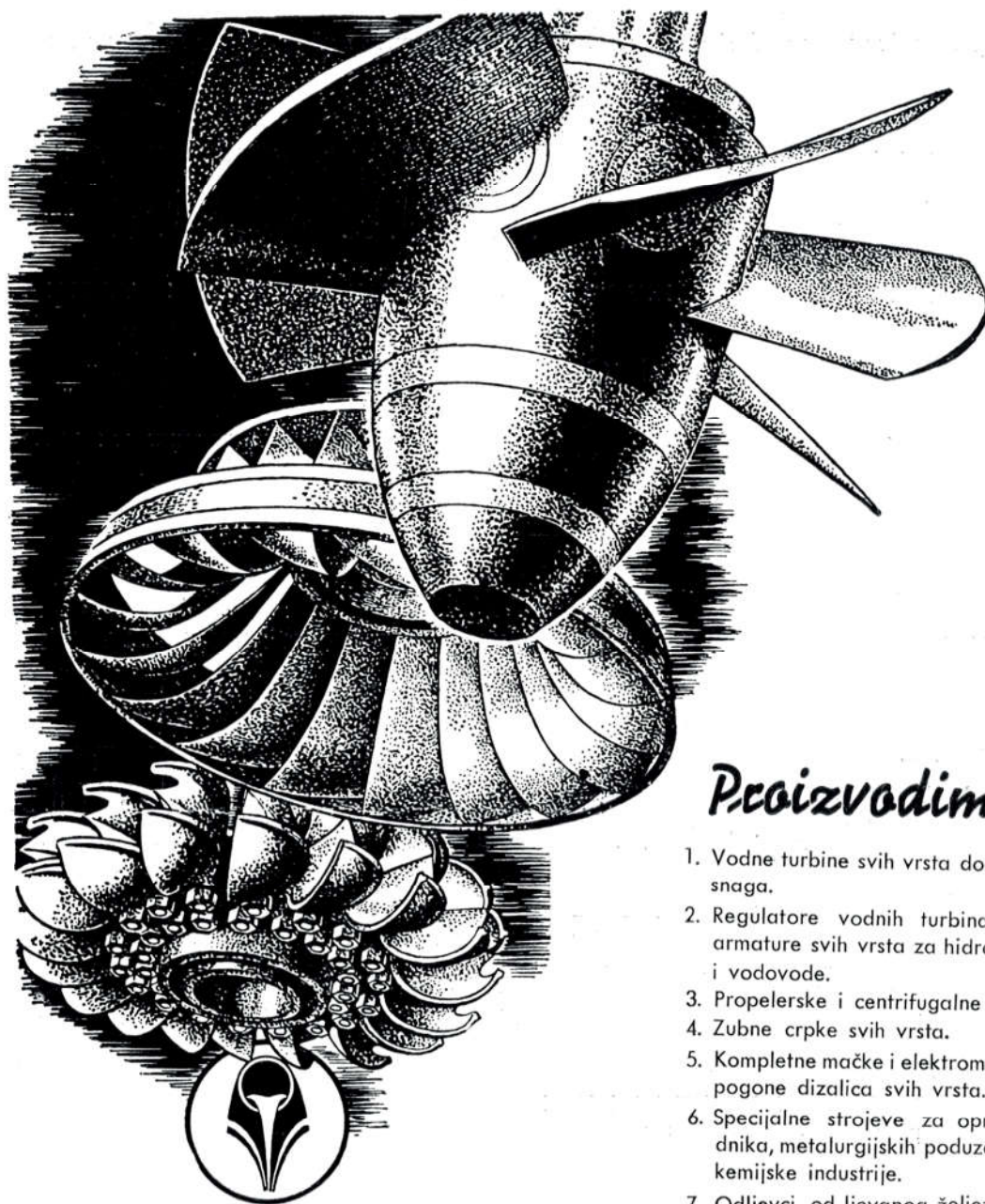
RADE KONČAR

Tvornica električnih strojeva

ZAGREB, Kustošija Donja 79

Telefon: 34-051 — Pošt. pret. 304,1

Telegrami: KONČAR ZAGREB



Proizvodimo:

1. Vodne turbine svih vrsta do najvećih snaga.
2. Regulatori vodnih turbina, vodne armature svih vrsta za hidrocentrale i vodovode.
3. Propellerske i centrifugalne crpke.
4. Zubne crpke svih vrsta.
5. Kompletne mačke i elektromehaničke pogone dizalica svih vrsta.
6. Specijalne strojeve za opremu rudnika, metalurgijskih poduzeća kao i kemijske industrije.
7. Odljevci od ljevanog željeza i elektro-ljevanog čelika.

TITOV I ZAVODI

LITOSTROJ

LJUBLJANA

*Svu opremu iz uvoza za hidroelektranu „Vinodol”, ponos našeg Petogodišnjeg plana,
nabavio je*

INVEST IMPORT

PREDUZEĆE ZA UVOZ I IZVOZ INVESTICIONIH DOBARA I MAŠINA

B E O G R A D

TELEFONI: 22-209, 22-247

Terazije 5/I

TELEGRAMI: INVESTIMPORT BEOGRAD

KOD NABAVKE NOVIH POSTROJENJA I MAŠINA KORISTITE SE NAŠIM ISKUSTVOM I VEZAMA
u INOSTRANSTVU

INVEST IMPORT

UVOZI:

KOMPLETNA INDUSTRIJSKA POSTROJENJA
SVE VRSTE MAŠINA
APARATE I INSTRUMENTE

IZVOZI:

PROIZVODE MAŠINSKE I METALNE
INDUSTRIJE JUGOSLAVIJE

NAŠA PREDSTAVNIŠTVA U FRANKFURTU NA MAJNI, LONDONU, PARISU, MILANU, WASHINGTONU I BRUXELLESU OMOGUĆUJU NAM BRZO I SOLIDNO OBAVLJANJE POVJERENIH NAM POSLOVA.

HIDROMONTAŽA

HIDROMONTAŽA

HIDROMONTAŽA

HIDROMONTAŽA

HIDROMONTAŽA

HIDROMONTAŽA

HIDROMONTAŽA

HIDROMONTAŽA

montira 1952

na slijedećim gradilištima hidroelektrana: Vuzenica, Medvode, Zvornik, Jajce II, Jablanica, Zavrelje, Manojlovac i Glava Zete. Osim toga vrši montažu II. i III. agregata u Vinodolu, II. agregata na Mariborskom otoku kao i montažu većeg broja trafostanica i pumpnih postrojenja u čitavoj zemlji.

je završila do

sada montažu slijedećih hidroelektrana: Savica, Moste, Ozalj II, Sokolovica, Mesići, Zrnovci, Pesočani, Mušovića Rijeka, Slap Zete kao i montažu I. agregata na Mariborskom otoku i Vinodolu.

izrađuje u

vlastitim moderno opremljenim radionicama sav montažni pribor kao vitlove, derik-dizalice, montažna i transportna kolica.

nabavlja

po narudžbi investitora u zemlji i inostranstvu kompletnu mašinsku i električnu opremu za objekte, koje montira. Sa vlastitim specijalnim prevoznim sredstvima izvršava Transporte do 80 tona teških komada mašinske opreme.

preuzima sve

montažne radove iz mašinske i elektromašinske struke.

izvršava montaže

hidromehaničkih, mašinskih i elektromašinskih postrojenja za sve tipove hidroelektrana, montažu velikih razvodnih postrojenja i trafostanica do 110 kV, montažu mostnih i portalnih dizalica, montažu pumpnih stanica za melioraciju zemljišta, i t. d.

izvršava remonte

i rekonstrukcije električnih centrala, cjevovoda, dizalica, i t. d.

**PODUZEĆE ZA MONTAŽU
HIDROELEKTRANA MARIBOR**

Elektroopskrba

Poduzeće za nabavke elektroprivrede NR Hrvatske

Z A G R E B

GUNDULIĆEVA UL. 32 — TELEFON: 34-641 (centrala) — TELEGRAMI: ELEKTROOPSKRBA ZAGREB

DOBAVLJA OPREMU ZA ELEKTRIČNA I ENERGETSKA POSTROJENJA, TE SAV ELEKTROMATERIJAL IZ DOMAĆE PROIZVODNJE I UVOZA:

1. za elektrane i energetska postrojenja:

generatore, vodne turbine, tlačne cjevovode, hidromehaničku opremu, parne turbine, parne kotlove i njihove pomoćne uređaje, uređaje za dopremu i pripremu vode, uređaje za dopremu ugljena i otpremu šljake, parne cjevovode, čistioce dimnih plinova, parne strojeve, lokomobile, dizelove motore, plinske motore, plinske generatore, sve ostale uređaje i cjelokupnu opremu hidroelektrana, termoelektrana, i ostalih energetskih postrojenja;

2. za transformatorske stanice, razvodna postrojenja i električne vodove:

transformatore, usmjerivače, sklopke i rastavljače, kondenzatore, akumulatore, elektroporculan, mjerne transformatore, aparate i instrumente, zaštitne uređaje, odvodnike prenapona, komandne ploče, kabele i pribor, drvene, betonske, željezne i ostale stupove za električne vodove, bakrene, aluminijske, alučel, brončane, čelične i ostale vodiče, ovjesni i spojni materijal, te sav ostali materijal za transformatorske stanice, razvodna postrojenja i električne vodove.

3. za električne instalacije za snagu i svijetlo:

elektromotore svih vrsta i njihov pribor, zaštitne sklopke i sve vrste osigurača, sklopke i preklopke svih vrsta, izolirane vodiče svih vrsta, te cijevi i pribor za njih, brojila i sve vrste mjernih instrumenata i aparata, elektropeći i svakovrsne termičke aparate, žarulje, fluorescentne cijevi i sve ostale vrste sijalica kao i njihove armature i pribor, sav ostali materijal za električne instalacije i potrošnju električne energije;

4. za dojavne (telekomunikacione) uređaje:

telefonske centrale, telefonske aparate i pribor, telegrafске uređaje, opremu razglasnih stanica, materijal za radio-stanice, uređaje visokofrekventne telefonije;

5. razno:

kinoprojektore, elektroalat, agregate i transformatore za svarivanje, uređaje za punjenje akumulatora, opremu za ispitne laboratorije i kontrolne stanice, limove, profile, šipke i cijevi od čelika i željeza, i dr.

**ELEKTROOPSKRBA ISPORUČUJE NARUČITELJIMA PROIZVODE JUGOSLAVENSKIH TVORNIČA
ELEKTROMATERIJALA UZ TVORNIČKE CIJENE!**

**DRŽI NA SKLADIŠTU MATERIJAL IZ DOMAĆE PROIZVODNJE I UVOZA!
NARUDŽBE SE OBRAĐUJU STRUČNO U TEHNIČKOM I KOMERCIJALNOM POGLEDU!**

**BRZA I TOČNA ISPORUKA U SVE NARODNE REPUBLIKE!
TVORNIČKA ZASTUPSTVA MNOGOBROJNIH TVORNIČA!**

PODJETJE ZA PROJEKTIRANJE ELEKTROENERGETSKIH IN PRENOSNIH NAPRAV

„ELEKTROPROJEKT“

L J U B L J A N A

Parmova ulica 33. — Telefon: 21-205

Prevzame v izdeljavo celotne ali delne projekte za vsakovrsne

HIDROELEKTRARNE
TERMoeLEKTRARNE
TRANSFORMATORSKE POSTAJE
DALJNOVODE
PREGRADE (gravitacijske, ločne, specialne)
REKONSTRUKCIJE (elektrarn ter transf. postaj)

Nadalje izvršujemo vse ekonomsko energetske študije, proučavamo vodne sile in izdelujemo dispečerske načrte za pogon akumulacijskih bazenov in elektrarn. Izvršujemo vse komplicirane hidravlične in statične račune ter dajemo strokovna mišljenja za injekcijska dela.

Sodelujemo pri naročanju in prevzemanju elektrostrojne opreme. Izvršujemo projekte raznih kompenzacij. Vsa dela izvršujemo strokovno zanesljivo in pravočasno.

ELEKTRO - MEHANIČKO PRETPRIJATIE S K O P J E

serijski izveduva:

- električni švajs-aparat (trafo) 220/380 V, 15 kVA; (magnetska regulacija na strujata), lesno pokreten;
- oljni transformator od 180 kVA;
- punkt-aparat 12 kVA;
- trolni prekidači od 200 A;
- trolni prekidači od 100 A za vnatrešna i nadvorešna montaža;
- trolni prekidači od 60 A (bakelitni);
- trolni prekidači od 25 A (bakelitni);
- prekidač zvezda-trokut od 100 A (vo zejtin);
- prekidač zvezda-trokut od 60 A (vo zejtin);
- prekidač zvezda-trokut od 40 A (suvi);
- trolni prekidač od 25 A za tekstilna industrija (tkajalčki).

Ulica Zagrebačka broj 29 — Telefon: 19-83 — Tekušta smetka broj 803-T-106 Skopje



znak
kvalitete
svih
propagandnih
sredstava!

Ozeka

ZAVOD ZA EKONOMSKU PROPAGANDU I PUBLICITET
ZAGREB, TRG REPUBLIKE 5 — RIJEKA — SPLIT — SARAJEVO
BEOGRAD — SKOPJE

INSTITUT ZA ELEKTROPRIVREDU

Gundulićeva 32

ZAGREB

Telefon 34-641

IZRAĐUJE: elektroenergetske bilanse za svako opskrbno područje ili tvornicu

RJEŠAVA: sve električne probleme pri opskrbi električnom energijom

VRŠI: preuzimanje i ispitivanje pogonskih i električnih strojeva i postrojenja
za elektroprivredu i industriju

TOPLINSKI LABORATORIJ INSTITUTA

Selska cesta 83

ZAGREB

Telefon 32-938

BAŽDARI i

ISPITUJE: sve vrste termometara i pirometara

VRŠI: toplinska ispitivanja izolacionih materijala i daje prijedloge za toplinske izolacije

OBAVLJA: mjerenja i ispitivanja toplinskih izolacija u pogonu, te izrađuje toplinske bilanse za elektroprivredu i industriju

Kaustičnu, amonijačnu sodu, sodu bikarbonu, plavi kamen, magnezijum sulfat, glauberovu so, cink oksid, čađ, kalciumkarbid, glicerin, polivinil-hlorid, litopon, olovni minium, šibice, razno staklo i dr.

Masnoće, sirovu gumu, smole i voskove, derivate katrana kamenog uglja, veštačka đubriva, sredstva za zaštitu bilja, anilinske boje i ostale hemikalije i sirovine za hemijsku industriju.

IZVOZI

UVOZI

»HEMPRO«

PREDUZEĆE
ZA UVOZ I IZVOZ HEMISKIH PROIZVODA
BEOGRAD — GOSPODAR JOVANOVA 35
Telefon: 20-219, 20-229 Teleprinter 01-125
Telegrafska adresa: »HEMPRO« — Beograd

OZEHA - ZAGREB

ŽELEZARNA RAVNE - RAVNE NA KOROŠKEM

(bivša Željezara GUŠTANJ)

Proizvodi u preko 100 kvaliteta elektro i Siemens-Martin čelik:

- odlivke od čelika po nacrtima ili modelima,
- valjane profile po nomenklaturi za 114 granu,
- kovane proizvode (šipke i otkovke) po nacrtima, te kugle, cilpebe i konjske potkovice.

U moderno opremljenoj mehaničkoj radionici vrši grubu ili preciznu obradu:

- a) čeličnih odlivaka,
- b) otkovaka,
- c) valjaka.

Proizvodi iz vlastitog kvalitetnog čelika:

- segmente i kompletne kružne pile za hladno rezanje metala,
- spiralna svrdla,
- industrijske noževe za sve industrijske grane,
- pneumatski alat i rezervne dijelove istih,
- lisnate gibnjeve za automobile,
- spiralne opruge,
- kolske slogove za vagonete od 460—750 mm
- osovine za kola na štesle i matice,
- čelične konstrukcije, i t. d.

Zahtijevajte naš katalog i prospekte!

Svim potrošačima metalurške i metalne robe preporučuje se

ŽELEZARNA RAVNE - Ravne na Koroškem

ELEKTROPROJEKT

ZAGREB

PODUZEĆE ZA PROJEKTIRANJE ELEKTROENERGETSKIH POSTROJENJA

ZAGREB, Gundulićeva 32

PROJEKTIRAMO:

HIDROELEKTRANE

Vinodol, Lika i Gacka, Ozalj II, Zavrulje, Rečina, Gojak, Peruča,
Otočac, Čabranka, Bregana, Ljuta, Slapovi

TERMOELEKTRANE

Konjščina, Županja, Raša, Jugovinil

TRAFOSTANICE

Zagreb I, Varaždin, Split, Dugirad, Tito, Šibenik, Lozovac, Matulji

Montažu i remonte

elektroenergetskih postrojenja

*kotlova visokog pritiska
cjevovoda
toplana
turbina, parnih i vodnih
generatora
transformatorskih stanica
razvodnih uređaja i t. d.*

VRŠI PODUZEĆE ELEKTROPRIVREDE N. R. H.

„BRAĆA KAVURIĆ“

Elektro-strojarsko montažno poduzeće

ZAGREB - SELSKA C. 83 - TEL.: 34-680 i 25-561

PODUZEĆE ZA ISPITIVANJE I KONSOLIDACIJU TERENA

»ELEKTROSOND«

Z A G R E B, TRG REPUBLIKE 1

Tel.: 34-335

POŠT. PRETINAC 128

ČEKOVNI RAČUN NB, ZAGREB 408 -T- 528

*Poduzeće obavlja za potrebe izgradnje hidro-
i termopostrojenja kao i za druge objekte:*

- a) istražna geološka bušenja u svrhu razjašnjavanja geološke slike kao vodopropustljivosti terena;
- b) konsolidaciju terena putem površinskih kao i dubinskih injekcija;
- c) injektiranje tunela u svrhu zaptivanja i povezivanja okolnog terena.

*Poduzeće obavlja gornje radove na gradilištima
hidroelektrana:*

NR HRVATSKA: VINODOL, CETINA

NR SRBIJA: DRINA, VLASINA, MEĐUVRSJE, OVČAR BANJA, KOKIN BROD

NR SLOVENIJA: MOSTE, MEDVODE, VUZENICA

NR MAKEDONIJA: MAVROVO

NR CRNA GORA: GLAVA ZETE, GORNJA ZETA

Za potrebe hidro- elektrana, kaloričnih centrala, za opremu brodova i široku potrošnju

proizvodimo

- **elektromotore 0,42—1,1 kW**
trofazne asinhronne elektromotore zatvorene izvedbe, i to:
dvopolne elektromotore do 1,1 kW
četveropolne elektromotore do 0,74 kW i
šesteropolne elektromotore do 0,42 kW
- **pribor za spajanje vodova**
pribor za spajanje bakrenih vodova i kabela:
jedno- i dvodjelne zakovične spojke
»unimax« odvodne stezaljke
kabelske stopice
- **stezaljke, priključnice**
koncentrični materijal za okrugle vodove u trafostanicama:
ravne koncentrične stezaljke
koncentrične T-stezaljke
ravne koncentrične priključnice za plosnati bakar
koncentrične nosioce vodova
ravne koncentrične priključnice za aparate
- **rasvjetna tijela**
sobne svjetiljke i plafonijere
svjetiljke za indirektnu rasvjetu
svjetiljke za suhe i vlažne prostorije
svjetiljke za vanjsku rasvjetu
specijalne svjetiljke za brodove
- **izvršavamo popravke**
svih vrsti asinhronih elektromotora
specijalnih trofaznih elektromotora
sinhronih generatora visokog i niskog napona i
istosmjernih elektromotora do jačine od 200 kW

Solidna izrada



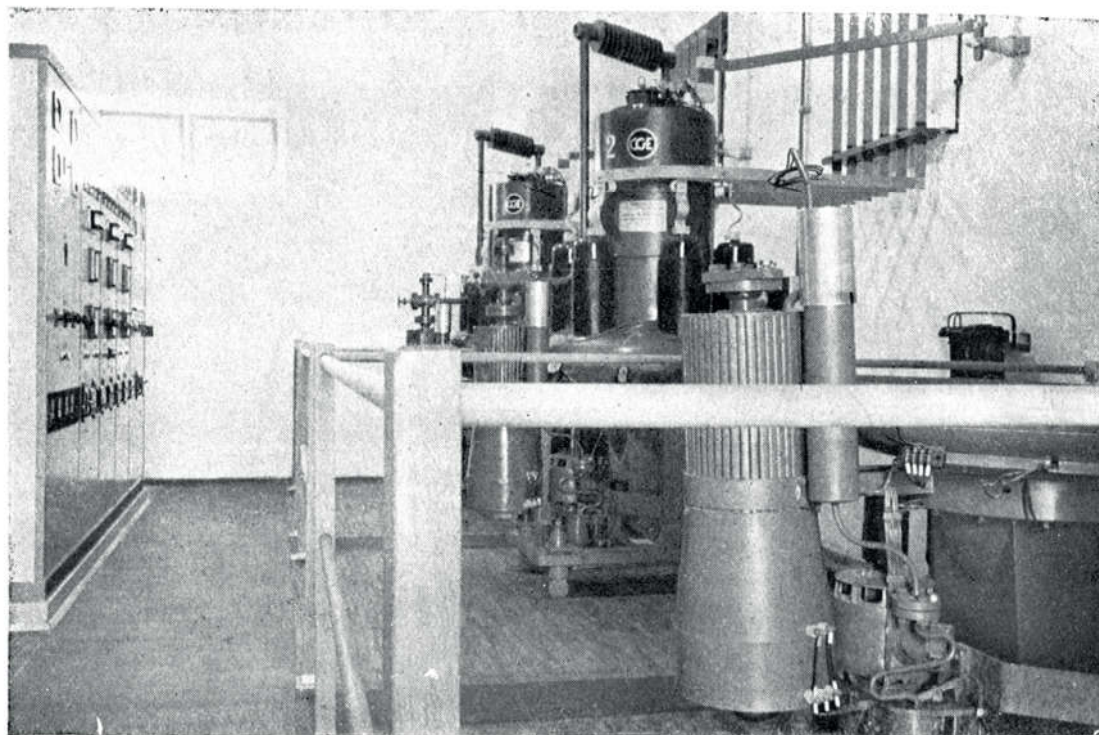
Konkurentne cijene

»ELEKTROKOVINA«

MARIBOR - TEZNO

TOVARNA ELEKTROKOVINSKIH IZDELKOV

Tel. : 50-60, 23-34
Telegrami: »ELKO«



PODUZEĆE ZA DISTRIBUCIJU ELEKTRIČNE ENERGIJE

„Elektroprimorje“

Rijeka — Kružna ulica 8

Telefon br.: 29-42, 29-43, 30-07, 30-14

Brzjavni: Elektroprimorje Rijeka

Tek. rač: Nar. Banka, Rijeka br. 508-T-27

MONTIRA

*transformatorske stanice
do uključivo napona 30 kV*

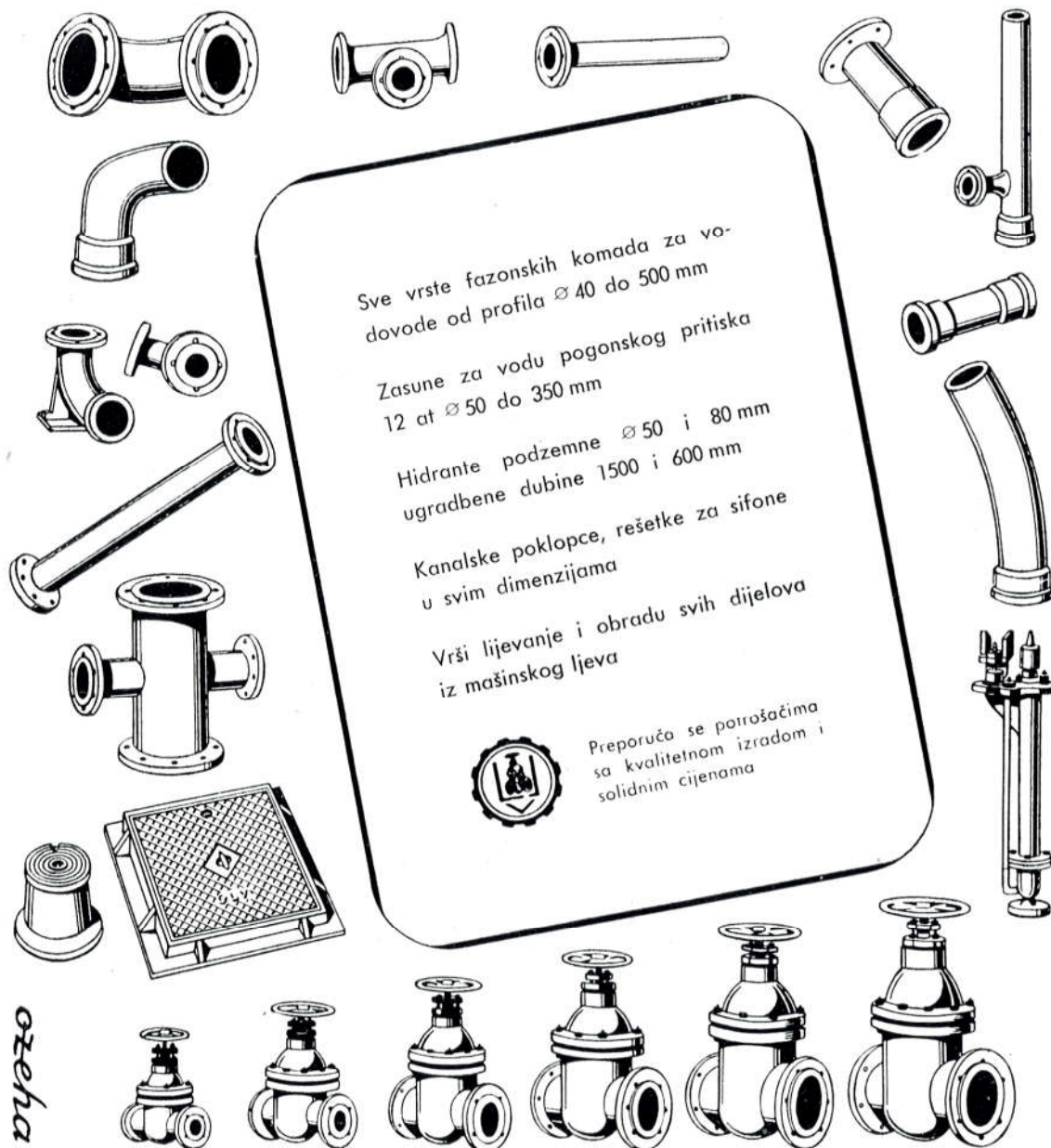
GRADI

*10 kV vodove i niskonaponske
mreže na drvenim stupovima*

IZRAĐUJE I POPRAVLJA

transformatore u vlastitoj radionici

Proizvodnja fazonskih komada i armatura za vodovode



GRADSKA LJEVAONICA ŽELJEZA

VARAŽDIN

TELEFON: 624, 625, 635

ELEKTRO • LJUBLJANA

direkcija LJUBLJANA, Črtimirova 3-a, poštni predel 70, tel. št. 50-21, 50-22

z o b r a t i:

Žirovnica, Kranj, Domžale, T. P. Črnuče, Vrhnika,
Ljubljana-mesto, Grosuplje, Novo Mesto, Črnomelj,
Krško-Videm, Elektro-instalacijski servis in
Montažna grupa pri direkciji

nabavlja in dobavlja	<i>električno energijo pogodbenim odjemalcem in odjemalcem široke potrošnje</i>
projektira, gradi in vzdružuje	<i>električne naprave za prenos in razdelavanje električne energije</i>
montira	<i>hišne priključke in instalacije vseh vrst</i>
popravlja	<i>električne aparate in stroje ter instalacije</i>
projektira in gradi	<i>industrijske električne instalacije</i>
izdeluje načrte	<i>za male električne centrale in vodi njihovo montažo</i>

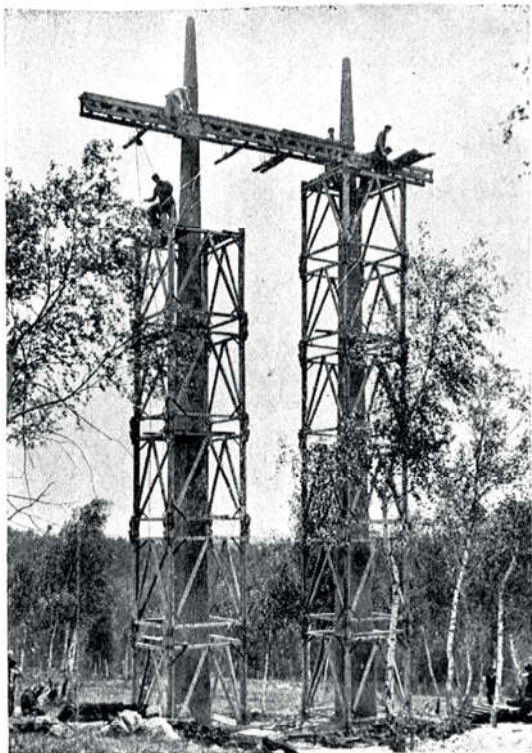
ELEKTROPRIVREDNI SISTEM NR HRVATSKE

PRIVREDNA ORGANIZACIJA ZA OPTIMALNO ISKORIŠTENJE ELEKTROENERGETSKIH POSTROJENJA
I IZVORA, TE ZA SISTEMATSKU ELEKTRIFIKACIJU NR HRVATSKE

SJEDISTE: Zagreb, Gudulićeva ulica 32 - Telefoni: kućna centrala 34-641 do 34-647
direktor 32-060 - glavni elektroenergetski dispečer 37-935 - odjel za elektrifikaciju
33-696 - Tekući račun kod Narodne banke Zagreb: 408-T-65

**U ELEKTROPRIVREDNI SISTEM NR HRVATSKE UDRUŽENA SU SLIJEDEĆA ELEKTROPRIVREDNA
PODUZEĆA:**

»ELEKTRA« ZAGREB, s područnim uredima: Varaždin, Bjelovar, Križ, Karlovac, Sisak, Zabok, Zagreb.
ELEKTRANA ZAGREB, s pogonima: TE Zagreb, HE Ozalj, TE Dubovac, TE Konjščina.
HE »NIKOLA TESLA« TRIBALJ, s pogonima: HE Vinodol, HE Skrad, TE Lokve, TE Crikvenica.
ELEKTRANA RIJEKA, s pogonima: TE Rijeka, TE Vlača, TE Opatija.
ELEKTROPRIMORJE RIJEKA, s područnim uredima: Crikvenica, Skrad.
ELEKTRO-ISTRA PULA.
HE »TITO« SPLIT, s pogonima: HE Kraljevac, HE Manojlovac, HE Jaruga.
ELEKTROSLAVONIJA OSIJEK, s pogonima: TE Osijek, TE Vinkovci, te područnim uredima: Vukovar,
Županja.
ELEKTRODALMACIJA SPLIT, s područnim uredima: Split, Šibenik, Zadar.
ELEKTROJUG DUBROVNIK, s pogonima: HE Zavrelje, TE Dubrovnik.

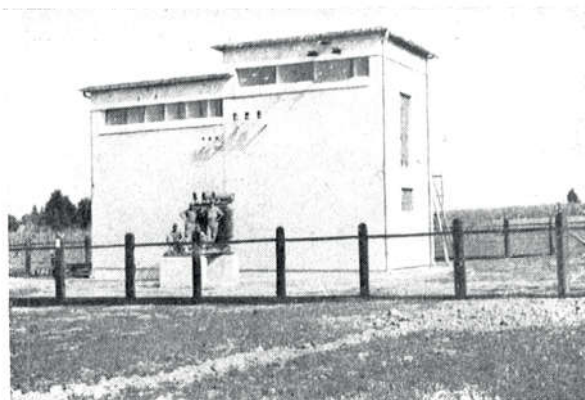


DALEKOVOD

PODUZEĆE ZA IZGRADNJU
DALEKOVODA, RAZVODNIH
POSTROJENJA I TRANSFOR-
MATORSKIH STANICA

Z A G R E B
Gundulićeva 32

Telefon: 34-641
Tekući račun kod
Narodne banke,
Zagreb broj
408-T-135

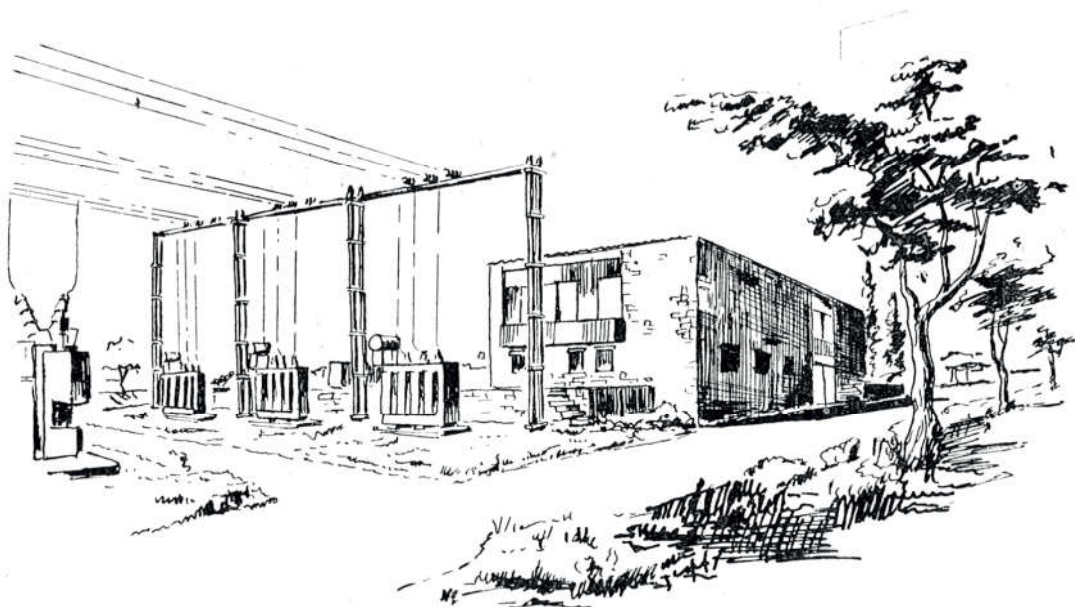


PODUZEĆE
ZA ELEKTRIFIKACIJU
SJEVERNE HRVATSKE

Z a g r e b
Gundulićeva ulica 32

E L E K T R A

Telefon broj 34-641 - Tekući račun kod Narodne banke broj 408-T-63
Brzjavni: ELEKTRA ZAGREB.



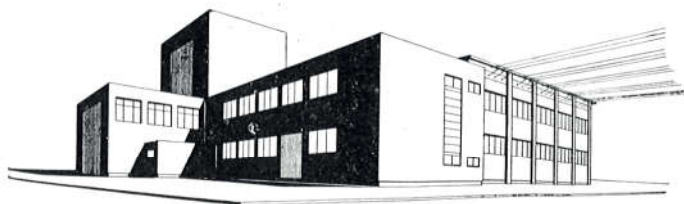
ELEKTRO - ISTRA PULA

Poduzeće za elektrifikaciju Istre

Telefon 51, 129

Tekući račun kod Narodne banke Pula br. 510-T-38

Brzjavljiva: ELEKTROISTRA PULA



PODUZEĆE ZA
PRENOS I DISTRI-
BUCIJU ELEK-
TRIČNE ENERGIJE

»ELEKTRODALMACIJA«

SPLIT - DRVARSKA 1

Telefon 29-37, 29-38

Tekući račun kod Narodne banke Split br. 540-T-20

Brzajavi: ELEKTRODALMA SPLIT

ELEKTROSIGNAL

MONTAŽNO TEHNIČKO PODUZEĆE

LJUBLJANA - Parmova ul. 33 - p. p. 315

TEL.: 21-461

ELEKTROSIGNAL

ima svoj projektni i montažni odio sa radionicom, te uvozno odjeljenje za granu 119. Poduzeće vrši projektiranje i izvodi instalacije jake i slabe struje.

PROJEKTNI ODIO

izrađuje idejne i detaljne projekte električnih instalacija jake struje niskog i visokog napona do 35 kV u industriji, institutima i stambenim zgradama, sastavlja predračune i montažne kalkulacije.

ZA INSTALACIJE SLABE STRUJE

izrađuje Elektrosignal idejne i detaljne projekte, i to za telefonske, signalne, zaštitne, elektroakustične i mjerne uređaje za upotrebu u industriji, rudarstvu, elektroprivredi, prometu, upravi, ugostiteljstvu i u zadržanim ustanovama. Za uređaje sastavlja predračune i montažne kalkulacije.

MONTAŽNI ODIO

sprovodi sve gore spomenute instalacije jake i slabe struje.

U RADIONICAMA

izrađuje za individualne potrebe u industriji, institutima i stambenim zgradama razdjelnike, rasklopne ploče itd. Za uređaje slabe struje izrađuje razne montažne sastavne dijelove i to specijalno za telefoniju i signalizaciju, te vrši reviziju i reparature tih uređaja.

TEHNIČKI ODIO

poduzeće daje stručne savjete za projektiranje, montažu kao i za nabavku postrojenja, aparaturu i montažnog materijala iz zemlje i iz inostranstva.

NA HE »VINODOL«

Elektrosignal radi na montaži telefonskih i telemetarskih uređaja.

HIDROELEKTRANA
»NIKOLA TESLA«

PODUZEĆE ZA PROIZVODNJU I PRIJENOS ELEKTRIČNE ENERGIJE

TRIBALJ – VINODOL

Proizvodi električnu energiju u pogonima:

Hidroelektrana »VINODOL« Tribalj

Hidroelektrana »ZELENI VIR« Skrad

Termoelektrana »KRIŽ« Lokve

Termoelektrana »CRIKVENICA«

Vrši montažne radove

30 i 110 kV-nih rasklopnih postrojenja

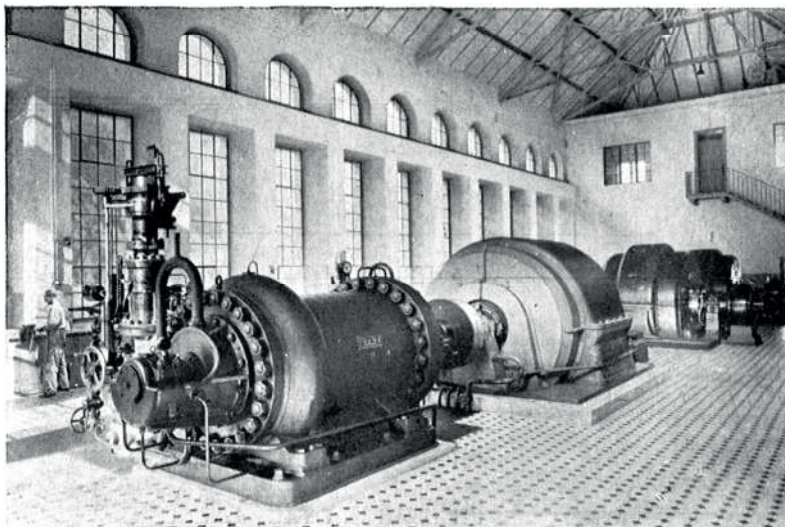
ELEKTRARNA - SENOVO
BRESTANICA (RAJHENBURG)

želi bratskom kolektivu H. E.
Vinodol mnogo uspehov
v proizvodnji električne
energije!

SULZER AKUMULACIONE PUMPE

do najvećih snaga i tlakova

Visokotlačna akumulaciona
pumpa u hidroelektrani,
8 stupnjeva,
visina dizanja 1007 m



SULZER TLAČNI CJEVOVODI

za hidroelektrane

Polaganje tlačnog
cjevovoda za visokotlačnu
hidroelektranu,
pogonski tlak 162 at



GEBRÜDER SULZER AKTIENGESELLSCHAFT WINTERTHUR
ŠVICARSKA

Tehničko predstavništvo za FNRJ, Beograd