RAPPORT FRÅN ETT STUDIEBESÖK VID TVÅ NORSKA DAGBROTT

Roger Holmberg och Gunnar Hindrum
(Boliden AB)

DS 1976:7 1.8.1976

STIFTELSEN
SVENSK DETONIKFORSKNING
SWEDISH DETONIC RESEARCH FOUNDATION
BOX 32058 – 12611 STOCKHOLM
SWEDEN

Bl. nr B 408. 2.000. 3. 77. NORA BOKTRYCKERI 71535

RAPPORT FRÅN ETT STUDIEBESÖK VID TVÅ NORSKA DAGBROTT

Roger Holmberg och Gunnar Hindrum
(Boliden AB)

DS 1976:7 1.8.1976

Sammanfattning

Inom projektet "Skonsam sprängning av slänter i dagbrott" gjordes den 31/5-4/6 en resa till Rana Gruber och Titania A/S dagbrott.

Vid dagbrotten har flera försök till kontursprängning av slutlig vägg utförts. Inom de båda gruvorna anser man att slätsprängning är den metod som i framtiden skall användas. Förspräckning ger en jämnare vägg efter skott men rasfrekvensen under en längre tidsrymd är större än vid slätsprängning.

Summary

Within the project "Cautious Blasting of Open Pit Slopes" a study tour was made (31/5 - 4/6) to two Norwegian open pit mines owned by Rana Gruber and Titania A/S. Several efforts to create stable pit slopes have been made by different contour blasting methods. As a result from the blastings both mines intend to use a smooth blasting method in future.

Presplitting gives a smoother slope after the blast but the frequence of falling rock during a longer period is higher then with smooth blasted contours.

Innehållsförteckning Sid.

BESÖK VID RANA GRUBER	1
KONTURSPRÄNGNING OCH STABILITET I RANA GRUBER	3
BESÖK VID TELLNES DAGBROTT	4
KONTURSPRÄNGNING OCH STABILITET I TELLNES DAGBROTT	6
BESÖK VID KONTOR FÖR FJELLSPRENGNINGSTEKNIKK, OSLO	6

BESÖK VID RANA GRUBER

Vid vårt besök i Storforshei träffade vi följande personer:

Emil Fjeld	Överingenjör
Per Havdal	Planeringsingenjör
Russdal	Projektledare för Ørtfjell
John Utsi	Gruvingenjör

Per Havdal och John Utsi visade oss runt i dagbrotten Ørtvann, Vesteråli och Finnkåtaeng. Ett besök gjordes även i det nyöppnade brottet Ørtfjell ca 8 km från Ørtvann. Våra intryck från slät och förspräckningsförsöken samt information från diskussionen efter visningen redovisas nedan under rubriken "KONTURSPRÄNGNING OCH STABILITET I RANA GRUBER". Först ges en kort beskrivning om Rana Gruber.

Ägandeförhållande och läge

Rana Gruber ingår som en avdelning inom A/S Norsk Jernverk ägt av Norska Staten. Gruvans främsta uppgift är att tillgodose malmbehovet för Jernverket i Mo i Rana. De fyra dagbrotten Vesteråli, Finnkåtaeng, Ørtvann och Ørtfjell ligger inom en radie av 8 km runt Storforshei ca 30 km NO om Mo i Rana.

Malmtyp

Den malmtyp som bryts idag består av magnetit och hematit. Malmen uppträder i form av tunna plattor längs bestämda horisonter i kambro - silurisk skiffer.
Figurerna 1 - 4 visar genomskärningar av dagbrotten, malmkropp och sidobergarter. Figur 5 visar de kända malmförekomsterna i jan. 1975.

Produktion

I dagbrotten bryter 300 anställda (inkl. verkstads-, underhålls- och administrativ personal) totalt 10.5 Mton berg varav 2.8 Mton utgörs av malm innehållande ca 35 % järn. Figur 6 visar produktionsutvecklingen fram till år 1973.

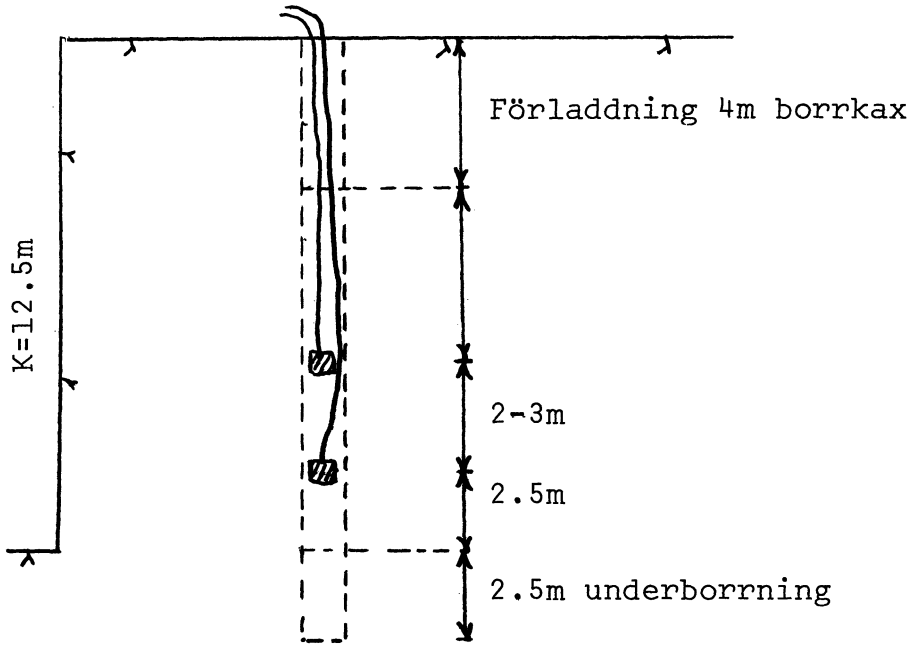
Brytningsmetod

Borrning

Till borrning användes rotationsborrmaskiner, en Bucyrus Erie 40 - R och två BE - 45R för 200 resp. 250 mm borrhål. Medellivslängden är på borrkronorna 1000 - 1500 m för ø=200 mm och 1500 - 3000 m för ø=250 mm. Genomsnittet på borrningseffekterna ligger på 13-15 borrmeter per timme. 40_R maskinen användes huvudsakligen till att terassera den orörda naturen för att öka framkomligheten för 45-R. Borrmönstret som används har en försättning på ca 3.5 m och ett hålavstånd på ca 12 m (40-45 m^2). Vid sprängning i dolomit och kalk ökas emellertid försättningen så att omkr. 55-60 m^2 erhålles per borrhål.

Laddning och sprängning

Sprängämnet som används är en slurry som köpes fritt borrhål från Dyno. Slurryn blandas i och pumpas direkt från fordonet till hålet där den gelar inom några minuter. För initiering användes två pentoliteprimers à 0.35 kg placerade enligt figur nedan.



Man uppgav att den ena primern var placerad 2.5 m över färdig botten p g a att man ville uppnå en maximal detonationshastighet i närheten av botten.
Detonerande stubin användes och raderna var fördröjda 20 ms (≈6 ms/m försättning).

För närvarande användes en pallhöjd av 12.5 m i Ørtvann, Vesteråli och Finnkåtaeng vilket ger ett vertikalt hyllavstånd på 25 m och 10 m breda säkringshyllor vid slutlig vägg. Pallvinkeln lägges på 68° vilket ger en total släntvinkel på 51°.

Lastning och transport

Lastningen utföres med 4 P&H 1400 med 3.4 m^3 -skopa en P&H 2100 BL med 11 m^3 -skopa samt dessutom en hjullastare Dart 600B med 8 m^3 -skopa. Transporterna sker med dieselelektriska truckar av fabrikat Unit Rig (Lectra Haul), tre st. av typ Mark -36 och nio st. typ M-85.

Krossning

Enbart grovkrossning sker i Storforshei. Detta görs med en Allis Chalmer 48" x 72" konkross. Därefter fraktas järnmalmen via järnväg 23 km till anrikningsverket i Gullsmedsvik.

KONTURSPRÄNGNING OCH STABILITET I RANA GRUBER

Försök med att skapa stabila slänter har utförts i stor utsträckning med håldiametrar från 64 till 250 mm. Både förspräckning och slätsprängning har prövats.

Vid diskussionen framkom att den totalvinkel på 51° som nu används har fastställts på basis av egna erfarenheter. Vid tidigare brytning användes 57° men då lokala ras inträffade (Ørtvann) reducerades vinkeln till 51°. Efter detta har inga större ras inträffat varför man även kommer att använda sig av samma vinkel vid brytningen i Ørtfjell. Den slutliga väggen har säkringshyllor på 10 m, höjd mellan hyllorna är 25 m och hållutningen är ca 70°. (Vid Ørtfjell planeras 13 m säkringshylla och 30 m pallhöjd). Vinkeln på 70° har valts p g a att man vill försöka följa bergväxten så mycket som möjligt och härigenom undvika lokala ras i väggen.
Man anser att resultaten från provsprängningarna har varit relativt tillfredsställande, dock vill och tror man att det skall vara möjligt att erhålla ännu bättre resultat. Förspräckningsförsöken visar att metoden visserligen gav ett sprängningsresultat som vid okulär besiktning såg ut att vara bra, men efterhand inträffade ras i större utsträckning än vid de slänter där slätsprängning använts. Sämsta resultatet vid förspräckning erhölls med rotationsborrade 200 mm hål, vilka laddades med slurrit 10 (45 kg/m). Här var hålavståndet 7.5 m.

Betydligt bättre resultat erhölls då hålavstånd och laddning reducerades. Buffer blasting som nyligen prövats (2oo mm hål laddade med 110 mm plaströr innehållande glynit , E=3÷6m, V=3÷5m) visade sig varken bättre eller sämre än övriga metoder men p g a den tidsödande laddningen skall man frångå detta

Ur försöken har det i alla fall utkristalliserats att slätsprängning är den metod man i framtiden kommer att satsa på. För borrning av slätsprängningsraderna har ett borraggregat typ Hauser avsett för rotationsborrning eller alternativt sänkborrning inköpts. Aggregatet är larvgående och har svängbar rigg. Under hösten 1976 beräknar man att det skall kunna sättas in i produktionen. Håldiametern ø = 171 mm (6 3/4") skall till en början provas och hålavstånden kommer att ligga inom intervallet [3.5, 4.5 m]. Vilket sprängämne som kommer att användas är ännu ej helt klart men man har stora förhoppningar på att Dyno skall utveckla ett pumpbart sprängämne där möjligheten finns att på ett enkelt sätt reducera sprängstyrkan.

Ingen övervakning av släntrörelser förekommer i någon form.

Grundvattentryck och frostsprängningar

Då dagbrotten ligger på fjällsidor är det naturligt med ett stort vattenflöde speciellt vid snösmältningar. Ur slag och sprickor i dagbrotten kommer det på flera ställen fram större vattenmängder men man kan ej direkt fastslå att vattnet inverkat menligt på släntstabiliteten. De ras

som har inträffat kan ej direkt sägas ha skett p g a temperaturskiftningar eller rika vattengenomsläpp men vid långvarig kyla ansåg man dock att en nedgång i rasfrekvensen var märkbar.

Ingen mätning av grundvattenytans läge eller pumpad vattenmängd var utförd men man skulle beakta dessa saker i större utsträckning när produktionen i Ørtfjell kom i gång på allvar.

Ørtfjell

Det interna projekt som pågått i två år om släntstabiliteten i Ørtfjell med bidrag från NTNF och Staten beräknas vara slutfört årskiftet 1976-77. Förberedande sprängningar har dock redan påbörjats i fjällsluttningen intill liggväggen. Dagbrottet är planerat att få ett djup av ca 500 m och ovanför brottet sträcker sig en fjällsida på ca 400 m varför höga bergtryck kommer att erhållas, svåra vattenproblem vid nederbörd och snösmältning, risk för laviner etc.
Inom släntstabilitetsprojekts ram skall en stoll drivas in i malmen för att bergtrycksmätningar och ytterligare undersökningar om förkastningar skall kunna utföras. Doktorand Björn Nielsen, NTH, har utfört en kartläggning av svaghetszoner och karstfenomen. FEM-beräkningar har även utförts inom projektets ram.

BESÖK VID TELLNES DAGBROTT

Titania A/S dagbrott Tellnes ligger strax utanför Hauge, 12 mil SO om Stavanger.

Vid besöket togs vi emot av

Tryggve Bredeli	Gruvchef
T. Høie	Gruvingenjör

Malmtyp

Den genomsnittliga mineralsammansättningen är:

Plagioklas	36.0 %
Hypersthen	15.0 %
Ilmenitt	39.0 %
Magnetitt	2.0 %
Glimmer	3.5 %
Diverse	4.5 %

Sidoberget utgörs till 90% av Plagioklasfältspat.

Hela dagbrottet låg före exploateringens början under vatten men det färdigställdes en damm så att en torrläggning kunde ske. Årsnederbörden ligger på omkring 2000 mm vilket har medfört att man blev tvungen till att driva en stoll med stigschakt till de angränsande dalsänkorna för att avleda allt regnvatten.

Produktion

52 st anställda i själva gruvan bryter (vid 15 skift/vecka) ca 3.3 Mton ilmenittmalm årligen.

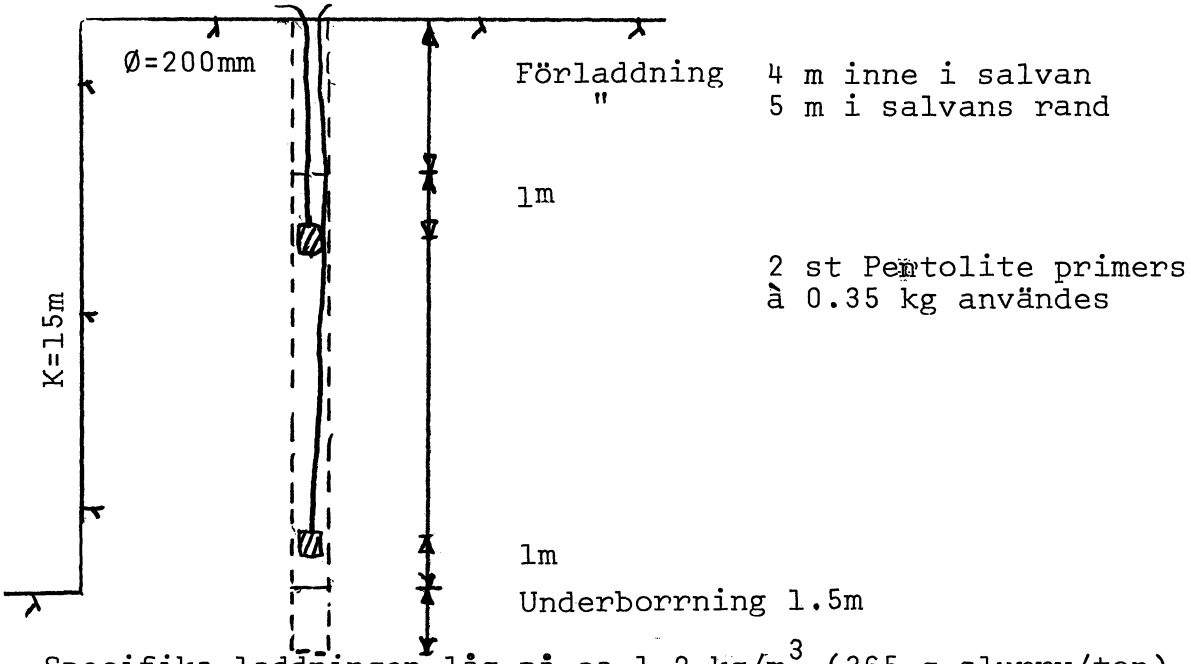
Brytningsmetod

Borrning

Borrutrustningen utgöres av två Bucyrus Erie 40-R, en Roc 601 med COP 6 (6") samt 3 st Ingersoll Rand CM 150 (3") (huvudsakligen för justering i orörd terräng där man p g a lutningen ej kan komma fram med BE 40-R aggregaten). Dessutom har COP 6 sänkborrmaskin använts för provsprängning av färdig kontur. Borrmönstret har en försättning och ett hålavstånd på vardera 5 meter.

Laddning och sprängämne

Samma sprängämne som vid Rana Gruvor används och även här används pentylstubin och Pentolite. Elektrisk tändning var förbjuden i gruvan p g a hög åskfrekvens.



Specifika laddningen låg på ca 1.2 kg/m^3 (365 g slurry/ton)
Raderna var fördröjda 20 ms.

Trots den höga specifika laddningen var skutfrekvensen hög. Flertalet skut verkade dock ha kommit från salvans ytdel.

Lastning och transport

För lastning användes en 110 RB, en 150 RB, en CAT 992 och en CAT 988 (skall bytas).

För transport nyttjade man fyra 50-ton WABCO (HAUL-PAC) två Lectra Haul M-85 (Unit Rig) och två 35-tons WABCO.

Övriga hjälpmaskiner var CAT D7 (Bulldozer), CAT 824 (hjuldozer)och en väghyvel CAT 140-G.

KONTURSPRÄNGNING OCH STABILITET I TELLNES DAGBROTT

För närvarande har man en totalvinkel på 50° men man vill bryta till en längre nivå (f.n. 80 m) innan man bestämmer sig för slutlig vinkel. Ur brytningssynpunkt är malmkroppen ideal då den i ena änden är skålformad och inget gråberg har brutits före 1975.
Ingen vägg är ännu slutlig utan enbart inledande försök har utförts.
Förspräckning har utförts med 3" hål, hålavstånd 1.2 m och laddade med Glynit rörladdning. Efter sprängning såg försöket lyckat ut men efterhand fick man lokala ras.

Slätsprängningsförsöken har utförts med 6" hål vinklade 55° (E=5 m, V=2.5 m). Två till fyra rader sköts i samma salva. Sprängämnet utgjordes av ANFO,slurry och stickladdad vattengelsprängämne. Inte någon som helst skillnad mellan de olika försöken uppgav man sig kunna se.

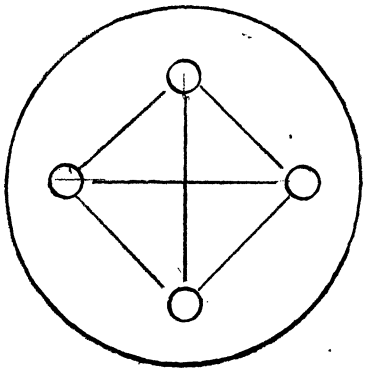
Ur de inledande försöken har man dragit slutsatsen att förspräckning ger ett "bra resultat"men här har även ras inträffat ibland varför man anser att slätsprängning är den metod man kommer att använda sig av då den slutliga konturen skall sprängas.
Den vanliga slurryn som används i produktionen kommer att användas då ingen märkbar skillnad förelåg mellan starkare och svagare sprängämnen vid försöken. Konturhålen och de sista hålen i salvan mot slutlig vägg kommer troligen att borras utan underborrning och konturhålen kommer att avslutas något över den färdiga säkringshyllan för att undvika skador i hyllan. Konturhålen kommer att skjutas samtidigt som salvan.

BESÖK VID KONTOR FOR FJELLSPRENGNINGSTEKNIKK, OSLO

Vid besöket fick vi tillfälle att träffa Anders Heltzen(chef) Karl Kure (siv.ing), S Lunestad (ing) och Georg Lambach (siv.ing). Vi berättade om de försök som skulle utföras med diamantborrning och med accelerometrar i Aitikgruvan. På "kontoret" ansåg man att ett bra sätt att fastställa om berget har blivit skadat vid sprängning var att utföra ljudhastighetsmätningar. Lambach berättade om positiva experiment där man försökt att finna ett samband mellan kärnbitsfaktor RQD (enl. Don Deere) och mellan kvoten V_1^2/V_2^2. V_1 betecknar kompressionsvågens hastighet in situ och V_2 betecknar hastigheten i den urborrade kärnan. Vid hastighetsmätning in situ gjordes bestämningen var 10e meter. En laddning avfyrades var 10e meter i ett vertikalt borrhål och en accelerometer vid hålmynningen registrerade kompressionvågens ankomsttid.
Om ett antal vertikala hål borrades i den slutgiltiga slänten och ljudhastigheten uppmättes före och efter skott så så ansåg man att detta skulle kunna användas för att utröna om berget skadats eller ej.

Man berättade även att Björn Hope tagit fram en mätmetod som Noteby (Norsk teknisk byggekontroll) använder sig av för att upptäcka inhomogeniteter vid gjutning av ex betongpelare eller skador som uppkommer efter en viss

tidsperiod. Fyra st rör gjuts in i pelaren och vid kontroll så användes en ultraljudssond som föres ner i ett av hålen parallellt med en mottagare i ett annat hål. En fyrkantspuls utsändes och genom att mäta ljudhastighet (mellan de fyra hålen) samt genom att jämföra den utsända pulsen med den mottagna, titta på ev fasförskjutning och pulsdeformation så är det möjligt att exakt säga var sprickan har uppstått. Detta förfarande skulle även kunna användas för att mäta ljudhastigheter och sprickbildning mellan två stycken parallella borrhål.



Karl Kure visade oss också Franzefoss Bruk A/S Kalkstensbrott. Intressant att notera var att i underjordsgruvan så användes slätsprängning med Isanol. Förspräckning hade prövats tidigare och ansågs ge jämnare väggar efter skott men stabilitetsmässigt så ansågs slätsprängningen vara gynnsammare.

Örtvann dagbrudd

PROFIL 59170

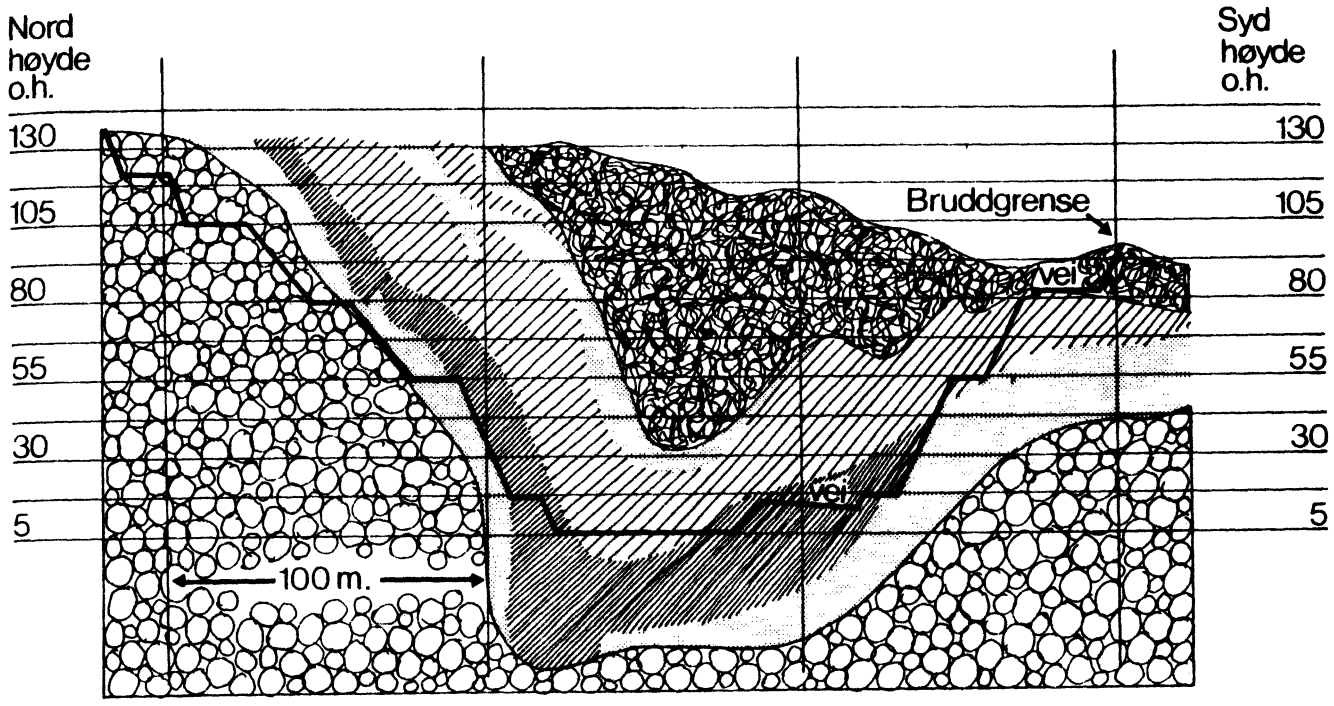


Fig 1

KALKSPATMARMOR
DOLOMITTMARMOR
GLIMMERSKIFER
MAGNETITTMALM
HEMATITTMALM

Vesteråli dagbrudd

PROFIL 55000

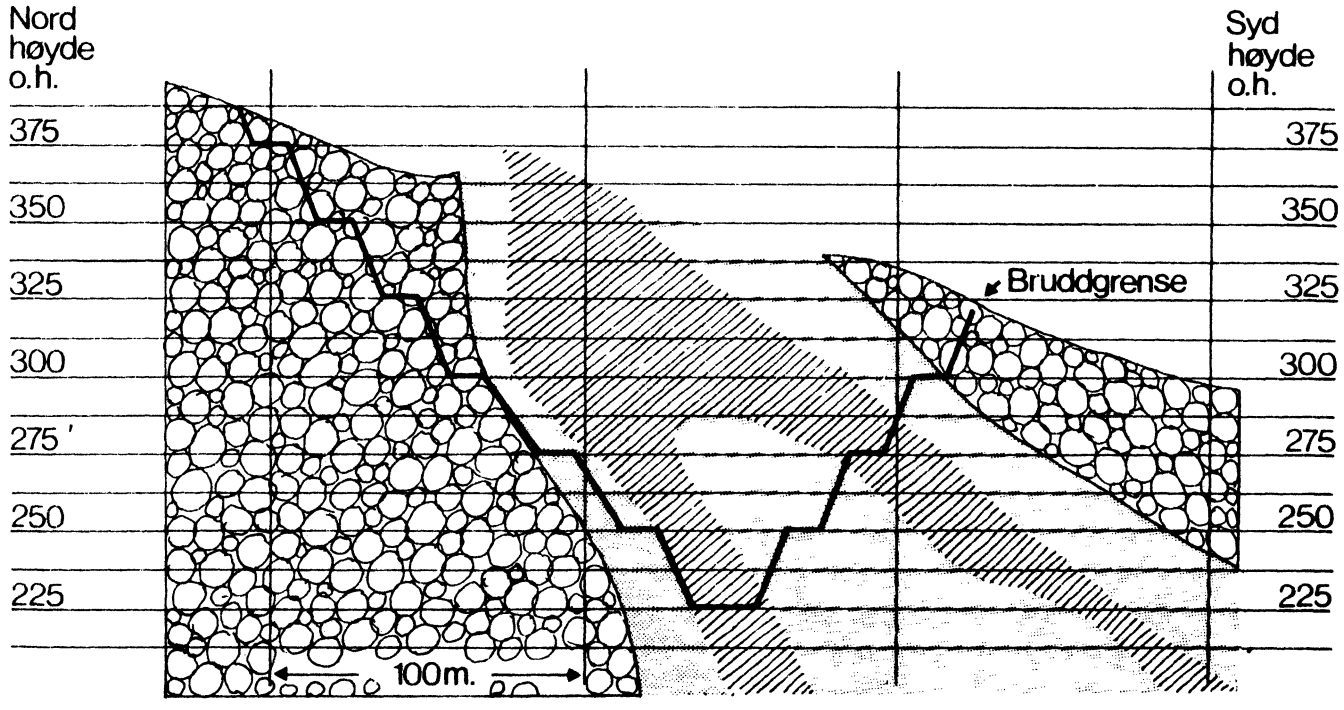


Fig 2

KALKSPATMARMOR
GLIMMERSKIFER

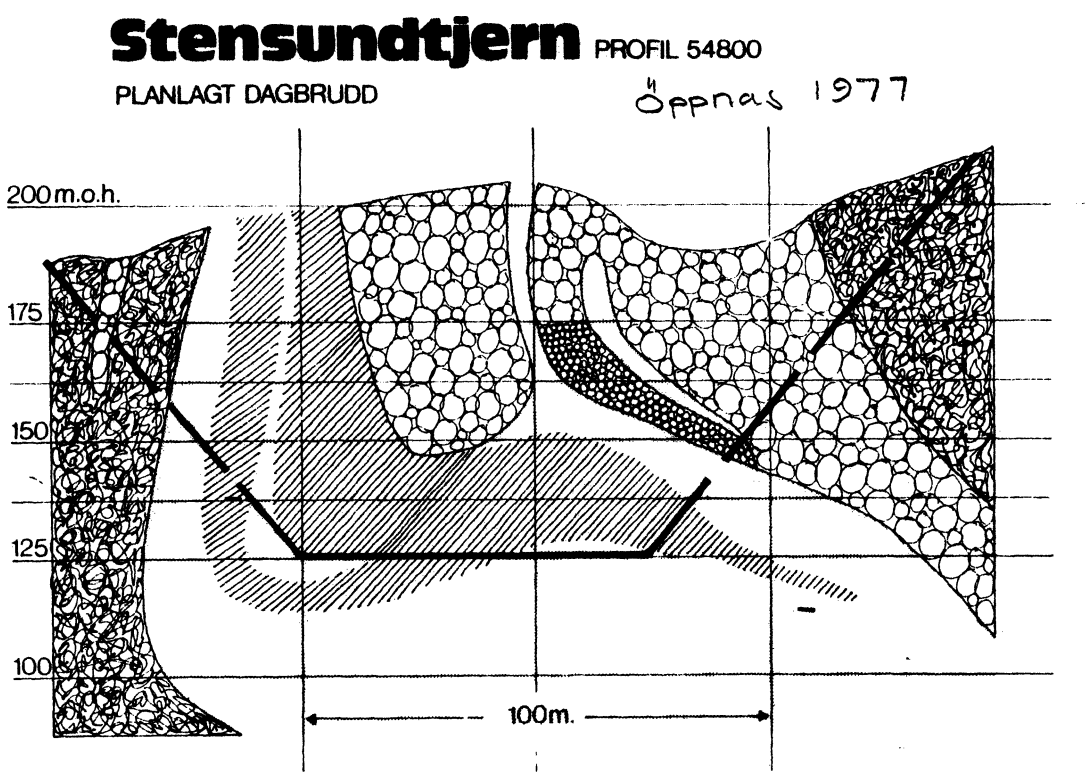


Fig 3

- BRUKBAR KALK
- IKKE BRUKBAR KALK
- DOLOMITT
- GLIMMERSKIFER
- MALM

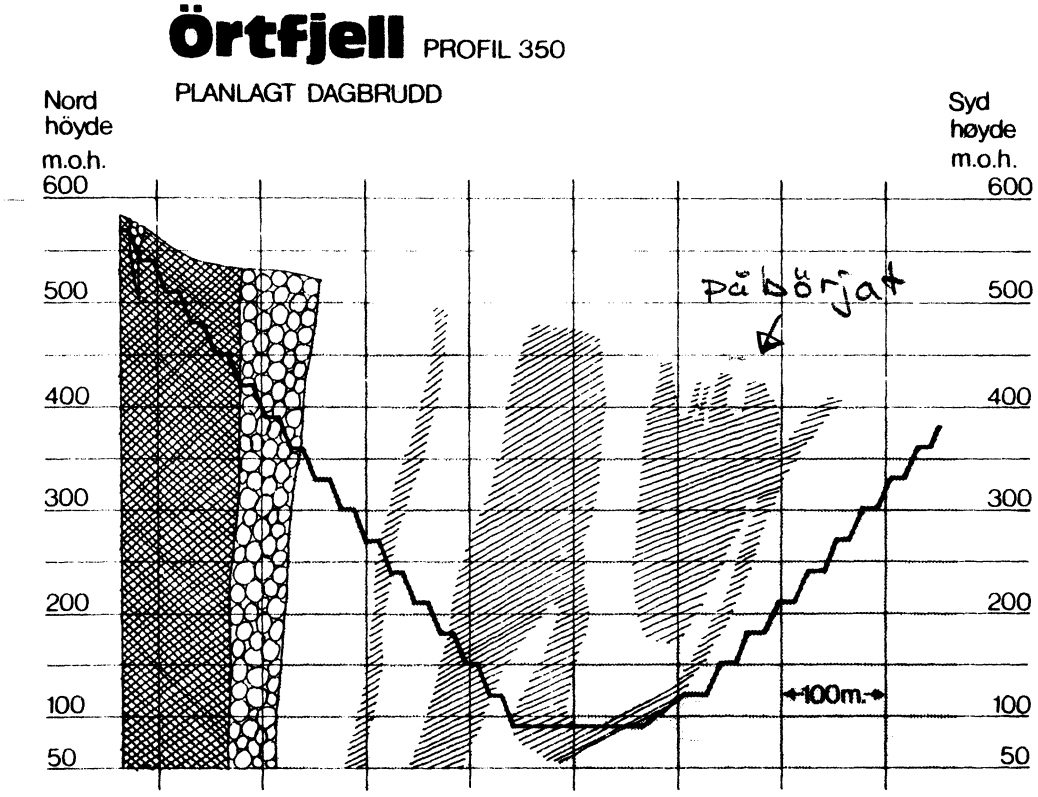


Fig 4

- KALK
- GLIMMERSKIFER
- MALM
- ØRTFJELLSKIFER

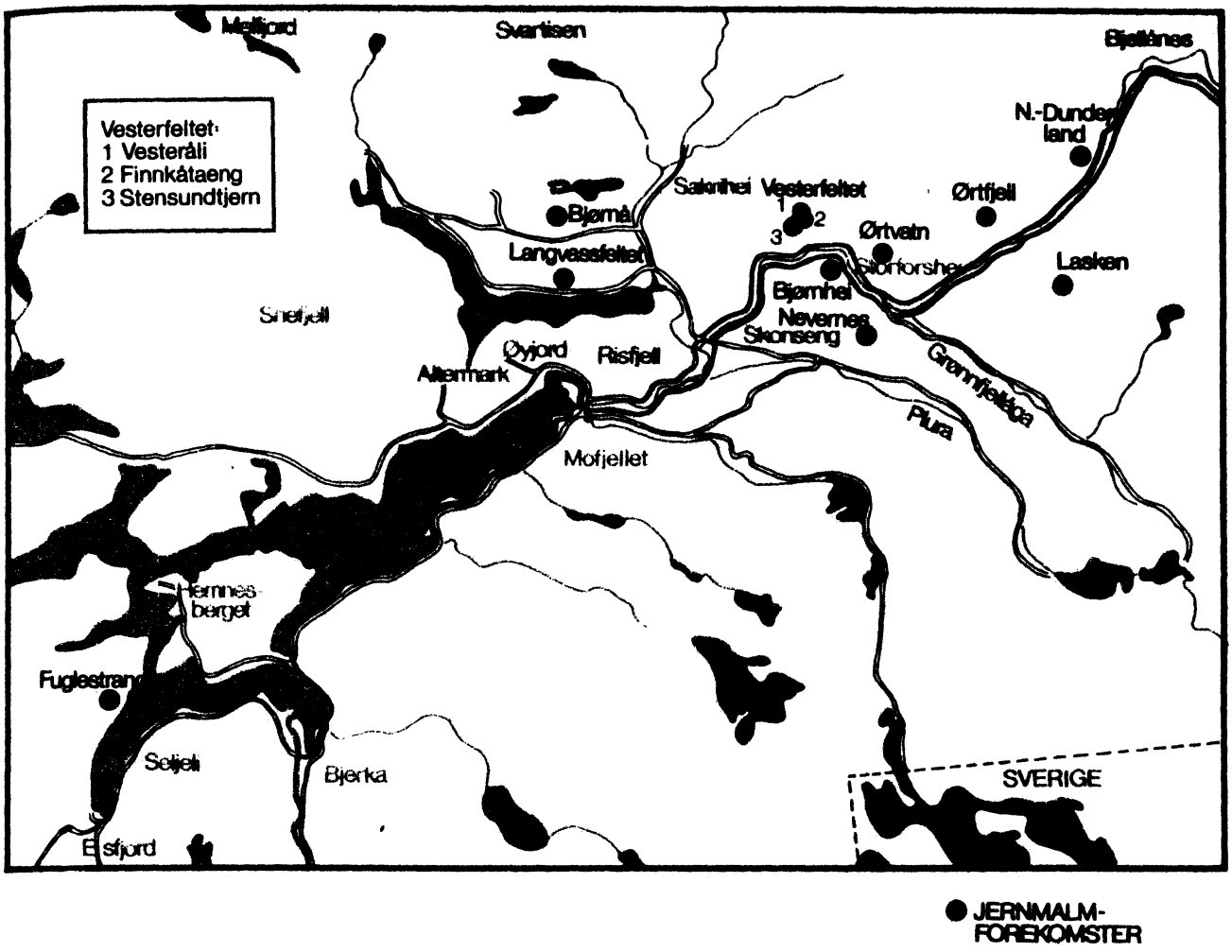


Fig 5

MALMFOREKOMSTER — OVERSIKT PR. 1. JANUAR 1975

Nr.	Forekomst	Malmtonnasjer mill. tonn.				Dagbrudds malm	Malmareal (1000 m²)	Strøklengde (km)	Analyser			Diamantboring m.
		Oppboret	Antatt	Mulig	Sum	Planlagt / Rest.			% Fe tot.	% Fe magn.	% P	
1	Ørtvann	40,0	20,0	5,0	65,0	5,0	65	1,8	33,0	18,0	0,20	23 412
2	Vesteråli	20,0	3,0	5,0	28,9	10,0	80	2,2	35,3	10,3	0,23	14 412
3	Vesteråga	3,1	1,4		4,5		19	1,0	39,3	16,7	0,20	2 459
4	Finnkåtaeng	6,2	3,0	2,0	11,2	7,0	32	1,3	37,4	3,9	0,21	12 935
5	Stensundtjern	16,9	6,4	5,0	28,3	17,0	33	2,3	35,0	10,2	0,17	6 936
6	*Ørtfjell*	100,0	100,0	100,0	300,0	145,0	331	3,4	33,0	6,0	0,19	44 590
	Vest for Litleåga	(90,0)	(70,0)	(60,0)	(220,0)							
	Øst for Litleåga	(10,0)	(30,0)	(40,0)	(80,0)							
7	Nord-Dunderland	15,0	6,8	8,2	30,0		90	1,4	37,0	3,2	0,22	5 116
8	Ørtfjellmo	2,8	1,5	2,0	6,3		25	1,8	32,1	7,9	0,16	2 568
9	Bjørnhei	2,5	2,5		5,0		21	0,5	34,8	6,4	0,21	933
10	Nevernes			4,0	4,0		15	0,5	35,0	10,0	0,20	0
11	Bjørnå			4,0	4,0		45	1,3	35,0	10,0	0,15	0
12	Langvatn			5,0	5,0		28	2,0	35,0	10,0	0,21	0
13	Fuglestrand		10,0	10,0	20,0		30	1,3	25,0	15,0	0,12	0
	SUM 1 - 13	207,4	154,6	150,2	512,2	26,8	814					113 361
14	Lasken			22,0	22,0		56	2,0	26,0	21,0	1,23	0
15	Ømmervann			15,0	15,0		25	1,0	21,5	17,5	0,85	1 839
16	Lomli			35,0	35,0		81	1,8	23,0	15,0	0,91	0
17	Ørtvann - Nord	2,0	4,0	4,0	10,0		12	0,6	21,0	16,0	0,75	1 515
	SUM 14 - 17	2,0	4,0	76,0	82,0		174					3 354
	SUM 1 - 17	209,4	158,6	226,2	594,2	26,8	988					116 715

D.I.O.C. - RANA GRUBER
PRODUKSJONSUTVIKLING

AR		BRYTNING				KONSENTRATER				
		Malm			Bergfangst	% Fe tot.	% P	Malm-faktor t.v.	Utvin-ning	Tonn t.v.
		Tonn v.v.	% Fe tot.	% Fe magn.	Tonn v.v.					
D.I.O.C.										
1/6 1904 — 25/7 1908		467.562	34,2		467.562	62,8	0,035	4.30		75.667
7/5 1928 — 8/4 1931		738.740	32,3		738.740	67,5	0,038	2.80	74,9	258.530
16/9 1937 — 30/9 1939		710.785	32,0		710.785	67,6	0,041	2.65	79,9	255.612
		(1.917.087)	32,5		(1.917.087)	66,9	0,039	2.93		(587.809)
RANA GRUBER FORSØKSVERKET										
1/11 — 31/12	1958	12.000	33,5		20.690	57,6	0,069	6.1		1.500
	1959	50.372	40,0		50.372	61,4	0,033	2.49		20.044
	1960	64.860	37,4		64.860	64,0	0,031	2.62		25.087
	1961	69.100	37,5		69.100	64,3	0,015	2.22	78,0	30.352
1/1 — 30/6	1962	28.165	36,0	23,0	28.165	65,5	0,021	2.57	70,7	10.765
		(224.497)			(233.187)	63,6	0,025	2,51		(87.752)
A/S NORSK JERNVERK RANA GRUBER										
1/7 — 31/12	1962				151.109					
	1963				998,729					
	1964	147.005	30,1		1.594.876	68,8	0,058	2.86	80,6	33.747
	1965	1.309.865	29,6	16,2	2.678.767	66,0	0,027	2.72	82,3	465.216
	1966	1.655.030	31,3	15,6	4.705.983	65,3	0,020	2.58	81,3	667.090
	1967	2.080.123	31,3	18,0	5.962.203	65,2	0,014	2.55	82,0	804.381
	1968	2.182.452	32,6	17,1	6.620.947	65,8	0,014	2.47	82,0	856.807
	1969	2.190.341	32,0	16,4	6.167.861	65,6	0,012	2.46	83,3	880.807
	1970	2.098.957	35,3	13,1	7.084.247	65,8	0,011	2.26	82,0	894.854
	1971	2.418.639	33,7	11,6	7.554.915	65,4	0,011	2.34	82,2	1.019.293
	1972	2.181.218	32,4	7,5	7.476.432	64,0	0,014	2.55	77,8	829.289
	1973	2.225.259	35,2	7,8	7.587.619	63,8	0,014	2,34	77,6	917.216
	SUM	20.630.473			60.733.962					8.084.109

Fig 6

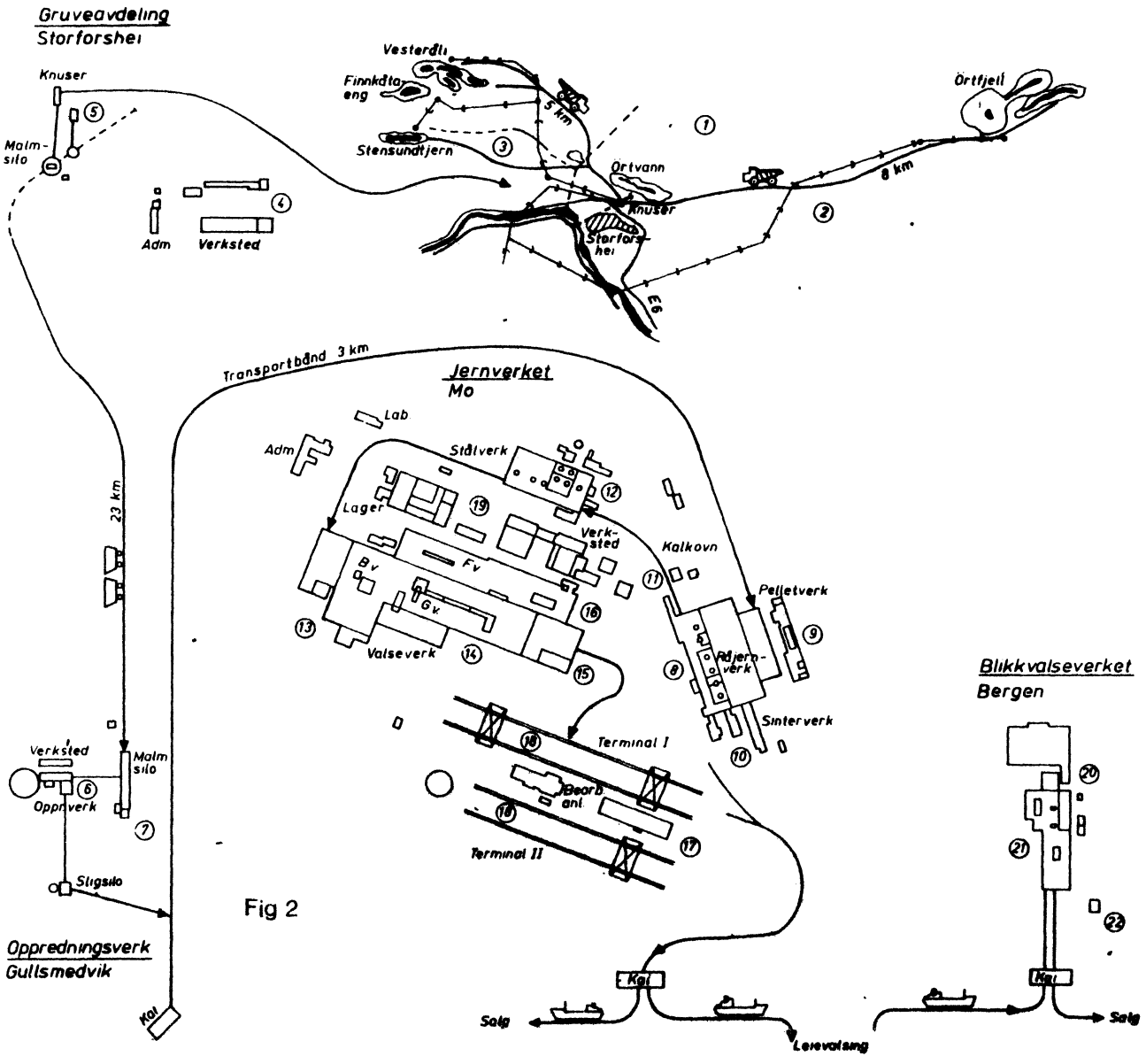


Fig 2