© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

ÅTGÄRDANDE AV TUNNELRAS

Per Mared, Skanska AB, Danderyd

Med två korta anföranden skall jag beskriva reparationen av Bolmentunneln och Braviken-tunneln i Norrköping, vilka var totalt blockerade av ras.

Bolmentunneln

Beskrivning och bakgrund

Bolmentunneln är en trycksatt friskvattentunnel från sjön Bolmen strax öster om Ljungby ner till söder om Perstorp i norra Skåne. Tunneln är byggd för att försörja ett flertal kommuner (AB Sydvatten) med friskvatten (Bild 1).

Totalt är tunneln ca 80 km lång. Tunneln utfördes i två etapper, södra delen som byggdes mellan 1976 - 1982 samt norra delen, vilken byggdes under åren 1979 - 1986.

Vid provkörning av tunnelsystemet konstaterades att ras hade skett i södra delen av tunneln. Raset lokaliserades till området mellan km 60 och 65.

Besiktning

AB Sydvatten började omedelbart att avsänka tunneln för att möjliggöra inspektion och reparation.

Vidare knöts en expertgrupp till projektet för att besiktiga tunneln och föreslå åtgärder. Hela södra delen av tunneln från km 38 till 80 inspekterades. Endast mellan km 60 och km 65 hade mer omfattande ras inträffat.

För att ej behöva sänka vattennivån vid påslag 18 vilket är omedelbart norr om rasområde, besiktigades denna del med en fjärrmanövrerad undervattensfarkost.

Farkosten, vilkens benämning är Sjöugglan besiktigade totalt ca 5 km tunnel. Tunneln sektionerades med hjälp av sonar samt tv-filmades. Uppgifterna bandades och analyserades efteråt. På denna sträcka konstaterades inga ras.

© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

När vattennivån sänkts ner så att rasen kunde besiktigas konstaterades att de två synliga rasen hade inträffat vid övergångszoner mellan diabasgångar och gnejs med inslag av vittrad omvandlad granit gnejs.

Rasmassorna var finfördelade med inslag av större block. De sönderdelade partierna hade en konsistens motsvarande lös lera.

Enligt tidigare detaljerade kartering var diabasgångarna endast ca 4-8 meter breda.

För att hindra rasmassorna att rinna in i tunneln samt att få plats att bygga upp en ny förstärkning utanför teoretisk tunnelprofil användes ett system med horisontella bultar (Bild 2).

"Buren" som utvecklades hindrade effektivt fortsatt ras (Bild 3 och 4).

Rasområden förstärktes successivt med armerad sprutbetong och systematisk bultning.

Tidsåtgång

För genomgång av varje ras behövdes ca 14 dagar. Totalt upptäcktes 4 större ras inom en sträcka på 3.500 meter. Mellan varje ras byggdes högspänningsledning samt ventilation och tryckluft. Den totala tidsåtgången för åtgärdande av rasen var 4 månader och arbetet bedrevs på två skift samt lördagar och söndagar.

Primär orsak till tunnelrasen

Analys av rasen har visat att vid samtliga rasplatser har svällande leror varit en väsentlig orsak. När tunnelavsnittet där rasen inträffade byggdes, förekom mycket lite vatten och leran kom ej i kontakt med vatten förrän tunneln vattenfylldes. På andra ställen utefter tunnelsträckningen förekom även svällande leror men då i samband med vatten vilket innebar att svällegenskaperna framkom under byggnadstiden.

Samtliga rasplatser var förstärkta med sprutbetong vilken hade tryckts sönder av svälltrycket i leran.

Permanent förstärkning

Samtliga rasplatser förstärktes med ca 200 mm armerad sprutbetong, systematisk bultning, samt med en armerad bottenplatta ca 400 mm tjock. Rasmassorna över sprutbetong - förstärkningen injekterades med cement.

© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Bravikentunneln

Beskrivning och bakgrund

Från Motala ström till Bravikens Pappersbruk på Malmölandet har Holmens Bruk en tunnel som leder färskvatten till pappersbruket.

Tunneln byggdes i mitten av 70-talet och raset inträffade i början av 1985.

Under våren 1985 borrades ett antal hål från markytan ner i tunneln. Härigenom kunde man lokalisera var tryckfallet i tunneln var beläget och därmed även rasplatsen.

En provisorisk pumpstation och ledning anlades. Ett Ø 400 mm hål borrades från markytan nerströms om raset och vatten pumpades förbi rasplatsen.

När det gamla pappersbruket stängdes 1986 i centrala Norrköping kunde befintliga provisoriska ledningar mellan Norrköping och Braviken användas för vattenförsörjning av Braviken under tunnelnreparationen.

Rasets omfattning

När vattenytan avsänkts till rasplatsen konstaterades att bergmassor fyllde hela tunnelarean, och ett domliknande valv i taket hade utbildats med en spännvidd upp till 10 m.

Efter första undersökningen av rasets utbredning genom sonderingsborrning (Bild 5), tv-inspelningar och okulära bedömningar bestämdes att man skulle gå igenom raset i stället för att bygga en ny tunnel förbi rasplatsen.

Förbiledningstunneln var förstahandsalternativ när arbetet planerades.

När omfattningen på raset blev känt konstaterades att även mycket stora insatser i rasområdet måste göras för att förhindra fortsatta ras. Det bedömdes att det tidsmässigt och ekonomiskt var fördelaktigast att gå genom raset.

Förstärkningsbehov

För besiktning och bedömning av förstärkningsbehovet anlitade Holmens Bruk Hagconsult. Skanska deltog i arbetet och framlade entreprenörens synpunkter på utförandet.

Genom etappvis (Bild 6) schaktning och bergförstärkning med fiberarmerad sprutbetong och bultar nådde man så småningom till slutet av domen. En sträcka på ca 12 meter.

© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Arbetet bedrevs med mekaniserad utrustning, robot för sprutbetongarbetena och elhydraulaggregat för sondering, skrotning och bultborrning.

Man kunde nu se att (Bild 7) raset utbildades ytterligare på höjden. Den totala höjden från tunnelbotten till toppen på raset mättes in till ca 24 meter.

På grund av höjden kunde rasområdet ej säkerställas med sprutbetong. Det beslutades att den övre delen av raset skulle gjutas igen.

En formvägg av sprutbetong konstruerades och betonggjutning utfördes på de nerrasade bergmassorna. Totalt pumpades ca 300 m^3 betong in i rasområdet (Bild 8).

När betongen hade härdat schaktades bergmassorna under det nya betongtaket bort. Väggarna nedanför förstärktes med systematisk bergbultning samt armerad sprutbetong.

Håligheten ovanför (Bild 9) betonggjutningen fylldes med cementstabiliserat grus genom ett borrhål från markytan.

Den totala volymen av raset var ca 1200 m^3. En modell av raset, vilken är framtagen av Hagconsult finns att beskåda i vestibulen.

Permanent förstärkning

Hela rasområdet förstärktes systematiskt med 1 bergbult/4 m^2 och med en längd av 4 meter samt med fiberarmerad sprutbetong till en tjocklek av mellan 200-300 mm.

Tidsåtgång

Arbeten med själva förstärkningen av rasplatsen tog ca 4 månader. Arbetet bedrevs på två skift.

Förstärkning av framtida vattentunnlar

Det är viktigt att berget besiktigas och analyseras så att rätt förstärkningsåtgärd blir vidtagna vid byggandet. Övergångszoner mellan olika bergarter bör särskilt studeras.

Det synes även vara viktigt att den bedömda förstärkningen dras en bra bit förbi det område som bedöms behöva förstärkas.

© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Bild 1.

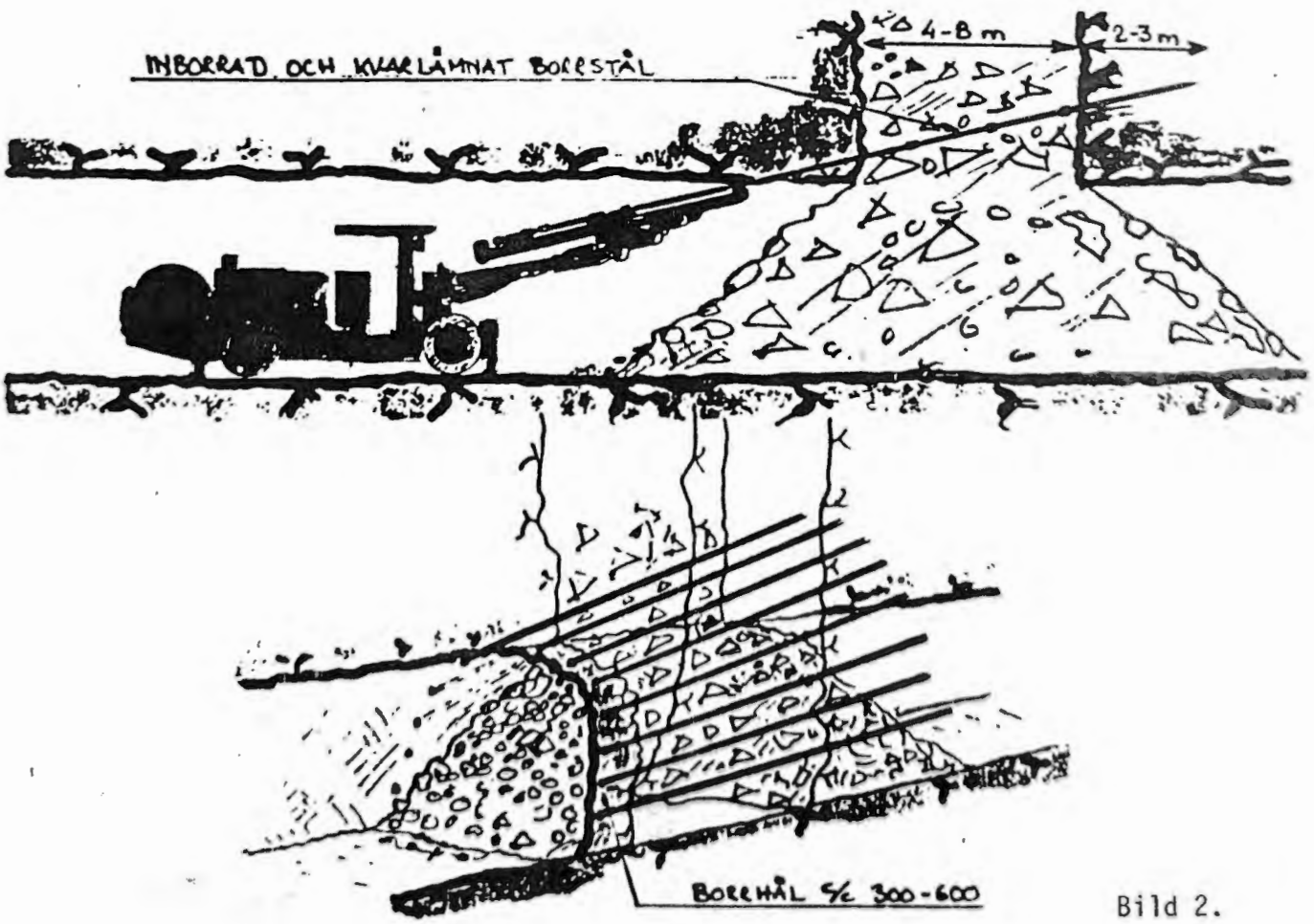

Bild 2.

© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

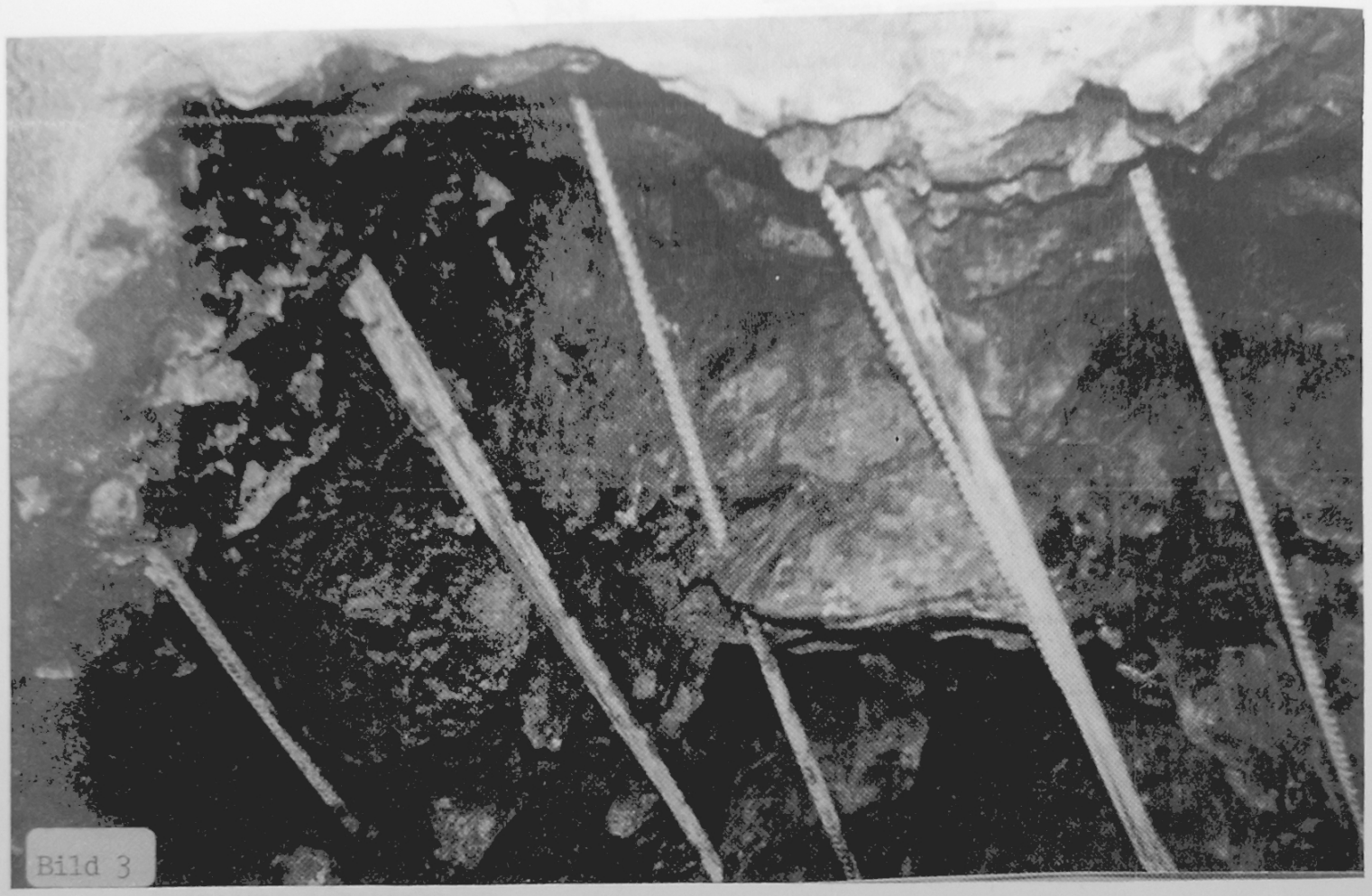

Bild 3

Bild 4

© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

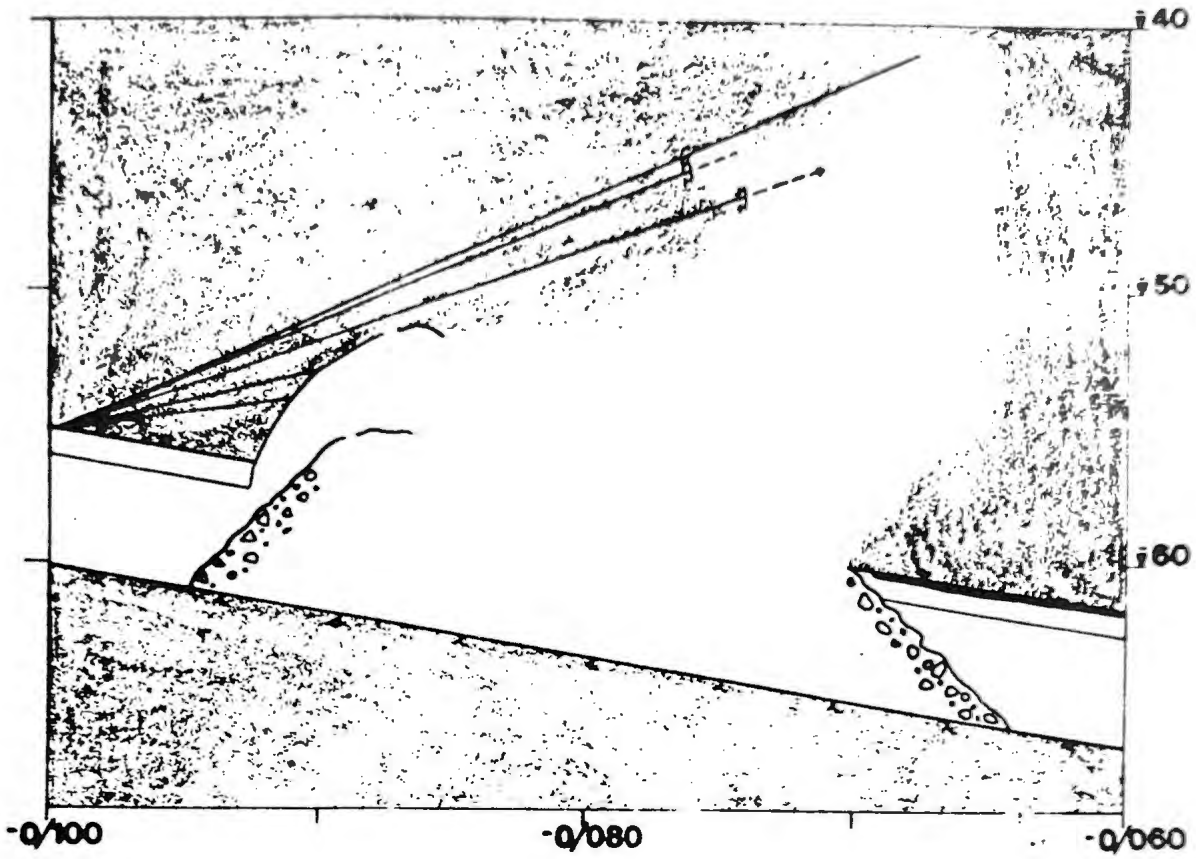

Bild 5.

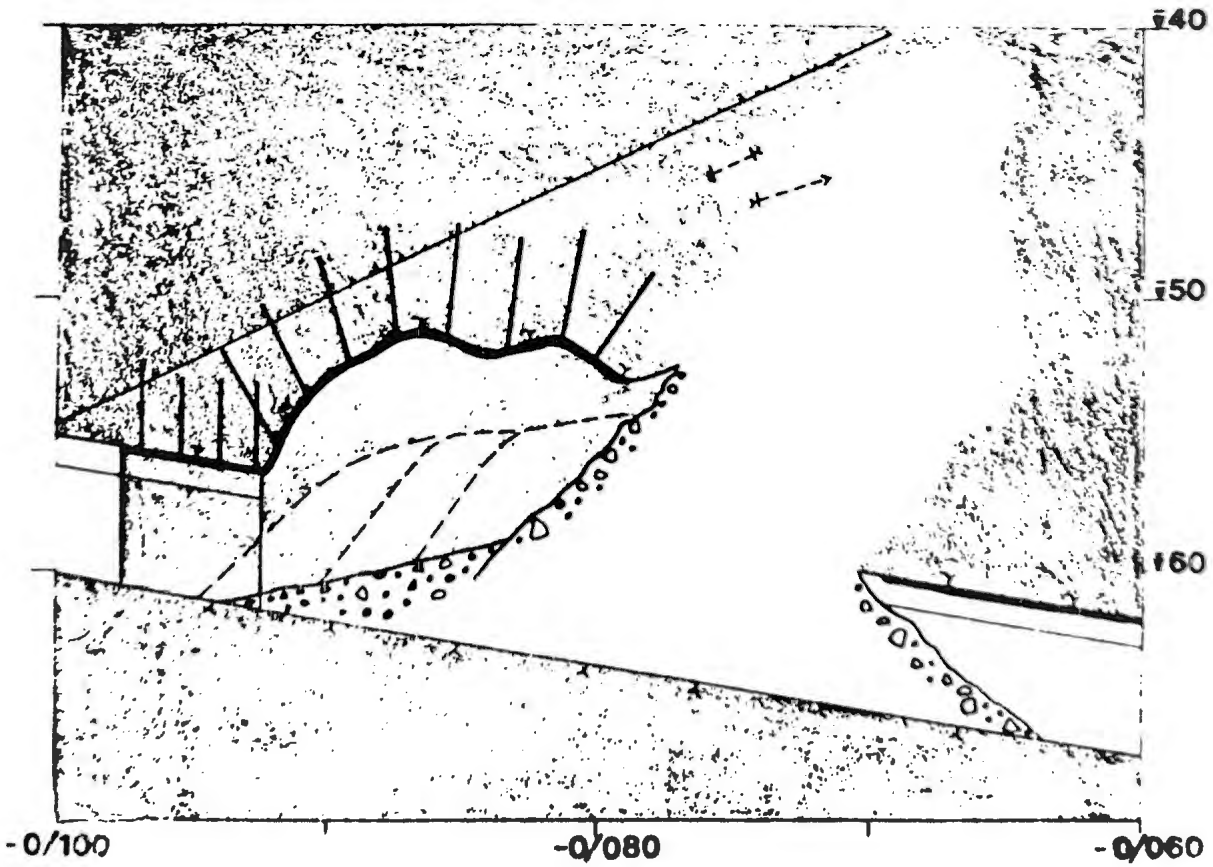

Bild 6.

© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

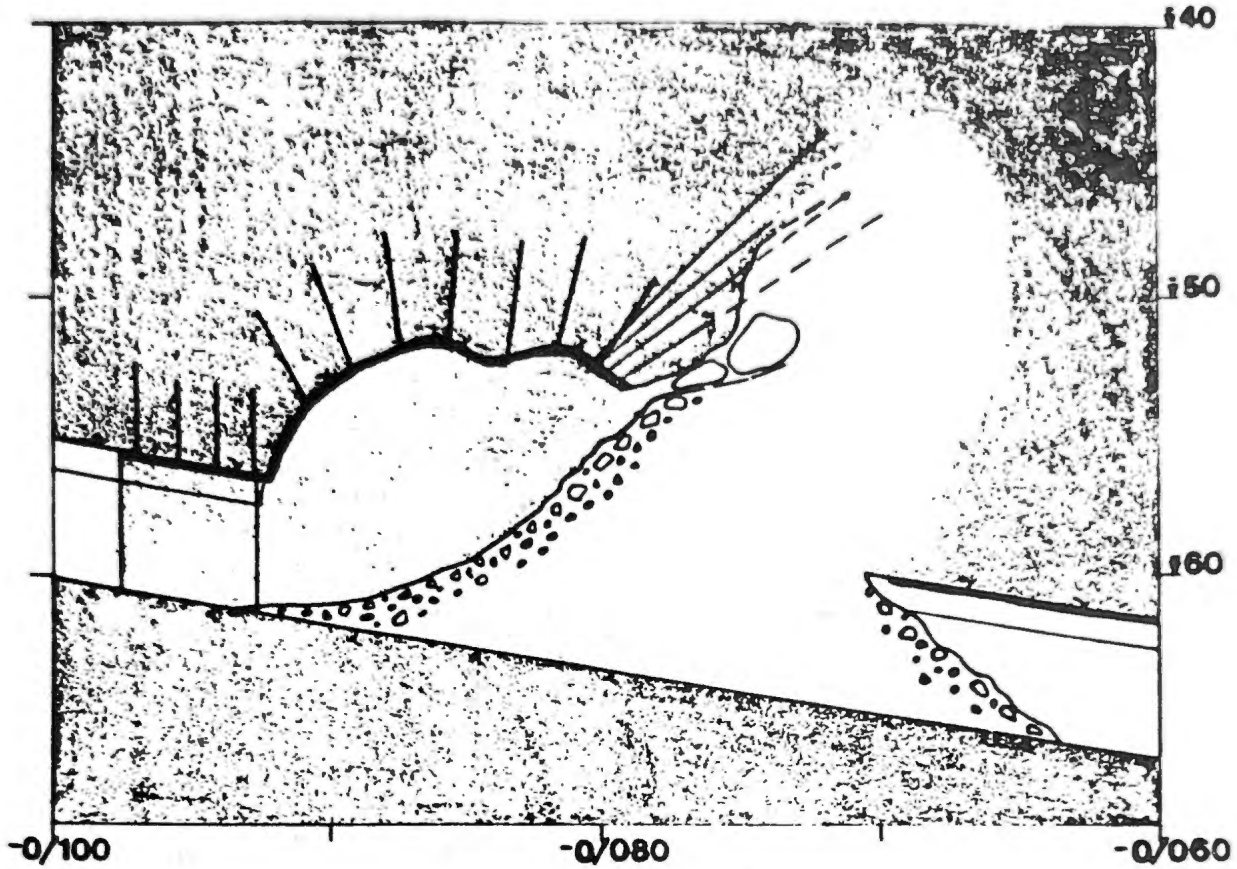

Bild 7.

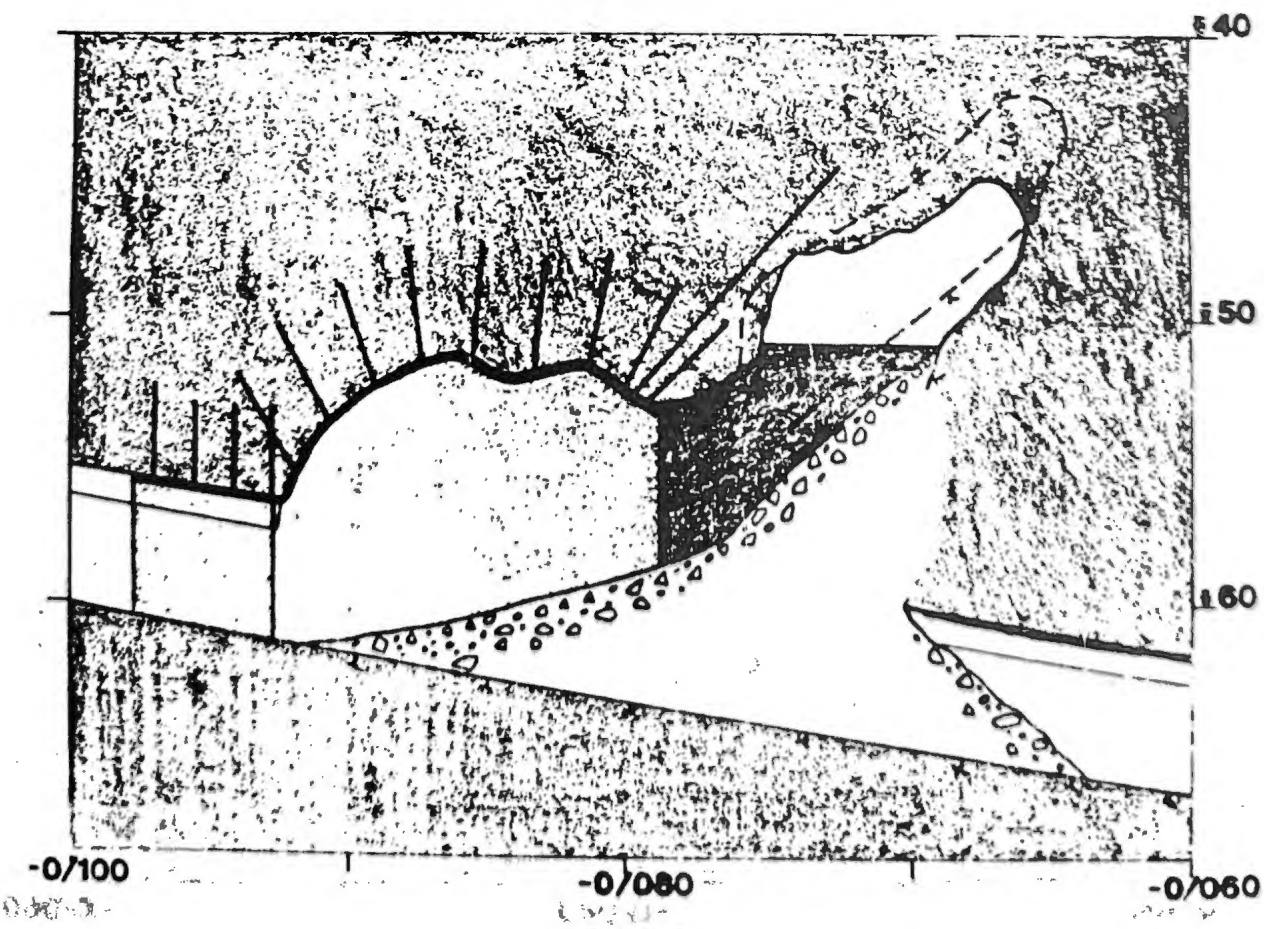

Bild 8.

© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

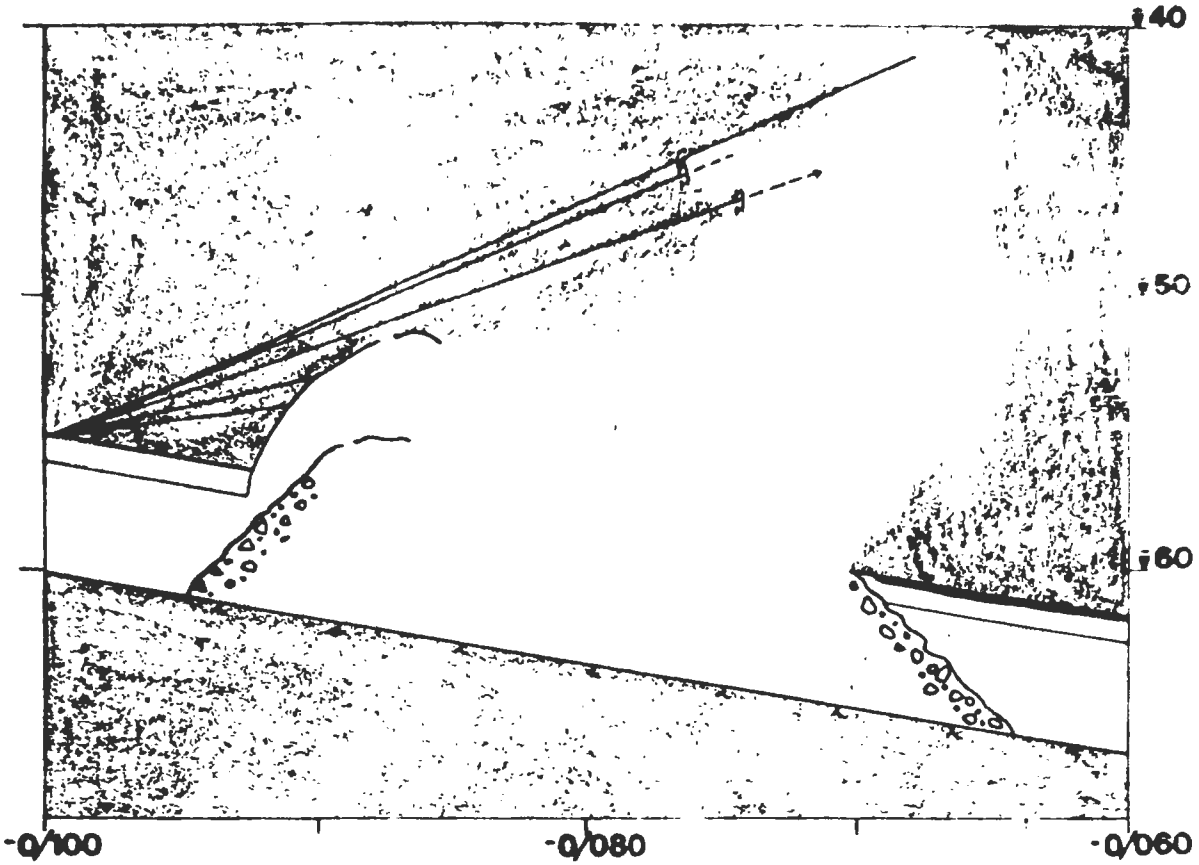

Bild 5.

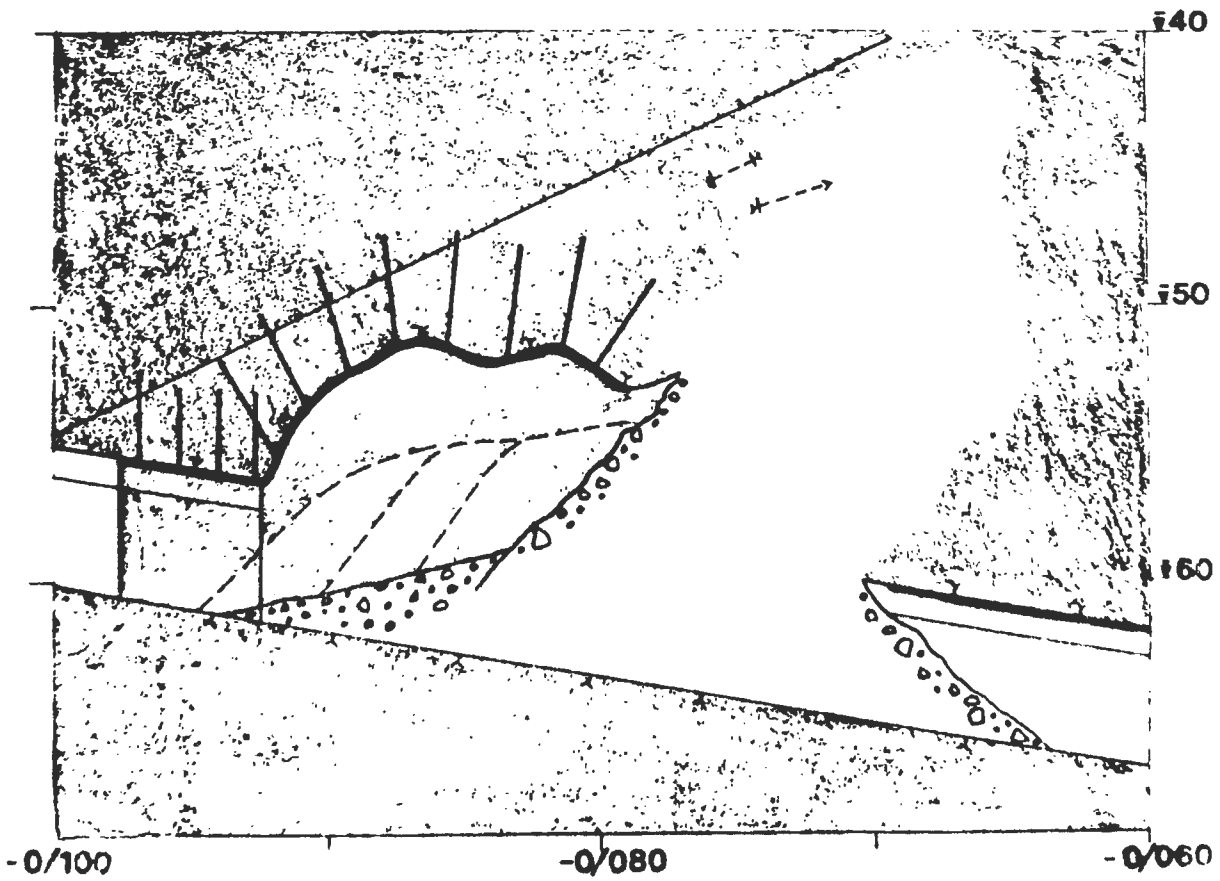

Bild 6.

© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

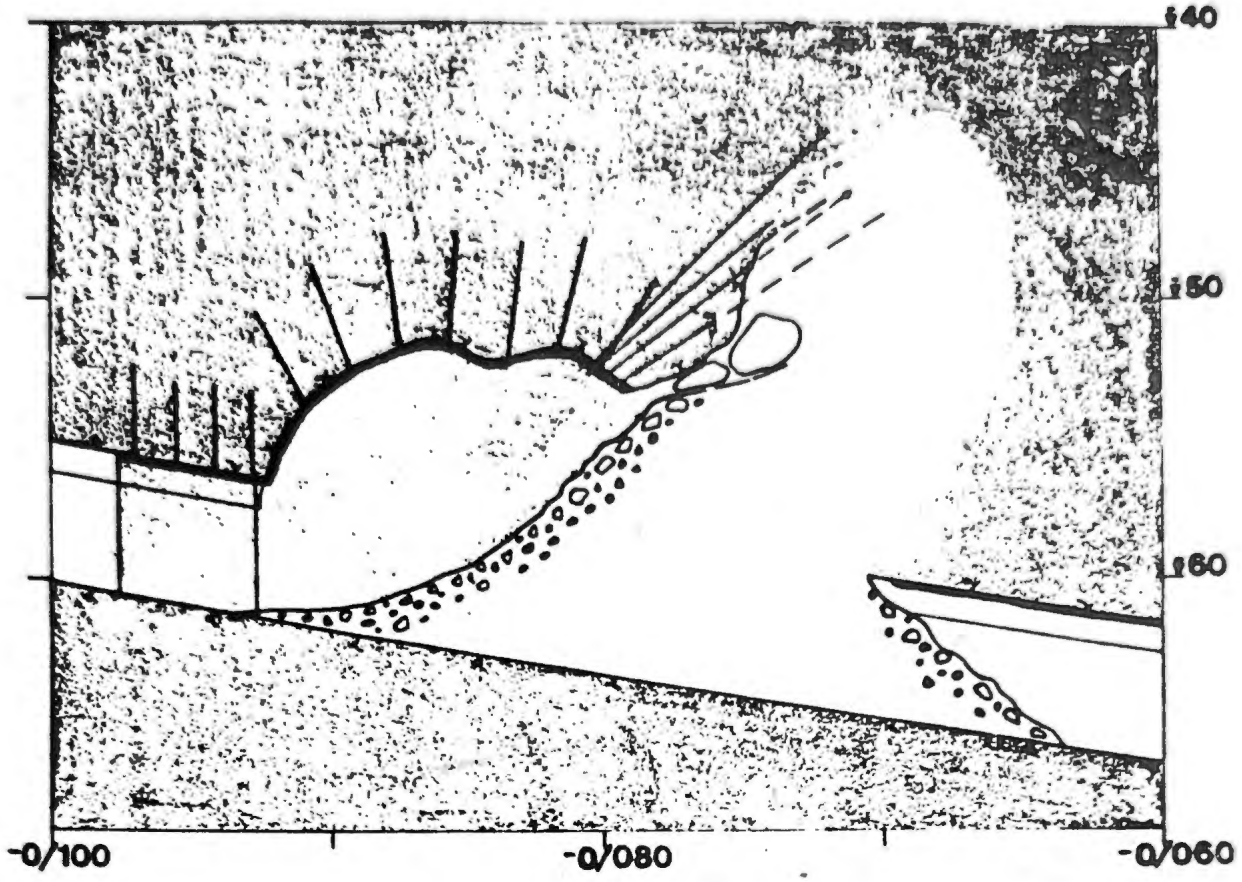

Bild 7.

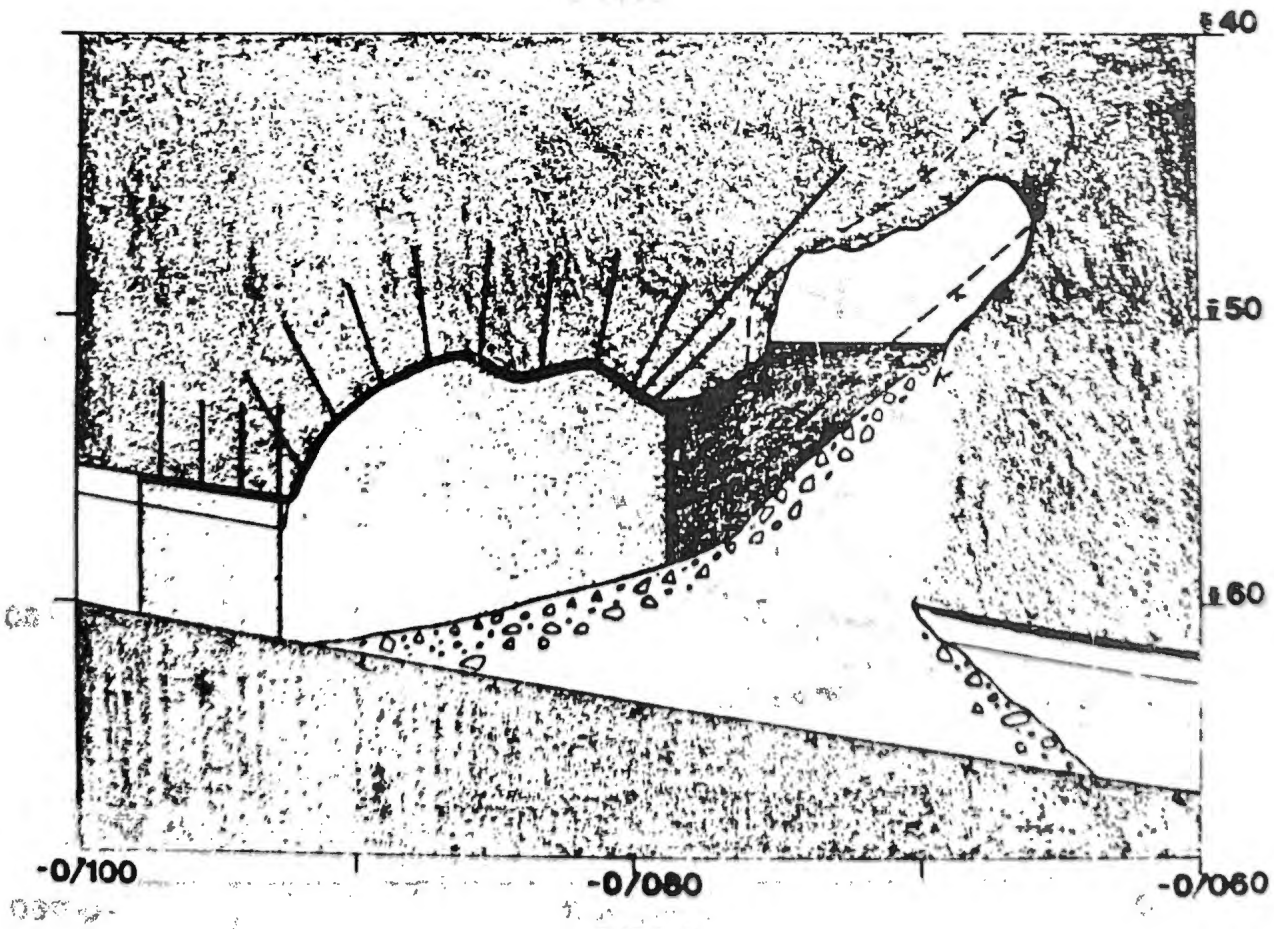

Bild 8.

© 1988 Svenska Bergteknikföreningen och författare

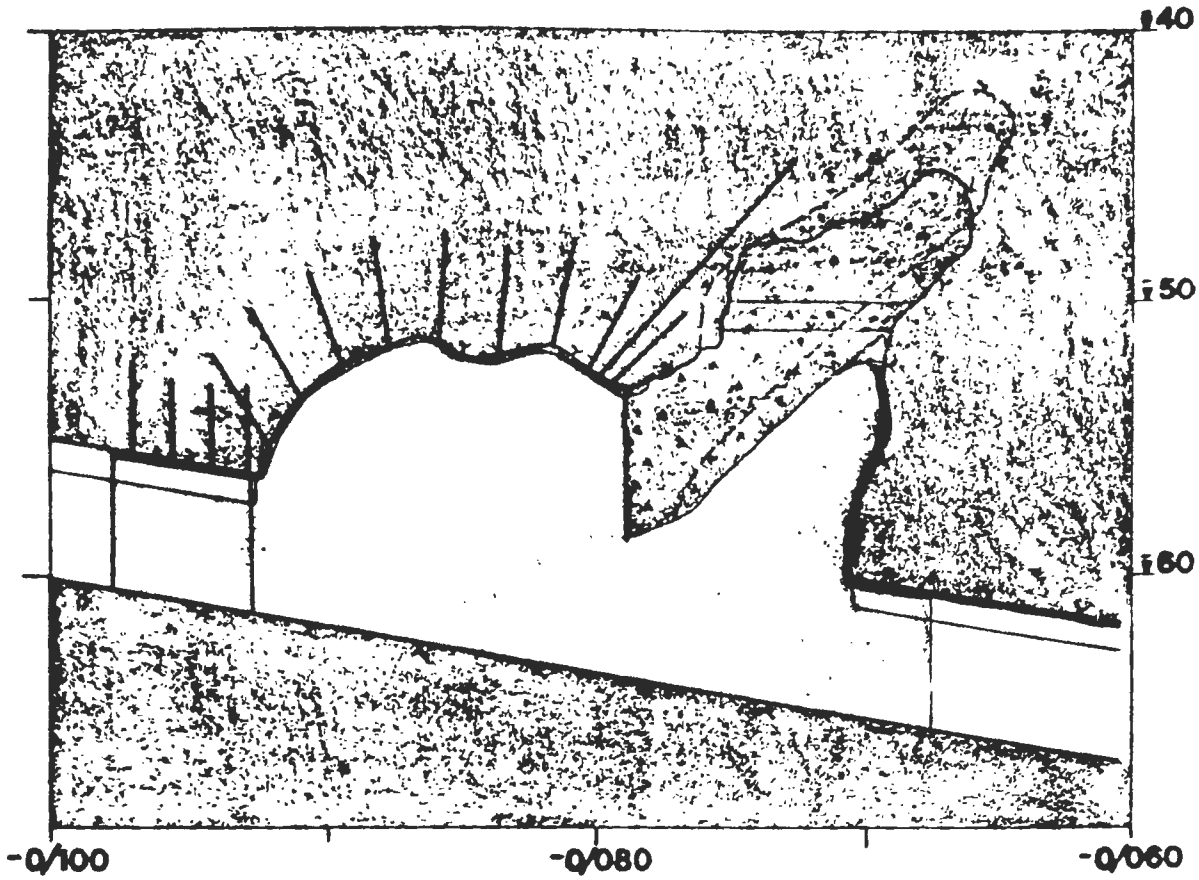

Bild 9.