© 1995 Svenska Bergteknikföreningen och författare

GENOMSLAGSSPRÄNGNING VID TROLLFELTET – 170 meter under Nordsjön

Axel B. Olsen, A/S Norske Shell
Ragnar Carlson, Nitro Consult AB

SAMMANDRAG

Trollfältet utanför Norges kust i Nordsjön är Europas största gasfält till havs. Härifrån läggs gasledningar på havsbotten in till Kollnes-Terminalen utanför Bergen. De sista ca 3,5 km går ledningarna ner i tunnlar. Tunnlarna ligger som djupast 240 m under havsbotten. Tre sprängda schakt förbinder tunnelsystemet med havsbotten på 170 m djup.

Detta föredrag handlar om genomslagssprängningarna från tunnlar/stigorter ut till havsbotten. Förutom en kort beskrivning av hela Trollprojektet redogörs för de övergripande krav som byggherren och entreprenören ställde på genomförandet av sprängningen samt angränsande byggnads- och installationsarbeten.

Tyngdpunkten i föredraget ligger på den sprängtekniska planeringen med den mängd av detaljfrågor och metodval som alla måste lösas för att uppnå ett bra resultat.

I förberedelserna ingick också fullskaliga testsprängningar med uppföljningar och analyser.

Som slutresultat erhölls mycket lyckade sprängningar av världens tre djupaste genomslag utan skador på kvarstående berg och närliggande inbyggnads-konstruktioner.

De lyckade genomslagssprängningarna innebar att nersänkningen och placeringen av de 480 ton tunga stigrörspluggarna kunde utföras på 170 meters djup helt enligt planerna

PROSJEKTINFORMATION

Troll-feltet befinner seg i den nordlige delen av Nordsjöen ca. 80 km nordvest for Bergen. Den förste gassen ble oppdaget i 1979 av Norske Shell i blokk 31/2. Siden er feltet utvidet til også å omfatte blokkene 31/3, 31/5 og 31/6. Videre boring har fastslått at Troll med sine ca. 1250 milliarder kubikkmeter utvinnbare gassreserver er Europas störste gassfelt til havs.

© 1995 Svenska Bergteknikföreningen och författare

I desember 1986 godkjente Det Norske Storting plan for utbygging og drift av Troll-feltet, og Norske Shell ble tildelt operatöransvaret for utbyggingen av förste fase. I denne fasen skal det utvinnes gass fra den östlige delen av Troll, som inneholder 2/3 av feltets samlede gassreserver. Når produksjonen starter vil Statoil overta som driftsoperatör. De syv partnerne for Troll er som följer:

Den norske stats oljeselskap a.s. - Statoil	(74,576 %)
A/S Norske Shell	(8,288 %)
Norsk Hydro Produksjon a.s.	(7,688 %)
Norsk Conoco A/S	(2,015 %)
Elf Aquitaine Norge A/S	(2,353 %)
Saga Petroleum a.s.	(4,080 %)
Total Norge a.s.	(1,000 %)

En feltutbygging i Nordsjöen er en utfordring av naturkreftene. Feltets beliggenhet og störrelse stiller store krav til Norske Shell som utbyggingsoperatör. De tekniske lösningene som er valgt må möte fremtidens krav til sikkerhet og miljö. Troll-feltet ligger på over 300 meters dyp, bölgehöyden kan komme opp mot 30 meter, og sterke havströmmer dominerer i området. For de fleste feltene i Nordsjöen produseres og behandles gassen på plattformer på feltet. Derfra eksporteres gassen i rörledninger til England eller kontinentet.

Plattformen ute på Troll-feltet har som oppgave å produsere gassen fra reservoaret. Fra plattformen transporteres ubehandlet gass gjennom rörledninger til et gassbehandlingsanlegg på land. Her blir gassen behandlet för den transporteres i rör til forbrukerne.

Bakgrunnen for valget av en landbasert utbyggingslösning er ökt sikkerhet og fleksibilitet for å möte ökende etterspörsel etter Troll-gass, samt mulighetene for en bedre lönnsomhet. Landanlegget vil ligge på Kollsnes i Öygarden kommune utenfor Bergen, og vil ha en kapasitet på 89 millioner kubikkmeter gass daglig, samt ca. 2000 tonn/dag kondensat.

TUNNELSYSTEM

Etter at beslutningen var tatt om å behandle Troll-gassen på land, ble det raskt bestemt å legge inngående og utgående gassrörledninger i tunnel gjennom den kuperte og vanskelige strandsonen og opp til behandlingsanlegget.

Arbeidet med byggingen av ilandföringstunnelene startet i oktober 1991 og ble utfört av arbeidsfellesskapet AF Spesialprosjekt A.S og Mika A.S. som hovedentreprenör. Tunnelsystemet består av en hovedtunnel, en sekundärtunnel, forgreninger i utslagsområdet, tre vertikale sjakter med tekniske installationer, samt tre betongplugger med påföIgende tre utslagssalver. Tilsammen er det skutt ut i alt 550.000 faste kubikkmeter med fjell for det 7,5 km lange tunnelsystemet.

Hovedtunnelen går först på synk med helning 1:7 i 1800 meter ned til kt. -240 m og videre på svak stigning i ca. 2 kilometer ut til sjaktområdet hvor hovedtunnelen forgrener seg tre ganger. I hver gren er det et kammer hvorfra det går en sjakt. Sjaktene er 30-35 m lange og 32 kvadratmeter i tversnitt.

© 1995 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Fra sjaktene skulle det utföres utslag til Nordsjöen på 160-170 m dyp. Det er ikke kjent at det tidligere er utfört utslag på så store dyp.

BYGGHERRENS KRAV

Utslagssalvene hadde et minimums tverrsnitt på 34 m^2 og en sirkulär og kon form på konturen. Helningen på veggene var 3,6^o i forhold til vertikalen. Sjöbunnen var forutsatt tilnärmet horisontal, med et lite unntak for den ene sjakten, og med en overdekking av bunnmorene. Utslagssalvene skulle danne eksakte byggeliner.

Som etterfölgende aktivitet skulle de prefabrikerte stigerörspakkene senkes ned i utslaget og stöpes inn.
Stigerörspakkenen skulle opplagres på stålkonuser som på forhånd var innstöpt i sjaktene. Det var et krav at hele systemet skulle väre vanntett etter installasjonen av stigerörspakkene.

KRAVENE til utslagssalvene var derfor som fölger:

* Arbeidene skulle utföres uten skade på personer, materiell og ytre miljö.

* Utslagene måtte utföres i henhold til byggelinjene. Dette fordi det skulle monteres definerte konstruksjoner i utslagene.

* Salvene skulle ikke deformere fjell eller stål og betongkonstruksjoner i sjaktene eller i tunnelen.

* Fjellet omkring utslagene måtte väre vanntett etter sprengning.

FORBEREDELSER

Prosjekteringen av utslagene startet 2 år för utförelsen. Etter en runde med prosjektering ble det satt ned en ekspertgruppe av personer fra konsulenten og entreprenören som skulle lage et forslag til grunnlag for detaljprosjekteringen. Hensikten med dette var å kunne utnytte den erfaring som var i bedriftene fra tidligere utförte utslagssalver samt skape et mest mulig kreativt organ for å lage et forslag til arbeidsgrunnlag. En samlet gruppe kom til slutt frem med klare prinsipper for prosjekteringen. Ekspertgruppen ble deretter opplöst og prosjektering og verifikasjon fortsatte etter den formaliserte modellen. Konsulent för prosjekteringsgruppen var Reinertsen Engineering. AF Spesialprosjekt og Mika med Nitro Consult AB tilknyttet som sprengteknisk konsulent, hadde ansvaret for verifikasjon av prosjekteringen og utförelsen av arbeidene. Norske Shell hadde selv all styring av prosjektet.

I tillegg til funksjonskravene kom det krav til utförelsen. En del av utslagssalvene måtte bores för konusene ble montert. Etter at lading var utfört, måtte stillas demonteres. Det vil si at det ble utfört arbeid i sjaktene etter at lading var utfört.

© 1995 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Sjaktene og sjaktkammeret skulle forkomprimeres för detonasjon og följende målesystem ble prosjektert for kontroll av salvene og omgivelsene:

* Rystelsesmåling på forskjellige nivåer i sjaktene.
* Måling av trykk i det forkomprimerte volum.
* Måling av deformasjon i betong og stålkonstruksjoner.

KONTROLL

Prosjekteringen inneholdt en del elementer i form av tennertype, forsinkertid, hullavstander, låsning av sprengstoff i hullene og selve ladeprosessen som det ikke forelå tilgjengelig erfaring med. Det ble derfor utfört testsalver i full skala som viste seg nyttige både som bekreftelse og korrektiv samt oppläring av mannskaper.

Kontrakten mellom Norske Shell og Leverandör forutsatte at det skulle benyttes risikoanalyser i forkant av arbeidsutförelse. Det ble bl.a. benyttet separate analysemetoder som:

* "Hazard Operation Analyses"
* Sikker Jobb Analyse

Ekstern kontroll av alle aktiviteter ble planlagt og gjennomfört. Det vil si at det var en eller flere kontrollörer på hvert skift som registrerte og dokumenterte all utförelse samt målte avvik.

UTFÖRELSE-RESULTAT

Fjellet var injisert på forhånd og var helt tett slik at arbeidsforholdene under utförelsen var meget gode. Boring ble utfört med en spesialprodusert hydraulisk borerigg. Ladningene for de enkelte hull ble prefabrikkert i en selvkonstruert "fabrikk" på et plan i sjaktene under ladeplan. Boringen ble utfört med maksimalt avvik på 1^{o} og ladingene hadde ingen observerte avvik.

Presis kl. 15.00 22.02.94 ble den förste gjennomslagssalven skutt. Salvene ble umiddelbart inspisert med ROV fra sjösiden. Bortsett fra at den förste salven hadde et mindre "stövelskaft" med tykkelse/tverrsnitt 20 x 20 cm og horisontal lengde 2 meter, var konturen som prosjektert uten större utfall.

Måling av rystelser og trykkforlöp i de forkomprimerte rommene var som prosjektert. Deformasjonsmålingene viste ubetydelige utslag. Det var ingen overflateskader på konus og stålforinger for styring av stigerörspakkene.

De to påfölgende salvene ble endret når det gjaldt borhullslengde slik at avstanden til sjöbunnen ble redusert fra 60 cm til 40 cm. Sprengningen av disse to utslagene forlöp også perfekt.

© 1995 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Etter at stigerör-pakkene var satt på plass, omstöpt og vannet i kamrene var tappet ut, viste det seg at sjaktene var helt tette.

SIKKER GJENNOMFÖRING

Ved angjeldende tunnelprosjekt har det värt langt mer vekt på både sikkerhet og gjennomförbarthet enn hva som er vanlig for norske fjellanlegg. Detta bl.a. som följe av de enorme konsekvensene det ville ha dersom det skulle oppstå svikt ved vensentlige deler av anlegget.

Den mest kritiske del av fjellarbeidene for Troll-ilandföringstunnelen har naturlig värt utslagssalvene på 160-170 m vanndyp. Dersom sjaktdrivingen eller en av utslagssalvene skulle feile, var det planlagt sprengning av alternativ sjakt på luftsiden av betongbarrierene.

En utslagsalve vil uansett inneholde en del usikkerhet selv med grundige forberedelser. Utslagsalvene på Kollsnes har vist at stram sikkerhetsstyring förer til höy grad av sikkerhet for personell, god presisjon og höy produktivitet.

SPRÄNGTEKNISKA FÖRUTSÄTTNINGAR

Med hänsyn till genomslagssprängningarnas stora betydelse för såväl Säkerhet som Tid och Ekonomi hade Byggherren, A/S Norske Shell, i samband med projekteringen låtit utarbeta ett förslag till arbets- och sprängmetoder för genomförande av de tre genomslagen.

Detta förslag lämnades till entreprenören för granskning och kommentar. Entreprenörkonsortiet anlitade Nitro Consult AB i Göteborg för detta granskningsarbete. Byggherrens sprängningsförslag byggde på den erfarenhet som finns från en stor mängd genomslagssprängningar i Norge i samband med kraftverksutbyggnader.

Trollprojektets genomslagssprängningar skiljer sig avsevärt från de "traditionella" vattenkraftsgenomslagen. Bland annat:

* byggs schakten in före genomslagssprängningarna med betong-, stål- och rörkonstruktioner som inte får skadas av sprängningarna.

* inbyggnadskonerna ("flaskhalsarna"), som skall hålla de nära 500 ton tunga förtillverkade stigrörspluggarna ("korkarna"), har en måttolerans på + – 2 mm mot pluggarna.

* konan genom vilken sprängstenen skall passera stryper den fria arean till c:a 40 % av sprängningens area.

* avståndet mellan genomslagssprängningens underkant och betongkonens överkant var endast 0,8 meter.

© 1995 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Etter at stigerörspakkene var satt på plass, omstöpt og vannet i kamrene var tappet ut, viste det seg at sjaktene var helt tette.

SIKKER GJENNOMFÖRING

Ved angjeldende tunnelprosjekt har det värt langt mer vekt på både sikkerhet og gjennomförbarthet enn hva som er vanlig for norske fjellanlegg. Detta bl.a. som följe av de enorme konsekvensene det ville ha dersom det skulle oppstå svikt ved vensentlige deler av anlegget.

Den mest kritiske del av fjellarbeidene for Troll-ilandföringstunnelen har naturlig värt utslagssalvene på 160-170 m vanndyp. Dersom sjaktdrivingen eller en av utslagssalvene skulle feile, var det planlagt sprengning av alternativ sjakt på luftsiden av betongbarrierene.

En utslagsalve vil uansett inneholde en del usikkerhet selv med grundige forberedelser. Utslagsalvene på Kollsnes har vist at stram sikkerhetsstyring förer til höy grad av sikkerhet for personell, god presisjon og höy produktivitet.

SPRÄNGTEKNISKA FÖRUTSÄTTNINGAR

Med hänsyn till genomslagssprängningarnas stora betydelse för såväl Säkerhet som Tid och Ekonomi hade Byggherren, A/S Norske Shell, i samband med projekteringen låtit utarbeta ett förslag till arbets- och sprängmetoder för genomförande av de tre genomslagen.

Detta förslag lämnades till entreprenören för granskning och kommentar. Entreprenörkonsortiet anlitade Nitro Consult AB i Göteborg för detta granskningsarbete. Byggherrens sprängningsförslag byggde på den erfarenhet som finns från en stor mängd genomslagssprängningar i Norge i samband med kraftverksutbyggnader.

Trollprojektets genomslagssprängningar skiljer sig avsevärt från de "traditionella" vattenkraftsgenomslagen. Bland annat:

* byggs schakten in före genomslagssprängningarna med betong-, stål- och rörkonstruktioner som inte får skadas av sprängningarna.

* inbyggnadskonerna ("flaskhalsarna"), som skall hålla de nära 500 ton tunga förtillverkade stigrörspluggarna ("korkarna"), har en måttolerans på + – 2 mm mot pluggarna.

* konan genom vilken sprängstenen skall passera stryper den fria arean till c:a 40 % av sprängningens area.

* avståndet mellan genomslagssprängningens underkant och betongkonens överkant var endast 0,8 meter.

© 1995 Svenska Bergteknikföreningen och författare

* berg och betong samt övergångarna mellan berg och byggnads-konstruktioner skall hålla tätt för de höga vattentrycksskillnader på c a 17 bar som uppstår när länspumpning sker i schakten.

METODFÖRSLAG FÖR GENOMSLAGSSPRÄNGNINGARNA

Byggherren hade som tidigare nämnts ställt upp vissa övergripande krav för arbetenas genomförande. Bland dessa krav var de sprängtekniskt viktigaste:

* Säkerheten för personal och materiel överordnades alla andra krav. (Bl.a. risken för genombrott före eller i samband med sprängning eller vid länspumpning då stora tryckskillnader uppstår).

* Sprängningarna fick med hänsyn till montering av stigrörspluggarna och tätning mot inläckande vatten inte skada inbyggnadskonstruktioner eller kvarstående berg.

* Sprängningarna skulle genomföras så att bergmassorna inte fastnade i upplagskonerna i schakten, eller så att de tillfälliga betongpluggarna i tunnlarna skadades.

* Tids- och kostnadskrävande undervattensarbeten skulle undvikas.

Som upplysning kan nämnas att utrustningen för att sätta de förtillverkade stigrörspluggarna på plats på 170 meters vattendjup kostade närmare 1,5 million svenska kronor i hyra per dag.

Det förslag till arbets- och sprängmetoder som utarbetats i samband med projekteringsarbetet granskades av Nitro Consult.

Allmänt från granskningsarbetet kan sägas att en så speciell och ovanlig sprängning som dessa utslagssalvor gärna blir förenade med en mängd krav och önskemål som lätt innebär att många moment och arbetsoperationer föreslås utformade på ett mot "normal" sprängning mycket avvikande sätt. En del av dessa avvikelser är kanske både nödvändiga och bra – andra innehåller detaljlösningar som både ur säkerhets-mässiga och sprängtekniska synpunkter fick övervägas noga.

För att få en samlad uppfattning om projekteringsförslaget gjorde Nitro Consult en "worst case"-analys av de olika föreslagna detaljutförandena varvid de sämsta tänkbara konsekvenserna redovisades. Sannolikheten för att alla dessa "sämsta tänkbara" konsekvenser skulle inträffa var helt utesluten. Däremot var risken mycket stor för att några av dessa negativa händelser skulle inträffa. Det fortsatta arbetet koncenterades på att utarbeta ett förslag som så långt som möjligt minimerade riskerna för oönskade resultat. Från analysarbetet lämnas här några exempel på sådana detaljlösningar som diskuterades och förändrades i det slutliga metodförslaget.

© 1995 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Först en kort presentation av det projekteringsförslag för de tre genomslagssalvorna som utgjorde en detaljerad och utmärkt grund för analysarbetet. En **vertikalsektion genom utslagsschakten samt en ladd- och tändplan från projekteringsförslaget** visas på bilagorna efter föredragstexten.

Projekteringsförslagets huvuddata:

Area		34 m^2
Plugghöjd		7 m
Volym		240 m^3
Spränghål	64 mm	150 st
Oladdade grovhål	150 mm	24 st
Total laddning		1370 kg
Specifik laddning		5,7 kg/m^3

Borrning och Laddning:
En **borrplan för testsalvor och utförd sprängning** finns efter föredragstexten.

Projekteringsförslag	Slutlig metod
150 st spränghål 64 mm samtliga laddade med 35 mm:s "Eksta Dynamit" i hellångt PVC-rör låst med träplugg.	213 st spränghål 51 mm. Skonsam kontursprängning med svagare laddningar i konturhål och i vissa innanförliggande strosshål. Svagare laddningar i kil och uppskjut. Laddning med 25, 30 och 35 mm:s "Ekstra Dynamit" i 3 delladdningar per hål låsta med special expanderlås.
En parallellhålskil med 24 st 150 mm:s tomhål.	5 st parallellhålskilar (1 kil med 4 st 150 mm:s tomhål + 4 separata kilar med 1 st 150 mm:s tomhål/kil).
	Långvarig statistisk uppföljning och analys av sprängningsförlopp i kilar bl.a. med hjälp av vibrationsmätning visar att en säkrare kilfunktion erhålles vid sprängning mot 1 st tomhål jämfört med sprängning mot 2 eller flera tomhål.
	Hålen/laddningarna avdränerade.
	Alla spränghål dimensionerades/ laddningsberäknades förutom med hänsyn till undervattenssprängning och höga tryck även så att de kunde göra utslag om föregående hål eller hålrad föll bort p.g.a. t.ex. överständning, utblåsning eller annan orsak.

© 1995 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Projekteringsförslag	Slutlig metod
	Genomborrning av ett stort antal hål för att säkerställa rätt borrdjup av salvans olika hål. *Bergöverytans ojämnhet var 1-2 meter medan salvhålen borrades till mellan 40-60 cm under bergöverytan. Speciella åtgärder/ metoder användes för att klara vatten-inströmning. Pumkapaciteten var 5 000 lit/minut. Ett 51 mm:s hål ger c:a 2 000 l/minut och ett 150 mm:s hål c:a 35 000 lit/min vid detta höga tryck.*

Tändning - Initiering

Projekteringsförslag	Slutlig metod
Salvsprängningstid 500 ms	Salvsprängningstid 2 000 ms för att: * *minska sprängstenens påverkan på inbyggnadskonstuktionerna* * *minska risken för att stenen skulle hänga upp sig vid konens areastrypning till 40 %* * *minska risken för tändarsamverkan och höga markvibrationer samt luft- eller vattenstötvågor m.h.t. såväl inbyggnadskonstruktioner som kvarstående berg.*
Vattenfyllning till 2 meter under utslagssalvan.	Vattenfyllning endast av tunneln för att underlätta stentransporten genom konen. Schaktets friutrymme c:a 20 m fyllt med komprimerad luft.
Elektriska grupp 1-tändare (lägsta säkerhetsklassen av grupperna 1,2 och 3).	Med hänsyn till det övergripande säkerhets-kravet för projektet användes icke-elektriska specialtändare av typ NONEL HD som testades av leverantören Dyno Nobel/Nitro Nobel. Testen utfördes på ett vattendjup av 200 meter efter 14 dagars lagringstid och klarade kraven för detta projektet. *(En påverkande faktor i valet av tändare var att artikelförfattaren RC själv fått en elektrisk grupp 1-salva oavsiktligt initierad under jord).*

© 1995 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Projekteringsförslag	Slutlig metod
En laddning i varje hål Initiering med 2 tändare, en uppe och en nere i varje laddning.	3 separata delladdningar i varje hål. Den mittersta laddningen placerad i den del av hålet som ej påverkas av kraterbrytning uppåt eller neråt från tidigare håls detonation. Samtliga laddningar låsta med ett för projektet specialkonstruerat mycket kraftigt expanderlås. Initiering med 3 tändare/ hål en i varje delladdning samt extrasäkrad upptändning med pentylstubin mellan delladdningarna.
Samverkande laddning beräknad enligt tändplan för 500 ms - salva = c:a 57 kg.	Samverkande laddning beräknad för utförd 2 000 ms - salva med tändarfördelning och laddningar anpassade för skonsam sprängning och för begränsning av miximal samverkande laddning = c:a 18 kg. *Skonsam sprängning och begränsning av max samverkande laddning utförd för att minimera riskerna för bergutfall, lyftning/förskjutning, skador i kvarstående berg eller utförd inbyggnadskonstruktion och uppspräckning i utförd injektering.*

Många sprängtekniska metodval utöver de här redovisade ingick i det kompletta planerings-, test- och analysarbetet.

TESTPROGRAM

Med hänsyn till de mycket allvarliga konsekvenserna för såväl projektets genomförandetid som ekonomi beslutades att genomföra ett omfattande testprogram.

I testprogrammet ingick förutom test av spängämne och tändmedel att prova så många delmetoder som möjligt. Detta utfördes bl.a. i en fullskalig test av en kil och en hel salva, båda c:a 7 m djupa. Dessa testsalvor sprängdes i taket på en utförd tunneldel i projektet. Salvorna sprängdes utan genomslag uppåt.

Testsprängningarna genomfördes och följdes upp mycket detaljerat. Med hjälp av ett omfattande uppföljnings- och analysprogram med bl.a. vibrations- och luftstötvågsmätningar samt höghastighetsfilmning söktes svar på vad som verkligen hände i samband med sprängningarna. De flesta av den mängd olika delmetoder för arbetet med borrning, laddning, tändning och initiering visade sig kunna användas utan förändring.

© 1995 Svenska Bergteknikföreningen och författare

I några delar genomfördes dock förändringar från test till slutlig genomslags-sprängning. Exempelvis laddades samtliga konturhål. Vissa "glasögon" hade uppstått vid testen där hålavståndet mellan laddade hål var c:a 60 cm med ett tomhål mellan varje laddat hål.

Den största sprängtekniska oron inför genomslagssprängningarna var de höga vibrationer som trots en skonsam sprängning skulle uppstå i de närliggande inbyggnadskonstruktionerna. Verkligheten har emellertid utvisat att det utförande och den utformning som konstruktionerna givits klarade de relativt höga vibrationerna.

SLUTSAMMANFATTNING

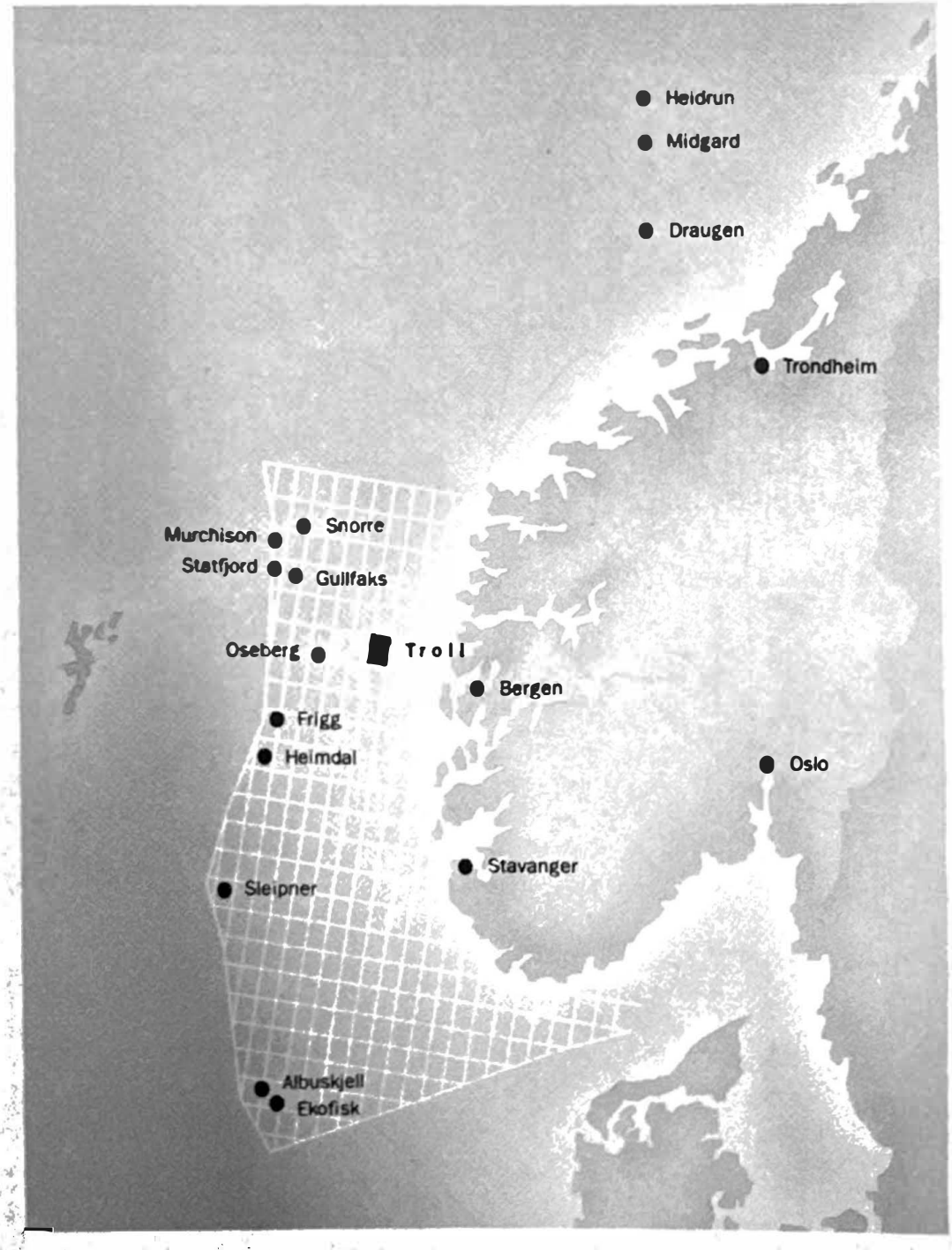
Denna presentation har behandlat några av den stora mängd detaljfrågor som alla måste lösas för att de tre genomslagssprängningarna på 170 meters djup skulle kunna genomföras.

Tack vare ett mycket detaljerat planeringsarbete, fullskaliga testsprängningar och mycket högt ställda säkerhets- och kvalitetskrav hos såväl Byggherre som Entreprenörer kunde världens tre djupaste genomslagssprängningar utföras på ett säkert och vällyckat sätt utan skador på kvarstående berg eller inbyggnadskonstruktioner.

© 1995 Svenska Bergteknikföreningen och författare

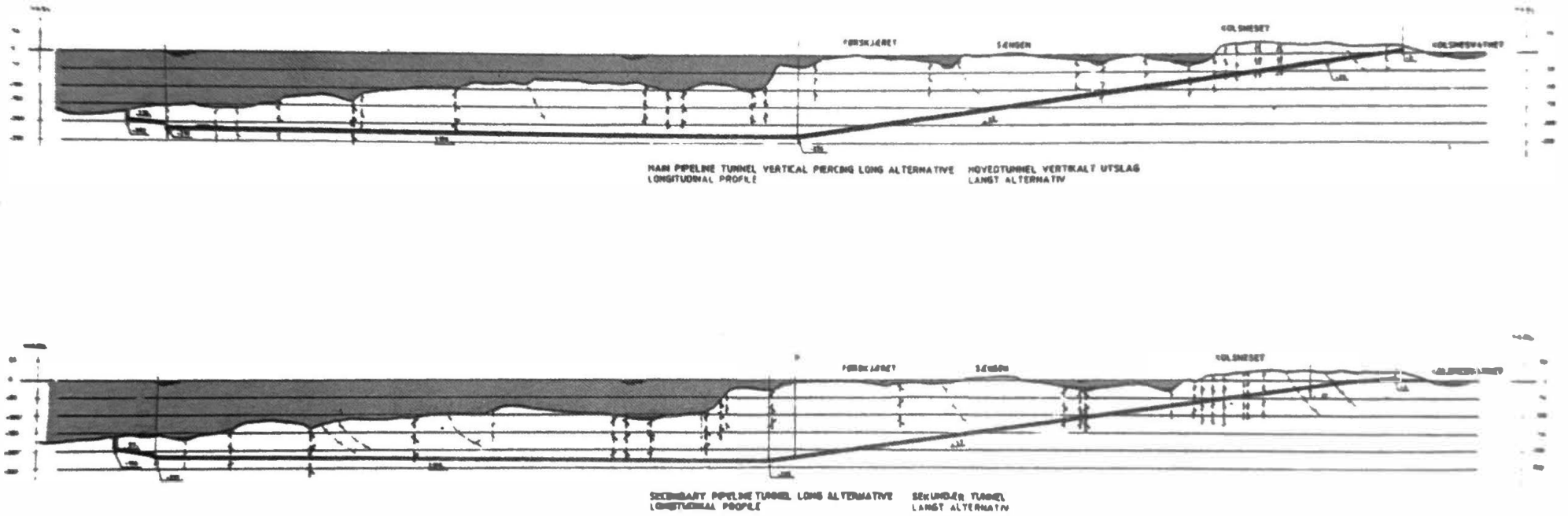
TROLL OPPDAGES

Fig. 1



Troll-feltet befinner seg i den nordlige delen av Nordsjøen ca. 80 km nordvest for **Bergen. Den første gassen ble** oppdaget i 1979 av Norske Shell i blokk 31/2.

TUNNEL LONGITUDINAL PROFILE

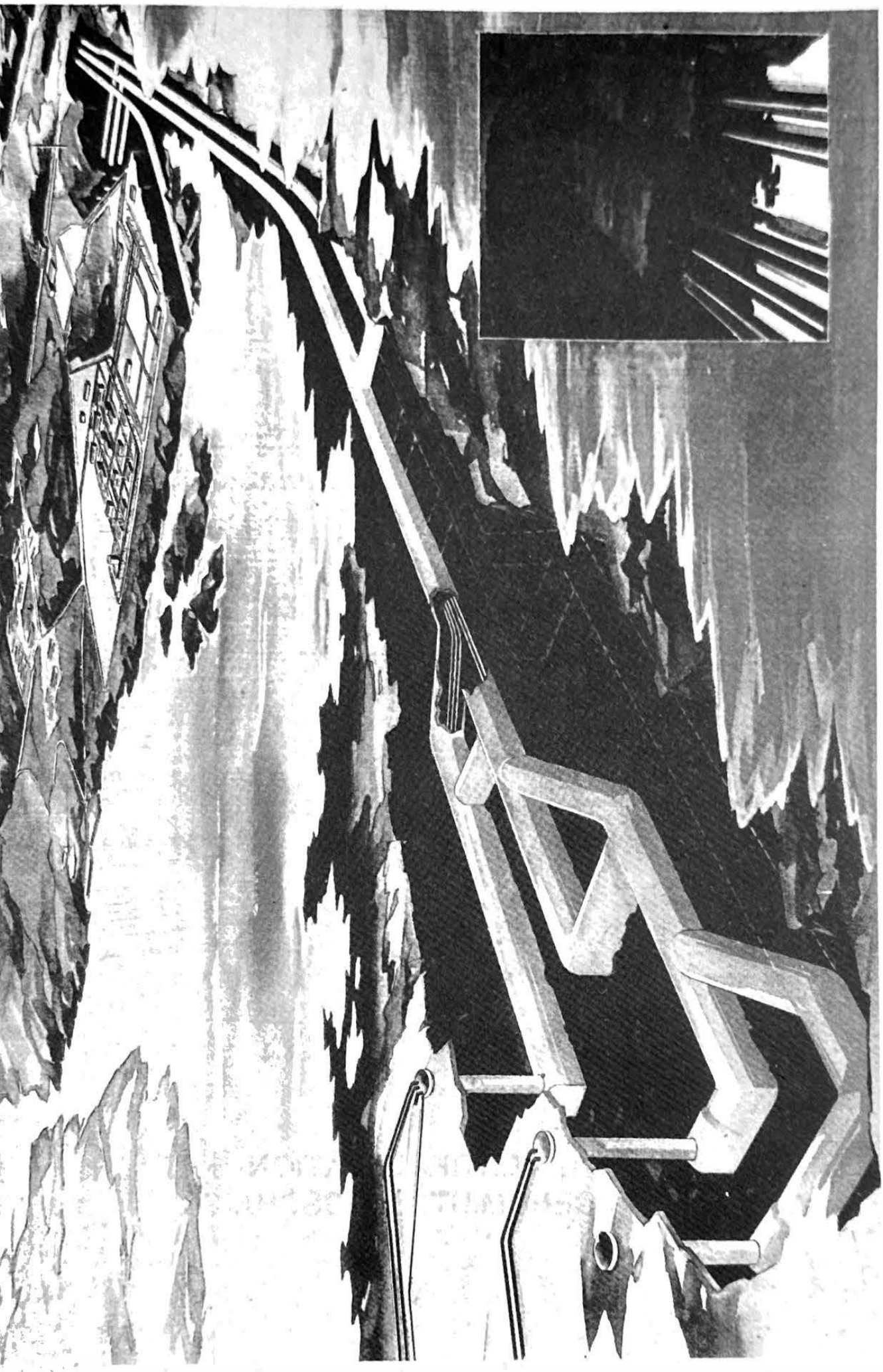


Max. tunnel depth 235 m below sea level.
Length of piercing shafts approx. 30 m.
Tunnel length approx. 3,6 km.

© 1995 Svenska Bergteknikföreningen och författare

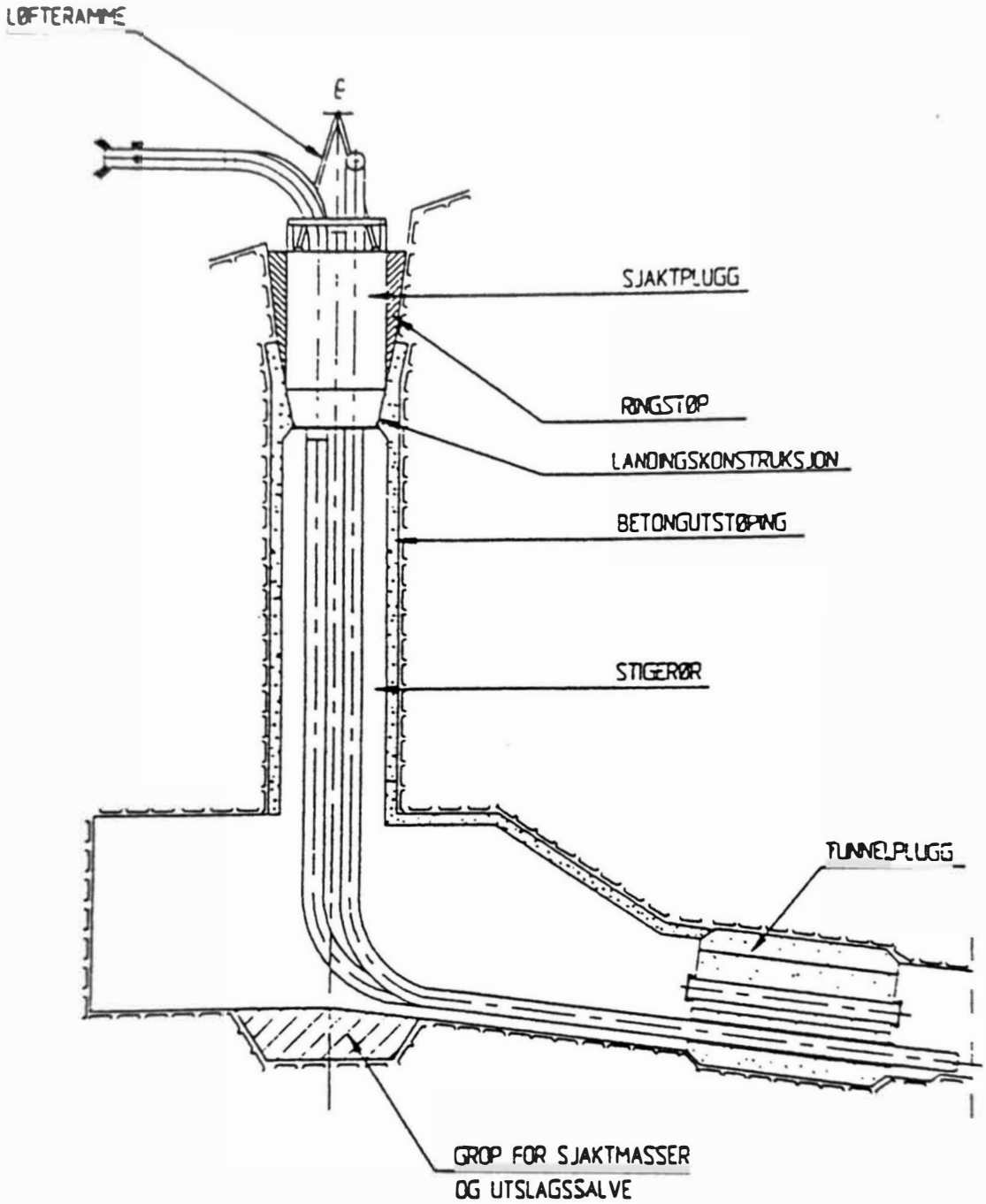
© 1995 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Figure 3

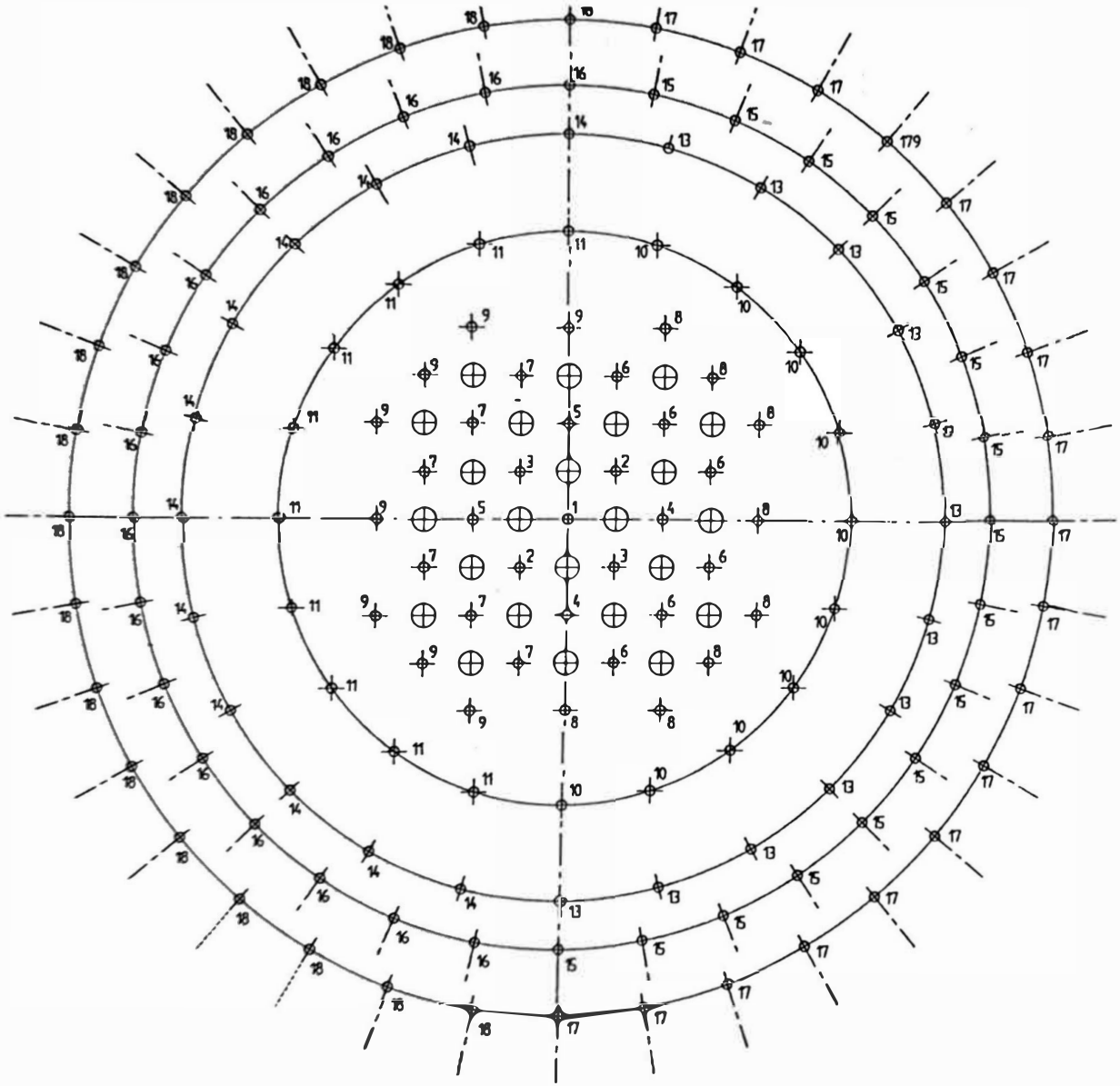


© 1995 Svenska Bergteknikföreningen och författare

SJAKT MED STIGERØRPAKKE



VERTIKALSEKTION GENOM UTSLAGSSCHAKT



LADE- OG TENNINGSPLAN

Ignition and Charging Plan

SPRENGSTOFF OG TENNERE

SPRENGSTOFF : EKSTRA DYNAMIT 35/600

FREMSTILT OG TESTET FOR BRUK SPESIELT FOR UTSLAGENE

SAMLET LADNING FOR UTSLAGSSALVEN : 1295 kg 35/600 EKSTRA DYNAMIT

SPESIFIKK LADNING : 1370 kg : 260 m³ = 5.7 kg/m³

TENNERE : TYSKE GRUPPE 1 MS TENNERE MED ALCATENSTRØMPE

10m LENGDE (MÅ IKKE KAPPES)

Explosives and detonators

Explosives : Extra Dynamite 35/600

Produced and tested for use especially for the final blasts

Total Charge quantity for the breakthrough blast : 1370 kg 35/600 Extra Dynamite

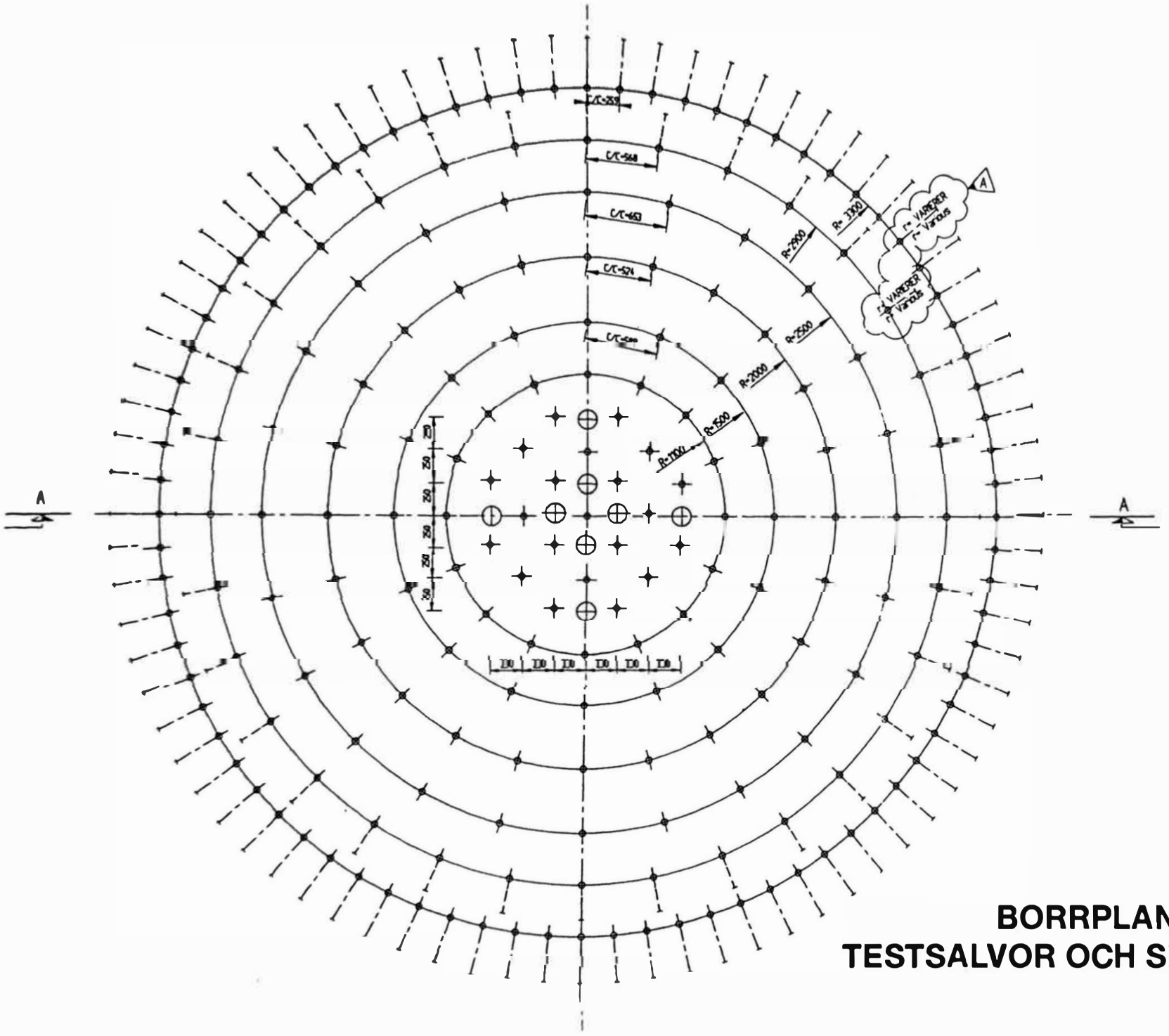
Specific Charge 5.7 kg/m³

Detonators : German group 1, ms detonators with alcatex hoses

10m length (not to be cut off)

PROJEKTERINGSFÖRSLAG

© 1995 Svenska Bergteknikföreningen och författare



BORRPLAN FÖR TESTSALVOR OCH SLUTLIG METOD

© 1995 Svenska Bergteknikföreningen och författare