NVE
NORGES VASSDRAGS
OG ENERGIVERK

PUBLIKASJON NR 9

OPPRUSTING OG UTVIDELSE AV VANNKRAFTVERK

Erfaringer fra gjennomførte prosjekter
Solbergfoss kraftverk, Østfold

NORGES
VASSDRAGS- OG ENERGIDIREKTORAT
BIBLIOTEK

NORGES VASSDRAGS- OG ENERGIVERK

Forside: Solbergfoss kraftverk
Foto: P. O. Breifjell, Oslo Lysverker

NVE
NORGES VASSDRAGS-
OG ENERGIVERK

TITTEL OPPRUSTING OG UTVIDELSE AV VANNKRAFTVERK. ERFARINGER FRA GJENNOMFØRTE PROSJEKTER. SOLBERGFOSS KRAFTVERK, ØSTFOLD.	NR 09
FORFATTER(E) /SAKSBEHANDLER(E) Berdal Strømme A/S/Hallvard Stensby, NVE	DATO 22.05.90
	ISBN 82-410-0092-8 ISSN 0802-2569

SAMMENDRAG
Rapporten inngår i en serie publikasjoner som beskriver gjennomførte opprustings-/utvidelsesprosjekter. Det er lagt vekt på å belyse spesielle problemer knyttet til konsesjonsvilkår, økonomisk vurdering av alternativer, ombygging mens det gamle kraftverket er i drift, osv. På den måten formidles erfaring som kan komme til nytte ved framtidige prosjekter.

ABSTRACT
This report is included in a series of publications that describe knowhow on upgrading and refurbishing hydro-electric power plants. Only projects which are commissioned will be described. The reports especially emphasize on problems such as terms of concession, economic evaluation of alternatives, financing, construction while the old plant is in operation, etc. This experience will be valuable when other similar projects are planned for implementation in the future.

EMNEORD

Opprusting
Erfaring

SUBJECT TERMS

Upgrading
Experience

ANSVARLIG UNDERSKRIFT

Erling Diesen
Generaldirektør

NORGES
VASSDRAGS- OG ENERGIDIREKTORAT
BIBLIOTEK

Kontoradresse: Middelthunsgate 29
Postadresse: Postboks 5091, Maj.
0301 Oslo 3

Telefon: (02) 95 95 95
Telex: 79 397 NVEO N
Telefax: (02) 95 90 00

Bankgiro: 0629.05.75026
Postgiro: 5 05 20 55

Opprusting og utvidelse

av

vannkraftverk

SOLBERGFOSS KRAFTVERK

Nedre Glomma

INNHOLDSFORTEGNELSE

EKSISTERENDE ANLEGG - SOLBERGFOSS I

Forhistorie	Side 1
Beskrivelse av det gamle anlegget	Side 2
Hydrologi og produksjon	Side 4
Byggetrinn	Side 4
Flommer og flomavledning	Side 4

NYTT ANLEGG - SOLBERGFOSS II

Ombyggingsplaner	Side 6
Beskrivelse av det nye anlegget	Side 7
Kostnader	Side 8
Alternative utbygginger	Side 9
Planfasen	Side 10
Utbyggingsfasen	Side 11
Finansiering	Side 14
Sluttresultat	Side 14

BILAG

Bilagsfortegnelse	Side 16

EKSISTERENDE ANLEGG - SOLBERGFOSS I

Forhistorie

Muligheten for produksjon av elektrisk kraft i denne del av Glomma ble erkjent i slutten av forrige århundre. Kristiania kommune ervervet i 1898 Halfredfoss samt strykene Skraperudfoss og Vittenbergfoss, tilsammen 10 m fallhøyde.

I 1900 ble det utlyst en internasjonal ingeniørkonkurranse om utbyggingsplaner, og i 1901 innkom ialt 24 forslag. Det ble i 1902 utdelt tre premier. Annenpremien ble vunnet av en svensk ingeniør, Gustav Rickert, som sterkt fremhevet det fordelaktige i å utbygge hele fallet Mørkfoss-Halfredfoss-Solbergfoss, tilsammen ca 20 m fall, i èn stasjon. Det var denne idè som ble fulgt da anlegget tilslutt ble realisert.

Staten hadde i 1900 kjøpt andeler i Mørkfoss, og i 1906 ervervet staten de resterende andeler. Kristiania kommune ble i 1899 tilbudt å kjøpe fallrettighetene i Solbergfoss, men prisen ble funnet for høy. Nytt tilbud ble gitt i 1906 og etter nye forhandlinger ble det enighet om prisen slik at også Solbergfoss ble ervervet av Kristiania kommune.

I 1907 ble Solbergfosskomitèen oppnevnt og leder for planleggingskontoret ansatt. Det ble de første årene utarbeidet planer for utbygging av fallet Halfredfoss-Solbergfoss og Mørkfoss-Halfredfoss-Solbergfoss. Forhandlinger med staten om fellesanlegget Mørkfoss-Solbergfoss ble ført i 1910 og det ble oppnådd enighet om de vesentligste punkter.

Storflommen i 1910 brakte imidlertid komplikasjoner idet spørsmålet om regulering av Øyern for flomdemping ble aktuelt og man ble engstelig for at dette ville redusere nyttbart fall i Mørkfoss, og utbyggingen ble utsatt. I mellomtiden ble det utredet en fellesutbygging hvor det nedenforliggende fallet, Fossumfoss, var tatt med isteden for Mørkfoss. I 1912 ble Fossumfoss (6,7 m) ervervet av Kristiania kommune. På bakgrunn av disse planer utredet staten en separat utbygging av Mørkfoss.

I 1915 kom forhandlinger om fellesutbyggingen Mørkfoss-Solbergfoss igang igjen, og i 1916 vedtok bystyret og Stortinget en samarbeidsavtale om byggingen av Mørkfoss-Solbergfossanlegget. Hovedpunktet i avtalen gjelder fordeling av anleggsutgifter og kraft som er forutsatt delt 1/3 på staten og 2/3 på kommunen. Utbyggingen ble forutsatt ledet av en byggekomitè på 8 medlemmer, 3 fra staten og 5 fra kommunen. Driften skulle ledes av en direksjon på 5 hvorav 2 fra staten og 3 fra kommunen.

Ved utbyggingen av fellesanlegget Kykkelsrud-Fossumfoss i 1964, fikk undervannet ved Solbergfoss en mindre oppstuvning. Det produksjonstapet dette medfører dekkes av kommunen som eier Fossumfoss, ved at delingsforholdet for kraftuttak ble endret til 35,6 % til staten og 64,4 % til kommunen. Eiendomsforholdet er uforandret; 1/3 til staten og 2/3 til Oslo kommune.

Det ble utlyst arkitektkonkurranse om utformingen av fasader og interiør i kraftstasjonen. Ved fristens utløp i 1918 var det innkommet 9 utkast. Utkastet fra arkitekt Bredo Greve, som vant førsteprisen, ble lagt til grunn for byggets utførelse.

For å bestemme hvorledes vannveien best skulle utformes, ble det bygget en modell i målestokk 1:25 i utløpet av Skjærsjøen i Nordmarka. Modellforsøk ble også brukt for konstruksjon av turbinene der A/S Kværner Brug utførte en rekke forsøk ved Vannkraftlaboratoriet ved NTH.

Beskrivelse av det gamle anlegget

Mørkfoss-Solbergfossanlegget ligger ca 5 km nedenfor utløpet av Øyern. Kraftverket utnytter en samlet fallhøyde på 21 m. Overvannet følger vannstanden i Øyern og undervannet følger vannstanden i Glomma utenfor kraftverket. Etter det nye fellesanlegget Kykkelsrud-Fossumfoss ble bygget i 1960-årene, har undervannet i Solbergfoss fulgt overvannet i nevnte kraftverk.

Hoveddammen, en gravitasjonsdam, står der Solbergfossen hadde sitt hovedløp. Dammen er 120 m lang med største høyde ca 45 m. I dammen er det installert 3 valseluker (b x h = 20 x 8,75 m). Lukene ruller på tannbane og heves ved trekk i laskekjeder. Heisingen utføres av elektriske motorer plassert i spillhusene. Håndmanøvrering er mulig, men det tar da 24 timer å løfte valsen mot 30 minutter ved elektrisk drift. Den vestre valsen, vintervalsen, er forsynt med elektrisk oppvarmingsanlegg. Flomløpet har en beregnet kapasitet på ca 4.000 m^3/sek. Betongen i dam og lukeløp er delvis kledd med granittblokker.

For inntaket til kraftstasjonen er det på østsiden sprengt ut et større kanalbasseng. Ved innløpet til dette bassenget er det, i forbindelse med broen, gitt mulighet for å sette bjelkestengsel. Ved enden av bassenget er det laget isløp. Hverken bjelkestengsel eller isløp har det hittil vært behov for.

Kraftstasjonen er nå utbygget med 13 aggregater. Turbinene er vertikale Francisturbiner, levert i årene fra 1924 til 1959.

Data for maskinene er gjengitt i tabellen nedenfor.

Generatorene er konstruert for 50 perioder og 10-11000 Volt. Koplingen en stjerne med uttatt nullpunkt. Magnetiseringsmaskiner (220 Volt) var opprinnelig montert på toppen av generatorene. Disse ble i årene 1980-83 erstattet av statisk mangetiseringsutstyr. Generatorene 1-9 er luftkjølte mens 10-13 er vannkjølte. Kjøleluft tas inn fra elvesiden og etter å ha passert generatorene ledes varmluften ut via lukerommet hvor den nyttes til oppvarming vinterstid. Hver generator er direkte forbundet med en transformator uten bryter. Spenningen transformeres opp fra 10.500 Volt til 64.500 Volt.

Aggregat nr.	1	2	3	4	5	6	7
Satt i drift	1924	1924	1924	1925	1925	1931	1939
TURBINER:							
Fabrikat	K.B.	K.B.	K.B.	Myren	Myren	K.B.	K.B
Type	F/v	F/v	F/v	F/v	F/v	F/v	F/v
Ydelse ved 21m hk	11500	11500	11500	11500	11500	11500	11500
Omdr/min.	150	150	150	150	150	150	150
GENERATORER:							
Fabrikat	Oer.	Oer.	Oer.	Oer.	Oer.	NEBB	NEBB
Ydelse MVA/cosø	10/0,75	10/0,75	10/0,75	10/0,75	10/0,75	10/0.75	10/0,75
Merkespenning kV	10 - 11	10 - 11	10 - 11	10 - 11	10 - 11	10 - 11	
Aggregatenes ytelse og vannforbruk:							
Maks.ydelse MW ved gunstige prod.forh. (23 m)	8,5	8,5	8,5	8,9	9,1	9,0	8,7
Vannforbruk ved maks ydelse m^3/sek.	49,5	49,5	49,5	50,5	51,5	51,0	49,3
Vannforbruk ved maks virknings-grad m^3/sek.	39,7	39,7	39,7	42,3	42,8	39,3	40,0

Aggregat nr.	8	9	10	11	12	13
Satt i drift	1925	1925	1956	1959	1959	1959
TURBINER:						
Fabrikat	K.B.	Myren	Neyrpic	K.B.	K.B.	K.B.
Type	F/v	F/v	F/v	F/v	F/v	F/v
Ydelse ved 21m hk	11500	11500	17000	11500	11500	11500
Omdr/min.	150	150	125	150	150	150
GENERATORER:						
Fabrikat	Oer.	Oer.	Siemens	Siemens	Siemens	Siemens
Ydelse MVA/cosø	10/0,75	10/0,75	16/0,75	10/0,75	10/0,75	10/0.75
Merkespenning kV	10 - 11	10 - 11	9,5 - 11	9,5 - 11	9,5 - 11	9,5 - 11
Aggregatenes ytelse og vannforbruk:						
Maks.ydelse MW ved gunstige prod.forh. (23 m)	8,8	8,8	13	8,6	8,6	8,6
Vannforbruk ved maks ydelse m^3/sek.	50,6	48,5	80	48	48	48
Vannforbruk ved maks virknings-grad m^3/sek.	41,2	43,5	62	41,75	41,75	41,75

Hydrologi og produksjon

Nedre Glommas nedbørsfelt er på ca 40.000 km^2, eller ca 1/8 av Norges flateinnhold. Midlere årsavløp ved Solbergfoss er ca 22 milliarder m^3 med en middelvannføring på 697 m^3/sek. Samlet magasin er ca 3,3 milliarder m^3, hvilket gir en magasinprosent på ca 15.

Fallhøyden varierer fra ca 21 m til ca 12 m, avhengig av vannstanden i Øyern og stuving i undervannet ved flom. I henhold til tappereglementet for Øyern skal øvre reguleringsgrense holdes til 1. desember. Etter den tid skal magasinet tappes 45 cm hver måned frem til 1. april. Deretter kan magasinet tappes ytterligere 60 cm.

Anleggets middelproduksjon er 680 GWh etter at samtlige 13 aggregater er installert. Samlet slukeevne ved beste virkningsgrad 555 m^3/s og ved maks. ytelse 674 m^3/s, tilsvarende 105 MW.

Byggetrinn

Anlegget var planlagt med 13 aggregater, hvert med en ytelse på 10 MVA. Anleggets underbygning var alt fra starten bygget ferdig for dette arrangementet, mens overbygningen ble gjort ferdig for 10 aggregater. Da anlegget ble satt i drift i 1924-25, var det installert 7 aggregater. Plass nr 6, 7 og 10 sto ledige. Etter hvert som det ble bygget reguleringsmagasiner i vassdraget og vintervannføringen økte, ble det installert nye aggregater.

- Det 8. aggregat på plass nr 6 ble satt i drift i 1931

- Det 9. aggregat på plass nr 7 ble satt i drift i 1939

- Det 10. aggregat på plass nr 10 ble satt i drift i 1956. Det ble her valgt et aggregat på 16 MVA, noe som medførte betydelige bygningsmessige problemer da underbygningen som nevnt var gjort ferdig for maskiner med ytelse på 10 MVA.

- Aggregatene 11, 12 og 13 ble satt i drift i 1959. Det var da nødvendig å utvide overbygningen. I stedet for å fortsette overbygget i samme stil, ble påbyggingen utført etter tegninger fra arkitektene Georg Greve og Geir Grung. Utvidelsen skiller seg sterkt fra den gamle bygning ved sine store vindusflater.

Med installasjon av de tre siste aggregater var utbyggingen av anlegget ferdig. Ytterligere utbygging i tilknytning til den gamle bygningsmasse var ikke mulig.

Flommer og flomavledning

Øyern har alltid vært kjent som en flomfarlig innsjø. Dette skyldes det trange utløpet gjennom det 5 km lange fjellpartiet fra Mørkfoss til Solbergfoss. Største flomstigning i Øyern er registrert i forbindelse med Storofsen i 1789, da vannstanden steg ca 10 m over dagens øvre reguleringsgrense. Ved skadeflommen i 1967 var vannstanden ca 5 m over øvre reguleringsgrense.

I første halvdel av det 19. århundre ble det gjort omfattende undersøkelser og i 1854 ble det fremlagt en plan for å redusere flomstigningen i Øyern. Denne omfattet utsprengning av 70.000 m^3 fjell i Mørkfoss og Vittenbergfoss samt bygging av fermettedam i Mørkfoss. Dammen ble bygget av hensyn til skipsfart og fløting. I 1869 var arbeidene endelig avsluttet. Det var da utsprengt ca 110.000 m^3 fjell. Arbeidet var blitt utvidet etterhvert som flommer i anleggsperioden viste behov for ytterligere sprengningsarbeider.

I forhandlingene mellom staten og Kristiania kommune i 1915-16, ble det avtalt at vannstanden i Øyern skulle være uendret og avløpsforholdene som ved den gamle Mørkfossdammen. Eventuelle senere arbeider for senking av flomvannstanden skulle være kommunen uvedkommende, og eventuelle krafttap i den forbindelse skulle falle på statens del.

Etter utbyggingen av Mørkfoss-Solbergfoss anlegget var det store flommer i 1927, 1934, 1966 og 1967.

Etter flommen i 1967 ble det satt igang utredninger for å undersøke mulighetene for å utvide tappekapasiteten ved utløpet av Øyern. Beregninger viste at åpning av de to omløpstunnelene kunne gi en senkning av flomtoppene med ca 0,4-0,5 m. Dette arbeidet ble igangsatt omgående, og arbeidet ble avsluttet i 1969. Modellforsøk hadde vist at utsprengning av ca 250.000 m^3 fjell mellom Mørkfoss og Solbergfoss, sammen med effekten av åpningen av omløpstunnelene, ville redusert flomstigningen i Øyern i 1967 med ca 2 m (3700 m^3/sek). Dette arbeidet ble igangsatt i 1972 og ble ferdig til vårflommen i 1975.

NYTT ANLEGG - SOLBERGFOSS II

Ombyggingsplaner

I 1974 fattet driftsdireksjonen vedtak om å sette igang en vurdering av Mørkfoss Solbergfossanlegget med tanke på fornyelser, ombygginger og eventuell bygging av ny kraftstasjon.

Da driftsdireksjonens sekretariat er lagt under Oslo Lysverker, var det naturlig at prosjektgruppen som ble oppnevnt utgikk herfra og fra Mørkfoss-Solbergfossanlegget. Prosjektgruppen satte igang arbeider med vurdering av anleggets tilstand, en gjennomgang av hydrologien samt en del grunnleggende vurderinger i forbindelse med bygging av en eventuell ny kraftstasjon.

En del oppgaver prosjektgruppen ikke hadde kapasitet til å utføre selv, ble utført av engasjerte konsulenter.

Siv.ing. Nybro Hansen A/S ble engasjert for å vurdere anleggets turbiner. Høsten 1976 forelå en rapport med følgende konklusjon:

Utover vanlig vedlikehold vil det ikke bli nødvendig med større reparasjonsarbeider i de nærmeste år. Samlet ytelse fra stasjonen er idag tilnærmet like stor som den samlede nominelle ytelse av aggregatene. Ut fra det som er sagt foran mener vi at Mørkfoss Solbergfossanlegget hva angår maskinteknisk utstyr vil kunne være i drift og med god virkningsgrad i mange år fremover.

Våren 1977 forelå rapport om anleggets bygningsmessige tilstand fra Ingeniør A.B. Berdal A/S. Forut for denne rapporten var det foretatt en omfattende undervannsundersøkelse av teknisk kyndige froskemenn. Konklusjonen fra rapporten var:

Mørkfoss-Solbergfossanlegget har nå vært i drift i over 50 år. Anlegget har gjennom sin levetid fått endel skader som bare synes å opptre på utsatte flater. Skadene skyldes tæring av frost og nedbør, og har stort sett blitt reparert. Det er ingen ting som tyder på at det indre av betongkonstruksjonen er blitt nevneverdig forringet. Med mindre det skjer vesentlige endringer i elvevannets surhetsgrad, og forutsatt vedlikehold på betryggende måte, kan vi ikke se noen grunn til at anlegget rent bygningsteknisk ikke skulle kunne holdes i drift i mange tiår til.

Ovennevnte rapporter bekreftet det generelle inntrykk av at stasjonen var godt vedlikeholdt og i god stand.

Det ble arbeidet videre med utvidelsesplaner basert på innvinning av energi. I størrelsesorden ca 70% av vannføringen utnyttes i det gamle kraftverket, og i middel var det overløp i tre måneder hvert år.

I 1978 forelå et forprosjekt utarbeidet av Ing. A.B. Berdal A/S og Siv.ing. Nybro Hansen A/S. Det viste at en utbygging ville ligge på grensen av det økonomisk forsvarlige. Det var i beregningene lagt til grunn en innvunnet kraftmengde på 167 GWh, ca 120 GWh flomkraft, ca 47 GWh for bedre virkningsgrad. Senere beregninger viste at sum innvunnet energi ville bli 185 GWh.

Sammen med byggingen av ny kraftstasjon var det også vurdert å bygge ny 132 kV overføringslinje til Oslo. Reduserte overføringstap var anslått til 15 GWh.

Sammenlignet med slukeevne i andre stasjoner i nedre Glomma var Solbergfoss blitt liggende etter, med en slukeevne på 650 m^3/sek. Ved utbygging av Sarp kraftverk i Sarpsfossen, var slukeevnen her økt med 450 m^3/sek til 960 m^3/sek. Ved Vamma var slukeevnen ved påbyggingen i 1971 økt til 950 m^3/sek. Fellesanlegget Kykkelsrud Fossumfoss og Gamle Kykkelsrud hadde tilsammen en slukeevne på 920 m^3/sek. Ovenfor Øyern var Bingsfoss utbygget med slukeevne 750 m^3/sek., og Rånåsfoss var planlagt utbygget med et nytt aggregat med slukeevne 400 m^3/sek. slik at total slukeevne her ville bli hele 940 m^3/sek.

Da man så vanskeligheter med å dekke etterspørselen etter kraft i Oslo, ble det etter en kort tenkepause vedtatt å gå videre med prosjektet.

Beskrivelse av det nye anlegget

Det nye kraftverket kalt Solbergfoss II, er lagt på elvens østside og bygget uavhengig av det gamle Solbergfoss I.

Kraftstasjon med inntak er bygget i åpen byggegrop. Sugerør, svingekammer og avløp er lagt i fjell. Stasjonen er utstyrt med ett aggregat. Ytelsen er ca 100 MW ved en vannføring på ca 550 m^3/sek. ved 20 meters fallhøyde.

Turbinen er en vertikal Kaplanturbin. Løpehjulet har en diameter på 8,3 m. Generatoren er en 76 polet, luftkjølt synkrongenerator med maskinspenning 16 kV. Aggregatet gjør 79 omdreininger i minuttet.

I kraftstasjonen er plassert to transformatorer. Den ene er forbundet med Solbergfoss II's nye generator, den andre med 64.000 kV utganger fra Solbergfoss I's 13 aggregater. Begge mater den nye 132 kV linjen. Umiddelbart over transformatorene er det plassert et SF_6 isolert koblingsanlegg. Kraftstasjonen kan kjøres enten fra eget kontrollrom eller fra kontrollrommet i Solbergfoss I.

Adkomsten til maskinsalen er via en 37 m^2 adkomsttunnel. Fra denne grener det av tunneler til svingekammeret hvor sugerørslukene er plassert, til utløpet hvor 132 kV linjen starter og til avløpstunnelen (transporttunnel).

Inntaket til stasjonen er tredelt. Varegrinden er på totalt 470 m^2. Selve inntaket er dimensjonert for planking av grindarealet. Bak grinden er montert rulleluker (b x h = 8,3 x 11,5 m) i hvert av de tre løpene. Lukene har hydraulisk opptrekk og oppstrøms tetning. Ved enden av sugerøret er montert to sugerørsluker (b x h = 7 x 18,5 m).

Avløpstunnelen, som er 200 m lang, har et jevnt stigende tverrsnitt fra 262 m^2 til 366 m^2. Utløpet av avløpstunnelen er tredelt av føringer for løse stengeluker. Lukene som eies i fellesskap med Fellesanlegget Kykkelsrud-Fossumfoss, må ved behov hentes fra F.K.F. og settes med mobilkran.

I tilknytning til sugerørslukene er det anlagt et svingekammer. Dette gjør det mulig å kjøre stasjonen på eget nett med en effekt ytelse på over 80 %. Uten svingekammer hadde stasjonen bare vært stabil på eget nett til ca 50 % effekt.

Ventilasjonsluft suges inn gjennom rister i trappehuset og føres til vifterommet. I vifterommet blir friskluft og omluft blandet, filtrert, oppvarmet - eventuelt nedkjølt - hvoretter utblåsningsvifter presser den behandlede luften gjennom kanaler inn i de enkelte rom gjennom rister og spjeld. Luften suges delvis ut fra stasjonen ved hjelp av avtrekksvifte som trykker bruktluften ut gjennom adkomsttunnelen. Her fordeles luftmengden slik at noe går ut gjennom kabeltunnelen og noe går ut gjennom adkomsttunnelen. Dette styres med avtrekksviften som er plassert ved utgangen av kabeltunnelen. En stor del av ventilasjonsluften i stasjonen kjøres som omluft, tatt fra maskinsalen.

Transformatorene har - på grunn av brann- og eksplosjonsfare - eget separat ventilasjonsanlegg. Det er installert halonbasert brannslukningsanlegg i trafocellene. Toalettrom, batterirom etc. har egne separate avtrekk.

Tapsvarme fra transformatorenes kjøleanlegg transporteres via varmeveksler og fjernvarmerør til Solbergfoss I og nyttes her for oppvarming i de perioder denne stasjonen står eller går med så liten ytelse at egen tapsvarme ikke er tilstrekkelig til å varme opp bygningen.

Ved brann stopper viftene. Det er anlagt eget redningsrom med adkomst fra maskinsalen. Stasjonen har to utganger, via adkomsttunnel og via trappesjakt.

Solbergfoss har 132 kV linjetilknytning til Oslo og til Kykkelsrud.

Utbyggingen ble igangsatt høsten 1981 og anlegget ble satt i drift våren 1985.

Kostnader

Med referanse til prisnivå 1985 og eksklusive renter fordeler kostnadene seg som følger:

Turbin	45 Mkr
Generator	47 "
Transformatorer	10 "
Apparatanlegg	12 "
SF_6 anlegg	8 "
Luker, grind, grindrensker etc.	25 "
Bygningsmessige arbeider	180 "
Ventilasjonsanlegg	10 "
Lavspentinstallasjon Nødstrømaggregat Kabelanlegg Diverse Honorarer Administrasjon Avgifter	103 "
Sum	440 Mkr

Renteutgifter utgjør ca 75 Mkr slik at totalkostnader inklusive renter - i 1985 kroner - utgjør 515 Mkr.

Utbyggingspris: 515:185 = 2,78 kr/kWh

I henhold til økonomiklassifiseringen som angitt i NVE Vassdragsdirektoratets publikasjon nr 4, vil Solbergfoss II komme i klasse 5 som er nest høyeste klasse. Det er tatt utgangspunkt bare i innvunnet kraft, uten å ta hensyn til den fremtidige gevinst på vedlikeholdssiden ved at store deler av produksjonen overføres fra et opptil 60 år gammelt anlegg til et nytt.

Alternative utbygginger

I forprosjektet av 1978 var fire alternative utbygginger vurdert:

- Kraftverk plassert på østsiden av elven med inntak i eksisterende basseng. Det er ikke tatt hensyn til et fremtidig aggregat 2.

- Kraftverket plassert på østsiden med inntak i elven øst for broen. Det er ikke tatt hensyn til fremtidig aggregat 2.

- Kraftverket plasseres med to aggregater på østsiden. Inntak i eksisterende basseng for aggregat 1 og i elven øst for bassenget for aggregat 2.

- Kraftverket plasseres med ett aggregat på hver side av elven.

Alternativer der det skulle investeres med tanke på et fremtidig aggregat 2 den dagen Solbergfoss I eventuelt skulle nedlegges, ble regnet som uaktuelle. Det var forventet at Solbergfoss I ville kunne drives i minst 20-40 år til.

Alternativet med utbygging på vestsiden av elven ble vanskeliggjort av tømmertunnelen og omløpstunnelen som var åpnet og nå fungerer som tappeløp. Dette alternativet er også ugunstigere hva angår elektriske anlegg og betjening.

Alternativet med inntak i eksisterende fordelingsbasseng kunne lett gi driftsforstyrrelser ved Solbergfoss I i byggetiden. Fremtidig vedlikehold ville også bli vanskeliggjort når inntakene er plassert så nær hverandre.

Kostnadsmessig var forskjellen mellom alternativene relativt små.

Det var vurdert maskininstallasjon med slukeevner fra 400 m^3/sek til 550 m^3/sek. Den høyeste ble valgt.

Det var vurdert om avløpstunnelen skulle forlenges forbi det trange partiet nedstrøms Solbergfoss I og ned i Tømteevja. Dette ble funnet ikke å være lønnsomt.

Forprosjektet var basert på kraftstasjon lagt i fjellhall. Ved senere bearbeiding av valgt plassering for det nye anlegget ble det funnet å være en bedre løsning å legge stasjonen i åpen skjæring direkte i forbindelse med inntaket.

Planfasen

I forprosjektet var det foreslått å innlede detaljplanfasen med modellforsøk av strømningsforholdene oppstrøms og nedstrøms anlegget. Modellforsøkene ble utført vinteren 1980-81 ved Norges Hydrodynamiske Laboratorier i Trondheim. Forsøkene viste at en stor del av vannet til anlegget ble trukket fra dypålen vest i inntaksbassenget. Inntaket ble derfor dreiet så langt mot vest som praktisk mulig. I tillegg ble det foreslått å knekke grindplanet langs de to midtpilarene i inntaket. Det ble påvist noen mindre ikke luftsugende hvirveldannelser foran inntaket. En spesiell utforming av innløpskanalens østre bredd gjorde at en hvirvel her ble skjøvet utenfor inntaksområdet til et sted der det også var lett å komme til for å ta opp det flytegods hvirvelen samler.

Nedstrøms ble det vist en liten stigning i vannstanden utenfor Solbergfoss I ved store vannføringer. I ekstreme flomsituasjoner hvor det er fare for oversvømmelse av Solbergfoss I ble det vist at denne faren ble redusert ved å sende minst mulig vann gjennom Solbergfoss II, og mest mulig over dammen. En utvidelse av det trange elvepartiet ble vurdert, men funnet ikke å være økonomisk forsvarlig.

Fløtningsforholdene ble undersøkt inngående i modellen. Det ble vist at utbyggingen av Solbergfoss II ikke på noen måte ville vanskeliggjøre fløtningen. Fløtningen i vassdraget ble nedlagt kort tid etter og før anlegget kom i drift.

Ved planlegging av det nye anlegget ble det lagt stor vekt på å bevare det opprinnelige bygningsmiljøet mest mulig urørt. Taket på den nye stasjonen ble derfor valgt lagt i flukt med terrenget og overfylt med jord. Stasjonen er dermed skjult under en stor gressplen der bare tre små bygninger stikker opp. Den ene representerer toppen av trappegang og heissjakt, og tjener som vanlig inngang til stasjonen. De to andre skjuler ventilasjonsåpninger fra transformatorene.

Steinmassene som ble utsprengt under anleggsdriften ble tippet i en grunn vik like utenfor adkomsttunnelen. Ytterst mot elven er det etablert badestrand, sandstrand. Resten er tilsådd med gress og beplantet med trær. Området fremstår idag som den beste badeplassen i Askim.

I perioden da planlegging og bygging av Solbergfoss II pågikk, var det satt igang utredninger for å få gjort Glomma til lakseelv. Et naturlig ledd i en slik plan ville være bygging av fisketrapp ved Solbergfoss. Det ble holdt flere møter mellom komitèen som utredet prosjektet "Glomma som lakseelv", og direktoratet for vilt og ferskvannsfisk angående fisketrapp ved Solbergfoss. Det ble fra komitèens side krevet to trapper, èn umiddelbart nedstrøms utløpet av Solbergfoss II og en tett oppunder dammen. Det ble avsatt plass for fisketrapp langs utløpskanalen og det ble anlagt kulvert for fisketrapp i broen over avløpskanalen. Forholdene ble således lagt tilrette for bygging av fisketrapp. Det har senere vist seg ikke å være noe ønske om å gjøre Glomma til lakseelv, og fisketrappene blir dermed neppe noen gang bygget.

Vann- og kloakkforholdene ved Solbergfoss var ikke tilfredsstillende. Vannforsyningen var utført med inntak i Glomma med etterfølgende sandfiltrering. Kloakken ble stort sett sluppet ut (infiltrert) ved hver betjeningsbolig eller gruppe av boliger. Det var nødvendig for å få tillatelse til å innkvartere entreprenørens mannskapsstyrke å installere en form for renseanlegg. Det måtte derfor bygges et mekanisk kjemisk renseanlegg for hele Solbergfossområdet.

Renseanlegget ble ferdigstilt tidlig i utbyggingsfasen og kjørt vesentlig med avløp fra entreprenørens brakkerigg. Den resterende bebyggelse ved Solbergfoss er senere blitt tilknyttet. Anlegget ble bygget for Mørkfoss-Solbergfoss-anleggets regning og deretter overdratt vederlagsfritt til Askim kommune som er ansvarlig for driften.

Ny vannforsyning til området ble skaffet ved tilknytning til vannforsyningsnettet i Spydeberg kommune. Veien både til Askim og Spydeberg ble utbedret.

Ved utvidelsen var det ikke nødvendig å søke ny konsesjon etter vassdragsloven. Forholdet til myndighetene ble ivaretatt med anleggskonsesjon i henhold til lov om bygging og drift av elektriske anlegg.

For de bygningstekniske anlegg ble det sendt melding om anlegg for underjordsanleggene, og søknad om byggetillatelse for øvrige anlegg i dagen.

Det var i hele planleggings- og utbyggingsfasen kontakter med Askim kommune og NVE Vassdragsdirektoratet, samt også vegkontoret i Østfold og militære myndigheter.

Utbyggingsfasen

Utbyggingen ble i sin helhet administrert av Oslo Lysverker ved Kraftutbyggingen. Stedlig anleggsledelse ble ansatt i midlertidige stillinger i Oslo Lysverker. Samarbeidet mellom eierne, Oslo Lysverker og staten ble ivaretatt av driftsdireksjonen hvor begge parter var representert. Den elektrotekniske prosjektering ble gjort i egen regi mens øvrig prosjektering er utført av engasjerte rådgivere:

Byggeledelse	:	Oslo Lysverker
Bygge- og anleggsteknikk	:	Ing. A.B. Berdal A/S
Ingeniørgeologi, sprengning	:	" " "
Arkitekt og landskapspleie	:	Ark. Egil Sorteberg
Maskinteknikk	:	Siv.ing. Nybro Hansen A/S
Ventilasjonsteknikk	:	Oddvar Hegge A/S
Elektroteknikk, hovedarrangement, layout	:	Oslo Lysverker

Alle innkjøp og engasjementer av entreprenører, installatører etc ble gjort gjennom utlysing av offentlige anbud. Oslo kommunes generelle anbuds- og kontraktsregler med spesielle tillegg av Oslo Lysverker, ble lagt til grunn. Hovedleveransene til anlegget ble gjort av følgende firmaer:

Hovedentreprenør	:	Ingeniør F. Selmer A/S
Turbin	:	Ka-Me-Wa
Generator	:	NEBB A/S

Transformatorer	:	ASEA A/S (ASEA-PER KURE)
Apparatanlegg	:	NEBB A/S
SF_6 anlegg	:	Malthe Winje & Co A/S (Sprecher+Schuh AG)
Grindrensker	:	Kværner Brug A/S
Luker	:	A/S Kone og Kværner Brug A/S
Ventilasjon	:	Flebuluft A/S
Maskinsalkran	:	Drammen Stål A/S
Heis	:	Reber Schindler Heis A/S
Rørleggerarbeid	:	Oslo kommunale Rørleggerverksted
Lavspentinstallasjoner	:	Kommuneinstallasjonene

Eksisterende kraftverk ble holdt i drift i hele anleggsfasen. Produksjonen her var ikke påvirket av byggearbeidene ved det nye kraftverket. Anleggsarbeidene ble både oppstrøms og nedstrøms utført bak fangdammer.

Oppstrøms ble en betongbuedam satt på rensket fjell som første arbeidsoperasjon. Fangdammen ble festet til fjellet med oppspente strekkstag. Denne fangdammen ble, da sprengningsarbeidene innenfor var ferdige, stående på en ca 4000 m^3 stor fjellterskel som ble sprengt sammen med betongfangdammen.

Nedstrøms ble avløpstunnelen sprengt like ut mot elven slik at gjenstående fjellterskel utgjorde fangdam mot elven. For å sikre mot vannstandsvariasjoner i elven ble det støpt en ca 7 m høy betongmur oppe på fjellterkselen. Denne terskel som til slutt dannet utslagssalven, bestod av ca 8.500 m^3 fast fjell. Utenfor denne var det sprengt ut en utløpskanal som undervannssprengning.

Begge fangdamsprengningene var store og vanskelige oppgaver. Sluttsalvene ville bli store og avstanden til permanente konstruksjoner var liten. Det ble utført et grundig planleggingsarbeid med hensyn til dekning og lading av salvene. Oppstrøms ble grinden dekket av polystyrene, plank, bildekk, tømmer og stålbjelker samt bunter med bakhun. Ved sprengningen ble det fylt opp med vann på innsiden av fangdammen til ca 7-8 m under vannstanden på utsiden. Betongdam og terskel ble sprengt med ca 5 tonn ekstra dynamitt, Med millisekundtennere opp til nr 52 ble sprengningen utført i løpet av 1.2 sekunder. Salvens tyngdepunkt lå på tenner nr 11 med totalt 250 kg dynamitt. Spesifikk ladning av fjellterskel var 1,15 kg/m^3. Det ble ikke registrert skader av betydning, hverken på Solbergfoss I eller II.

Nedstrøms ble konstruksjonene dekket for sprut med tømmermatter, fiberduk og noen utrangerte varegrinder. En ca 18 m høy sandfylling ble brukt som beskyttelse rundt betongkonstruksjoner under vann. Vannstanden innenfor terskelen var ca 10 m lavere enn utenfor, slik at det ble frispeil i avløpstunnelen. Den ca 20-25 m høye fjellterskelen ble sprengt med totalt 9,8 tonn ekstra dynamitt. Spesifikk ladning var også her ca 1,15 kg/m^3. Salvens tyngdepunkt ble liggende på tenner nr 15 med ca 600 kg sprengstoff. Med høyeste tennernr 68 gikk salven av i løpet av 1.9 sekunder. Det ble ikke registrert skader på grunn av sprengningen. Vannet brøt imidlertid raskere og kraftigere igjennom salven enn forutsatt, slik at mer sand og stein ble skyllet inn i tunnelen enn antatt.

Begge terskelsprengninger ga en god fragmentering av fjellet, og det var ikke senere behov for sprengning av enkeltblokker. Anleggsteknisk var terskelsprengningene den største utfordringen ved byggingen av Solbergfoss II, og de fikk begge et vellykket resultat. Det er utarbeidet en egen rapport som behandler disse arbeidene.

Utsprengning av byggegropen ble først foretatt fra overflaten, deretter fra adkomsttunnelen. Siste del ble sprengt ned i sugerøret. Sugerør og avløpstunnel ble sprengt i 7 trinn. Først gjennom en adkomst til takskiven og deretter til tunnelsålen. Sikringsarbeidene ble i det alt vesentlige utført med fjellbolter (diam. 25 og l = 8 m) og med sprøytebetong. Under utsprengningen av byggegropen for kraftstasjonene ble det observert en større løs blokk i området ved heissjakten. Denne ble sikret ved bruk av et stort antall 80 tonns fjellankere.

Betongen ble produsert på stedet. Det ble brukt knust tilslag fra tunnelarbeidene, sand fra Monaryggen, SP30 og MP30 sement og silika. Tilsetningsstoffer P og L fra Rescon. Blandingsforholdet ble justert avhengig av konstruksjonsdel etter avtale med stedlig byggeledelse. I massive deler ble sementmengden forsøkt holdt lavest mulig, ca 250 kg/m^3 sement og ca 25 kg/m^3 silica kan anses som representative verdier. Betong til kraftstasjonen ble pumpet direkte fra blandeverket til formen.

Entreprenøren hadde i sitt anbudsbrev bedt om at konstruksjonene ble delt slik at det ble mulig å bruke glideforskaling. Det var tilbudt lavere forskalingspris for glideforskaling. Det ble fort klart at problemene med kryssende skjøtearmering for takplaten i inntaket og den uregelmessige formen gjorde bruk av glidestøp i inntaket ulønnsomt. Veggen i turbintrommen ble første sted glideforskaling ble benyttet. Resultatet var godt slik at glid av vegger i maskinsalen ble planlagt. Den østre delen med heis- og trappesjakt, tranformatorseksjon og del av kraftstasjonens langvegger ble tatt med glideforskaling. Dette var imidlertid en vanskeligere konstruksjon som medførte en god del mer plunder og heft. For den resterende del av stasjonshallen fant man det derfor mer rasjonelt å bruke klatreforskaling.

Høsten 1984 skjedde en oversvømmelse i avløpet hvor avløpstunnelen, sugerør og turbinetasje ble satt under vann. Oversvømmelsen hadde sin årsak i uventet langvarig høy vannføring i Glomma. For å begrense volumet i utslagssalven i avløpet ut mot Glomma, var det påkrevet å gnage mest mulig av fjellet innenfra. Samtidig ble utslagssalven trimmet ned til kt 82.0 - tilsvarende en vannføring i Glomma på ca 950-1000 m^3/sek. Dette var omtrent dobbelt av normal vannføring i oktober/november måned. Som følge av sterk nedbør utover høsten, steg vannføringen til omkring 1200 m^3/sek. Resultatet var at vann rant over terskelen og fylte avløpstunnelen. Sugerørsluken var på forhånd satt slik at man antok eneste ulempe ville være å pumpe avløpstunnelen tom når vannstanden igjen var gått ned. Det viste seg imidlertid at fylleluken, som er plassert på toppen av sugerørsluken, ikke var tett slik at da vannstanden i avløpstunnelen nådde denne luken, ble sugerøret og turbinen raskt fylt med vann. Da turbinen ikke var ferdigmontert, var vannveien ikke tett mot stasjonen og det trengte vann ut i stasjonens underbygning. Heldigvis ble skadene relativt små.

På grunn av de store dimensjoner måtte både turbin og generator bygges opp på stedet. Det er i maskinsalen avsatt et areale på nærmere 500 m^2 som montasje- og transportareale. I tillegg kommer arealer på sidene av generatorgruben som kan nyttes som lagerarealer. Området dekkes av en traverskran med kapasitet 200 tonn.

Turbinens løpehjul ble etter sammenstilling heist ned i løpehjulskammeret og midlertidig opphengt på bolter, en for hvert turbinblad. Løpehjulet som har en diameter på 8,3 m og vier 175 tonn, er blant de største i nord-Europa. Med løpehjulet plassert settes det todelte turbinlokket på plass.

Generatorens stator er bygget opp på sin rette plass i generatorgruben. Rotoren som ferdig montert veier hele 415 tonn, ble bygget opp i to deler, øvre og nedre rotorring. De to delene heises hver for seg på plass i generatorgruven og skrus sammen, deretter monteres polene.

Finansiering

Finansieringen av anlegget gikk over Oslo Lysverkers budsjett og NVEs budsjett. Regnskapet ble ført av Oslo Lysverkers økonomiavdeling. Statens andel av utbyggingskostnadene, 1/3, ble innkalt for å dekke løpende utgifter.

Sluttresultat

Solbergfoss ble satt i kommersiell drift 15. mai 1985. Årene siden har vært svært vannrike, slik at produksjonsøkningen disse årene har vært betydelig høyere enn det som var beregnet for et normalår.

Driftstiden i Solbergfoss I er blitt en del større enn antatt. Solbergfoss I står for 1/3 av årsproduksjonen mens Solbergfoss II står for de resterende 2/3. Solbergfoss II kjøres som hovedstasjon og det suppleres med aggregater i Solbergfoss I etter behov. Om vinteren kjøres minst ett aggregat i Solbergfoss I for å unngå frostproblemer. Ved lavere temperaturer enn -5°C må to aggregater være i drift, og ved temperaturer under -20°C må tre aggregater kjøres.

Solbergfoss II har gått meget bra siden idriftsettelsen, men en del uhell/feil kan nevnes:

- Like etter idriftsettelsen oppstod det brann i elektronikkdelen for magnetiseringsutrustningen. Årsaken var trolig for svakt dimensjonerte komponenter, og resultatet ble totalhavari av elektronikken.

- I 1988 måtte hele kombinatoren demonteres etter at det hadde oppstått brudd i et trykkoljerør i akselen. Årsaken var trolig skjevheter i kombinatoren, som følge av unøyaktig maskinering og montering.

- I 1989 ble det oppdaget at festemutterne for varegrindene var 40-60% opptæret av rust. Det viste seg at det var benyttet rustfrie festebolter mens skiver og muttere kun var elforsinkede. Som følge av galvanisk korrosjon var både skiver og muttere sterkt opptæret. Samtlige skiver og muttere måtte utskiftes.

I tillegg til det som er nevnt ovenfor har det vært en del mindre feil, i et omfang omtrent som en må forvente. Turbinen har gått omtrent uten problemer med kavitasjon.

I ettertid er det få ting en kan si burde vært gjort annerledes. To forhold bør imidlertid nevnes:

- Ventilasjonsanlegget er blitt alt for omfattende. Et vesentlig enklere og billigere anlegg burde vært valgt.

- Arbeidsluftkompressorer med permanent røropplegg burde vært montert på et tidlig tidspunkt i utbyggingsfasen. Det kunne da ha vært benyttet både i utbyggingstiden og i ettertid ved revisjoner.

I 1987 ble Mørkfoss-Solbergfoss-anlegget tildelt Askim Bondelags miljøpris. Anlegget fikk prisen for landskapspleien og ivaretagelsen av miljøet i forbindelse med utbyggingen.

I Solbergfoss II er det innredet et informasjonsrom, hvor blant annet et lysbildeprogram og en film/video om utbyggingen blir vist. Det mottas besøk av firmaer, foreninger, grupper etc. etter avtale.

Referanser

Norske Kraftverker
Teknisk Ukeblads forlag 1954

Mørkfoss-Solbergfossanleggets historie
av Lars Ljøgodt
Utgitt ved 50 årsjubilieet i 1974

Solbergfoss II sluttrapport
Oslo Lysverker

BILAGSFORTEGNELSE

Bilag 1. Nedbørfelt

2. Oversiktskart

3. Situasjonsplan Solbergfoss I

4. Snitt Solbergfoss I

5. Oversikt Solbergfoss II

6. Tunnelsystem plan Solbergofss II

7. Tunnelsystem snitt Solbergfoss II

8. Kraftstasjon Solbergfoss II

9. Kraftstasjon Solbergfoss II

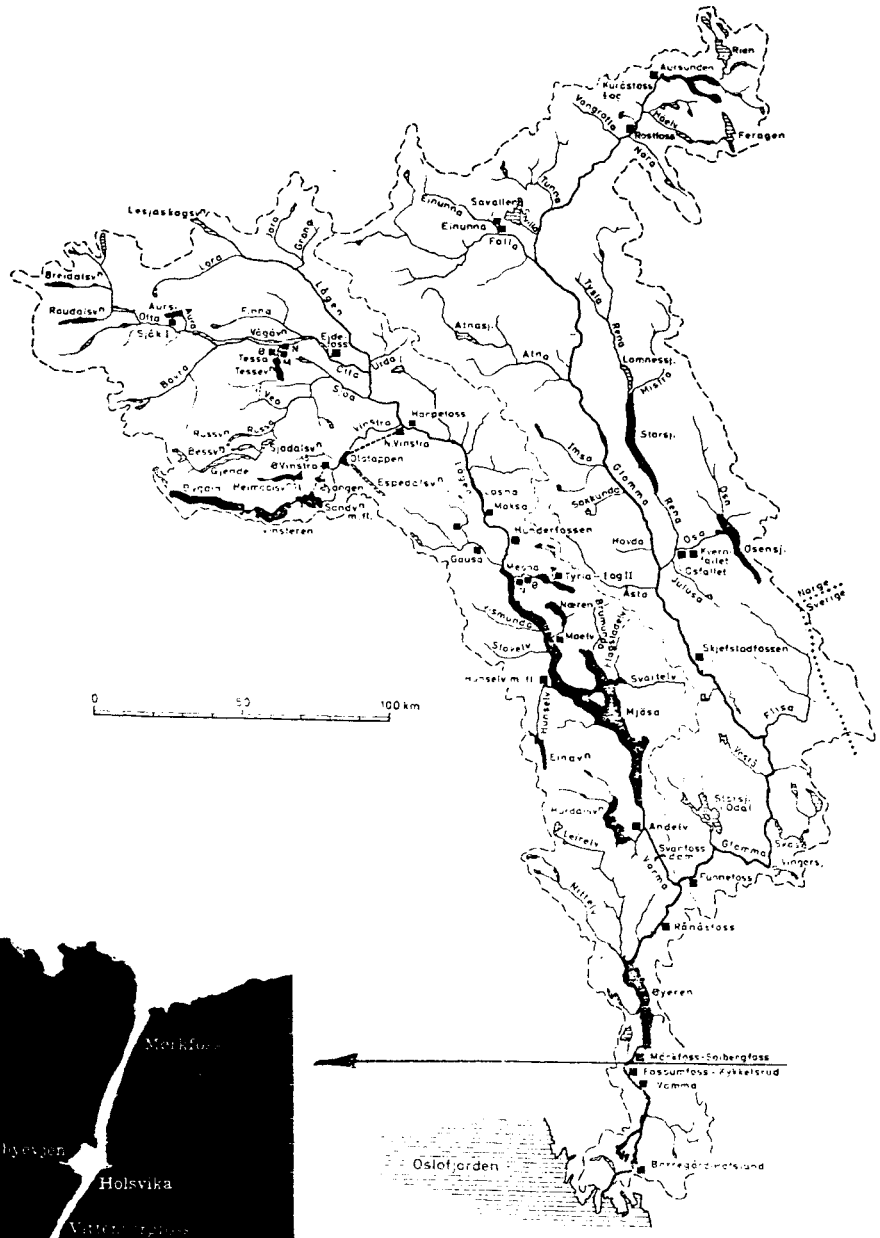
FOTOLISTE

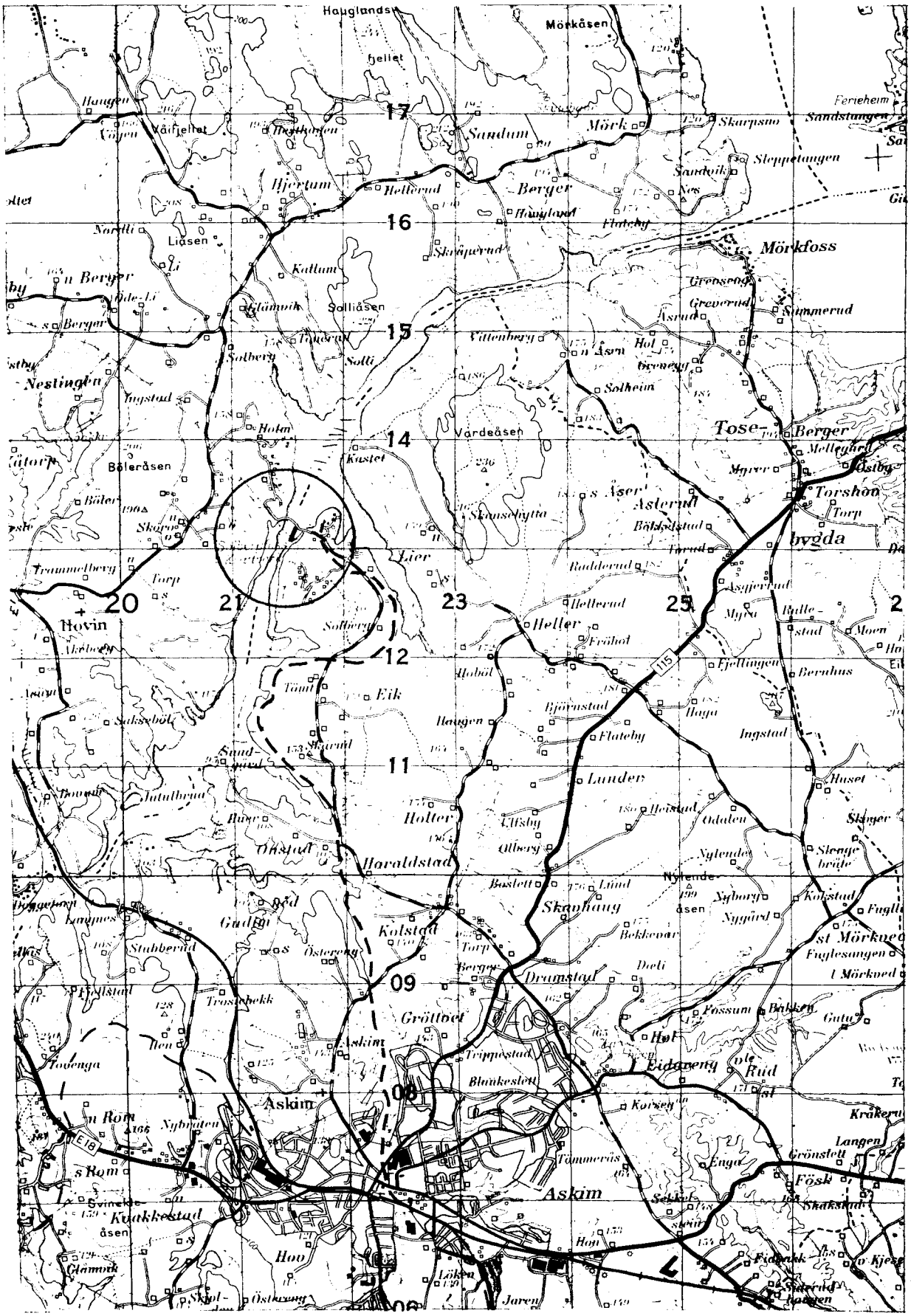
1. Byggegrop

2. Generatormontasje

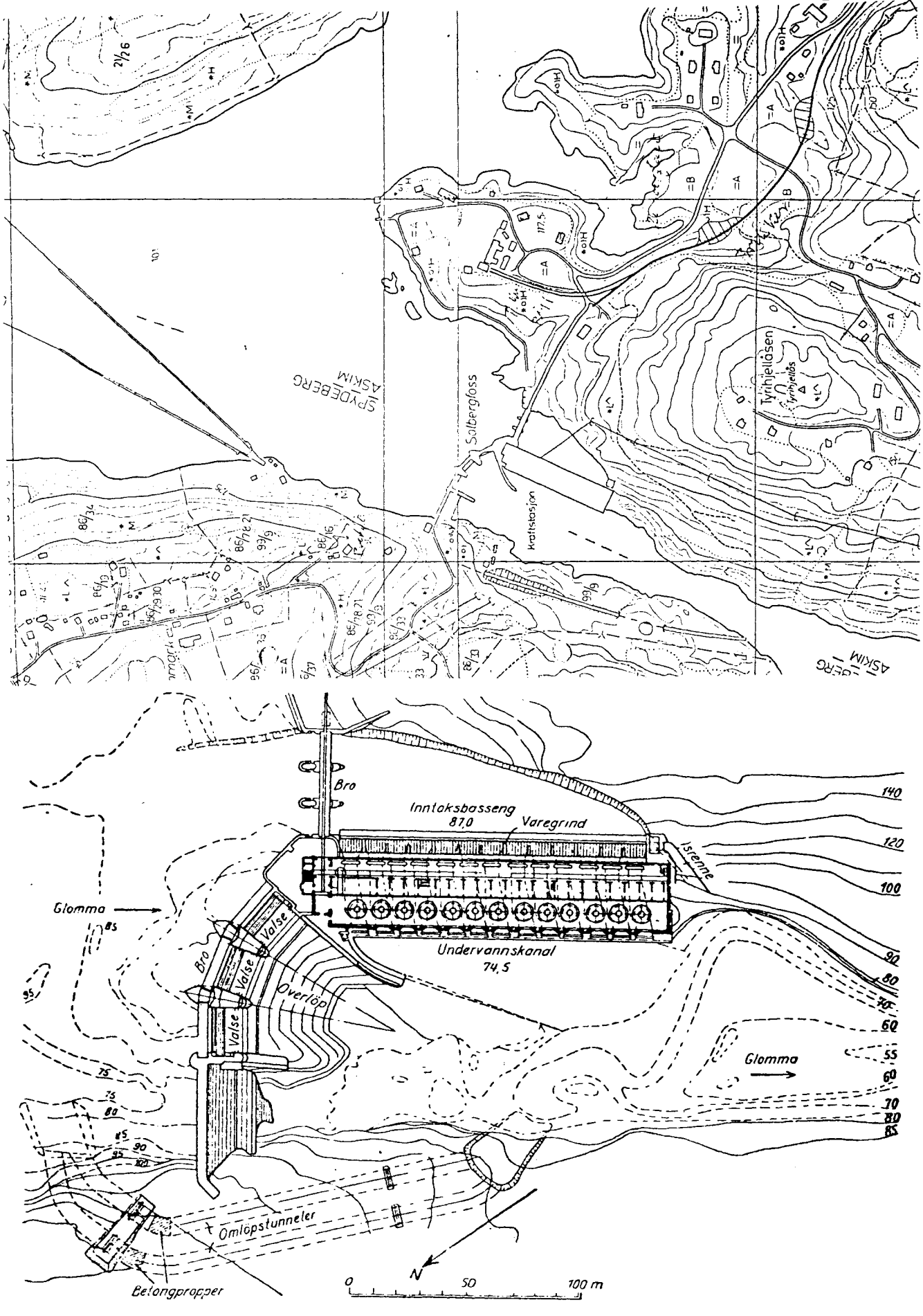
3. Anlegget klargjøres for fangdamsprengning

4. Salven går, fangdam og fjellterskel sprenges

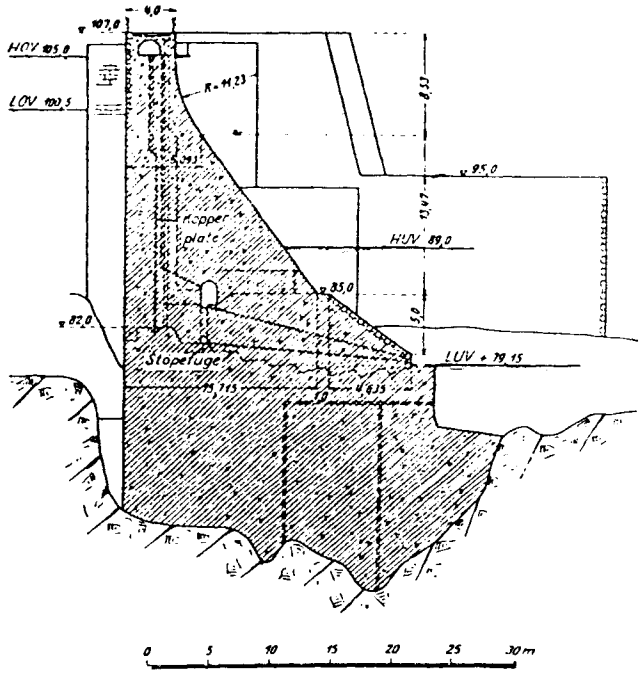

Aursunden
Rien
Kurcstoss
Feragen
Rostfoss
Savalen
Einunna
Folla
Lesjaskogsv.
Breidalsv.
Raudalsv.
Aurs.
Vågåv.
Tessa
Ejde
Vida
Atnasj.
Atna
Lomnessj.
Mistra
Starsj.
Harpefoss
N.Vinstra
Vinstra
Olstappen
Espedalsv.
Losna
Mesna
Hunderfossen
Gausa
Tyria
Tagll
Åsta
Hovda
Osa
Kvern
Osensj.
Gjallet
Julusa
Norge
Sverige
Soksunda
Glomma
Rena
Imsa
Tresla
Gudbrandsdalen
Maelv
Slovelv
Hunselv
Svartelv
Mjösa
Skjefstadfossen
Flisa
Einavn
Andelv
Svartfoss
Glomma
Funnefoss
Rånåstoss
Øyeren
Mørkfoss-Solbergfoss
Fossumfoss - Kykkelsrud
Vamma
Oslofjorden
0
50
100 km
Mørkfoss
Flatebyevjen
Holsvika
Ruggaholet
Tregstad
Spydeberg
Askim
Tonnerudvika
Solbergfoss
kraftstasjon



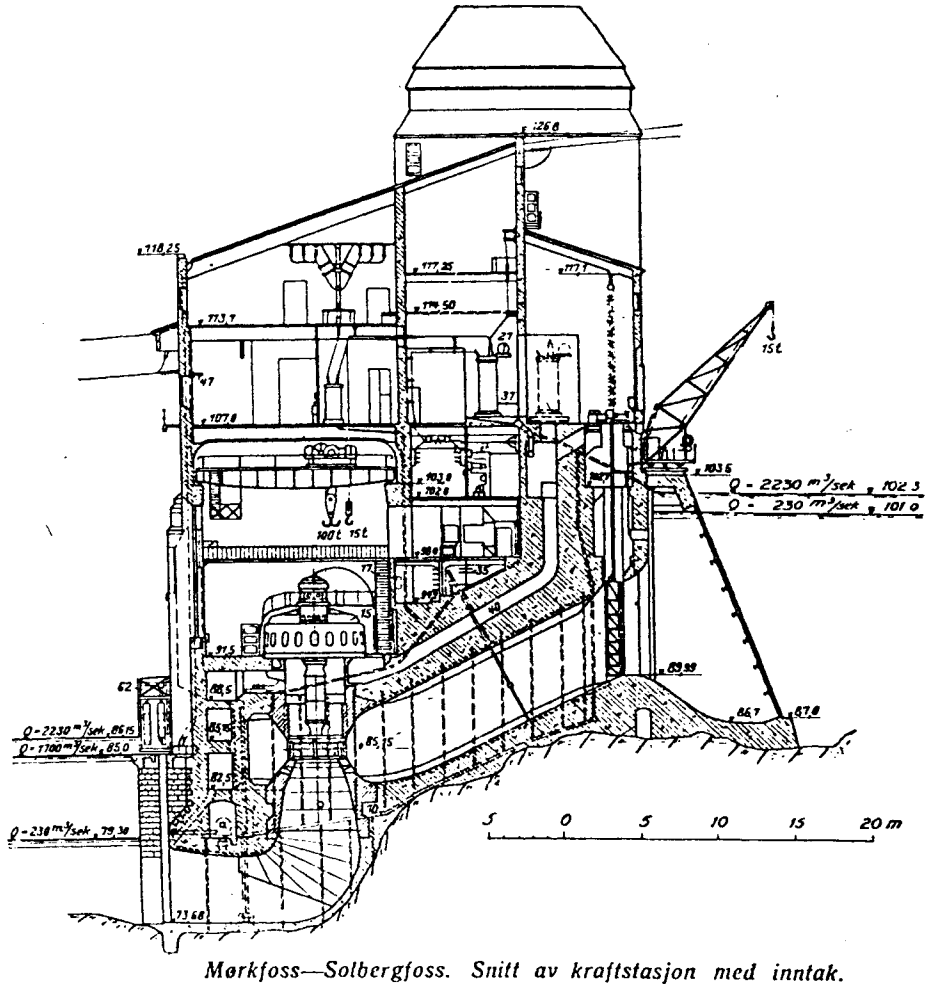
BERDAL INGENIØR A. B. BERDAL A'S	SOLBERGFOSS II OVERSIKTSKART 1:50.000	TEGN 7.-/-81 G.H. KONTR. GODKJ.	SAK NR. 1129 TEGN NR.



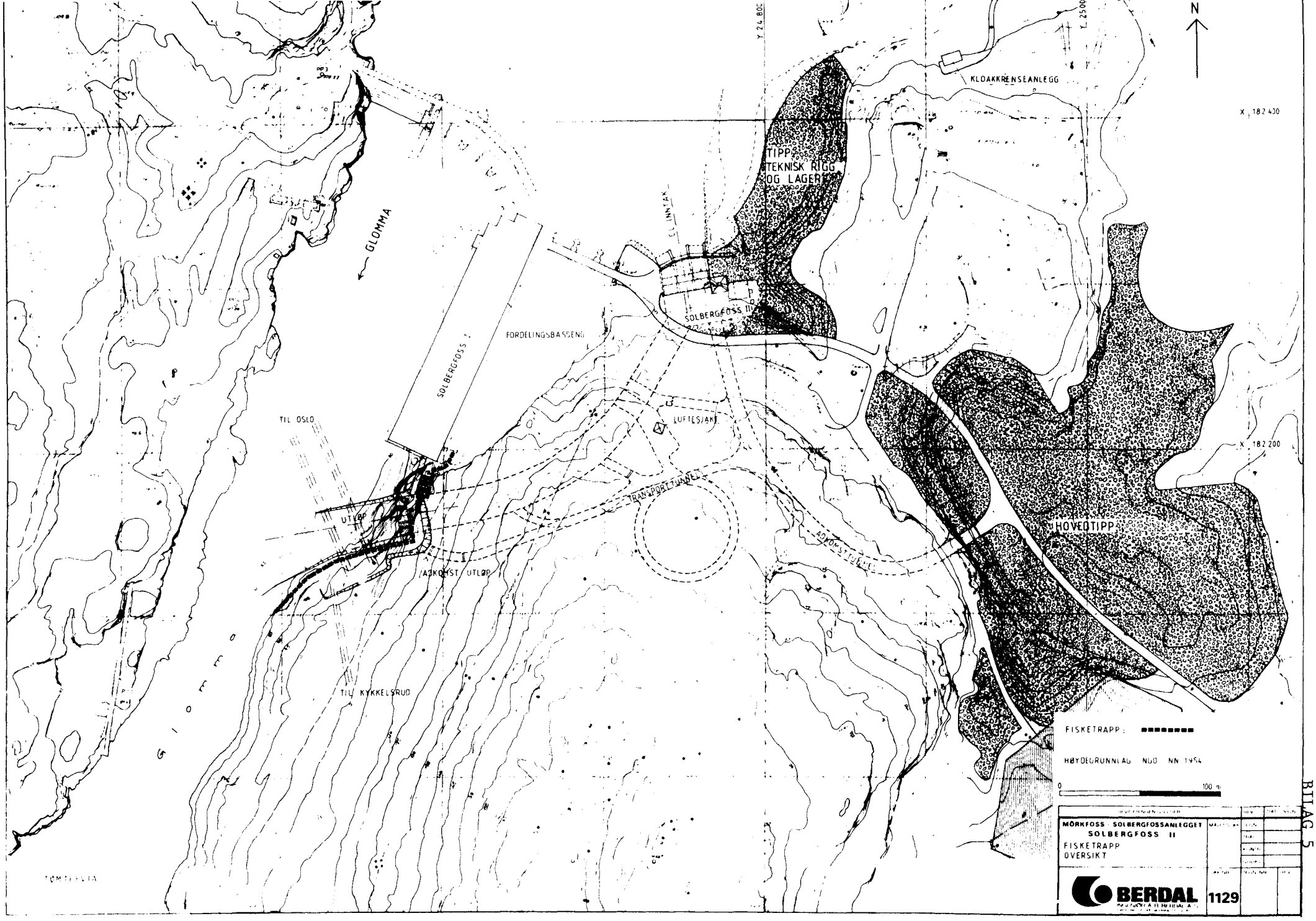
Markfoss—Solbergfoss. Situasjonsplan av kraftverket.



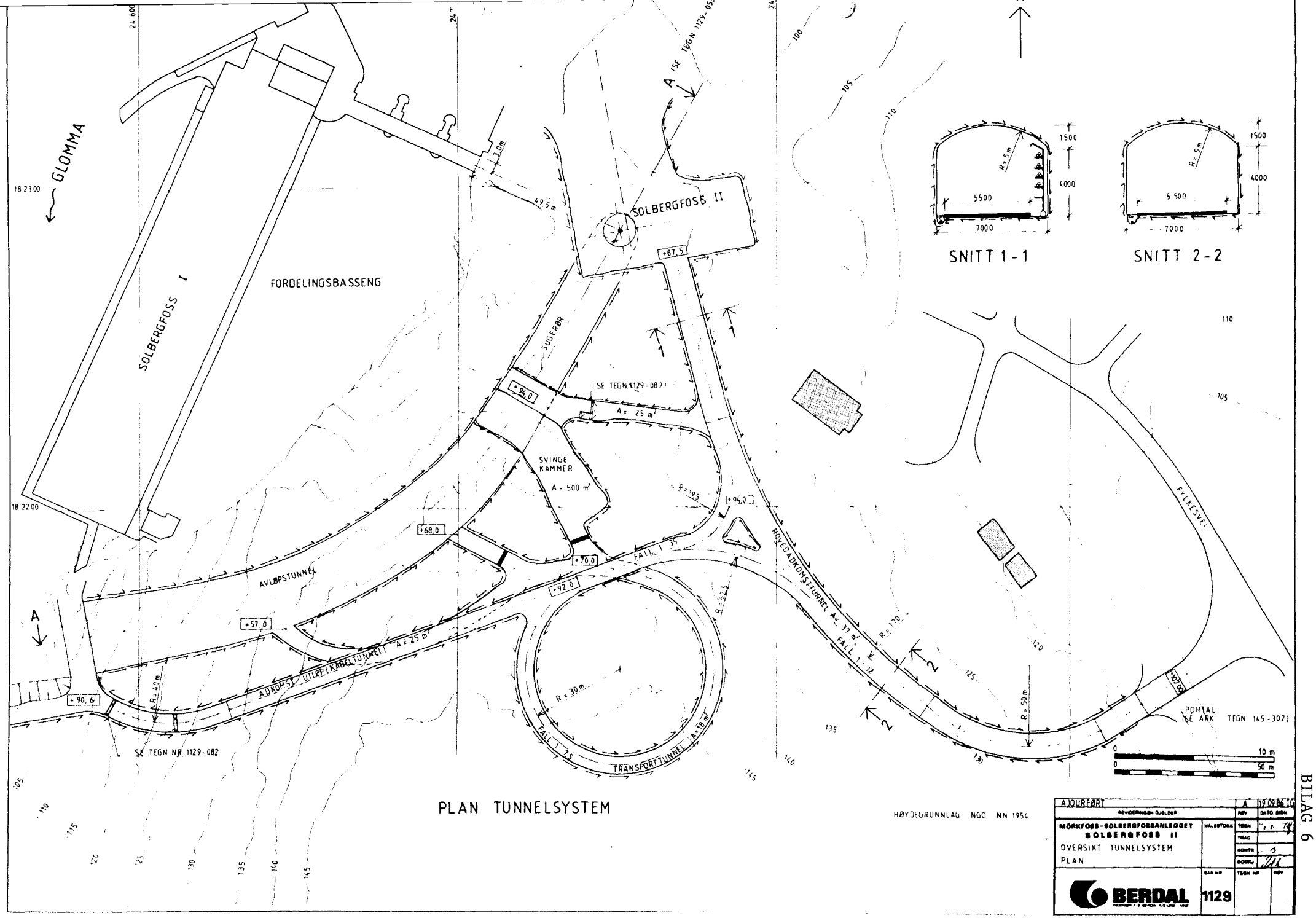
Mørkfoss—Solbergfoss. Tverrsnitt av dam.



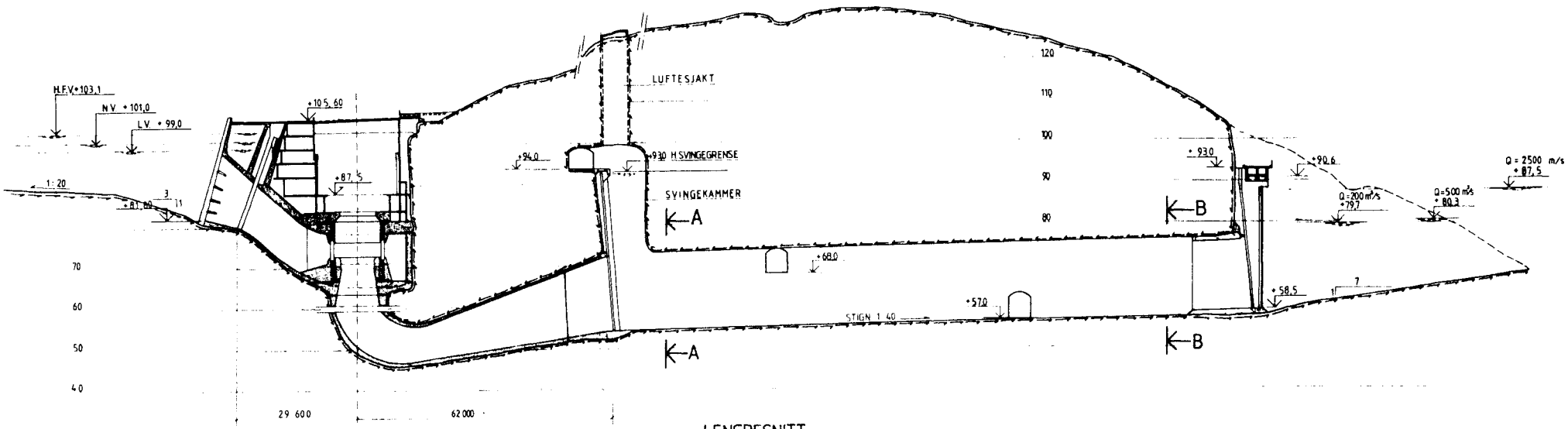
Mørkfoss—Solbergfoss. Snitt av kraftstasjon med inntak.


N
KLOAKKRENSEANLEGG
X 182 400
TIPP
TEKNISK RIGG
OG LAGER
GLOMMA
SOLBERGFOSS II
FORDELINGSBASSENG
SOLBERGFOSS I
TIL OSLO
LUFTESJAKT
X 182 200
TRANSPORTTUNNEL
UTLØP
HOVEDTIPP
ADKOMSTVEIER
ADKOMST UTLØP
TIL KYKKELSRUD
FISKETRAPP
HØYDEGRUNNLAG NGO NN 1954
0
100 m
MØRKFOSS SOLBERGFOSSANLEGGET
SOLBERGFOSS II
FISKETRAPP
OVERSIKT
BERDAL
1129

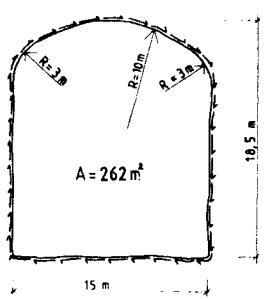
BILAG 5


GLOMMA
SOLBERGFOSS I
FORDELINGSBASSENG
SOLBERGFOSS II
SUGERØR
(SE TEGN 1129-082)
A = 25 m²
SVINGE KAMMER
A = 500 m²
AVLØPSTUNNEL
ADKOMST UTLØP (KABELTUNNEL) A = 25 m²
HOVEDADKOMSTTUNNEL A = 37 m²
FALL 1:35
FALL 1:12
FALL 1:75
TRANSPORTTUNNEL A = 18 m²
R = 30 m
R = 50 m
R = 19,5
R = 32,5
R = 40 m
R = 170
FYLKESVEI
PORTAL (SE ARK TEGN 145-302)
SE TEGN NR 1129-082
+87,5
+94,0
+68,0
+70,0
+92,0
+57,0
+90,6
+94,0
+107,0
SNITT 1-1
SNITT 2-2
R = 5 m
1500
4000
5500
7000
5 500
10 m
50 m
PLAN TUNNELSYSTEM
HØYDEGRUNNLAG NGO NN 1954
AJOURFØRT
REVIDERINGEN GJELDER
A
19.09.86
REV
DATO, SIGN
MØRKFOSS-SOLBERGFOSSANLEGGET
SOLBERGFOSS II
OVERSIKT TUNNELSYSTEM
PLAN
MÅLESTOKK
TEGN
TRAC
KONTR
GODKJ
SAK NR
TEGN NR
REV
BERDAL
1129

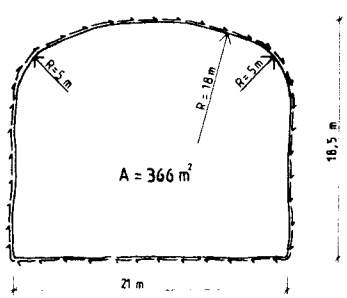
BILAG 6



LENGDESNITT



SNITT A-A

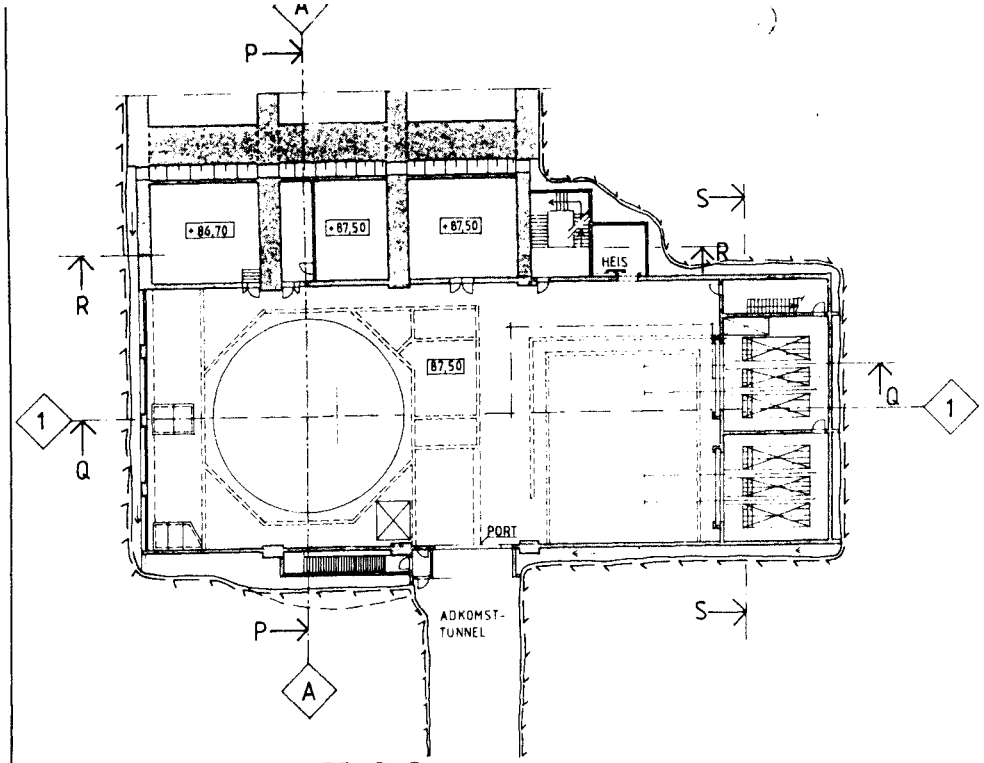


SNITT B-B

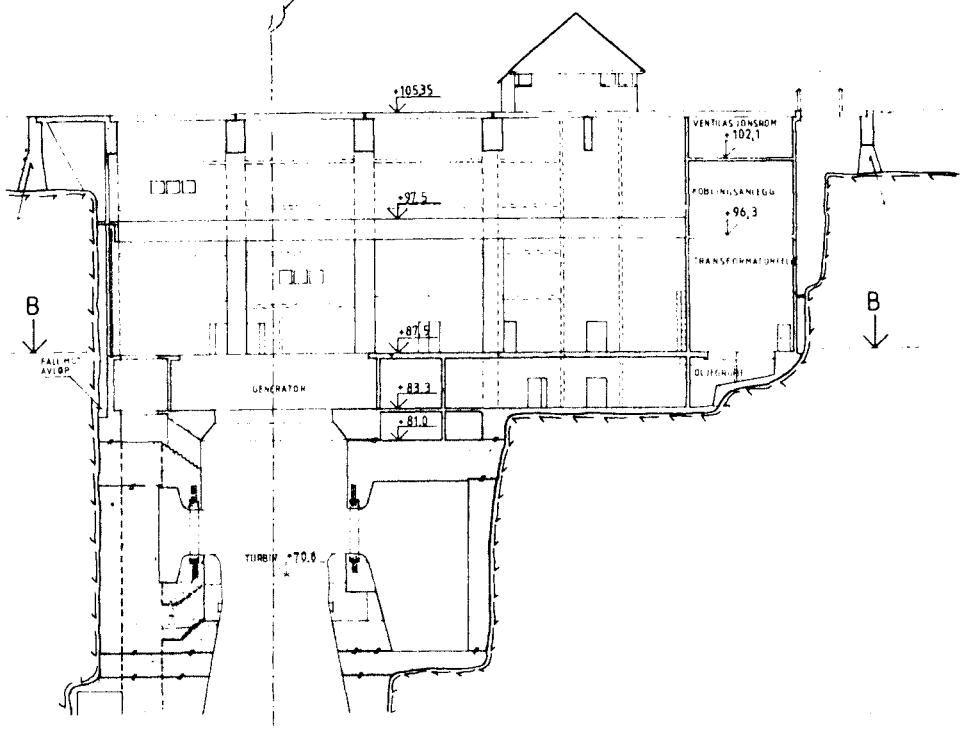
HØYDEGRUNNLAG NGO NN 1954

AJOURFØRT		A	19.09.86 IG
REVIDERINGEN GJELDER		REV	DATO SIGN
MÖRKFOSS - SOLBERGFOSSANLEGGET SOLBERGFOSS II OVERSIKT TUNNELSYSTEM SNITT	MÅLESTOKK	TEGN	
		TRAC	
		KONTR	
		GODKJ	
BERDAL	BAK NR 1129	TEGN NR	REV

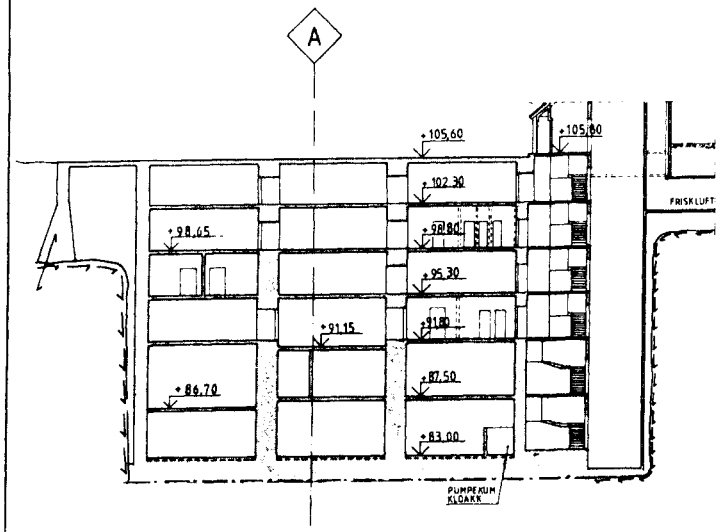
BILAG 7



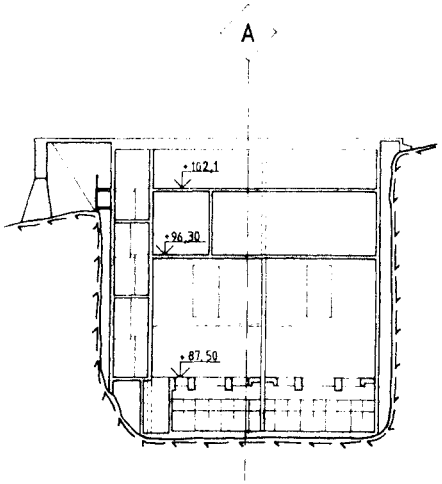
PLANSNITT B-B



SNITT Q-Q



SNITT R-R

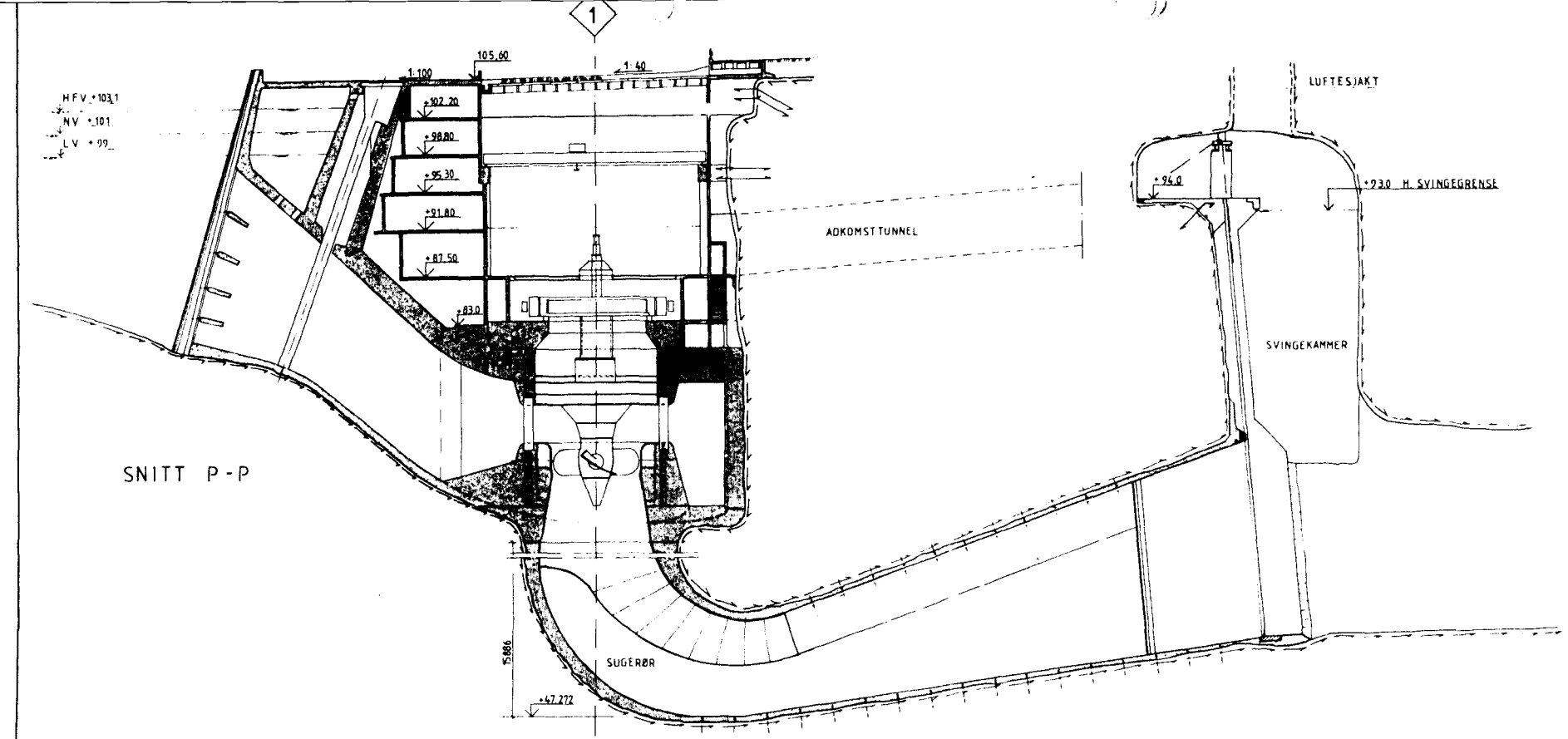


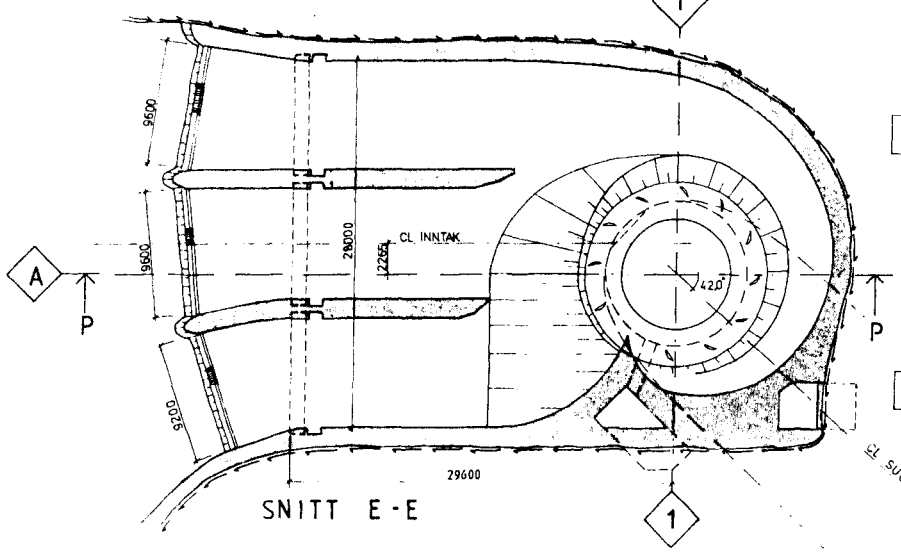
SNITT S-S

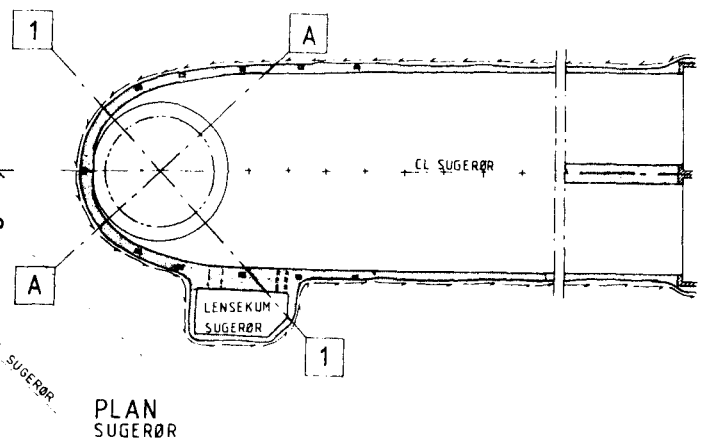
HØYDEGRUNNLAG NGO NN 1954
0 20 m

REVIDERINGEN GJELDER		REV	DATO SIGN
MØRKFOSS - SØLBERGFOSSANLEGGET SØLBERGFOSS II OVERSIKT KRAFTSTASJON	MÅLESTOKK	TEGN	N. E. A.
		TRAC	
		KONTR	
		GODKJ	
BERDAL	BAK NR 1129	TEGN NR	REV

BILAG 8





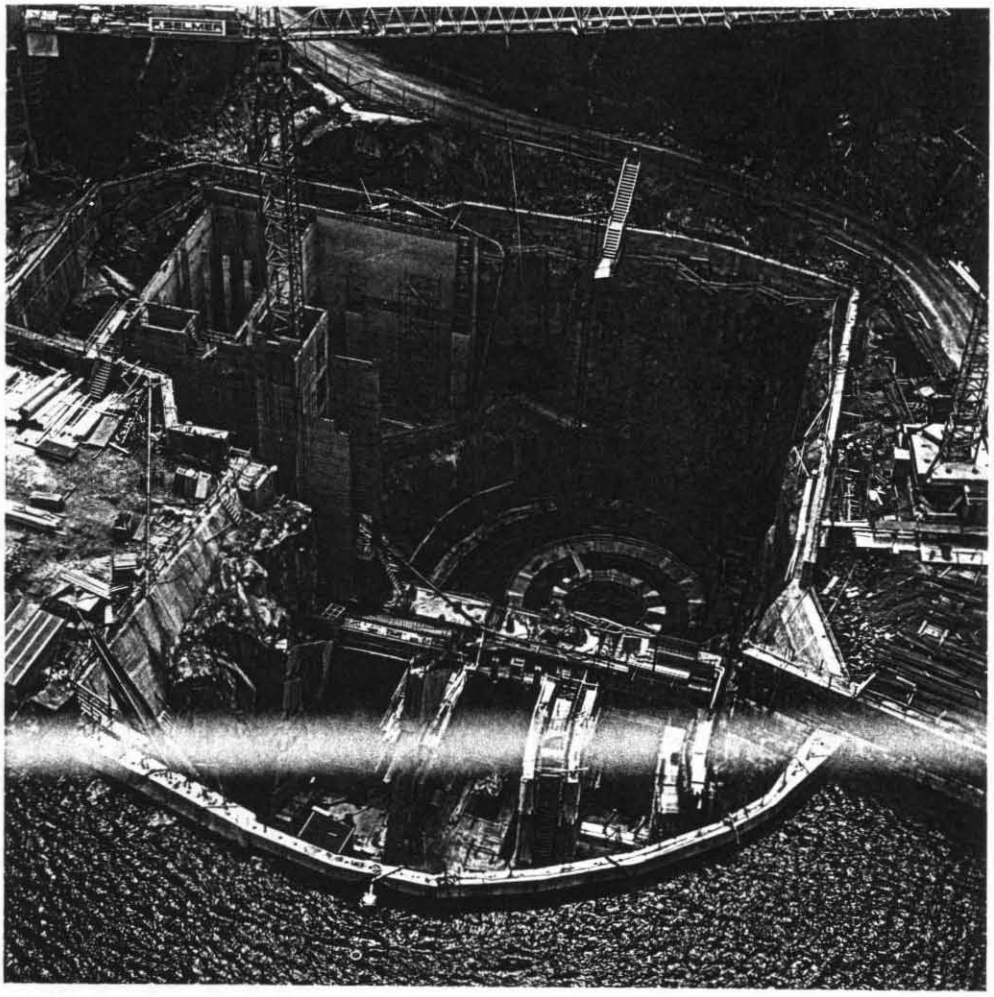


HØYDEGRUNNLAG NGO NN 1954

0 20 m

AJOURFØRT		A	19.09.86 JG
REVIDERINGEN GJELDER		REV	DATO SIGN
MÖRKFOSS - SOLBERGFOSSANLEGGET SOLBERGFOSS II OVERSIKT KRAFTSTASJON VANNVEI	MÅLESTOKK	TEGN	7/8 81
		TRAC	
		KONTR	4/12
		GODKJ	4/12
BERDAL	SAK NR 1129	TEGN NR	REV

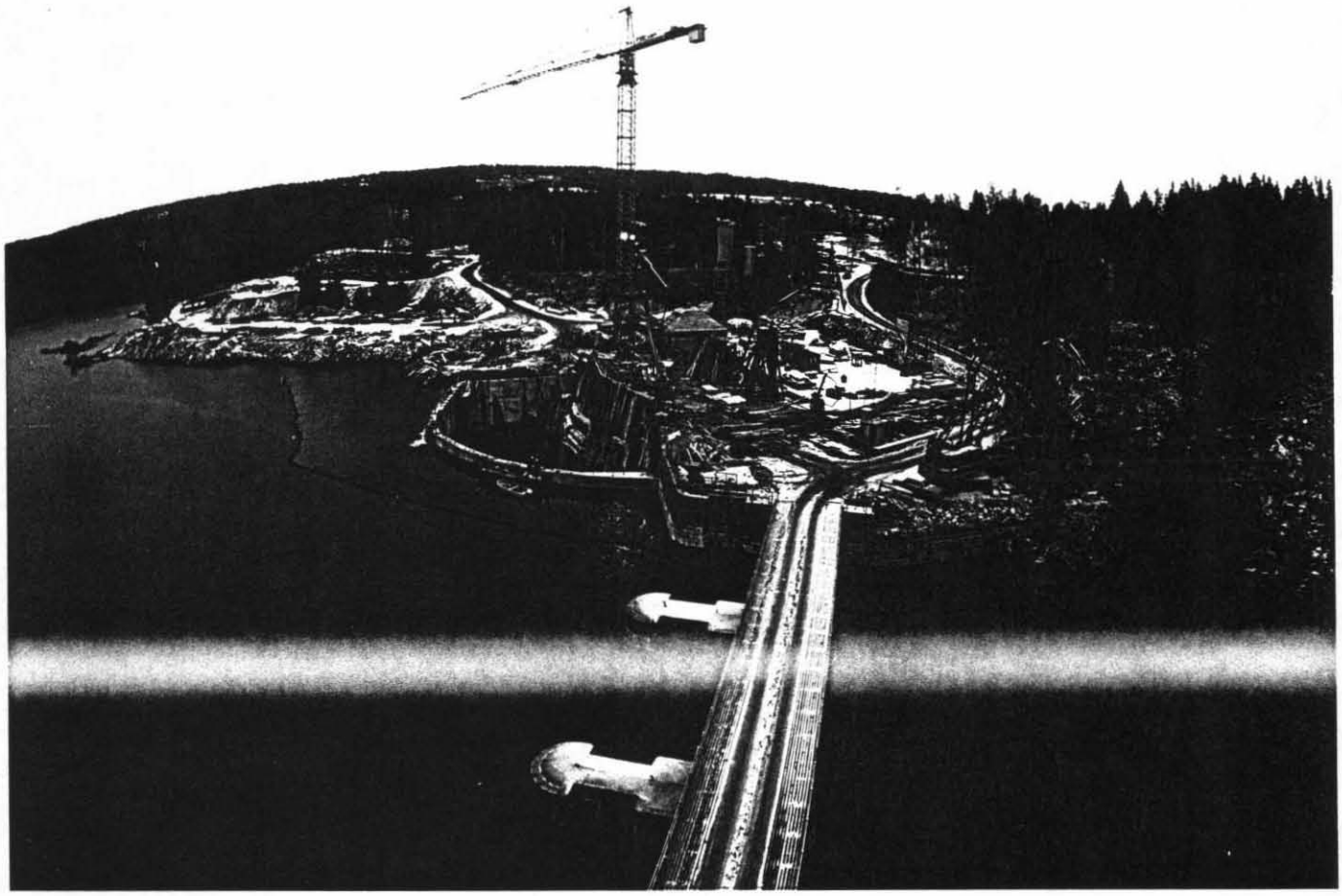
BILAG 9



1
Byggegropen

2
Generatormontasje.
Øvre rotorhalvdel
heises på plass

Foto: P.O.Breifjell
Oslo Lysverker



3
Anlegget klargjøres for sprengning av fangdam

4
Salven går. Fangdam og fjell-terskel sprenges med ca. 5 tonn dynamitt.

Foto: P.O.Breifjell
Oslo Lysverker