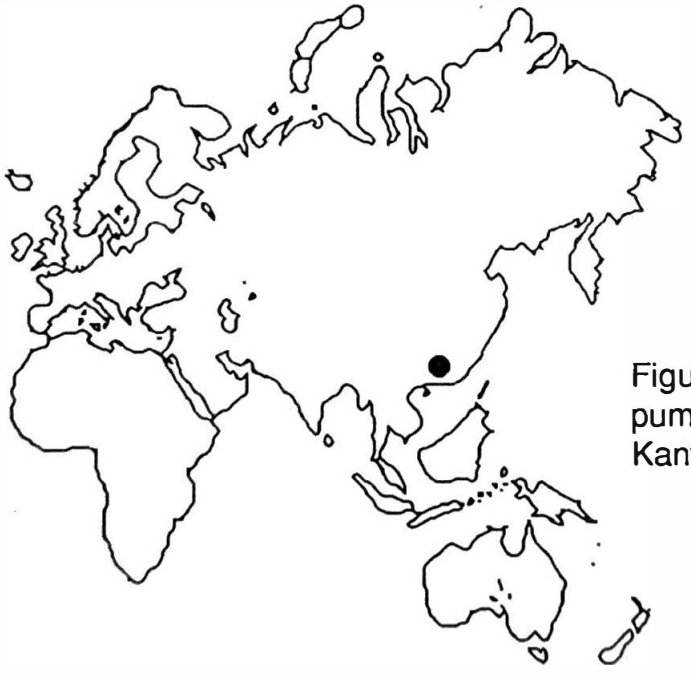
© 1991 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Erfarenheter av uttag och förstärkning av ett stort bergrum i Kina

Anders Carlsson, Vattenfall Hydropower AB, Ludvika
Lars Hansen, Golder Geosystem AB, Uppsala
Tommy Olsson, Golder Geosystem AB, Uppsala
Laurie Richards, Golder Associates, Maidenhead, England.

1 INTRODUKTION

Ett pumpkraftverk är under byggnad ca 100 km norr om Guangzhou (Kanton), Kina (figur 1). Kraftverket använder två magasin med en inbördes fallhöjd på ca 500 meter. Effekten blir 1200 MW fördelade på fyra reversibla turbiner. Kraftverket byggs för att samköras med kärnkraftverket i Daya Bay som ligger norr om Hongkong. Under perioder med låg elförbrukning används överskottsenergi från kärnkraftverket för att pumpa upp vatten. Vid toppar i elförbrukningen genererar pumpkraftverket energi.



Figur 1. Guangzhou pumpkraftverks läge vid Kanton i sydöstra Kina.

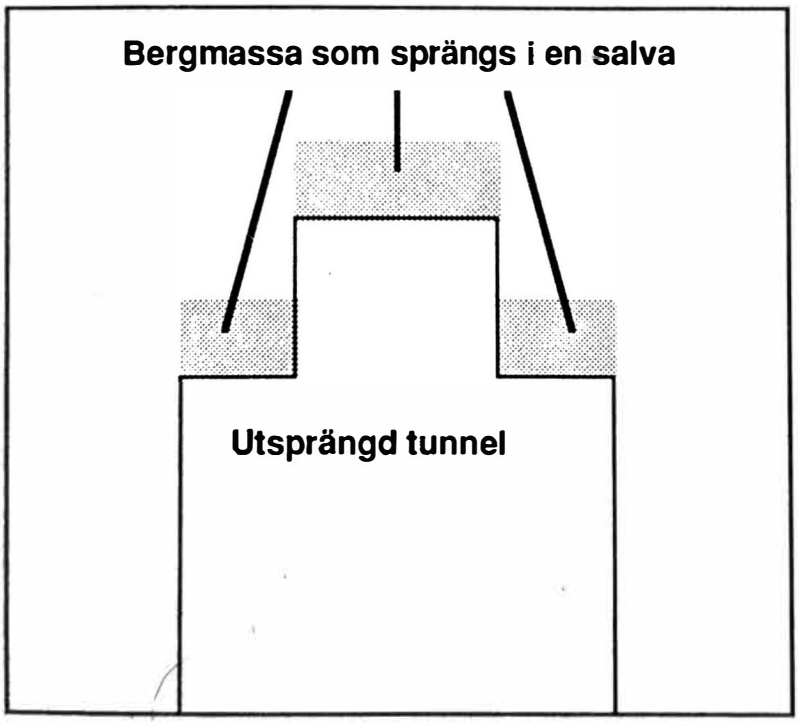
Kraftverket består av maskinsal 146x22x45 meter samt transformatorsal och mer än nio kilometer tunnlar mm. Vattentunnlarna kommer att vara helt inklädda med betong. Fyra reversibla turbiner av

© 1991 Svenska Bergteknikföreningen och författare

franskt fabrikat kommer att installeras. Bergarbetena utförs av en statlig kinesisk entreprenör, Fjortonde Konstruktionsbyrån, på uppdrag av ett joint venture företag som ägs till lika delar av kinesiska staten och Hongkong-företaget China Light and Power Ltd.

Swedpowers uppdrag är att bistå beställarens kontrollorganisation på platsen med ingenjörsgeologisk och bergteknisk rådgivning. En SwedPower expertgrupp besöker arbetsplatsen två gånger årligen. Ingenjörer och geologer har varit stationerade på platsen i perioder om sammanlagt mer än ett år.

Kraftverket ligger helt i granit från juraperioden (100 M år. Längs hydrotermala kvartsgångar har berget omvandlats, fältspat har omvandlats till det svällande lermineralet montmorillonit. Bergmassan har undersökts mycket noggrant, betydligt mera än vad som är vanligt i Sverige och utomlands. Bergmassan är uppdelat i block som begränsas av förkastningar.



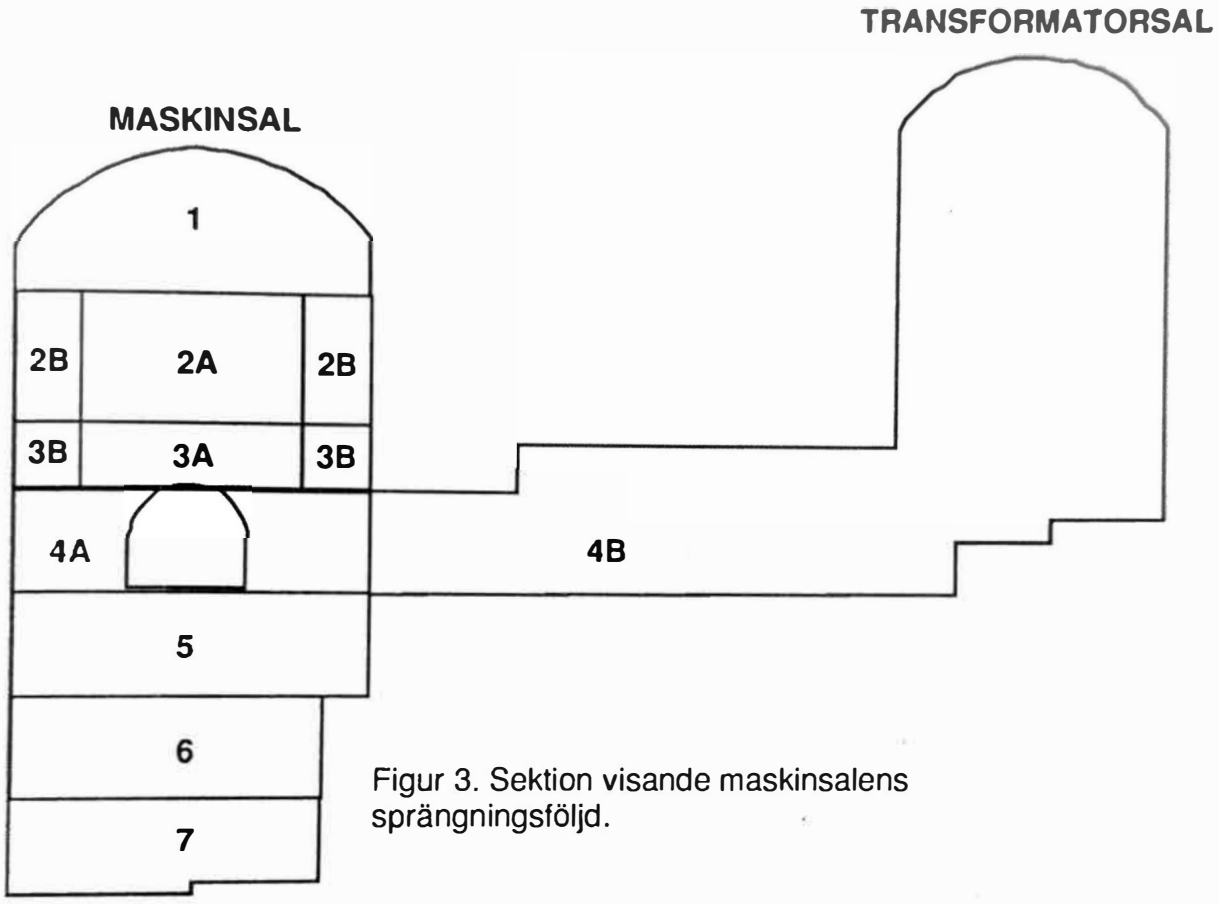
Figur 2. Uttag av takort med en centrumort med gavel åtta meter framför två sidostrossar..

2 DRIVNING AV MASKINSAL

Maskinsalen är projekterat i ett block där bergmassan håller en mycket hög kvalitet. Maskinsalen drivs med en takort med full bredd

© 1991 Svenska Bergteknikföreningen och författare

(22 m) uppdelad i en centrumort och två sidostrossar som alla tre skjuts samtidigt. Centrumortens gavel ligger ca 8 meter framför sidostrossarna (figur 2). Ingen temporär förstärkning har utförts, vilket är mycket lättsinnigt, men kan fungera som en tankeställare vid design av förstärkning i granit och liknande bergarter..

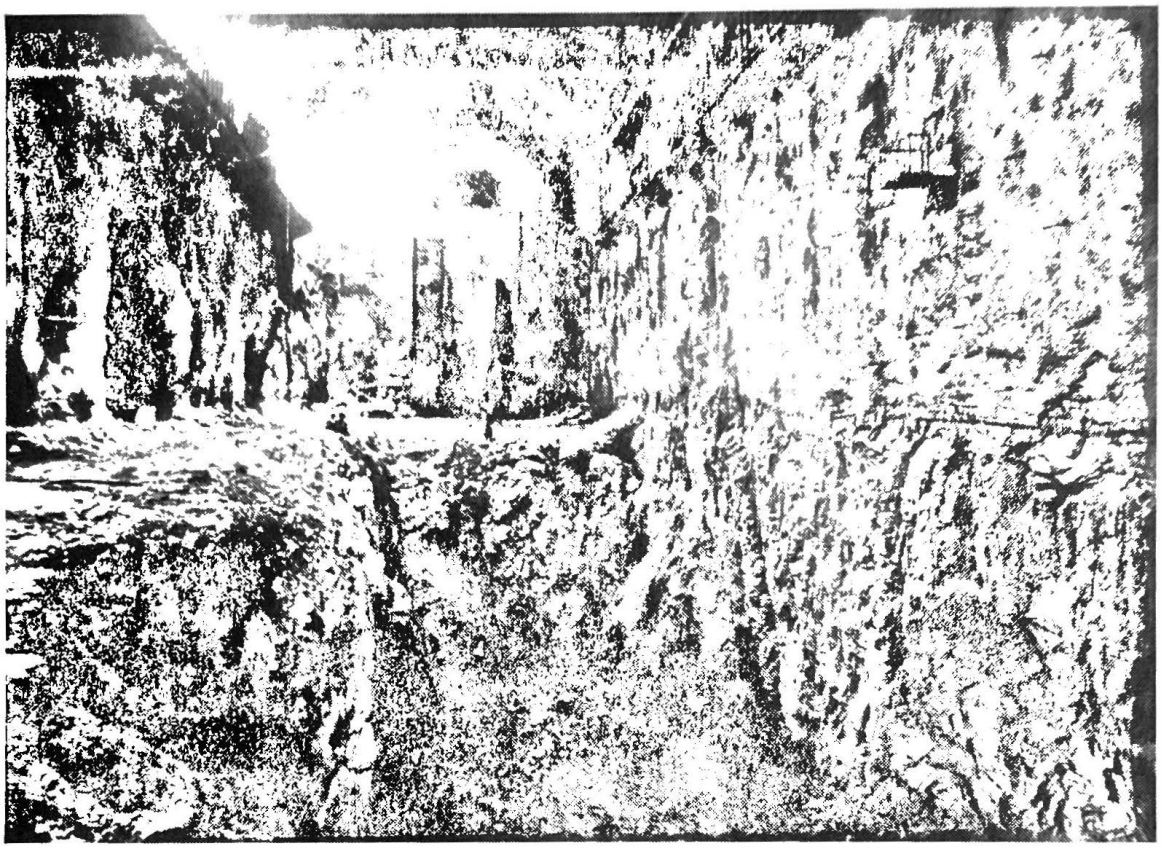


Figur 3. Sektion visande maskinsalens sprängningsföljd.

Efter drivning och förstärkning av takorten sprängs pallarna. Sprängningsföljden framgår av figur 3). Den femte fasen sprängs delvis som tunnel med åtföljande takstross. Figur 4 visar maskinsalen efter drivning och förstärkning av fas 1-4, drivning av förbindelsetunnlarna till transformatorsalen samt drivning av en tredjedel av femte fasen.

I Swedpowers uppgifter har även ingått bergspänningsmätningar. SwedPower personal har också handlett mätningar med s. k. sliding micrometer för att mäta deformationer under drivningen av maskinsalen. De uppmätta deformationsvärdena har varit ytterst små. De stämmer överens med estensometerresultat och med prognoser baserade på FEM-beräkningar.

© 1991 Svenska Bergteknikföreningen och författare



Figur 4 Maskinsalen efter utsprängning och förstärkning till och med steg 4, utsprängning av förbindelsetunnlar till transformatorsalen samt del av steg 5.

3 FÖRSTÄRKNING AV MASKINSAL

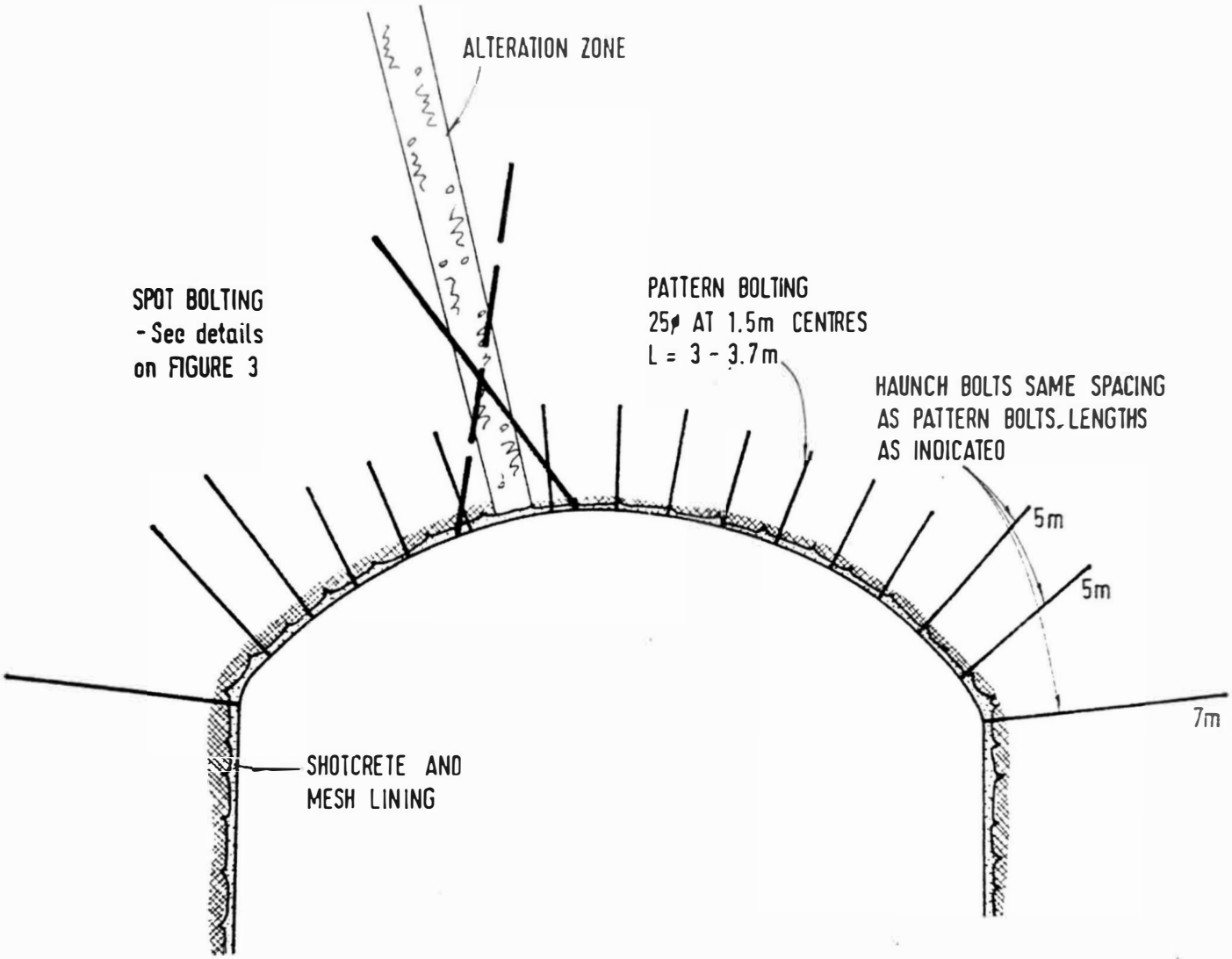
Graniten i maskinsalen håller i regel mycket hög kvalitet med RMR-värden kring 80-90 och Q-värden på 100-500. Några förkastningar korsar maskinsalen och har gett upphov till förstärkning av ett fåtal instabila bergkilar.

Maskinsal och transformatorsal har förstärkts med systematisk bultning och nätarmerad sprutbetong. De omvandlade zonerna i berget har förstärkts med bult som penetrerar zonerna. Swedpowers rådgivning har resulterat i betydligt mindre förstärkning än i de ursprungliga konstruktionsritningarna (ca 60 % av ursprunglig bultlängd). Figur 5, 6 och 7 visar förstärkningen av takorten som utfördes enligt Swedpowers rekommendationer.

Maskinsalens väggar har förstärkts enligt ursprunglig konstruktionsritning trots Swedpowers rekommendationer om avsevärd minskning på grund av den fina bergkvaliteten (figur 8). De bergtekniskt känsliga portalerna blev föremål för speciella förstärkningsåtgärder.

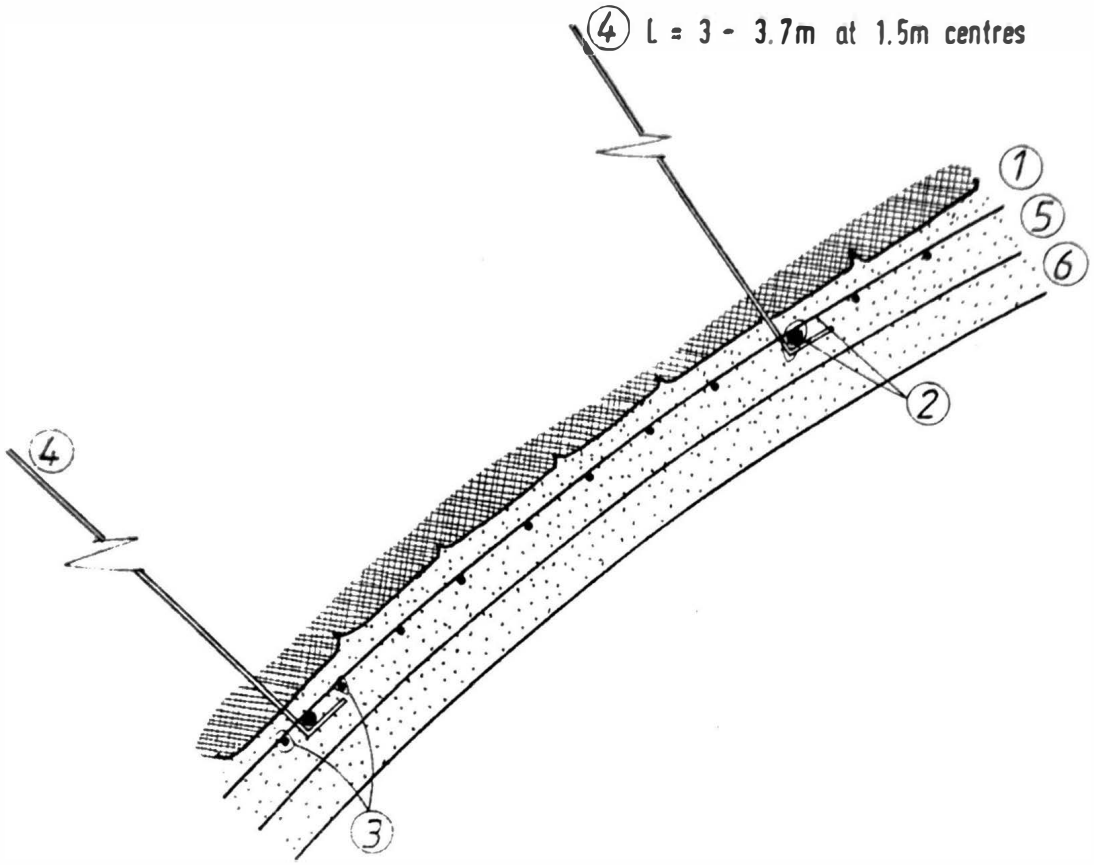
© 1991 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Figur 5 Förstärkning av maskinsalens takort. Principskiss.



© 1991 Svenska Bergteknikföreningen och författare

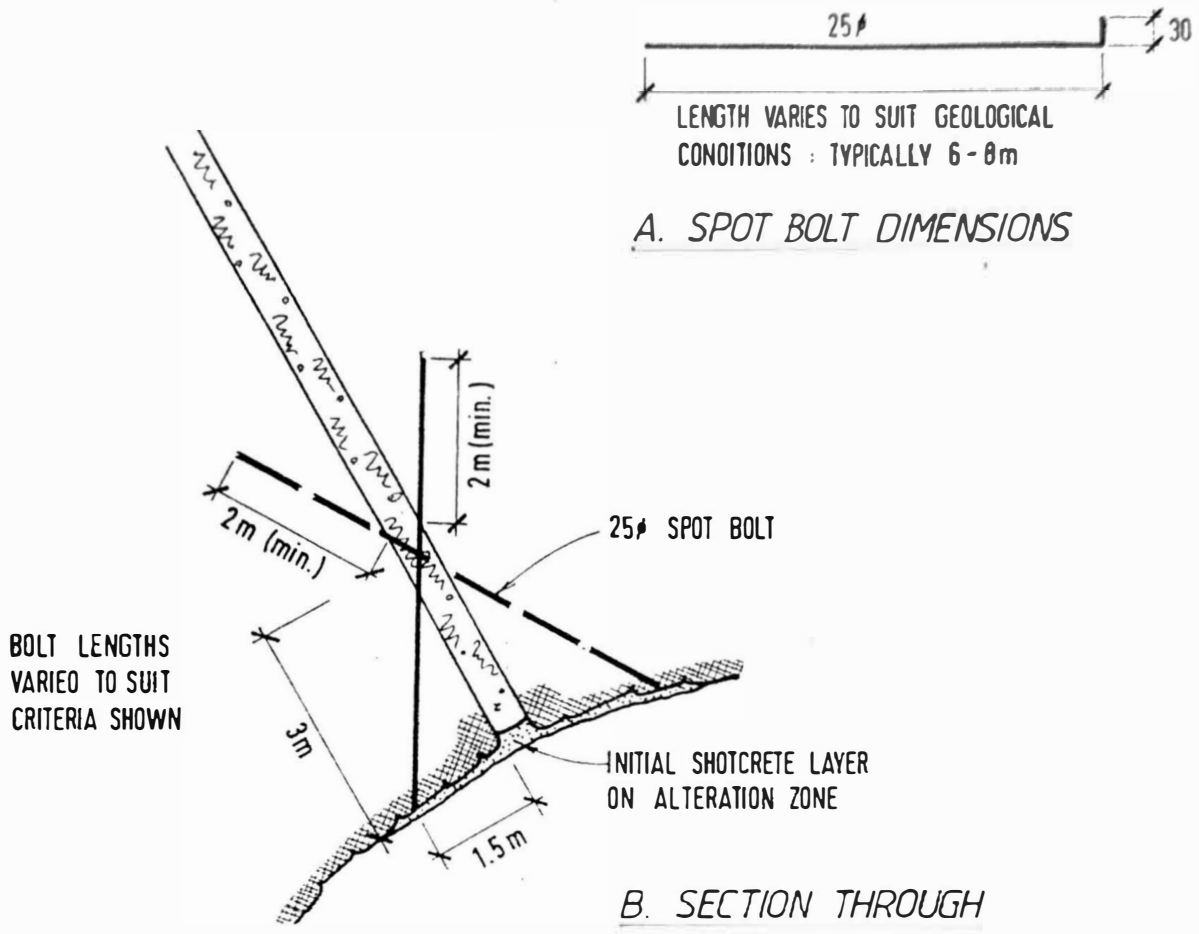
Figur 6 Förstärkning av maskinsalens takort. Detalj av sprutbetong.

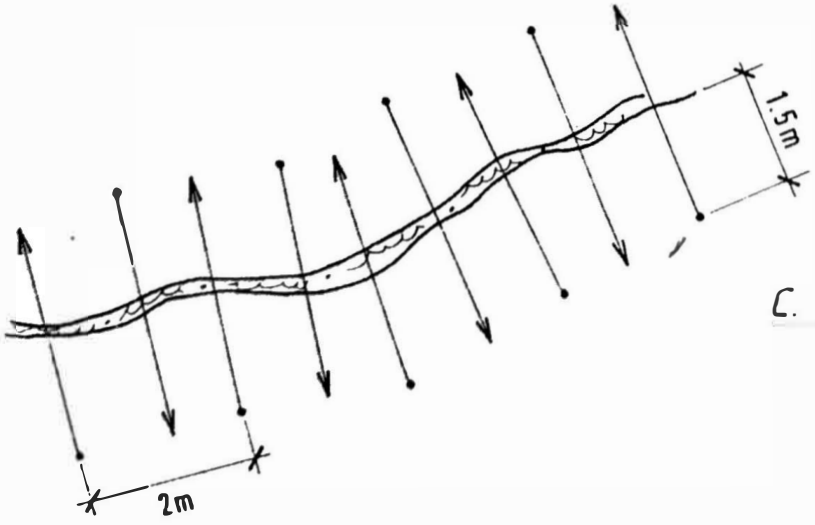


1. FIRST LAYER OF SHOTCRETE : 2 cm thick (min.)
2. 8ϕ PROFILING BARS AT 1.5 CENTRES BOTH WAYS
3. 6ϕ x 200 x 200 MESH
4. 25ϕ PATTERN BOLTS AT 1.5 CENTRES
5. SECOND LAYER OF SHOTCRETE : 5 cm thick (min.)
6. THIRD LAYER OF SHOTCRETE : 5 cm thick (min.)

© 1991 Svenska Bergteknikföreningen och författare

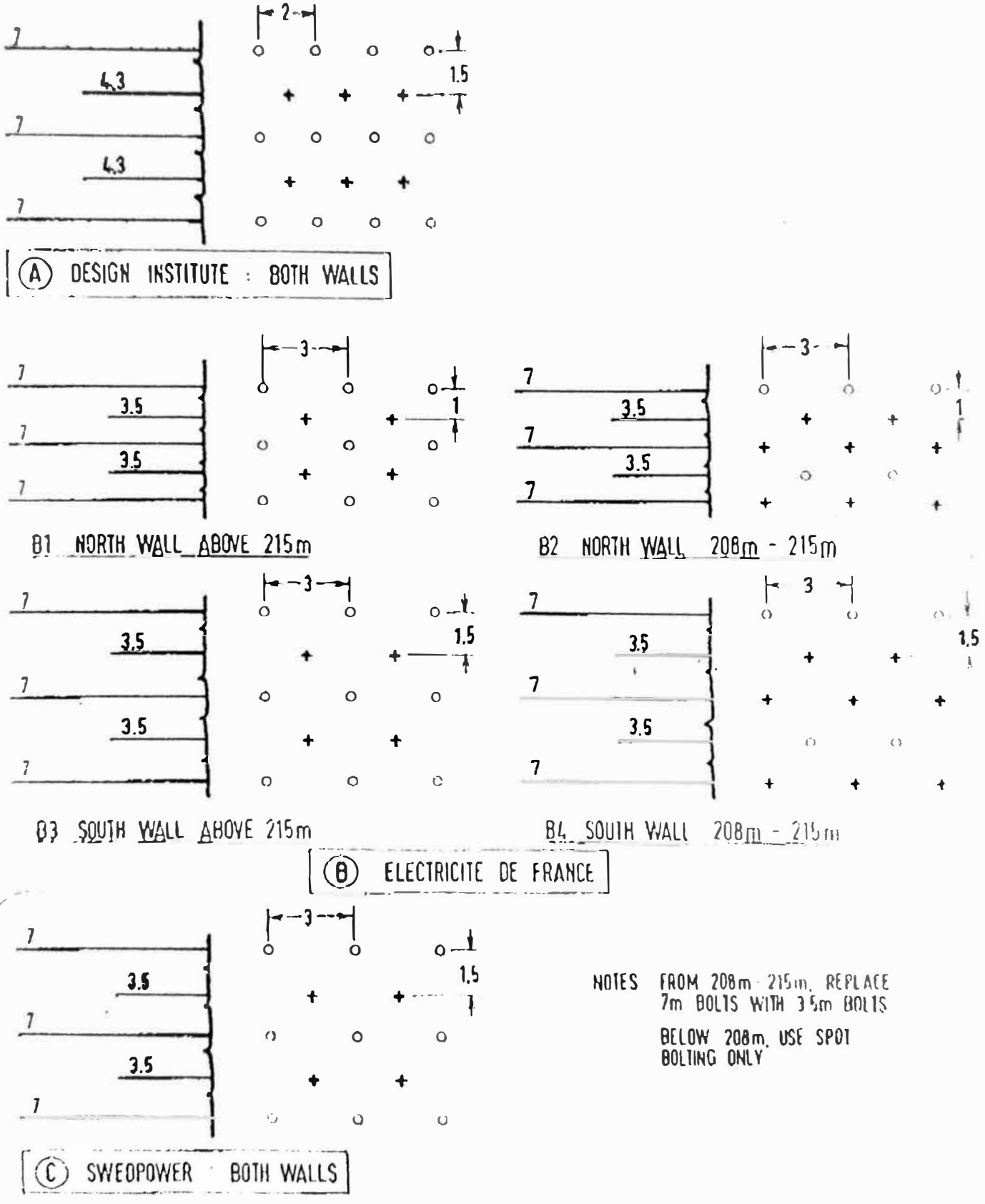
Figur 7 Förstärkning av zon med montmorillonitomvandlat berg.





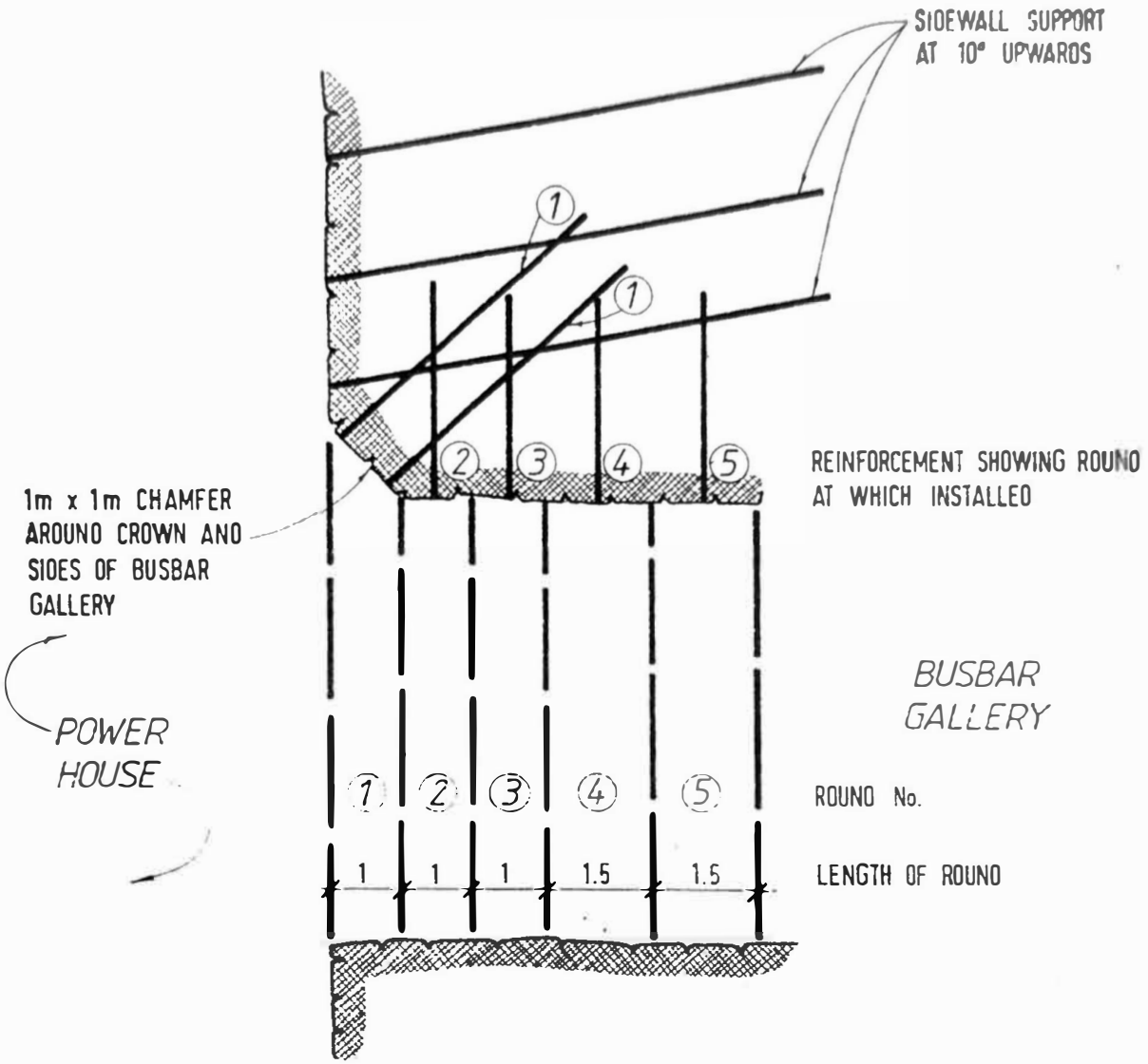
© 1991 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Figur 8 Förstärkningsalternativ för maskinsalens väggar. Principskiss.



© 1991 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Figur 9 Förstärkning av förbindelsetunnlarnas portaler. Principskiss.



© 1991 Svenska Bergteknikföreningen och författare

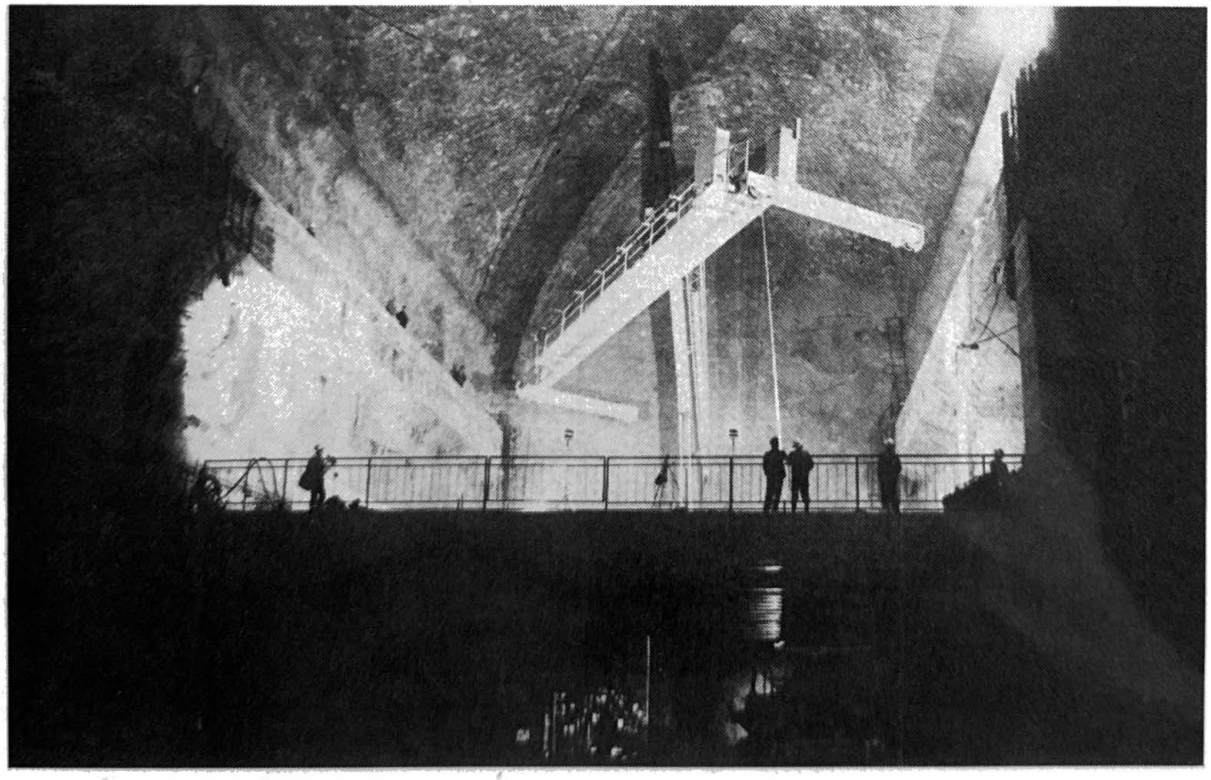
Figur 9 visar den av SwedPower rekommenderade förstärkningen av portalerna.

Montmorillonitomvandlingen har inte endast negativa konsekvenser för kraftverket. En positiv effekt är att det svällande lermineralet tätar berget. Endast få vattenläckage har förekommit. De har varit små och har upphört efter en vecka eller två.

En viktig del av konstruktionen är de två bergförankrade kranbalkarna som skall bära 400 ton. Balken är förankrad med tre rader 32 mm ingjutna bultar, längd 6 och 7 meter. Under november månad 1990 installerades en traverskran med en lastkapacitet på 30 ton (figur 10). Ytterligare en kran med kapacitet på 400 ton kommer att installeras vid ett senare tillfälle.

Litteratur

Carlsson, A., Christiansson, R., Feng, W., Hansen, L., Olsson, T. and Söder, P. E., 1990. Underground pumped storage power station at Guangzhou, China.Rock Mech. Meeting 1990. BeFo (Sw. Rock Eng. Res. Found), Stockholm.



Figur 10 Montering av 30 tons kranen.