



STIFTELSEN SVENSK BERGTEKNISK FORSKNING
SWEDISH ROCK ENGINEERING RESEARCH

MÄTNING AV LUFTSTÖTVÅG VID ORTSPRÄNGNING I KIRUNA

ARBETSRAPPORT PROJEKT 616

Lena Reiderman



FÖRORD

Föreliggande arbetsrapport redovisar de arbeten som genomförts av Lena Reidarman i LKABs gruva i Kiruna för att undersöka luftstötstågors karaktär och möjligheterna att reducera dem. Arbetet är ett delprojekt som främst syftar till att pröva en lämplig försöksuppställning i samband med andra fältarbeten i gruvan med avsikten att senare göra mätningar på hela ortsalvor. Resultaten visade på svårigheter att entydigt analysera signalerna, varför inriktningen på fortsatta försök radikalt ändrats. Den nu föreslagna fortsättningen syftar i stället till mera grundläggande försök med enstaka laddningar under renodlade geometriska förhållanden, som sedan kan leda vidare till mätningar i större skala. Dessa arbeten påbörjas hösten 2000 och baseras på den projektplan som också redovisas som bilaga i denna arbetsrapport.

Stockholm 26 september 2000

Tomas Franzén

Innehållsförteckning

1 INLEDNING.....	3
1.1 Bakgrund.....	3
1.2 Mål och organisation.....	3
1.3 Luftstötvmätning.....	3
1.4 Mikrofonplacering.....	5
1.5 Rekommendation.....	5
2 FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR MÄTNING I MALMORT.....	6
2.1 Försöksplats i malmort.....	6
2.2 Utrustning.....	6
2.3 Borrplan.....	8
2.4 Laddplan.....	9
2.5 Initieringssystem.....	9
3 UTFÖRANDE AV MALMFÖRSÖKEN.....	10
3.1 Salva 1, malm.....	10
3.2 Salva 2, malm.....	12
3.3 Salva 3, malm.....	13
3.4 Salva 4, malm.....	15
3.5 Salva 5, malm.....	16
3.6 Salva 6, malm, kilöppning.....	17
4 KOMMENTARER TILL MALMFÖRSÖKEN.....	18
4.1 Mikrofon montering.....	18
4.2 Bergvåg.....	18
4.3 Tryckvågshastighet.....	19
5 UTVÄRDERING AV MALMFÖRSÖKEN.....	20
5.1 Salva 1, malm.....	20
5.2 Salva 2, malm.....	23
5.3 Salva 3, malm.....	25
5.4 Salva 4, malm.....	28
5.5 Salva 5, malm.....	30
5.6 Salva 6, malm.....	31
6 TRYCKVÅGENS ÖKNING OCH IDENTIFIERING , MALMFÖRSÖK.....	32
6.1 Svängande tryckökning.....	32
6.2 Tryckpuls identifiering.....	33
6.3 Tryckpulsens värde.....	38
7 FREKVENNS, MALMFÖRSÖK.....	40
8 FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR MÄTNING I GRÅBERGSORT.....	41
8.1 Försöksplats.....	41
8.2 Borrplan, laddplan och initieringssystem, gråbergsförsök.....	41
8.3 Mikrofonupphängningen, gråbergsförsök.....	42

9 UTFÖRANDE AV GRÅBERGSFÖRSÖK	43
9.1 Salva 1, gråberg.....	43
9.2 Salva 3, gråberg.....	46
9.3 Salva 4, gråberg.....	49
10 UTVÄRDERING AV GRÅBERGSFÖRSÖK.....	52
10.1 Salva 1, gråberg.....	52
10.2 Salva 3, gråberg.....	53
10.3 Salva 4, gråberg.....	55
11 TRYCKVÅG, GRÅBERGSFÖRSÖK	57
12 RÖRETS BETYDELSE	59
13 SLUTSATS.....	59
14 FORTSATT ARBETE.....	60
15 TACK.....	60
16 REFERENSER	61
17 BILAGA.....	62

1 INLEDNING

1.1 Bakgrund

Bakgrunden till forskningen om luftstötvmätning från sprängning är att man vill kunna spränga under mark i tätbebyggt område utan att det finns någon risk för att skador på omkringliggande fastigheter. Två delprojekt är genomförda, /1/, /2/. Efter de projekten återstår en del arbete. Detta projekt "Luftstötvmätning vid ortsprängning i Kiruna" är ett förprojekt för att kunna utföra det som återstår.

1.2 Mål och organisation

Målsättningen är att minimera luftstötvmätningen vid källan, det vill säga ta reda på hur sprängning bör utformas med hänsyn till, salvdjup, öppningstyp, laddningskonfiguration, förladdning/proppning, initiering och laddningsteknik. Testning och utformning av detta förutsätter att en hel ort/tunnelsalva sprängs. Hittills har enbart enhållsprängningar gjorts, som var under kontrollerade former, /2/. Som inledning till ett tänkt projekt i fullskala utförs detta förprojekt, ett så kallat nollförsök. Det innebär mätning av luftstötvmätstrycket från en sprängning av en hel ort/tunnel salva. Syftet är att fastställa frekvensdominansen i salvan och även få en kännedom om förväntat tryck. Skall det kommande huvudprojektet förläggas i samband med en produktionsdriven ort/tunnel, bör även mätuppställningen kunna produktionsanpassas mm. Projektet genomfördes vid SveBeFo med finansiering genom SveBeFo.

1.3 Luftstötvmätning

Vid sprängning uppkommer såväl vibrationer i berget som lufttrycksvariationer i tunnel och/eller omgivning. I vissa fall uppstår särskilt kraftiga tryckvågor inom ett brett frekvensområde, som t.ex. när en laddning detonerar i fri luft. I andra fall frigörs energin inne i borrhål varvid tryckförloppet blir utdraget under längre tid. Det leder till lägre trycknivåer, ofta vid relativt låg frekvens.

De kraftigare tryckvågorna kan uppkomma t.ex. vid:

- detonation av sprängämne i fria luften,
- för kort förladdning och/eller fel sorts förladdningsmaterial.

Bild 1 fall a, visar hur den frigjorda energin bör arbeta, dvs en stötvmätning in i berget och i fall b, hur en tryckvåg/luftstötvmätning bildas om ett sprängämne detonerar i luften. Intensiteten på trycket beror bl.a. på laddningsstorlek och på graden av inneslutning.

När man i dagligt tal talar om luftstötvmätning avser man den tryckstegring som sker. En luftstötvmätning har alltid en front. Med front menas att förändringarna av tryck mm. sker utomordentligt snabbt. Bakom fronten har man sedan en återsvängning i en relativt sett lugnare takt, se bild 2. Luftstötvmätningen breder till en början ut sig med överljudshastighet för att sedan med växande avstånd avta till normal ljudhastighet ca 340 m/s. I bergsprängning kan tryckstegringen ta flera tiotal millisekunder. Tryckstegringen utbreder sig då med den normala ljudhastigheten, enligt "Vibration och stöt - Sprängningsinducerade luftstötvmätningar - Riktvärden för byggnader", SS 025210. I fortsättningen av denna rapport kommer endast benämningen tryckvåg att användas.

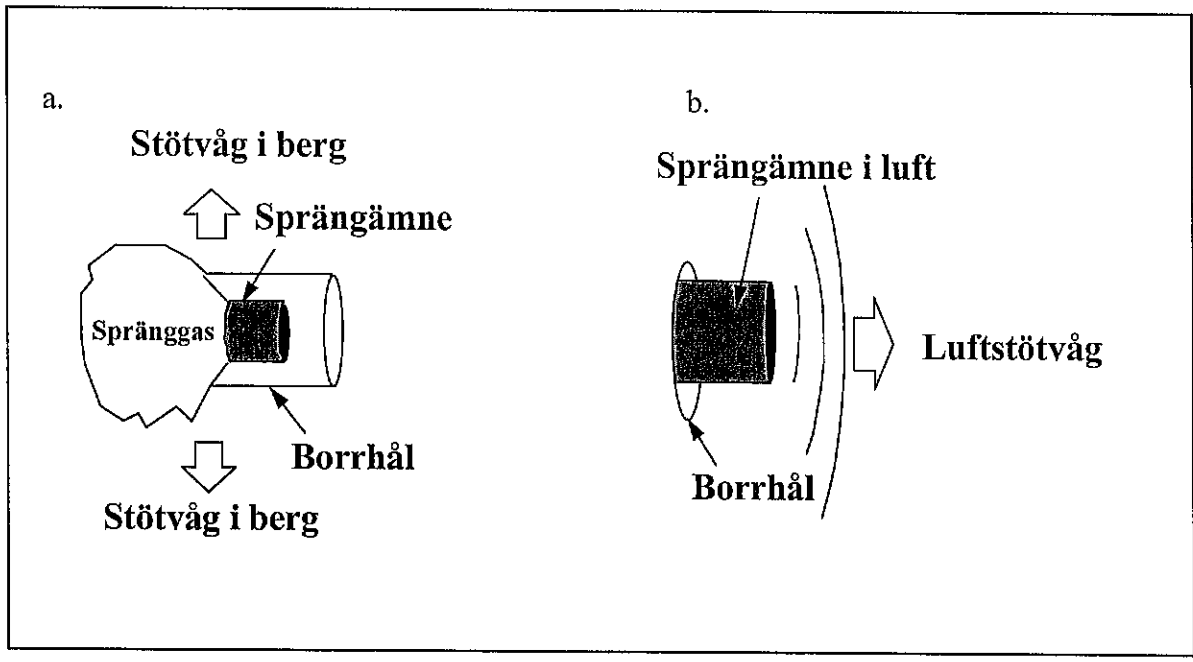


Bild 1. Fall a, laddningen är helt innesluten i ett borrhål.
Fall b, laddningen detonerar delvis i luft.

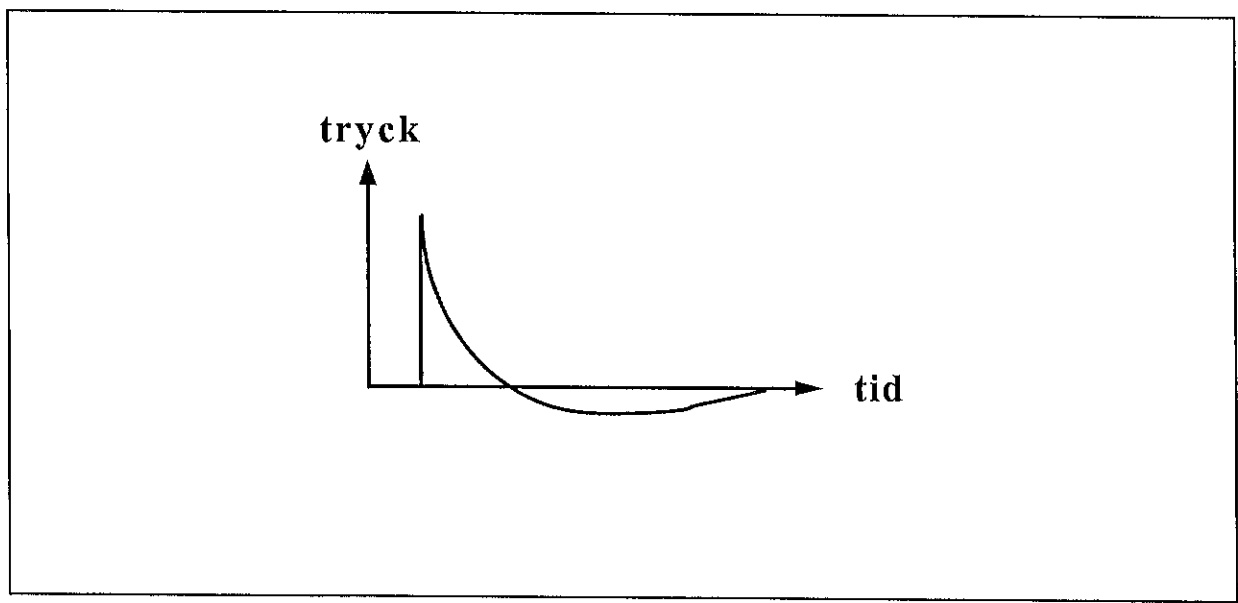


Bild 2. En typisk tryck-tidsvariation i en punkt orsakad av en luftstötvmåg.

1.4 Mikrofonplacering

Ett syfte med detta projekt var att produktionsanpassa mätuppställningen. Att utnyttja samma mätuppställning som i tidigare försök /2/, skulle inte vara möjligt i en produktionsort. I det tidigare försöket hade tre mikrofoner placerats på tre olika platser och på olika höjd i orten, för att täcka så mycket som möjligt av orten, se bild 3.

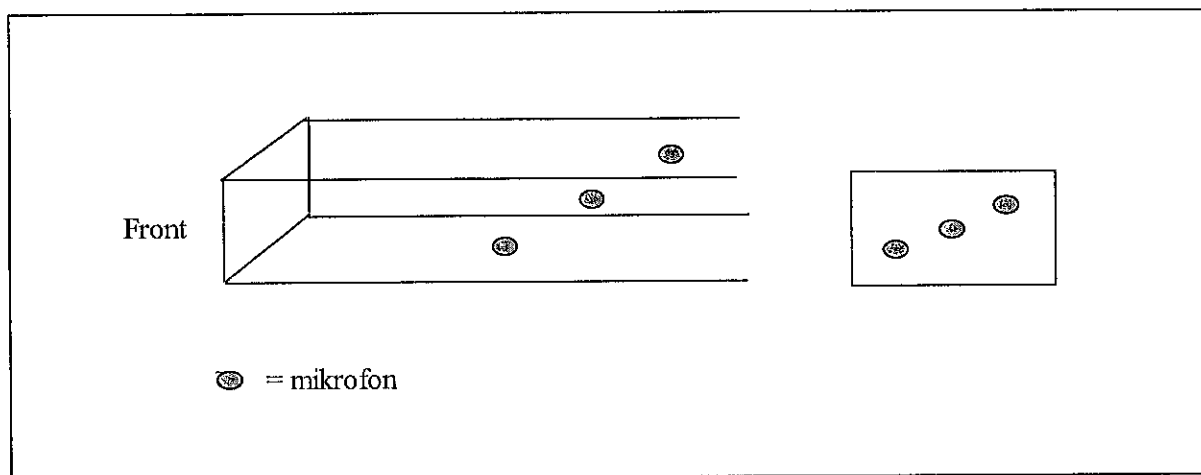


Bild 3. Principskiss för mikrofonernas placering i tidigare försök.

1.5 Rekommendation

I ett område närmast fronten, sk närområde, bör ingen mätning ske. Detta beror på att tryckvågen ännu inte fått en sk ostörd front. Enligt rekommendation /2, kap.2.5/ bör närområdets längd vara större än 3 våglängder. Tidigare utförda försök gav vid tryckmaximum en frekvens på ca 20 Hz. Våglängden skulle därmed bli ca 17 m då ljudhastigheten i luft är ca 340 m/s, (våglängd= hastighet/frekvens). Vid lägre temperaturer som kan råda i tunnelmiljö kan våglängden bli något kortare. Rekommendationen gör att närområdet blir ca 50 m.

2 FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR MÄTNING I MALMORT

Projektet genomfördes i två olika orter i Kiruna gruva, dels i ort 406 på nivå 765 och dels i ort 44F på nivå 795. Den första nämnda orten var belägen i malm den andra i gråberg. Försöken gjordes parallellt med ett annat projekt "Vibrations- och skadezonsmätning" /3/.

2.1 Försöksplats i malmort

Projektet innebar mätning av tryckvåg från en sprängning av en hel ort/tunnel salva. Mätningarna utfördes på nivån 765 m i ort 406, se bild 4. Denna ort är belägen i malm med en tvärsnittsarea av ca 41 m².

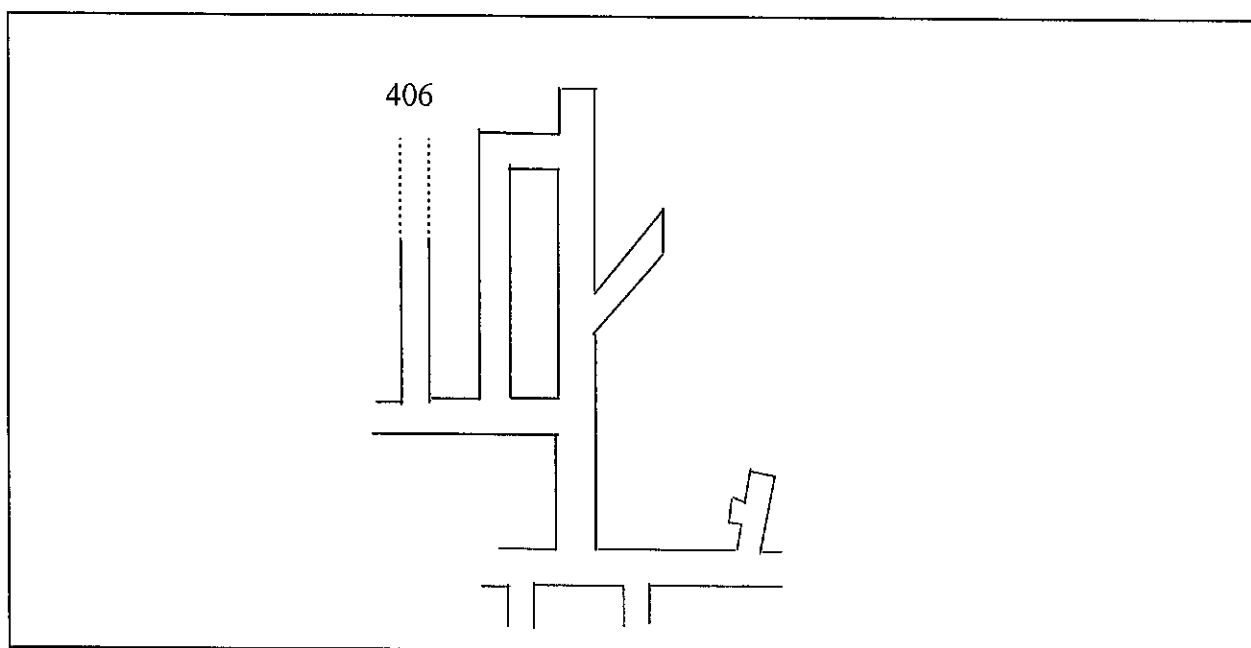


Bild 4. Mätningen av tryckvågen utfördes i ort 406, i Kiruna gruva.

2.2 Utrustning

Mätutrustningen bestod av följande delar;

- registreringsenhet, Sony SIR 1000,
- 3 st PCB-mikrofoner modell 106B50
- laddningsförstärkare
- microdotkabel
- koaxialkabel av typ RG 58

Som registreringsinstrument användes en digital bandspelare. Denna registrerar i detta fall trycktid-förloppet hos tryckvågen. Mikrofonen som användes är gjord för att bl.a. mäta tryckförändringar i luft. Det maximala (steg) trycknivån är ca 1,4 MPa, se bilaga 1. För varje uppkopplad mikrofon fås ett trycktid-förlopp. Vissa krav fanns, mätutrustningen skulle kunna monteras upp på ca en timme. Mätuppställningen kom att utnyttja befintliga borrhål i vänster ortvägg, sett in mot fronten. I borrhålet infördes ett metallrör och på detta rör monterades mikrofonen. Mikrofon höjden över sula var ca 1,50 m och utifrån vägg ca 1,80 m, se bild 5.

Mikrofonen var monterad på en klämma, som var konstruerad på ett sådant sätt att mikrofonen skulle vara den del som först träffades av tryckvågen. Avståndet mellan mikrofonen och fronten var ca 40 m, innan sprängningen av den första salvan. Avståndet var ca 8 m kortare än rekommendationen föreskrev. Avståndet gick inte att utökas beroende på ortens totala längd var 55 m. En längd på ca 15 m bakom mikrofonerna ansågs nödvändig, p.g.a. reflektionseffekterna.

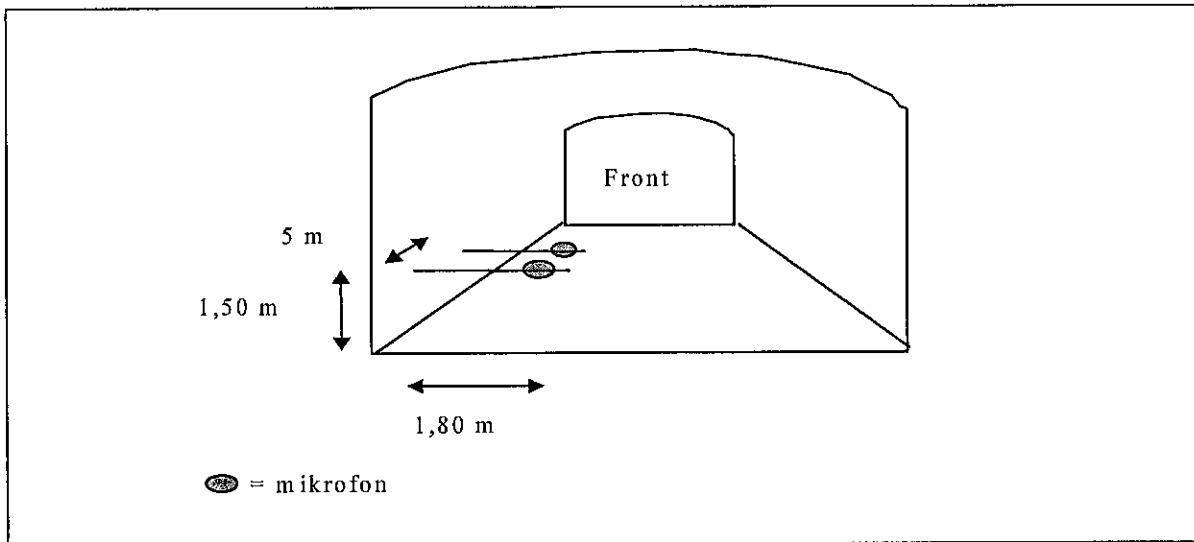


Bild 5 Mikrofonplacering.

Överföringen från mikrofon till mätutrustningen skedde via en microdotkabel till laddningsförstärkaren. Laddningsförstärkaren var kopplad med en koaxialkabel till registreringsenheten, som var placerad ca 150 m därifrån, se bild 6. Registreringsenheten mätte trycktidförloppet för hela salvan, cirka 6 sek. Salvan i försöksorten sprängdes innan skivrassprängningarna utfördes i gruvan.

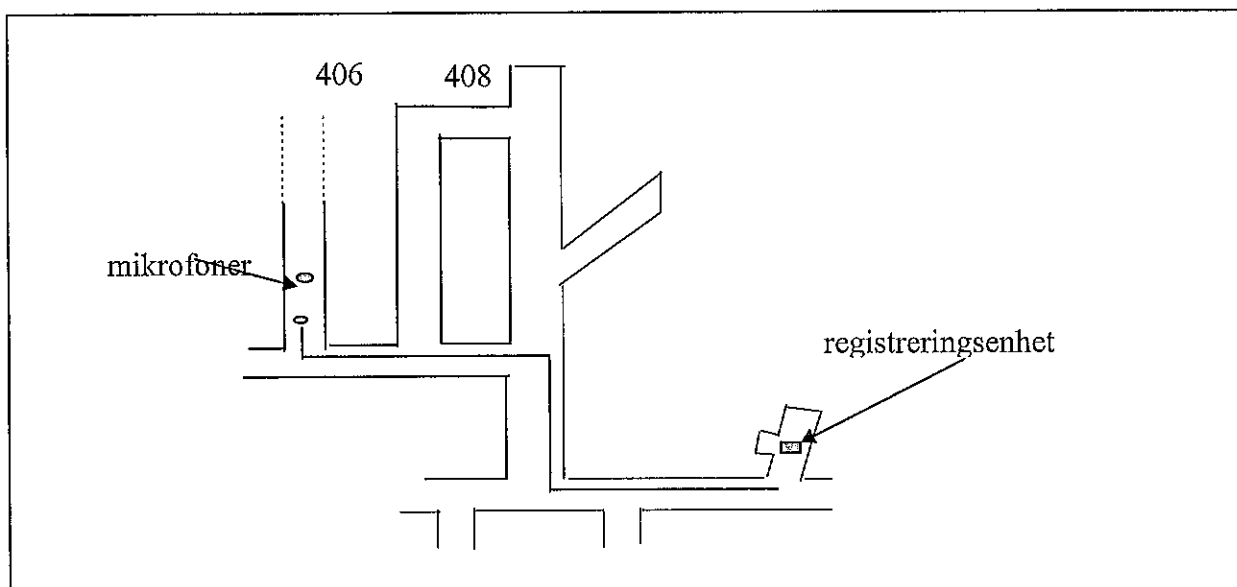


Bild 6. Uppställningsplats av registreringsenhet, ca 150 m i från försöksort i malm.

2.3 Borrplan

Försöksorten var ca 9.0 m bred och 5.0 m hög. Arean var ca 41 m², borrhålen var 5,0 m djupa. Försöken utfördes med LKAB:s ordinarie borrplan. För kilhålen var håldiametern 64 mm och för resterande borrhål var diametern 48 mm. Antal borrhål var 68 st. Borrplanerna varierade något genom olika avstånd (försättning) mellan kontur och första hjälpparrad. Salvorna 1 tom 3 var försättning 0.6 m och salvorna 4 tom 6 var försättningen 1.0 m. Bilderna 7 och 8 visar båda borrplanerna.

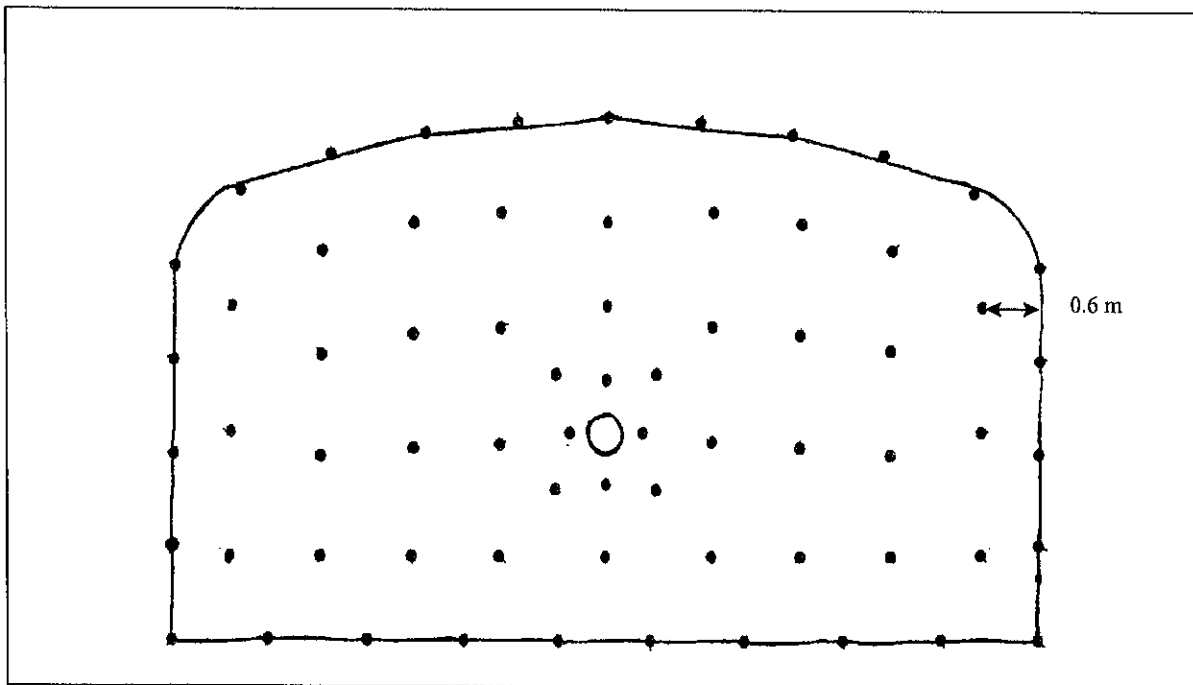


Bild 7. Salvorna 1 till och med 3 hade en försättning på 0.6 m mellan kontur och första hjälpparrad.

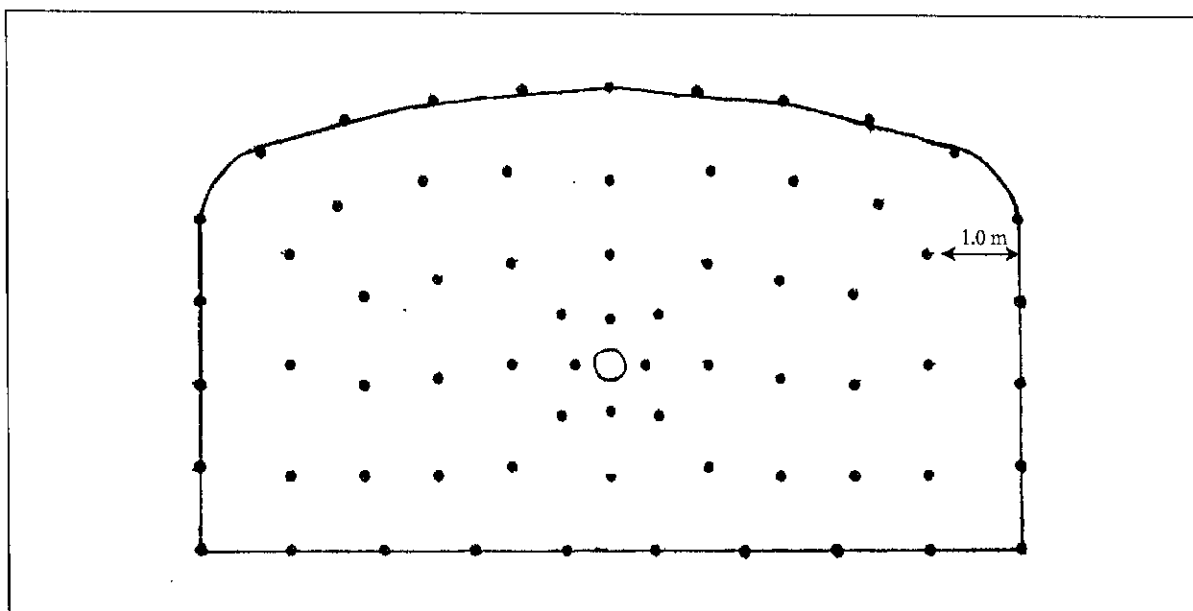


Bild 8. Salvorna 4 till och med 6 hade en försättning på 1.0 m mellan kontur och första hjälpparrad.

2.4 Laddplan

Laddplanen var LKAB:s ordinarie, förutom högervägg som var anpassad till projektet "Vibrations- och skadezonsmätning". Strosshålen var för samtliga salvor fulladdade med sprängämnet Kimulux R 000, som är en pumpemulsion. För salvorna 1-5 var höger konturhålen frikopplade med patronerade Kimulux 42 i 22 mm rör. Kimulux 42 är ett sprängkapselkänsligt emulsionssprängämne. Salva 6 var laddad med fyra olika frikopplade sprängämnestyper i konturen, dessa kommer inte att nämnas i detta projekt. Sprängämnena kom från Kimit AB och tekniska data är redovisade i tabell 1, /4/.

Tabell 1. Tekniska data för sprängämnena.

<u>Tekniska data</u>	<u>Kimulux R000</u>	<u>Kimulux 42</u>
Viktstyrka, % (ANFO 0.85 =100)	81	90
Volymstyrka, % (ANFO 0.85=100)	115	114
Densitet kg/l	1.20	1.10
Detonationshastighet, m/s	5500 (d=50 mm)	5000 (d=50 mm)
Gasvolym, l/kg	906	874
Energi Q, MJ/kg	2.94	3.35
Detonationstryck, GPa	9.1	6.8
<u>Laddningsmängd(d=48 mm), kg/m</u>	<u>2.16</u>	<u>0.42</u>

2.5 Initieringssystem

Upptändningen skedde med två olika system, ett icke-elektriskt och ett elektroniskt. Båda systemen kom från Dynamit Nobel AG i Tyskland. De elektroniska sprängkapslarna gav möjligheten att veta exakt när varje borrhål initieras. Detta var en förutsättning för arbetet med accelerationsmätningen. Med hjälp av elektroniska sprängkapslarna åstadkoms en salva som så mycket som möjligt efterliknar en ordinarie produktionssalva med det icke-elektriska tändsystemet. Tidsavvikelse slumpades fram. Standardavvikelse var maximalt 3 % av den "önskade" tiden, vilket motsvarar spridningen för de pyrotekniskt fördröjda sprängkapslarna som vanligtvis används i produktionen.

3 UTFÖRANDE AV MALMFÖRSÖKEN

Försöken utfördes i flera omgångar under 1997 och 1998. Totalt utfördes 6 försök i malm.

3.1 Salva 1, malm

Sprängningen ägde rum natten till den 4 december 1997. Upptändningen skedde med två system, större delen av salvan var med icke-elektriskt system, en och tvåsiffriga numreringar. Siffrorna betyder den tid de detonerar efter initiering, t.ex. nr 12 detonerar efter 1200 ms. Takhålen, höger vägg och första hjälparrad initierades med det elektroniska systemet, fyrsiffriga noteringar dvs den tid i ms de detonerar efter initiering av första borrhålet i salvan. 3851 ms efter att borrhål nummer 0 initierats, så initieras det första elektroniska borrhålet i första hjälparrad på höger sida, se bild 9 som visar den planerade tändplanen. I kapitel 5 visas den verkliga tändplanen.

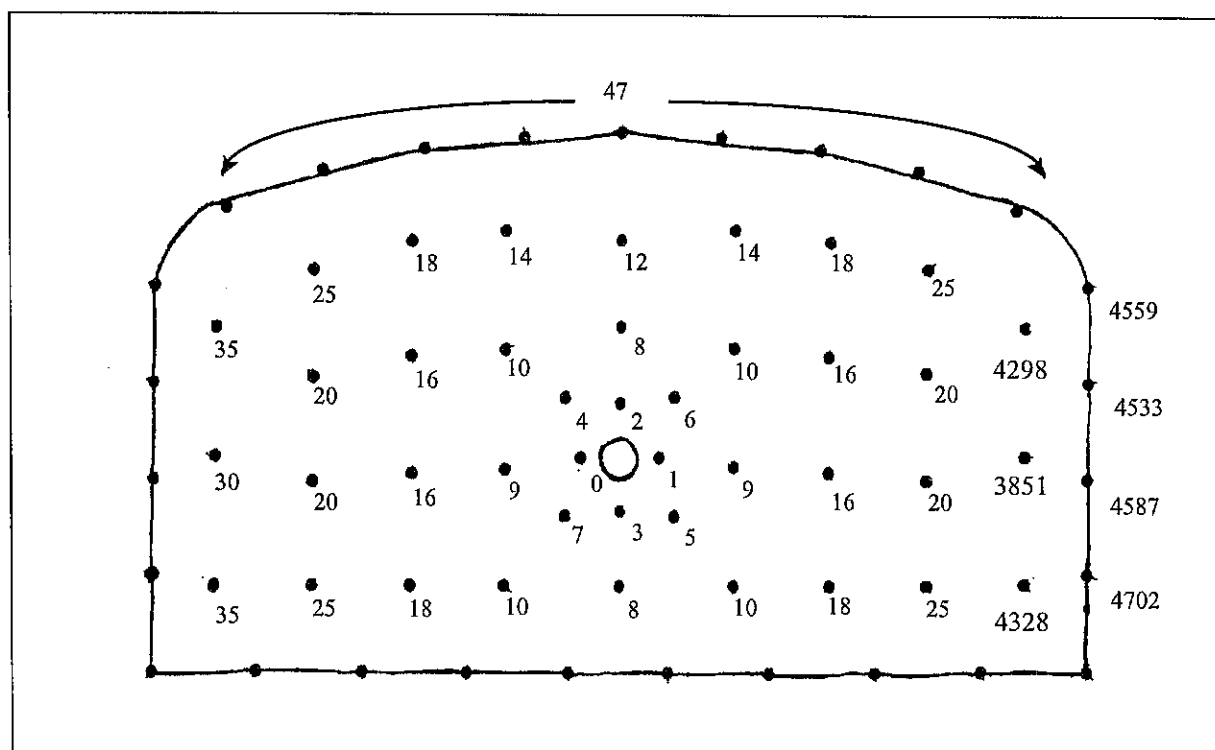


Bild 9. Den planerade tändplanen för salva 1.

Bild 10 visar sedan hur salvan var laddad. Tabell 2 redovisar vilka sprängämnen som användes och vad laddningsmängden var för varje borrhål. Ett borrhål i kilen (A) hade en laddningsmängd på knappt 18 kg, ett strosshål hade 10 kg och ett väghål på högersida ca 2 kg. Tabell gäller för samtliga malmsalvor. Mikrofonerna var placerade 40 resp 45 m i från fronten, se bild 11. Fakta om vilken mikrofon, förstärkare och kabel som kopplades i hop med vad finns redovisat för samtliga försök i bilaga 2.

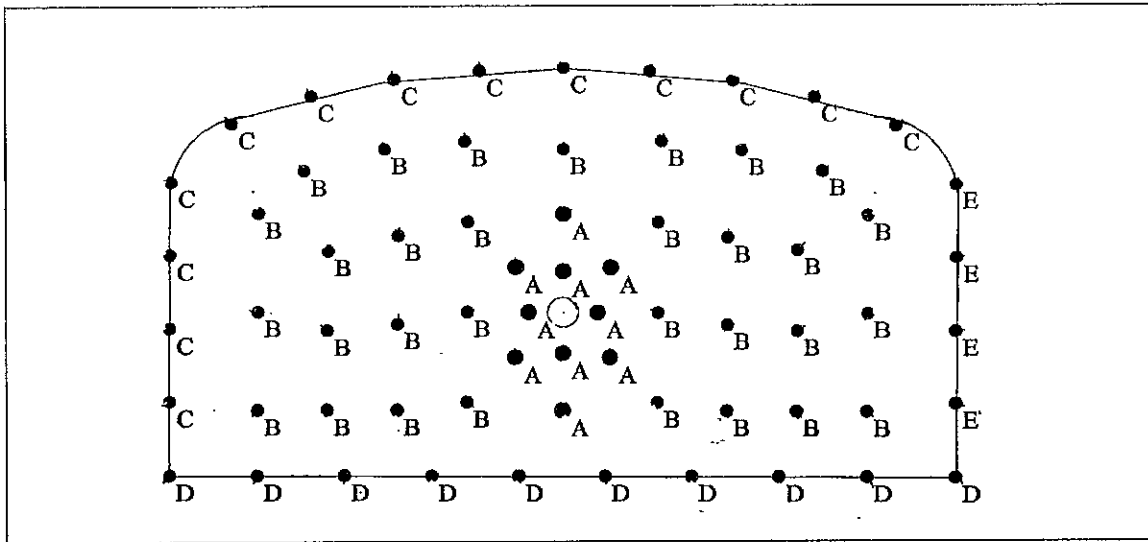


Bild 10. Laddplanen för salva 1, malm.

Tabell 2. Sprängämne och laddningsmängd för varje borrhål.

Id	Bottenladdning			Pipladdning			Oladdat	Laddningsmängd (kg/borrhål)
	Sprängmedel	Laddtätthet (g/m)	Laddad längd (m)	Sprängmedel	Laddtätthet (g/m)	Laddad längd (m)	Oladdad längd (m)	
A	Kimulux 64 mm	3954	0.00	Kimulux 64 mm	3954	4.50	0.50	17.8
B	Kimulux 48 mm	2225	0.00	Kimulux 48 mm	2225	4.50	0.50	10.0
C	Kimulux 48 mm	2225	0.50	Ksträng	750	4.50	0.00	4.5
D	Kimulux 48 mm	2225	0.00	Kimulux 48 mm	2225	5.00	0.00	11.1
E	Donarit 32	1206	0.18	Kimulux 22	420	4.82	0.00	2.2

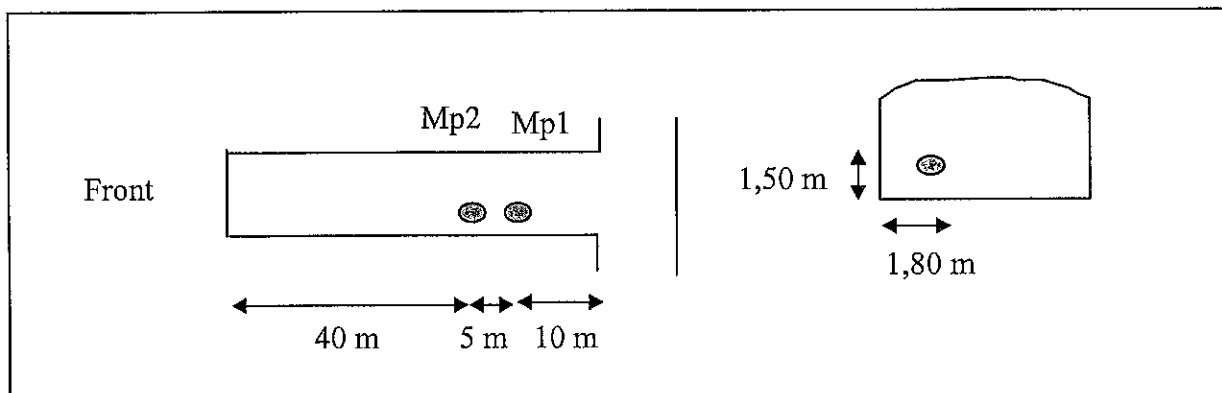


Bild 11. Mikrofonernas placering för salva 1, malm.

3.2 Salva 2, malm

Sprängningen ägde rum natten till den 15 december 1997. Upptändningen skedde med två system. Kilen och ett par strossrader initierades med det icke-elektriska systemet. Väggarna, tak och två strossrader tändes upp med det elektroniska systemet. Vägghålen på båda sidor och takhålen upptändes momentant. Bild 10 visar hur salvan var laddad. Bild 12 visar den planerade tändplanen. Tabell 2 redovisar vilka sprängämnen som användes och vad laddningsmängden var för varje borrhål. Avståndet mellan mikrofonerna och fronten var 50 m. Placeringen av mikrofonerna visas i bild 13.

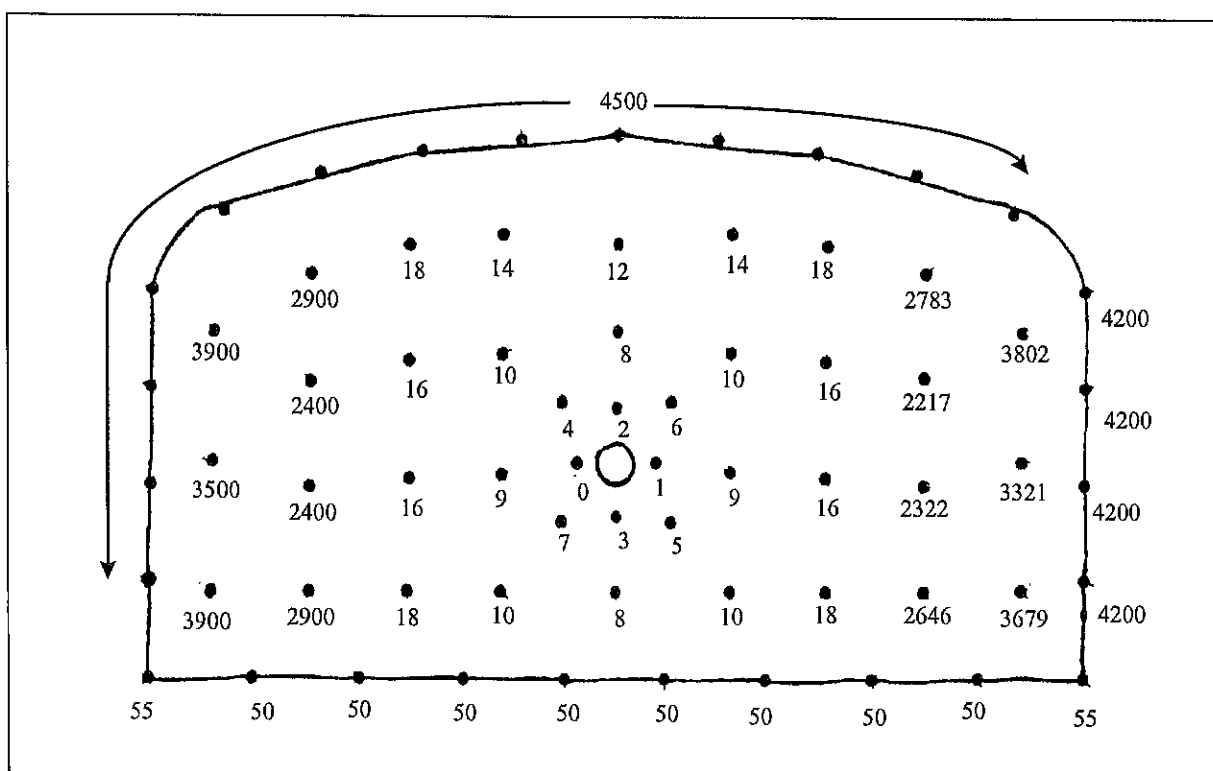


Bild 12. Planerad tändplan för salva 2, malm.

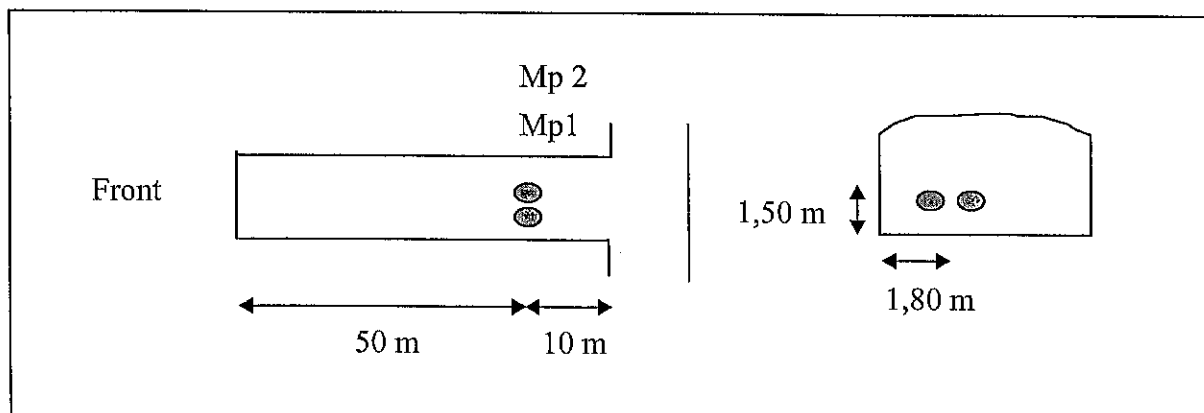


Bild 13. Mikrofonernas placering för salva 2, malm.

3.3 Salva 3, malm

Sprängningen ägde rum natten till den 20 december 1997. Upptändningen skedde med hjälp av elektroniska sprängkapslar som satts med tider som motsvarar tiderna för pyrotekniska sprängkapslar med samma intervallnummer. Tändföljden för konturhålen var först högervägg och sedan vänstervägg samtidigt med tak. Den planerade tändplanen visas i bild 14. Bild 10 visar hur salvan var laddad. Tabell 2 redovisar vilka sprängämnen som användes. Mikrofon placeringen visas i bild 15. Avstånden mellan front och närmaste mikrofon, Mp2 var 50 m. Till denna mätomgång hade den bakre stängen stagats upp med hjälp av två liknande stänger som korsats och fixerats med hjälp av spännband, se bild 16.

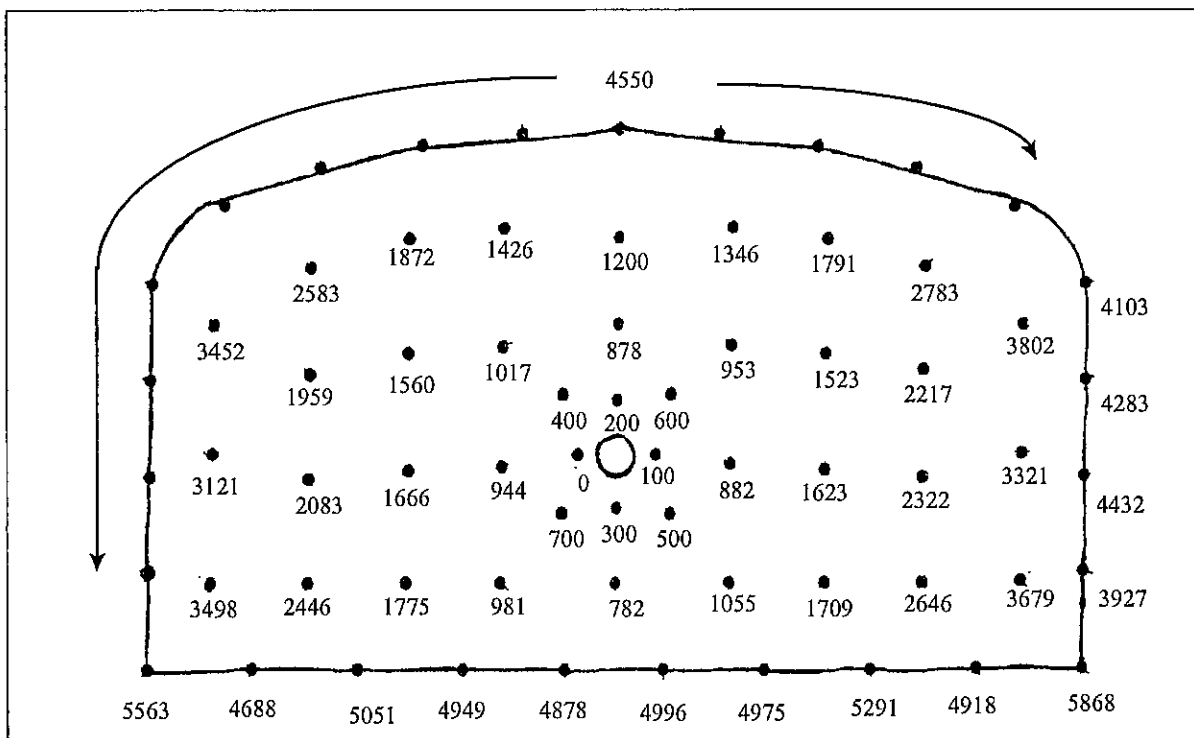


Bild 14. Planerad tändplan för salva 3, malm.

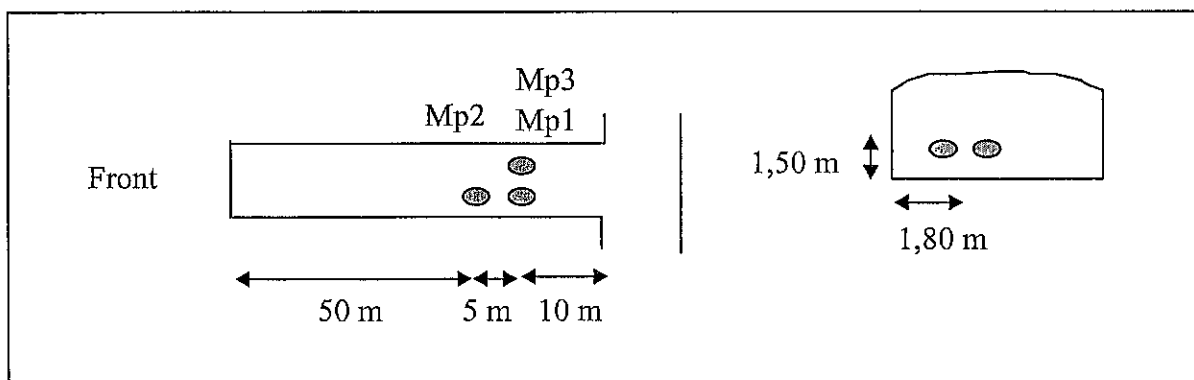


Bild 15. Mikrofonernas placering i salva 3, malm.

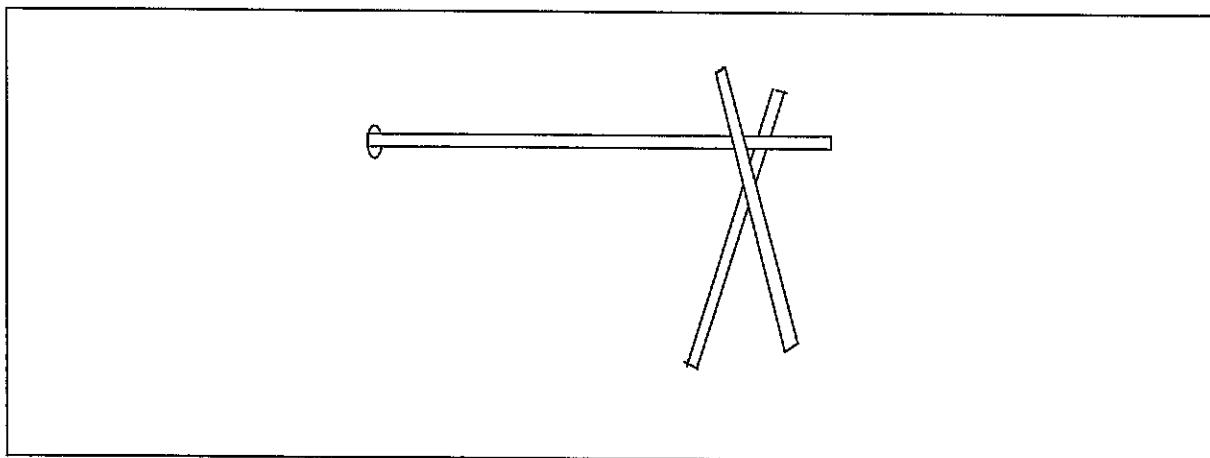


Bild 16. Stången för mikrofonerna Mp1 och Mp3 hade förstärkts med två stänger

3.5 Salva 5, malm

Sprängningen ägde rum natten till den 21 januari 1998. Upptändningen skedde med ett system för hela salvan, det elektroniska. De planerade initieringstiderna visas i bild 19. Bild 10 visar hur salvan var laddad. Tabell 2 redovisar vilka sprängämnen som användes. Mikrofonerna placerades ut som bild 20 visar, med den närmaste mikrofonen på ett avstånd av 60 m i från fronten. Salvorna 1 och 5 hade samma mikrofonplacering, men med olika avstånd till fronten. Liksom för salva 3 och 4 så var den främre/bakre stängen förstärkt med två stänger. Vid funktionskontroll innan sprängning visade sig att bandet i registreringsenheten (Sony-bandspelaren) hade fastnat. En annan registreringsenhet (Teac-bandspelare) kopplades in, se bilaga 3. Den nya registreringsenheten hade endast 14 ingångar tillskillnad från den trasiga enheten som hade 16 ingångar. Detta gjorde att en av mikrofonerna inte kunde kopplas upp mot registreringsenheten. Vid byte av bandspelare så noterades inte vilken mikrofon som kopplades in, troligtvis den som låg närmast fronten dvs Mp2.

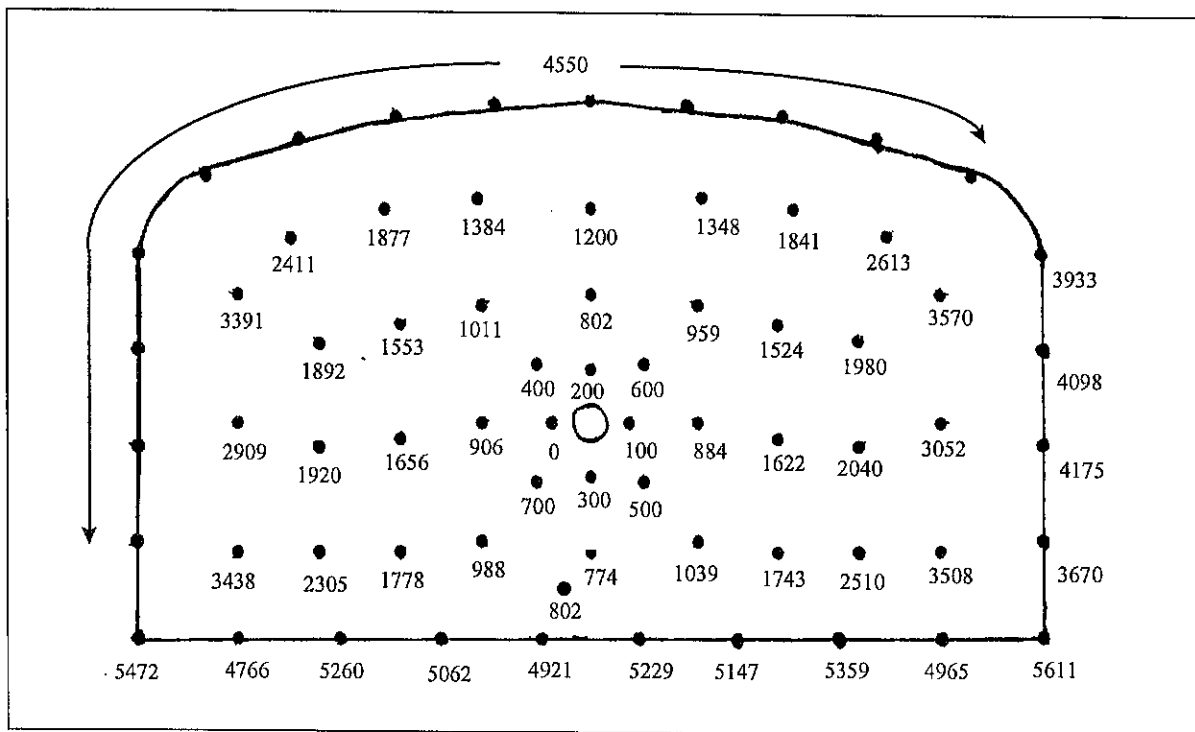


Bild 19. Planerad tändplan för salva 5, malm.

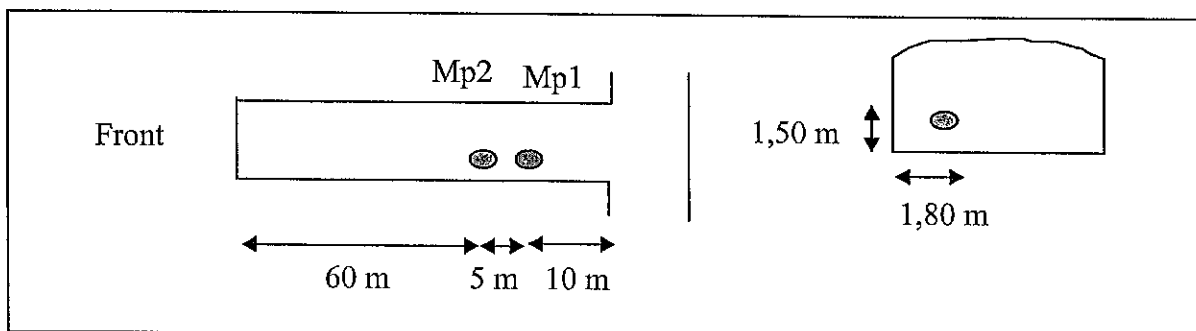


Bild 20. Mikrofonernas placering för salva 5, malm.

3.6 Salva 6, malm, kilöppning

Sprängningen ägde rum natten till den 26 mars 1998. Salvan sprängdes i två delar, kilen och den resterande delen. Detta på grund av att grovhålet borrats för kort och saknades. Kilen tändes upp med det icke-elektriska systemet. Den planerade tändplanen visas i bild 21. Bild 10 visar hur salvan var laddad. Tabell 2 redovisar vilka sprängämnen som användes. För kilsprängningen i salva 6 placerades mikrofonerna som bild 22 visar. 65 m var avståndet mellan fronten och den närmast belägna mikrofonen, mikrofon Mp2. Samma placering som för mikrofonerna i salvorna 1 och 5. Liksom för salva 3 och 4 så var den främre eller den bakre stängen förstärkt med två stänger.

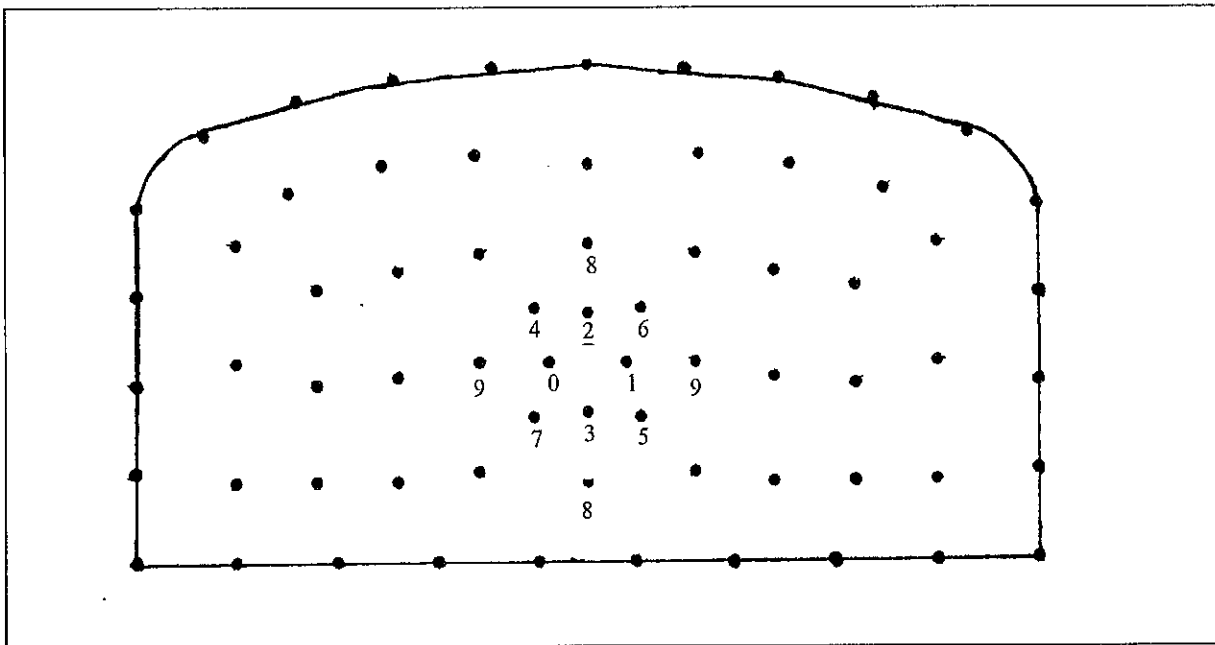


Bild 21. Den planerade tändplanen för kilen i salva 6, malm.

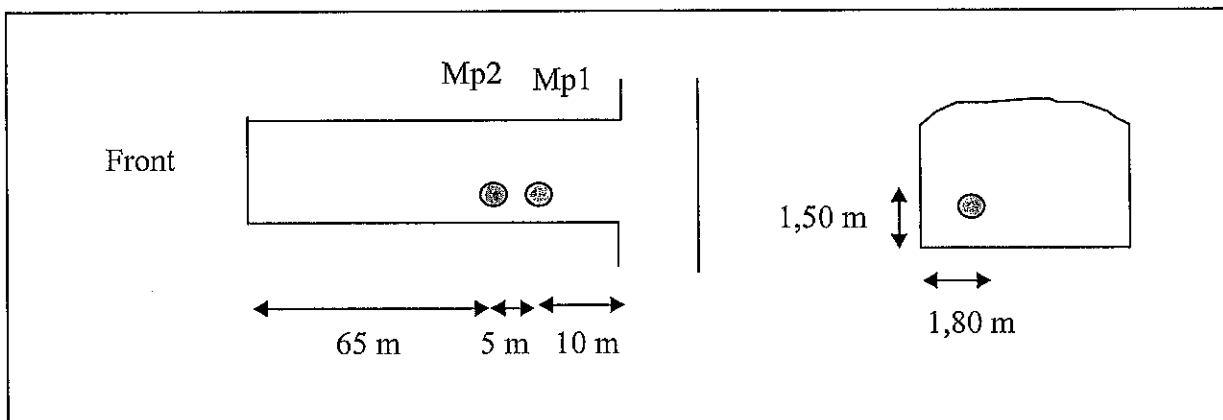


Bild 22. Mikrofonernas placering i salva 6, malm.

4 KOMMENTARER TILL MALMFÖRSÖKEN

Vid utvärderingen av tryckvågsmätningen visade det sig att det var svårt att tydligt identifiera tryckvåg med rätt borrhål. Accelerationsmätningen användes därför som komplement vid identifieringen .

4.1 Mikrofon montering

Klämmans storlek visade sig när försöken började vara en nackdel. Den träffades av flygande sprängsten. Klämman togs bort och mikrofonen tejpades med eltejp direkt på metallröret.

4.2 Bergvåg

Den första pulsen som registrerades borde vara från tryckvågen i luft från första borrhålet i salvan. I verkligheten är det inte så, utan troligtvis så kommer först en tryckvåg från berget att registreras. Detta kan vara möjligt beroende på mikrofonupphängningen. Mikrofonen var monterad direkt på röret som i sin tur hade bergkontakt. Bergvågshastigheten i ortens riktning är beräknad till ca 6273 m/s, /3/. Avståndet mellan accelerationsmätningens platsen och mikrofonmätningens platsen är ca 40 m, för salva 1, malm. Detta innebär att tiden för en bergvåg att nå mikrofonen, skulle bli ca 6 ms. Registreringen i bild 23 visar att tiden är ca 8 ms. Att denna störning skulle kunna vara orsakad av en bergvåg verkar därmed rimlig.

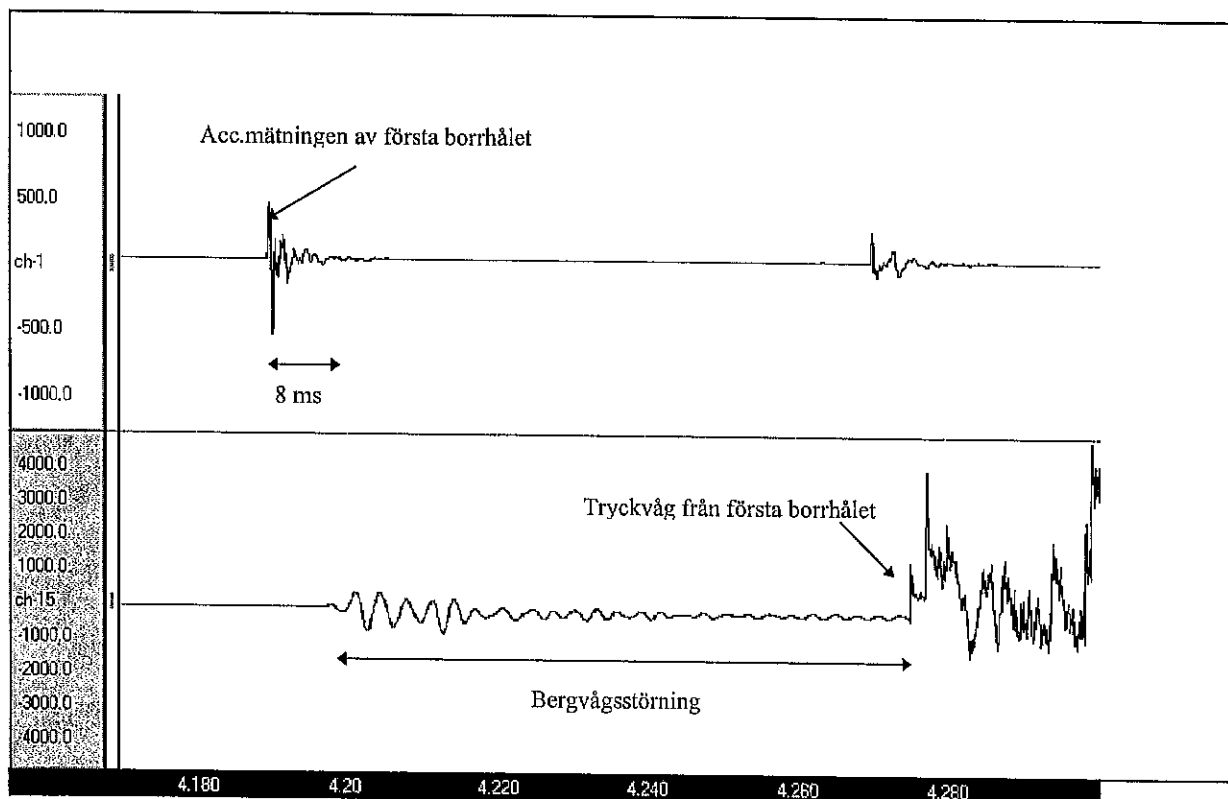


Bild 23. Exempel på att en tryckvåg från berget registreras först, (salva 1, malm

4.3 Tryckvågshastighet

Tryckvågshastighet räknas fram genom att ta tiden mellan triggsignal vid accelerationsmätningen och tryckvågsmätningen av första borrhål. Tiden är ca 143 ms. För salva 3 är avståndet mellan mikrofon Mp1 och front, 55 m. Hastigheten på tryckvågen blir ca 385 m/s, se bild 24.

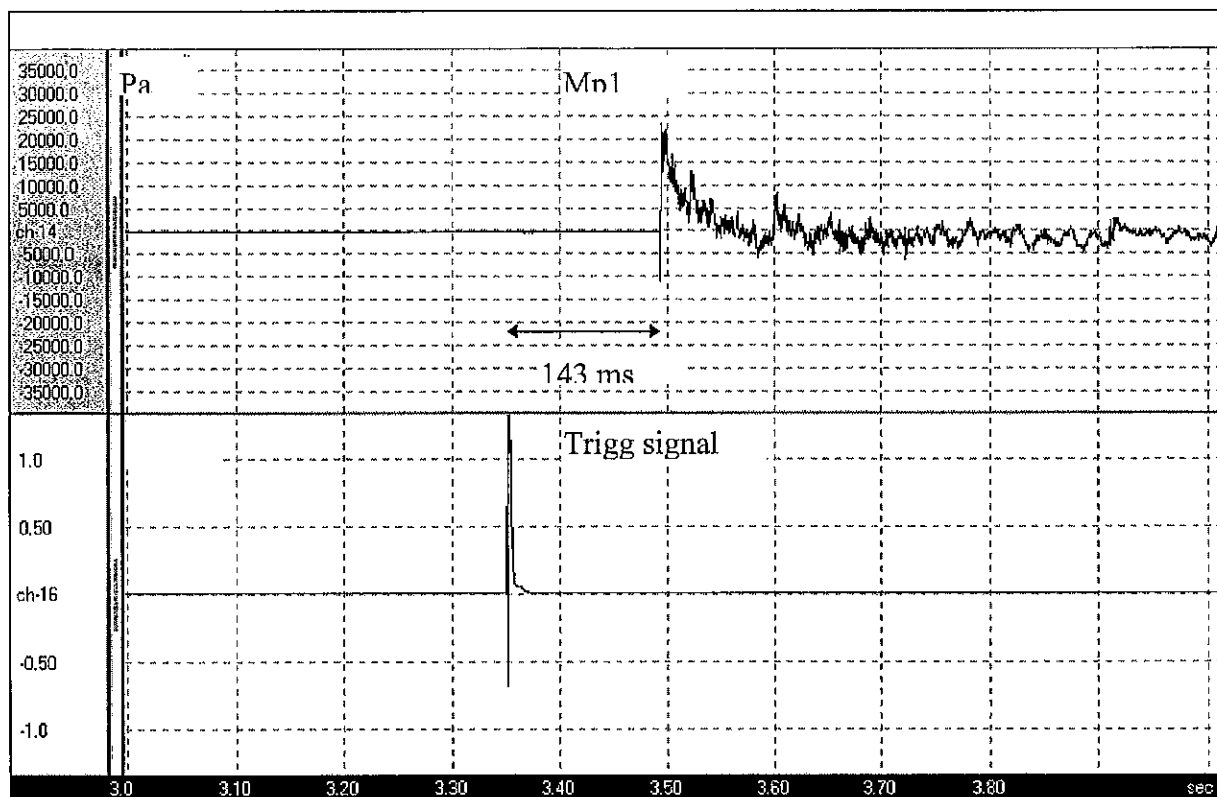


Bild 24. Registrering för triggsignal och tryckvågsmätning för Mp1 och borrhål 0.

5 UTVÄRDERING AV MALMFÖRSÖKEN

5.1 Salva 1, malm

Inspektion av mikrofon med tillbehör efter sprängning visade att mikrofonerna var smutsiga. Inga större stenar hade nåt fram till mätplatserna. En visuell besiktning kunde inte bekräfta att någon sten skulle ha träffat stativen med mikrofonerna. De verkliga initieringstiderna blev enligt accelerationsmätninganalysen de som visas i bild 25. Noteras skall att för de intervall tider som endast markeras med ett nummer men där flera borrhål ingår, vet man inte vilket borrhål som detonerat. Här har man antagit att de starkaste accelerationsvärdena tillhör de borrhål som är på salvans högra sida, eftersom accelerometrarna var placerade i högerpelare. Observera att de borrhål som i bild 25 är markerade med en * kan tiderna byta plats med det borrhål som är i samma intervall. T.ex. i intervall 1600 finns fyra tider registrerade, två av dessa har lägre accelerationsvärde, dessa antas därför härröra från salvans vänstra sida. De andra två kommer då från salvans högra sida men det går inte att fastställa vilken av tiderna som kommer från vilket borrhål. Tiderna 1605 och 1630 har därmed helt ogrundat placerats på just det borrhålet, de skulle som sagt lika gärna kunna byta plats. Detta gäller för samtliga borrhål där flera borrhål i samma intervall ingår. Mätningen av tryckvågen visas i bild 26. Överst i bilden visas accelerationsmätningen, den horisontella axeln visar tiden och den vertikala axeln visar accelerationen. Från första till sista utslag är det ca 6 sek. I mitten och nederst visas tryckvågsmätningen. På den horisontella axeln visas tiden i sekunder (s) och på den vertikala axeln visas trycket i Pascal (Pa). Denna uppställning gäller för samtliga mätningar.

Registreringen i mitten är för mikrofon, Mp1, belägen 45 m i från fronten. Nedre registreringen är för mikrofon, Mp2, 40 m i från fronten. För Mp1 så finns det en störning på ca 2 s (6.0- 8.0 s) och för Mp2 finns en störning på över 2 s (5.5- 8.0 s). Verkliga initieringstider och identifierade trycktoppar för salva 1, malm, redovisas i tabell 3.

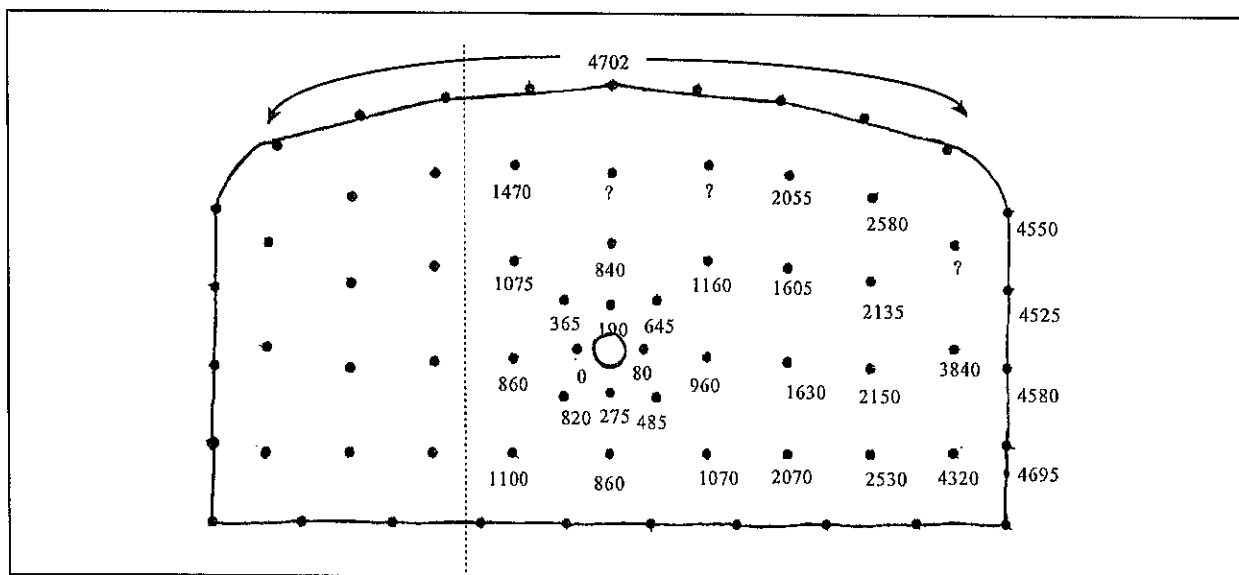


Bild 25. Verkliga initieringstider för salva 1, malm. Initieringstiderna till vänster om den streckade linjen är inte alla utsatta. * Borrhålen med tiderna 1605 och 1630 ms kan byta plats med varandra, liksom tiderna 2055 och 2070 ms

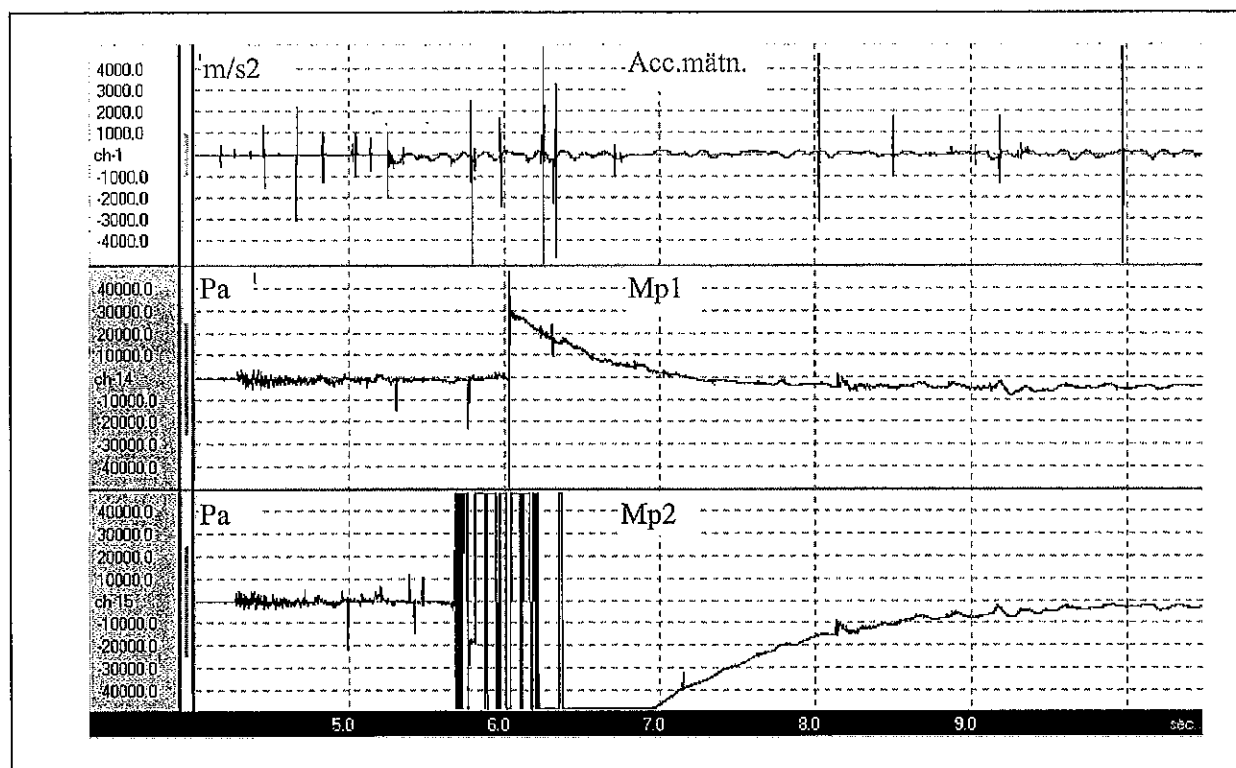


Bild 26. Tryckvågsmätningen för salva 1, malm. Överst visas accelerationsmätningen, mitten och nederst tryckmätningen

Tabell 3. Verkliga initieringstider och identifierade trycktoppar för salva 1, malm.

Borrhål	Planerad tändplan	skillnad	Acc.smät (ms)	skillnad	Acc.smät bandtid (s)	Acc.värde (kengunit)	Lsv.mät (ms)	Lsv.mät bandtid (s)	Tryck (Pa)	Stigtid
	0		0		4,19	0,5	100-102	4,29		
	100	100	80	80	4,27	0,3				
	200	100	190	80	4,38	0,2				
	300	100	275	85	4,47	1				
	400	100	365	90	4,55	0,1				
	500	100	485	120	4,68	2				
	600	100	645	160	4,84	1	127 ms	4,97	2700	7 ms
	700	100								
	800	100	840		5,03	0,6				
	800	0	860	20	5,05	1				
	900	100	860	0	5,05	1	127 ms	5,18	3300	30 ms
	900	0	960	100	5,15	1				
	1000	100	1070	110	5,26	1				
	1000	0	1075	5	5,26	1				
	1000	0	1100	25	5,29	0,2				
	1000	0	1160	60	5,35	0,3				
	1200	200								
	1400	200	1470		5,66	0,1				
	1400	0								
	1600	200	1605		5,79	2				
	1600	0	1630	25	5,81	0,3				
	1600	0	1720	90	5,91	0,1				
	1600	0	1790	70	5,98	2				
	1800	200	1825	35	6,01	0,2				
	1800	0	2015	190	6,2	0,1				
	1800	0	2055	40	6,24	1				
	1800	0	2070	15	6,26	14				
	2000	200	2135	65	6,32	1				
	2000	0	2150	15	6,34	3				
	2000	0	2180	30	6,37	0,2				
	2000	0	2465	285	6,66	0,2				
	2500	500	2500	35	6,69	0,1				
	2500	0	2530	30	6,72	0,5				
	2500	0	2570	40	6,76	0,05				
	2500	0	2580	10	6,77	0,1				
	3000	500								
	3500	500	3425	845	7,61	0,2				
	3500	0	3425	0	7,63	0,2				
h 1 hj mitt	3851	351	3840, 3845	400, 5	8,03, 8,04	5, 1	118 ms	8,15	6500	6 ms
	4298	447								
h 1 hj ne	4328	30	4320	475	8,51	2	128 ms	8,64	1200	30 ms
	4533	205	4525	205	8,72	0,05				
h kontur	4559	26	4550	25	8,74	0,1	121 ms	8,86	2000	3 ms
	4587	28	4580	30	8,77	0,1				
tak	4700	113	4695	115	8,89	0,3				
	4702	2								
sula			4840	155	9,04	0,4	122 ms	9,16	3000	30 ms
sula			4995	115	9,19	2				
sula			5110	25	9,31	0,1				
sula			5135		9,33	0,5				
sula			5160		9,36	0,3				
sula			5175		9,37	0,2				
sula			5180		9,38	0,4				
sula			5405		9,6	0,2				
hörn			5635		9,83	0,01				
hörn			5780		9,98	7				

5.2 Salva 2, malm

Mikrofonerna var placerade på samma avstånd i från fronten, 50 m. Bild 27 visar de verkliga initieringstiderna. Bild 28 visar acceleration- och tryckvågsmätningarna. För Mp1 och Mp2 finns det en störning på ca 1 s (3.0- 4.0 s). Tabell 4 redovisar de verkliga initieringstiderna och identifierade trycktopparna för salva 2, malm.

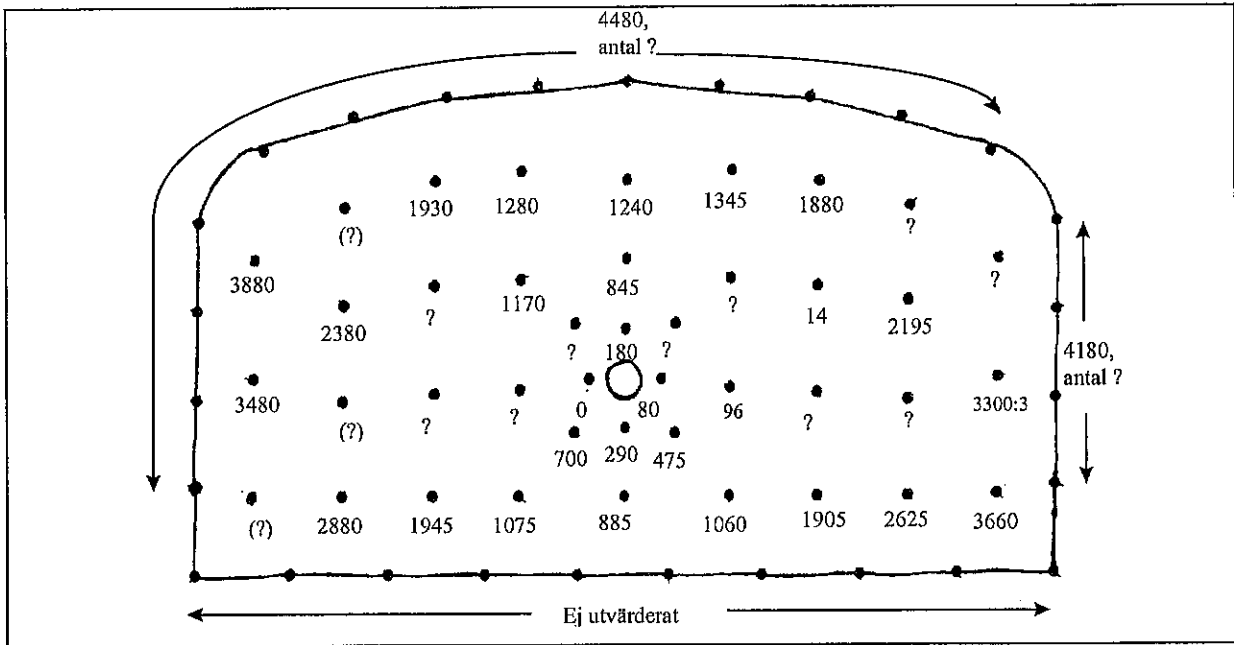


Bild 27. Verkliga initieringstider för salva 2, malm.

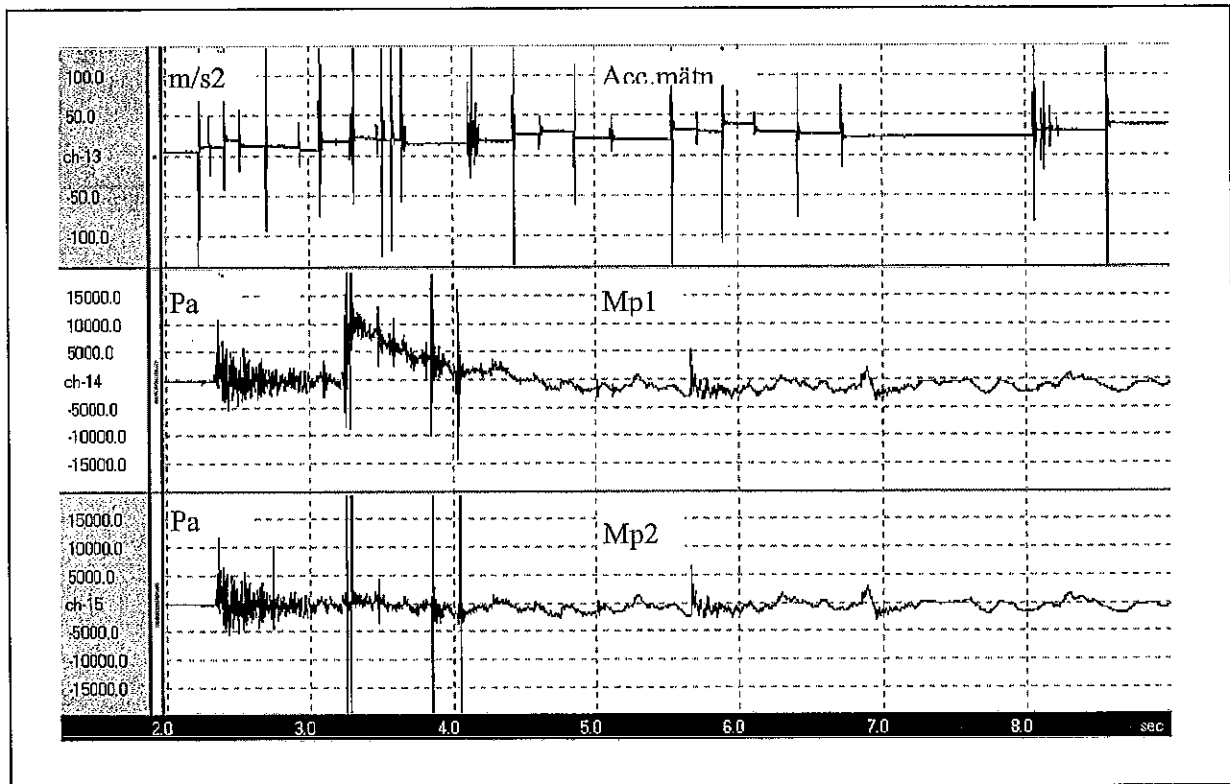


Bild 28. Tryckvågsmätning för salva 2, malm. Överst accelerationsmätning.

Tabell 4. Verkliga initieringstider och identifierade trycktoppar för salva 2, malm.

Borrhål	Planerad tändplan	skillnad	Acc.smät (ms)	skillnad	Acc.smät bandtid (s)	Acc.värde (kengunit)	Lsv.mät (ms)	Lsv.mät bandtid (s)	Tryck (Pa)	Stigtid
	0				2,24	0,3	106-130	2,34-2,37	3.1-12kPa	
	100	100	80	80	2,31	0,05				
	200	100	180	100	2,42	0,2				
	300	100	290	110	2,53	0,05				
	400	100								
	500	100	475		2,71	0,2				
	600	100								
	700	100	700		2,94	0,04				
	800	100	845	145	3,08	0,2				
	800	0	855	10	3,09	0,1				
	900	100	960	105	3,20	0,02				
	900	0								
	1000	100	1060		3,30	0,05				
	1000	0	1070	10	3,31	0,05				
	1000	0	1075	5	3,31	0,2				
	1000	0								
	1200	200	1240	165	3,48	0,03				
	1400	200	1280	40	3,52	0,3				
	1400	0	1345	65	3,58	0,3				
	1600	200	1410	65	3,65	0,2				
	1600	0								
	1600	0								
	1600	0								
	1800	200	1880		4,12	0,1				
	1800	0	1905	25	4,14	0,2				
	1800	0	1930	25	4,17	0,05	135 ms	4,28	2200	6 ms
	1800	0	1945	15	4,18	0,04				
h 2 hj m2217	2217	417	2195	250	4,43	0,4	137 ms	4,57	1300	5 ms
	2322	105								
v 2hj mi	2400	78	2380	185	4,62	0,05	135 ms	4,67	1500	15 ms
	2400	0								
	2646	246	2625	245	4,86	0,1				
	2783	137								
v 2hj	2900	117	2880	255	5,12	0,05	143 ms	5,27	1600	45 ms
	2900	0								
h 1hj mitt	3321	421	3300:3?	420	5,54	0,04-0,07	130 ms	5,68	8700	5 ms
	3500	179	3480	180	5,72	0,05				
	3679	179	3660	180	5,90	0,3				
	3802	123								
	3900	98	3880		6,12	0,05				
	3900	0								
h vägg	4200:4	300	4180		6,42	0,1				
tak+ vväg	4500:13	300	4480	300	6,73	0,1	135 ms	6,86	3200	40 ms
	5000	500	5815	1335	8,06	0,3				
	5000	0	5870	55	8,12	0,05				
	5000	0	5890	20	8,13	0,1				
	5000	0	5930	60	8,17	0,05				
	5000	0	5980	50	8,23	0,05				
	5000	0								
	5000	0								
	5000	0								
	5500	500	6325		8,57	0,5				
	5500	0								

5.3 Salva 3, malm

Mikrofon Mp2 var placerade på avståndet 50 m i från fronten och mikrofonerna Mp1 och Mp3 på avståndet 55 m. Vid inspektion morgonen efter sprängning konstaterades att alla borrhål inte hade detonerat. Vid höger anfang fanns ca 4 borrhål kvar till okänd längd och på vänster vägg stod ca 2 borrhål kvar med okänd längd. Fel i förstärkaren till mikrofon Mp3 resulterade i att ingen registrering kom till. Även för mikrofon Mp2 blev det ingen värdefull registrering eftersom mikrofonen vridit sig nedåt under detonationsförloppet. En sten med storleken 40x30x30 cm noterades ca 7 m ifrån mikrofon Mp2. Stången som mikrofonerna Mp1 och Mp3 var monterade i hade träffats av en sten, detta kunde konstateras eftersom en mikrofonklämman var trasig. Bild 29 visar salvans verkliga initieringstider. Bild 30 visar accelerationmätningen och tryckvågsmätningen för Mp1.

För Mp1 har den första tryckpulsen ingen tydlig positiv vågfront, se bild 31. I de tidigare salvorna så har vågfronten från första tryckpulsens varit positiv. Det finns en störning även i denna registrering med en varaktighet på ca 0.5 s (4.5- 5.0 s). Kan det var den flygande sten som hade sönder mikrofonklämman? I tabell 5 redovisas de verkliga initieringstiderna och identifierade trycktopparna för salva 3, malm.

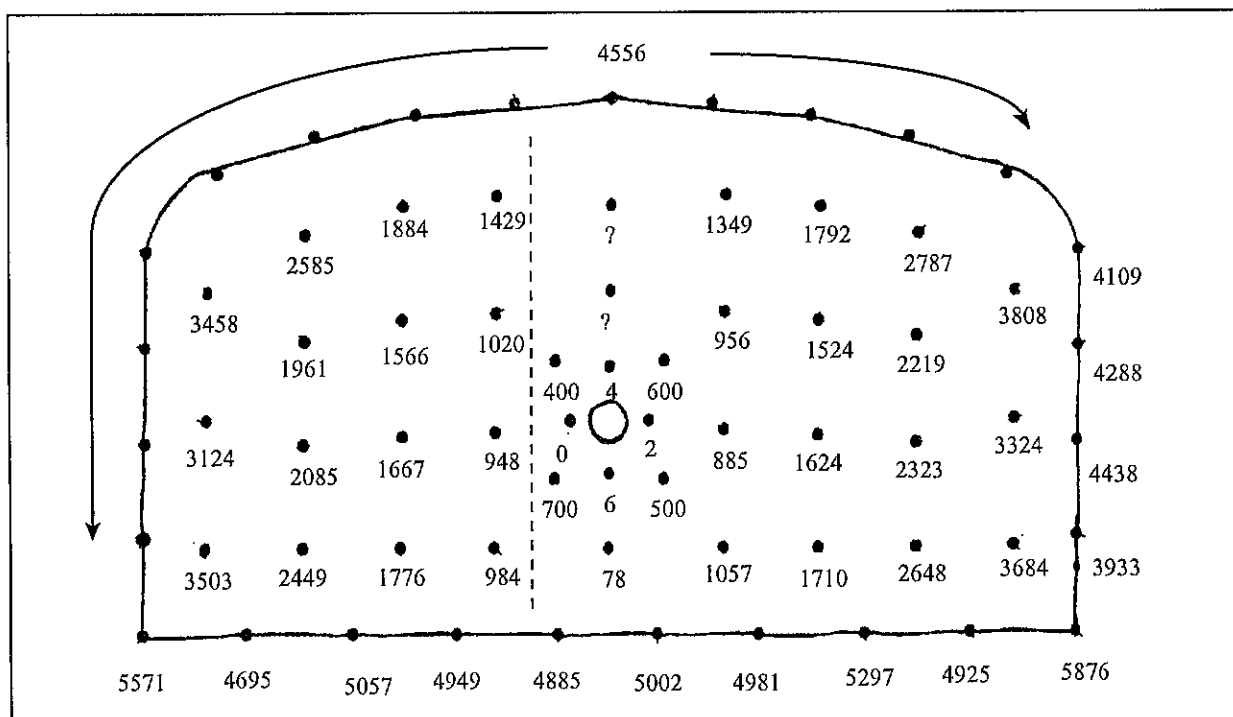


Bild 29. Verklig tändplan för salva 3, malm.

Luftstötvmätning vid ortsprängning i Kiruna
SveBeFo-616

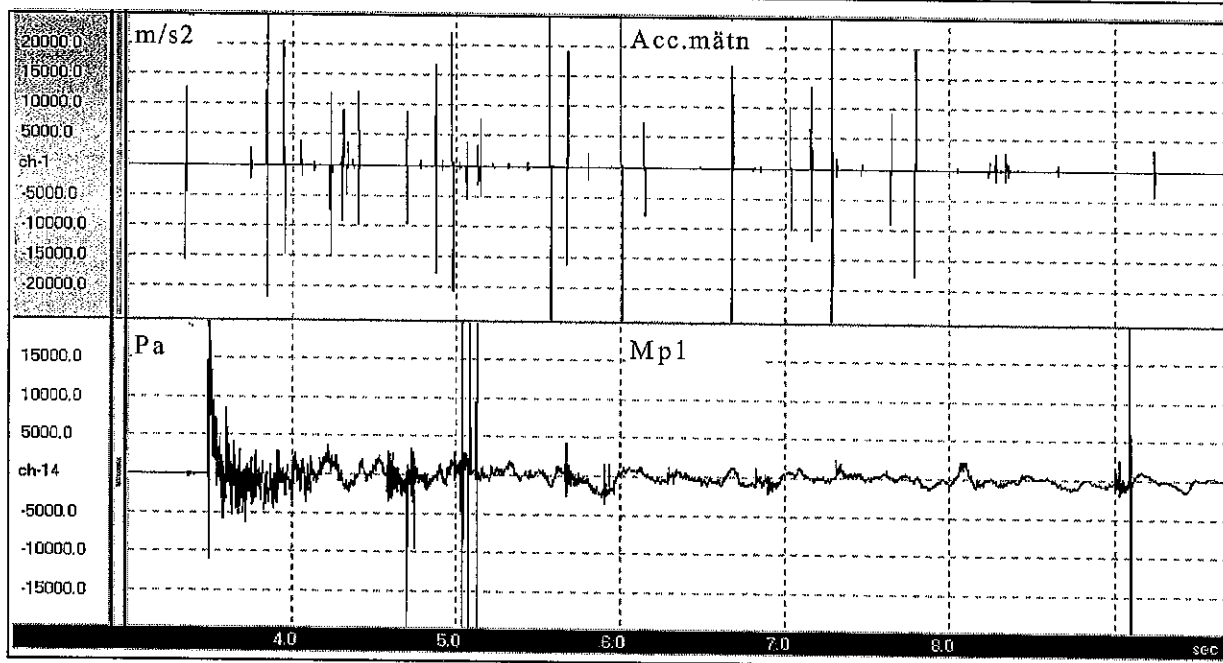


Bild 30. Tryckvågsmätning för salva 3, malm.

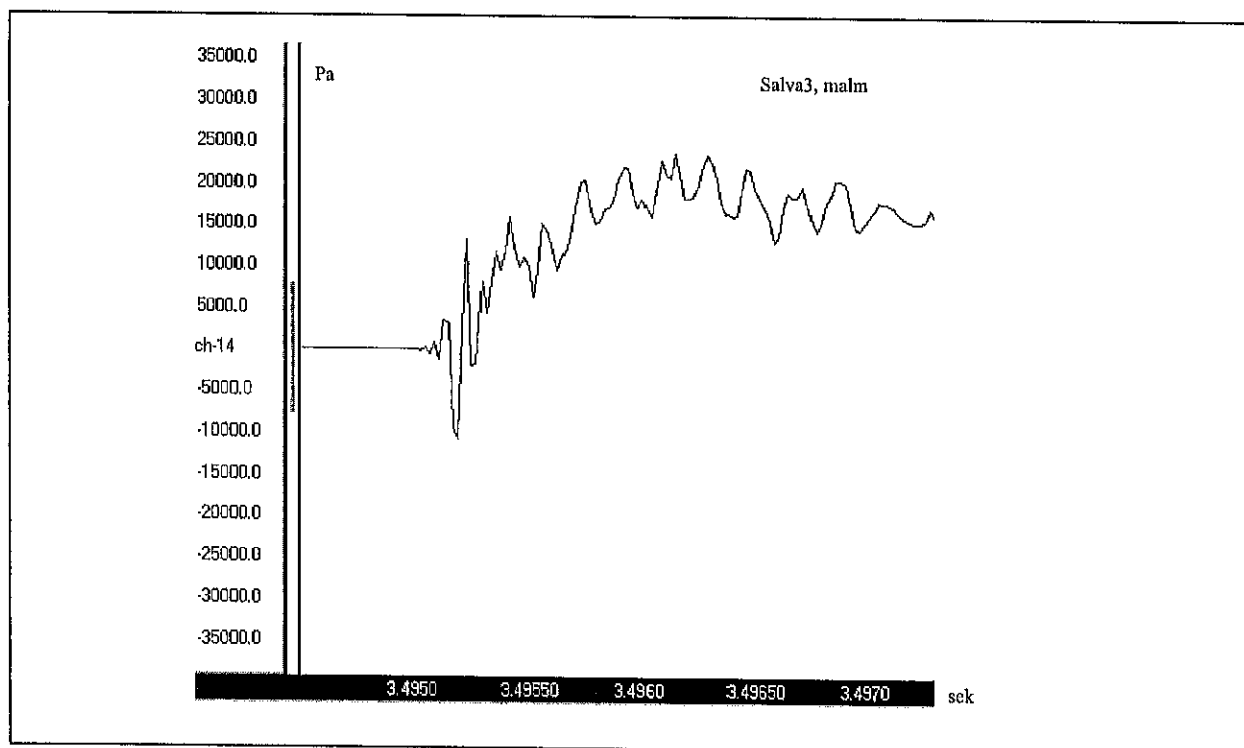


Bild 31. Salva 3, malm. Tryckpulsen är negativ.

Luftstötvmätning vid ortsprängning i Kiruna
SveBeFo-616

Tabell 5. Verkliga initieringstider och identifierade trycktoppar för salva 3, malm

Borrhål	Planerad tändplan	skillnad planerad	Acc.mät deltatid (ms)	skillnad acc.m	Acc.mät bandtid (s)	Acc.värde (kengunit)	Lsv.mät deltatid	Lsv.mät bandtid (s)	Tryck (Pa)	stigtid
	0		0		3.35	6	140ms	3.50	24000	
	100	100	2	2		13				
	200	100	4	2		6				
	300	100	6 ?	2		0.5				
	400	100	400	394	3.75	3				
	500	100	500	100	3.85	26				
	600	100	600	100	3.95	21				
	700	100	700	100	4.05	4				
	782	82	785	85	4.13	0.6				
	878	96								
	882	4	885	100	4.23	12				
	944	62	948	63	4.30	2				
	953	9	956	8	4.31	9				
	981	28	984	28	4.33	4				
	1017	36	1020	36	4.37	1				
	1055	38	1057	37	4.41	12				
	1200	145								
	1346	146	1349	292	4.70	9				
	1426	80	1429	80	4.77	1				
	1523	97	1524	95	4.88	17				
	1560	37	1562	38	4.92	1				
	1623	63	1624	62	4.98	22				
	1666	43	1667	43	5.02	1				
	1709	43	1710	43	5.07	4				
	1775	66	1776	66	5.13	4				
	1791	16	1792	16	5.15	8				
	1872	81	1874	82	5.23	0.5				
	1959	87	31961	87	5.32	0.5				
	2083	124	2085	124	5.44	1				
	2217	134	2219	134	5.57	26				
	2322	105	2323	104	5.68	19				
	2446	124	2449	126	5.81	2				
	2583	137	2585	136	5.94	0.3				
	2646	63	2648	63	6.01	26				
h. 2 hj. övre	2783	137	2787	139	6.14	7	155	6.30	1800	3msstigtid
v. 1 hj. mitt	3121	338	3124	337	6.48	0.4	155	6.64	1600	54ms
h. 1 hj. mitt	3321	200	3324	200	6.68	26	155	6.84	2300	
	3452	131	3458	134	6.82	0.4				
	3498	46	3503	45	6.86	0.5				
	3679	181	3684	181	7.05	10				
h. 1 hj. övre	3802	123	3808	124	7.17	14		7.32	2400	
	3927	125	3933	125:26	7.29, 7.33	26, 2				
h. vägg	4103	176	4109	176	7.47	1	155 ms	7.62	500	
	4283	176	4288	179	7.65	9				
	4432	149	4438	150	7.80	20				
tak+ v.vägg	4550	118	4556	118	7.93	0.1	148-158 ms	8.07	1800	var48ms
sula	4688	138	4695	139	8.06	0.5				
sula	4878	190	4885	190	8.25	1				
sula	4918	40	4925	40	8.28	3				
sula	4949	31	4955	30	8.33	0.4				
sula	4975	26	4981	26	8.35	3				
sula	4996	21	5002	21	8.37	1				
sula	5051	55	5057	55	8.42	0.3				
sula	5291	240	5297	240	8.66	1				
sula	5563	272	5571	274	8.94	0.1				
sula	5868	305	5876	305	9.25	4				

5.4 Salva 4, malm

Mikrofonerna var placerade på samma avstånd, 60 m i från fronten. Den verkliga tändplanen visas i bild 32. Bild 33 visar acceleration- och tryckvågsmätningen. En störningen med en varaktighet på ca 1.0 s noteras efter drygt 1.0 s (4,0-5.0 s). Verkliga initieringstider och identifierade trycktoppar för salva 4, malm redovisas i tabell 6.

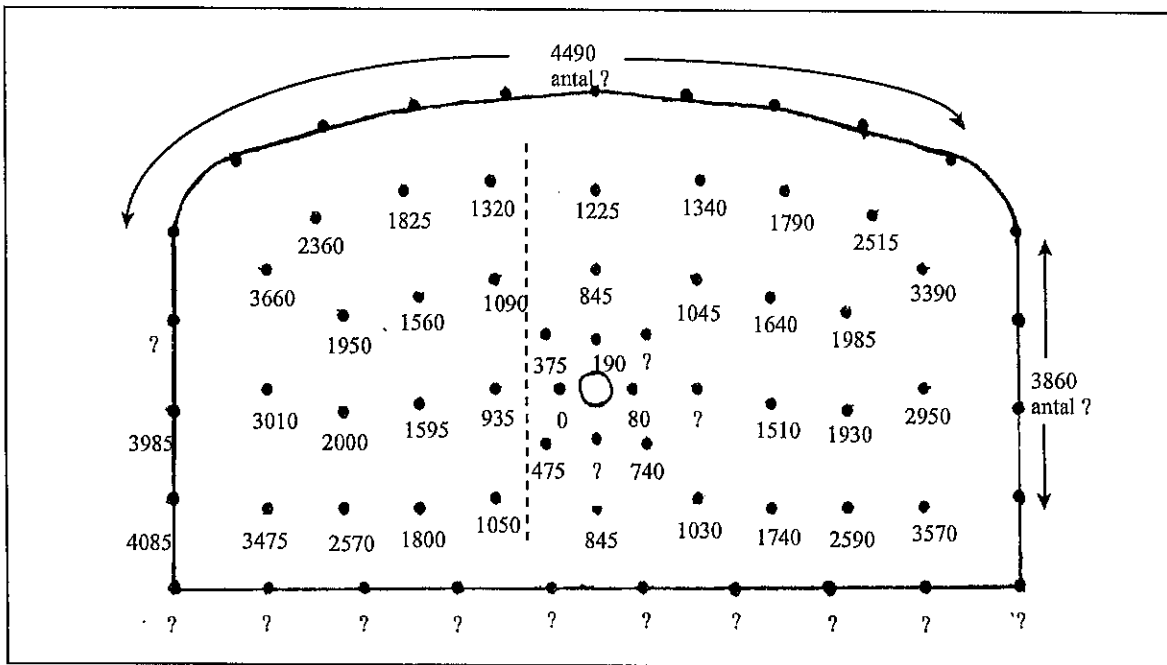


Bild 32. Verklig tändplan för salva 4, malm.

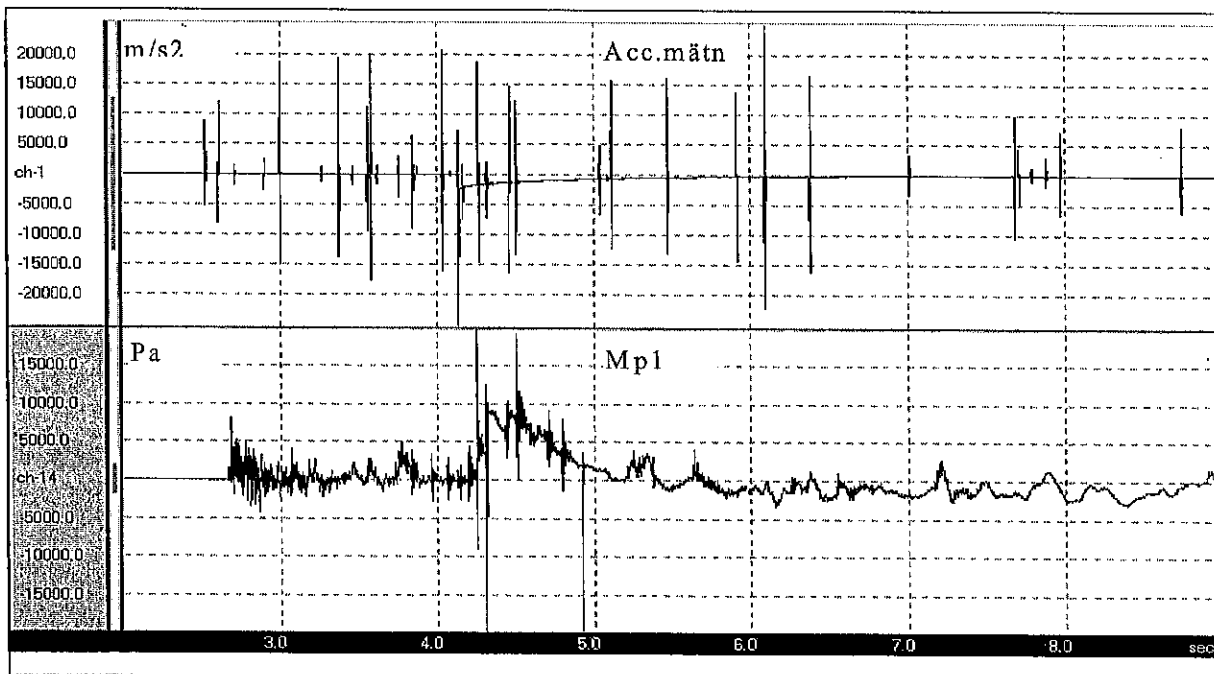


Bild 33. Tryckvågsmätning för salva 4, malm.

Luftstötvmätning vid ortsprängning i Kiruna
SveBeFo-616

Tabell 6. Verklig initieringstider och identifierade trycktoppar för salva 4, malm.

Borrhål	Planerad tändplan	skillnad	Acc.smät (ms)	skillnad	Acc.smät bandtid (s)	Acc.värde (kengunit)	Lsv.mät (ms)	Lsv.mät bandtid (s)	Tryck (Pa)	Stigtid
	0		0		2,53	9	135-160	2,66 :2,69	1600:1800	
	100	100	80	80	2,61	12				
	200	100	190	110	2,72	2				
	300	100								
	400	100	375	?	2,90	3	170 ms	3,07	4000	
	500	100	475	100	3,00	19	171 ms	3,18	3400	
	600	100								
	700	100	740	?	3,27	1				
	800	100	845	105	3,38	20				
	800	0	845	0	3,38	2				
	900	100	935	90	3,46	1				
	900	0								
	1000	100	1030	?	3,56	11				
	1000	0	1045	15	3,58	2				
	1000	0	1050	5	3,58	20				
	1000	0	1090	40	3,62	2				
	1200	200	1225	135	3,76	3				
	1400	200	1320	95	3,85	6				
	1400	0	1340	20	3,87	1				
	1534	134	1510	170	4,04	21				
	1581	47	1560	50	4,09	0,5				
	1618	37	1595	35	4,13	1				
	1662	44	1640	45	4,17	2				
	1763	101	1740	100	4,27	19				
	1814	51	1790	50	4,32	2				
	1825	11	1800	10	4,35	1				
	1848	23	1825	25	4,36	1				
	1958	110	1930	105	4,47	15				
	1972	14	1950	20	4,48	1				
	2005	33	1985	35	4,51	12				
	2021	16	2000	15	4,53	1				
	2382	361	2360	360	4,9	1				
h 2 hj ö	2535	153	2515	155	5,05	5		5,21	1300	3 ms
	2587	52	2570	55	5,1	0,1				
	2611	24	2590	20	5,12	16		5,29	1200	3 ms
h.1 hj. mitt	2966	355	2950	360	5,48	16	160 ms	5,64	3900	3 ms
	3024	58	3005	55	5,54	0,3				
h 1 hj ö	3406	382	3390	385	5,92	14	163 ms	6,09	1300	20 ms
	3488	82	3475	85	6	0,1				
h 1 hj ne	3584	96	3570	95	6,1	29	162 msw	6,26	1900	3 ms
	3676	92	3660	90	6,19	0,2				
h.vägg		200	3860	200	6,39	17	162 ms	6,55	3300	3 ms
	4001	125	3985	125	6,52	0,01				
	4101	100	4085	100	6,62	0,01				
	4201	100								
tak	4501	300	4490	?	7,02	4	163-194 ms	7,18	3900	32 ms
	5000	499	5145	655	7,68	0,4				
	5000	0	5160	15	7,69	10				
	5000	0	5185	25	7,72	5				
	5000	0	5260	75	7,8	1				
	5000	0	5360	100	7,89	3				
	5000	0	5445	85	7,98	8				
	5000	0								
	5000	0								
	6000	1000	6215	?	8,74	8				
	6000	0								

5.5 Salva 5, malm

Mikrofon Mp2 var placerade på avståndet 60 m och mikrofon Mp1, 65 m i från fronten. De verkliga upptändningstiderna för salva 5 visas i bild 34. Bild 35 visar acceleration- och tryckvågsmätningarna. Över hela registreringen finns ett 50 Hz brus som kommer från högspänningskablar som mätkabeln passerar på vägen mellan mikrofon och registreringsenhet.

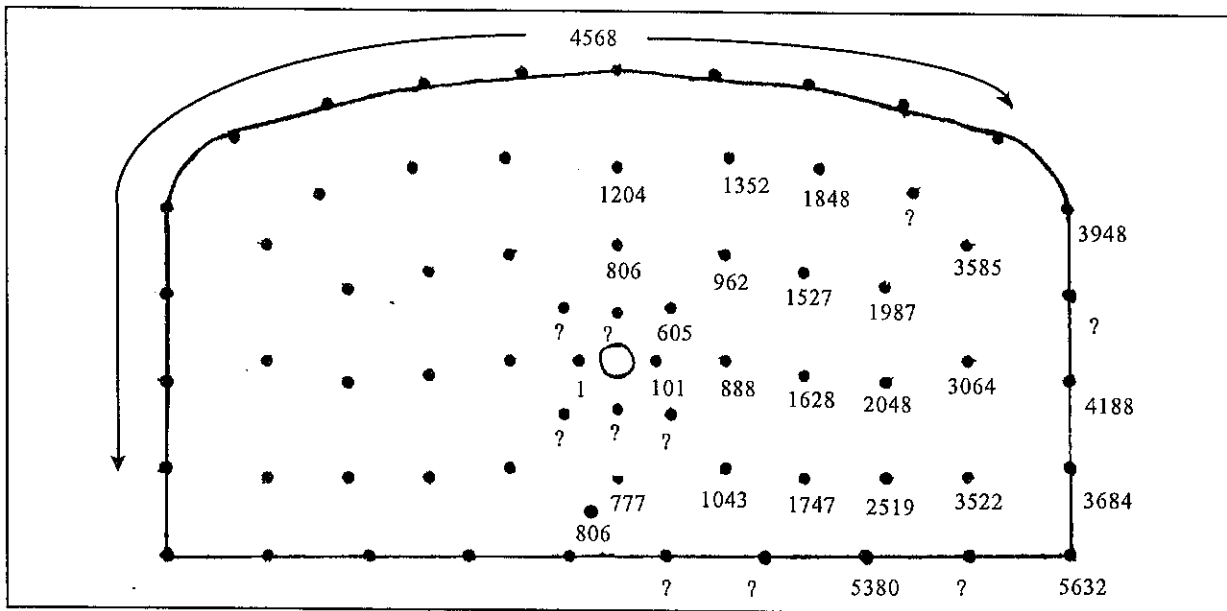


Bild 34. Verklig tändplan för salva 5, malm.

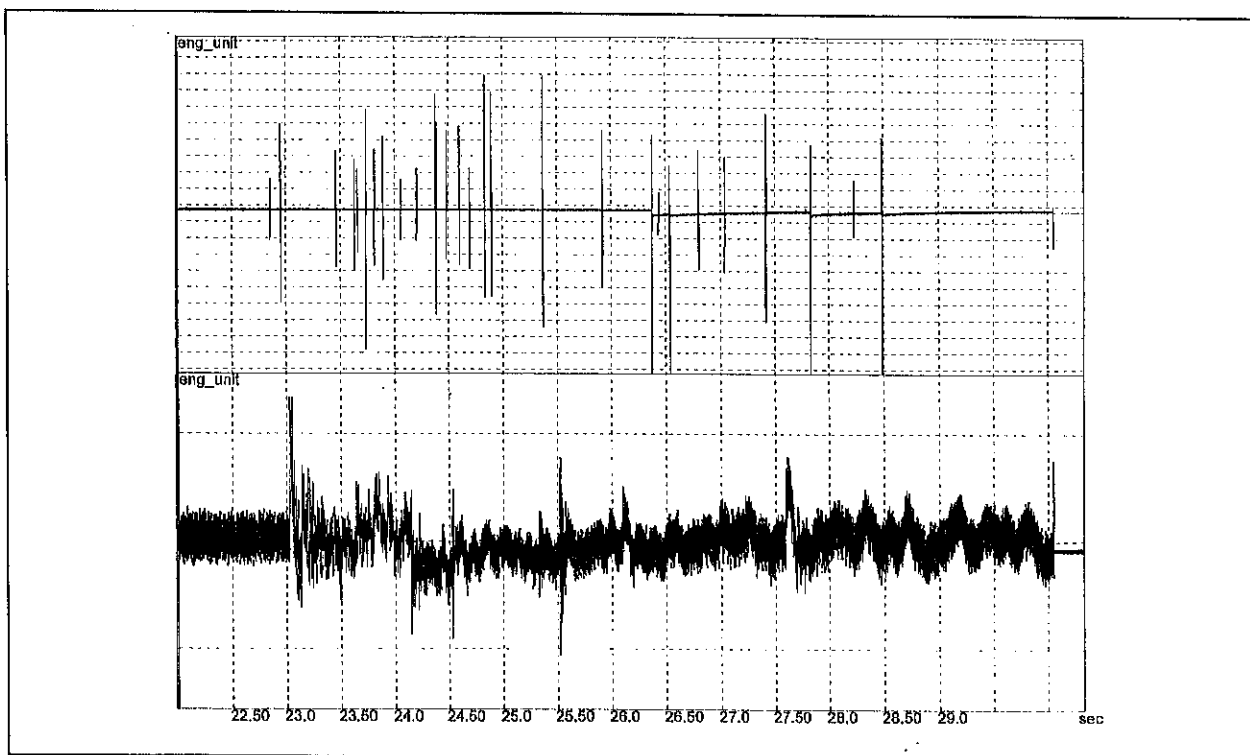


Bild 35. Tryckvågsmätning för salva 5, malm.

5.6 Salva 6, malm

Mikrofon Mp2 var placerade på avståndet 65 m och mikrofon Mp1, 70 m i från fronten. Den verkliga tändplanen för kilen i salva 6 visas i bild 36. Bild 37 visar acceleration- och tryckvågsmätningarna.

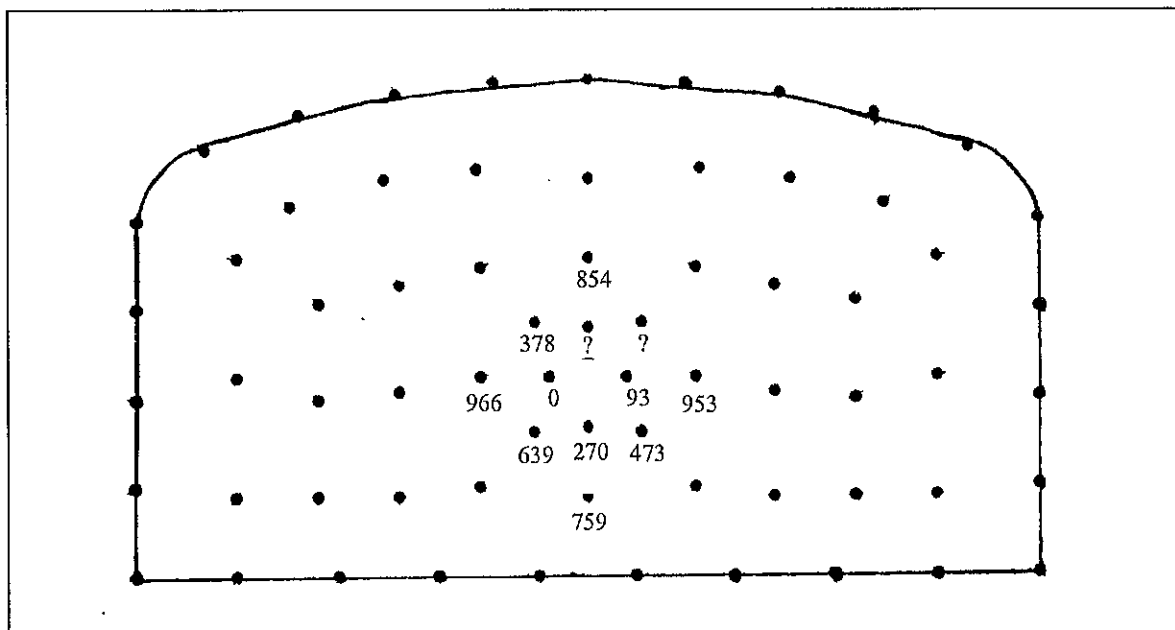


Bild 36. Verklig tändplan för kilen i salva 6, malm.

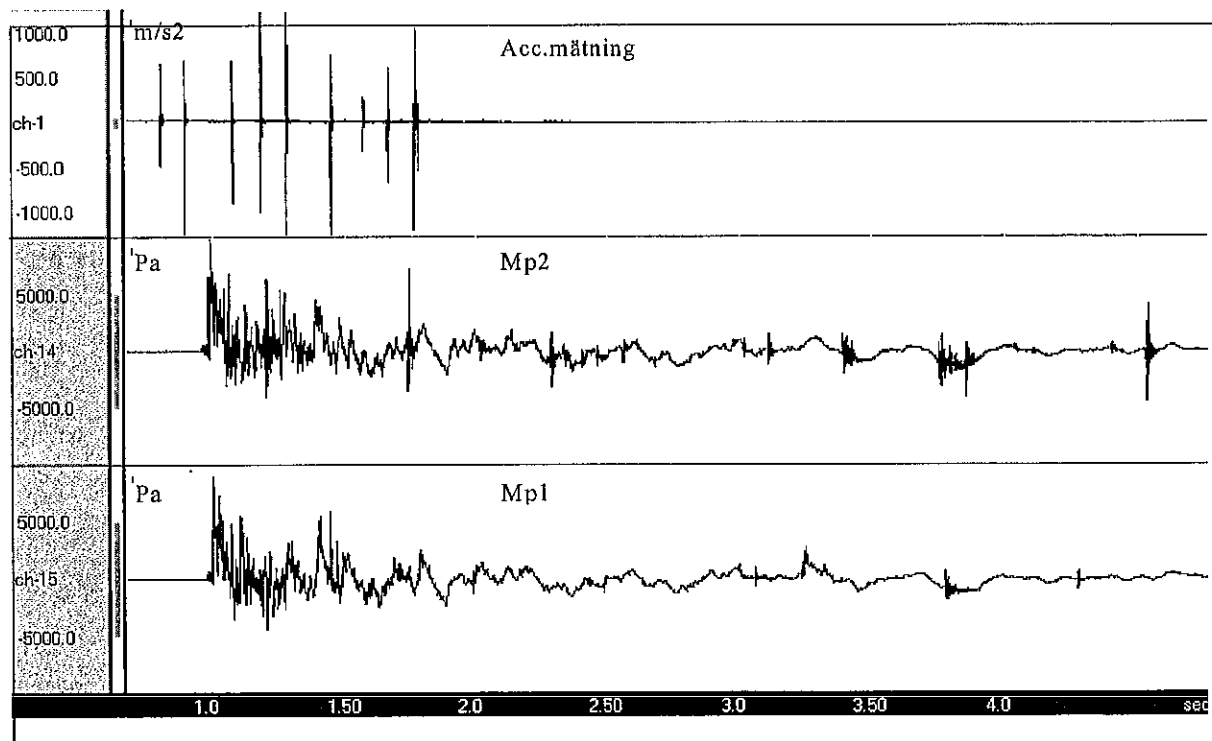


Bild 37. Tryckvågsmätning för kilen i salva 6, malm.

6 TRYCKVÅGENS ÖKNING OCH IDENTIFIERING , MALMFÖRSÖK

En målsättning var att få kännedom om trycknivåerna i salvan. Vid utvärdering av tryckmätningarna från försöken visade det sig att det inte var självklart vilket borrhål de olika tryckpulserna kom ifrån. Det visade sig att registreringen innehöll flera tryckpulser, dvs störningar, än vad det fanns detonerande borrhål. Dessa störningar hade en trycknivå som var i samma storleksordning som tryckpulserna i från borrhålen, detta gjorde utvärderingen mycket svårtolkad. Accelerationsmätningen kom att användas i ett försök att kunna fastställa en tryckpuls till rätt borrhål.

6.1 Svängande tryckökning

Vid utvärderingen visade det sig att från första borrhålet registrerades en tryckhändelse som för flera salvor innehöll flera svängande tryckökningar. Den första har alltid lägre värde den andra. Den andra infaller ca 20-25 ms efter den första. Trycknivån mellan dessa svängningar är mycket stor. Trycket från första är ca 1600 Pa och för andra "svängningen" ca 8000 Pa dvs faktor 5. I salva 2 är denna faktor 10 se bilaga 4. Dessa svängningar sker troligtvis inte endast för första borrhålet men är där tydligast.

Denna svängning kan uppkomma genom omvandlaren i detta fall mikrofonen. Källan till denna svängning kan vara:

- mekanisk resonans i någon del av omvandlaren,
- akustisk resonans i någon öppning eller ojämnhet,
- aerodynamisk svängning i flödet beroende på diffraktion av vågorna.

Dessa uppgifter går att läsa om i kurslitteraturen "Dynamic pressure measurement technology" från Alvetec. Enligt den skulle den första svängning vara från borrhålet och de följande vara reflekterad våg. I bild 38 visas tryckhändelsen för salva 4, malm, de andra kan ses i bilaga 2

Svängning skulle också kunna bero på en reflexion. Den troligaste reflexionsyta borde vara i tvärortens vägg. Från mikrofonen till vägg är avståndet 30 m fram och tillbaka med en tryckvågshastighet på ca 385 m/s skulle det ta ca 80 ms. Därmed kan denna reflexionsyta inte ge denna svängning. Det finns ingen annan given reflexionsyta.

Vad det än är som åstadkommer denna svängning så ger det problem i mätningen av trycknivån från alla borrhål förutom det första. Troligtvis är det dessa svängande trycktoppar som syns i registreringen. Vilkas trycknivåer kan vara mellan 5 och 10 gånger större än de som egentligen åstadkoms från borrhålet. Mer om detta senare.

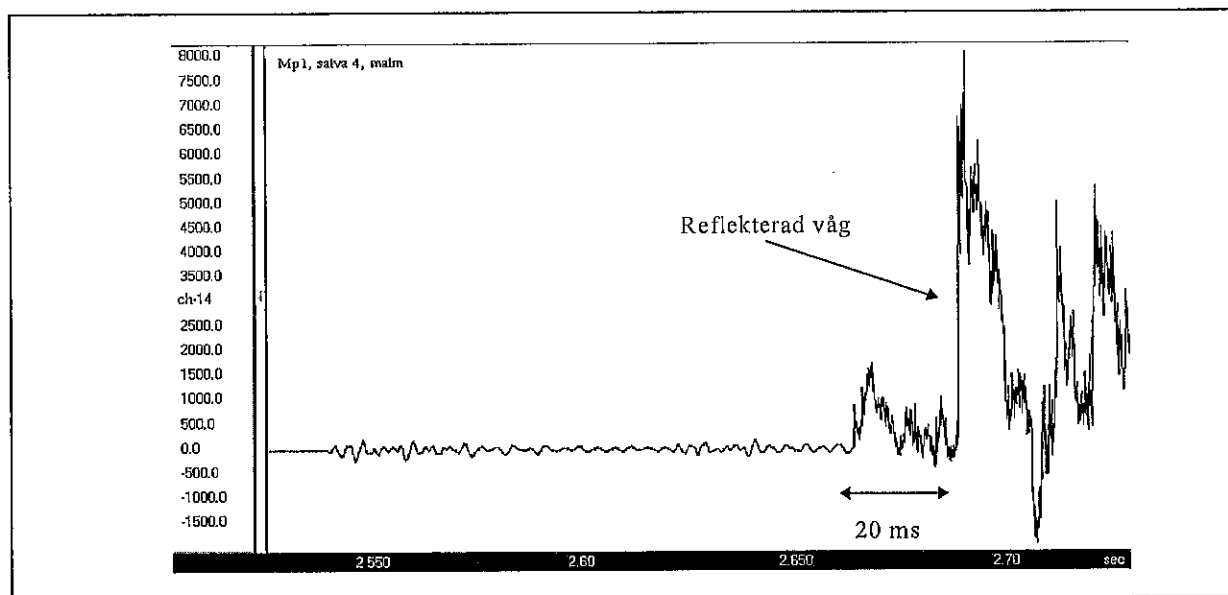


Bild 38. Exempel på en reflekterad våg, salva 4, malm.

6.2 Tryckpuls identifiering

Det tar lång tid för trycket att återgå till den trycknivå som rådde innan sprängningen ägde rum. Från salva 6 där endast kilen sköts låg trycknivå efter 10 sek efter detonation på ca 500 Pa och efter ytterligare 10 sek på ca 300 Pa. För en hel salva, salva 2 var trycket efter 16 sek ca 1000 Pa. Att trycknivån inte går ner till nollnivån mellan intervallerna i salvan gör att en identifiering av samtliga borrhål omöjliggörs.

Trots att man hade accelerationsmätningen som hjälp var det mycket svårt att utvärdera materialet dvs att identifiera tryckpulsen till rätt borrhål. Detta beroende på att trycket inte hann återgå till nollnivån mellan intervallerna. Genom att tidsförskjuta accelerations- och tryckmätningen kunde det konstateras att minst tre accelerations- och tryckpulser hade god överensstämmelse, se bild 39. Trycket utvärderades därmed för dessa tre "borrhål". Bild 40 visar var i salvan dessa borrhål är placerade.

Totalt sett har salvan 68 borrhål, i denna studie skall endast den högra sidan av salvan ingå, detta beror på att man vill vara riktigt säker på att accelerationsmätningen har haft möjlighet att registrera en "rörelse". Den högra sidan, som i detta fall innebär kilen och strosshålen och i salva 1 och 3 även väggens borrhål. Tak- och vägghålen (salva 2 och 4) sprängdes momentant varmed man inte kan bekräfta i accelerationsregistreringen hur många hål som detonerat. Det kunde konstateras att för salva 1, 2, 3, 4, 5 och 6 hade följande andelar av högra sidan av salvan detonerat: ca 94, 70, 80, 90, inte känt och 83 %.

Utvärdering av tryckpulsidentifieringen är gjord för följande borrhål eller borrhålsgrupper;

- borrhål nummer 0,
- mitten borrhålet av de tre borrhålen i högersidas första hjälparrad,
- takhålen eller taket och vänstra sidans vägghål

I salvorna 2 och 4 initieras de fyra vägghålen på högra sidan momentant. För salvorna 2, 3 och 5 tänds takhålen och vänster väggens borrhål upp momentant. I salvorna 1 och 4 initieras takhålen momentant, se tabell 7.

Identifiering av trycktoppar till rätt borrhål visas i bilderna 41 tom 45. Notera att tryckpulsen finns i båda mikrofonerna. I bilderna är det angivet när respektive borrhål verkligen initierades. Identifiering gjordes med hjälp av fördröjningstiden, dvs den tiden från att borrhålet registrerats på accelerometermätningen till att en trycktopp registrerades i tryckmätningen. Detta gjordes för första borrhålet där signalen var tydlig för tryckmätningen. Den ungefärliga tiden användes sedan för att identifiera andra borrhål. Som tidigare nämnts kunde man tidsförskjuta de olika mätningarna och på så sätt identifiera borrhålen.

Tabell 7. Vilka borrhål som har momentan upptändning med elektronik sprängkapslar.

Salva	Vägghål, höger sida	Vägghål, vänster sida och takhål	Tak
1			momentan
2	momentan	momentan	
3		momentan	
4	monmentan		momentan*
5		momentan	

* plus ett vägghål

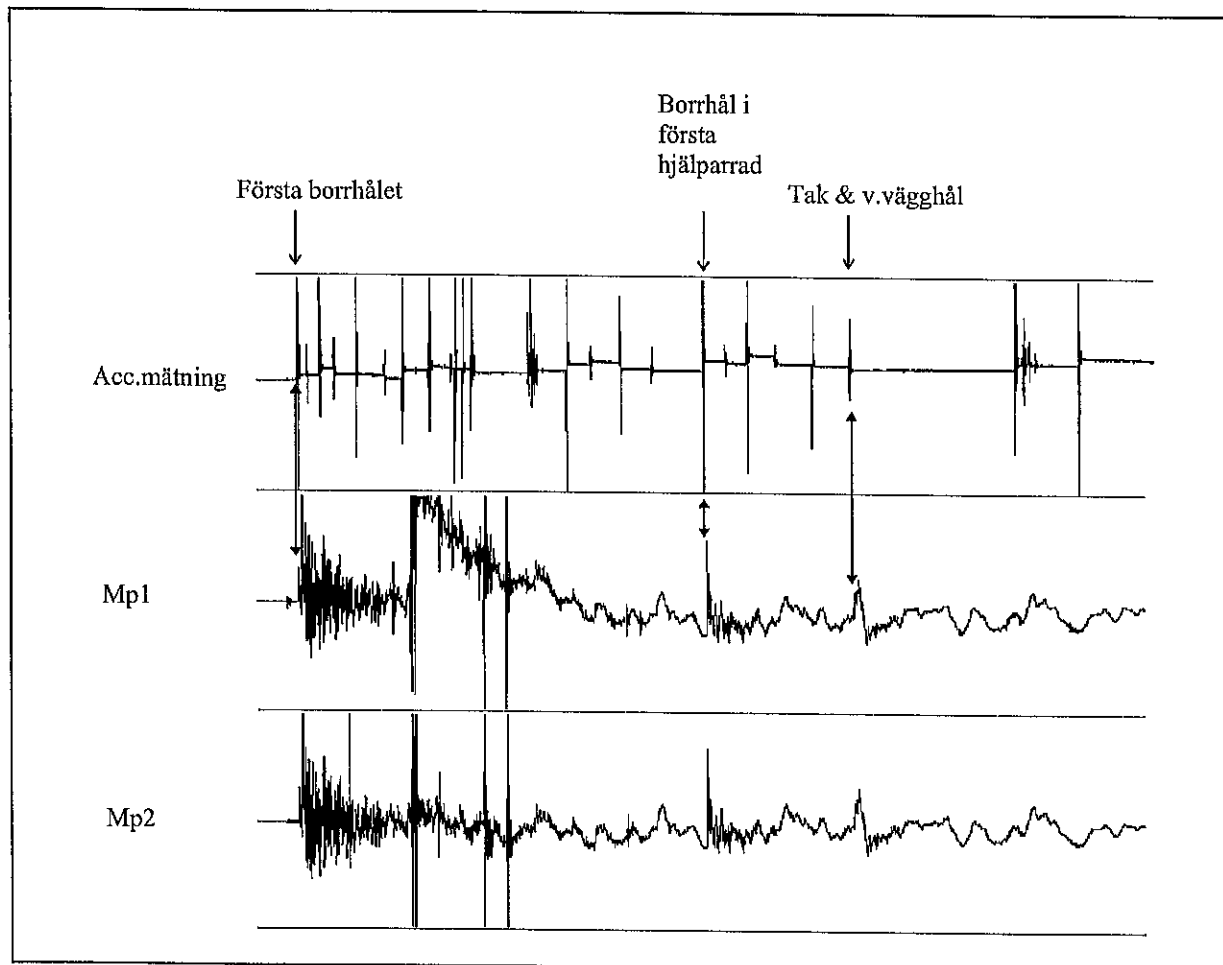


Bild. 39. Salva 2. Mp1 och 2 är tidsförskjutna, för att visa att minst tre borrhål har god överensstämmelse mellan accelerations- och tryckmätningen.

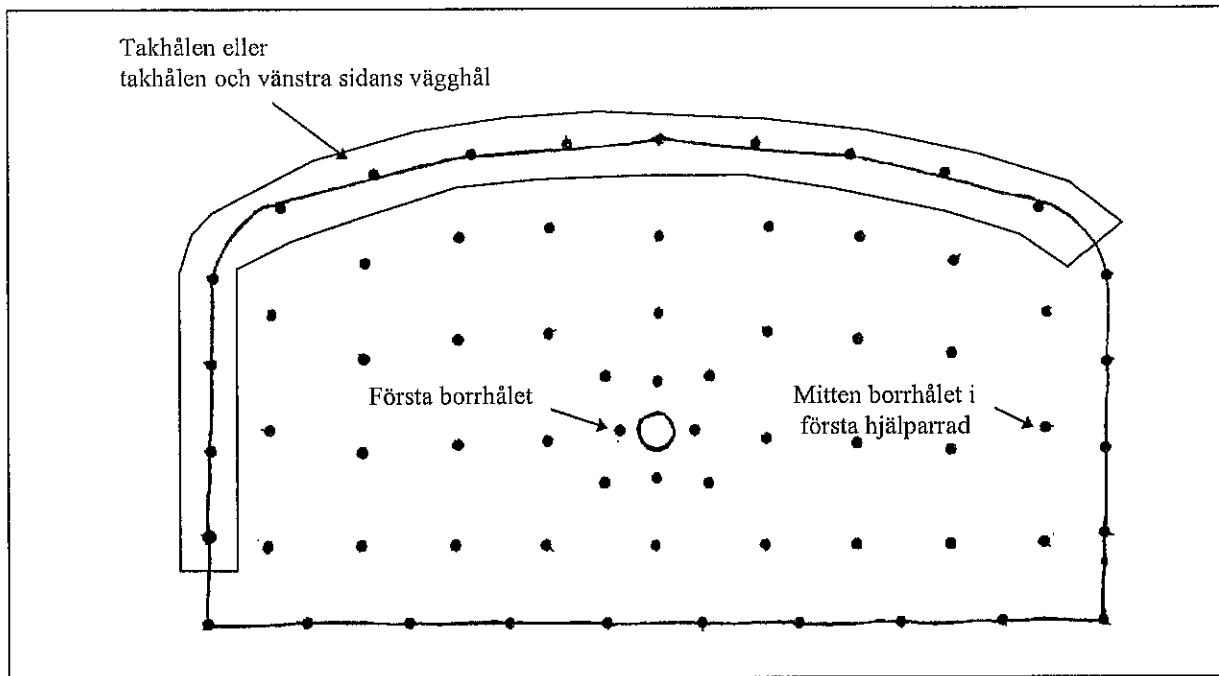


Bild 40. Trycken är beräknade för dessa borrhål och borrhålsgrupp.

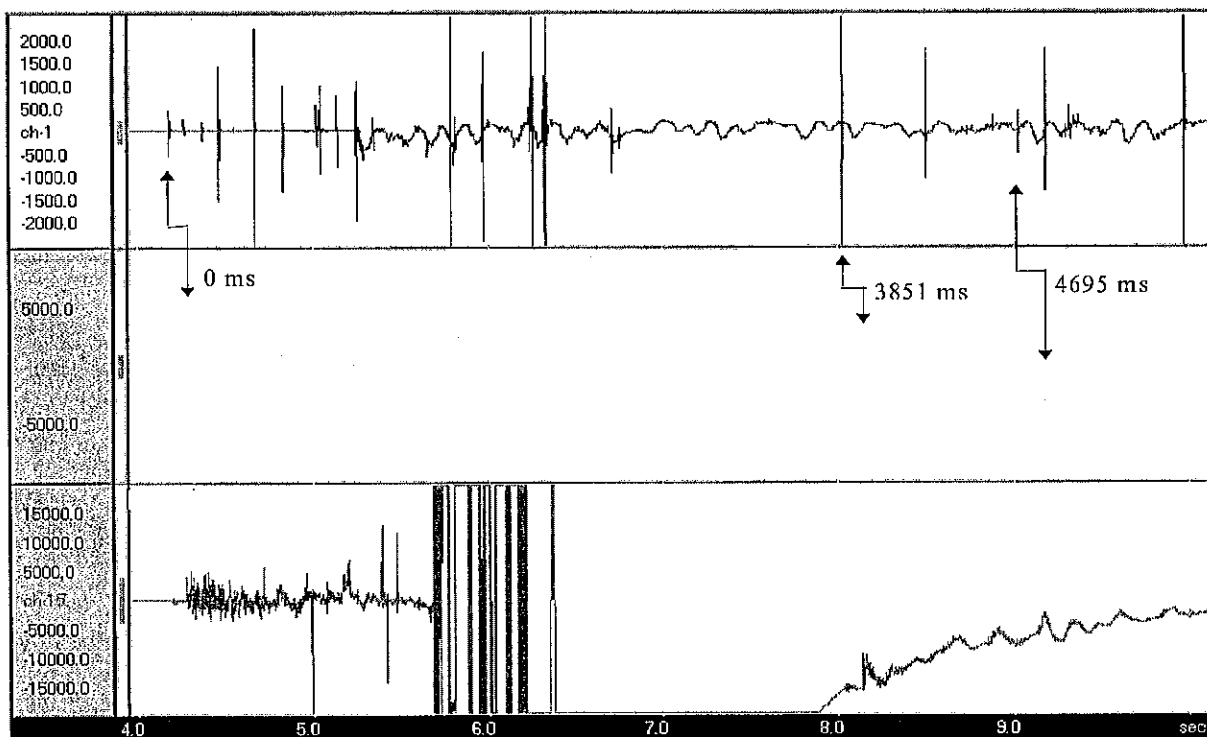


Bild 41. Identifierade trycktoppar med rätt borrhål, för salva 1, malm.

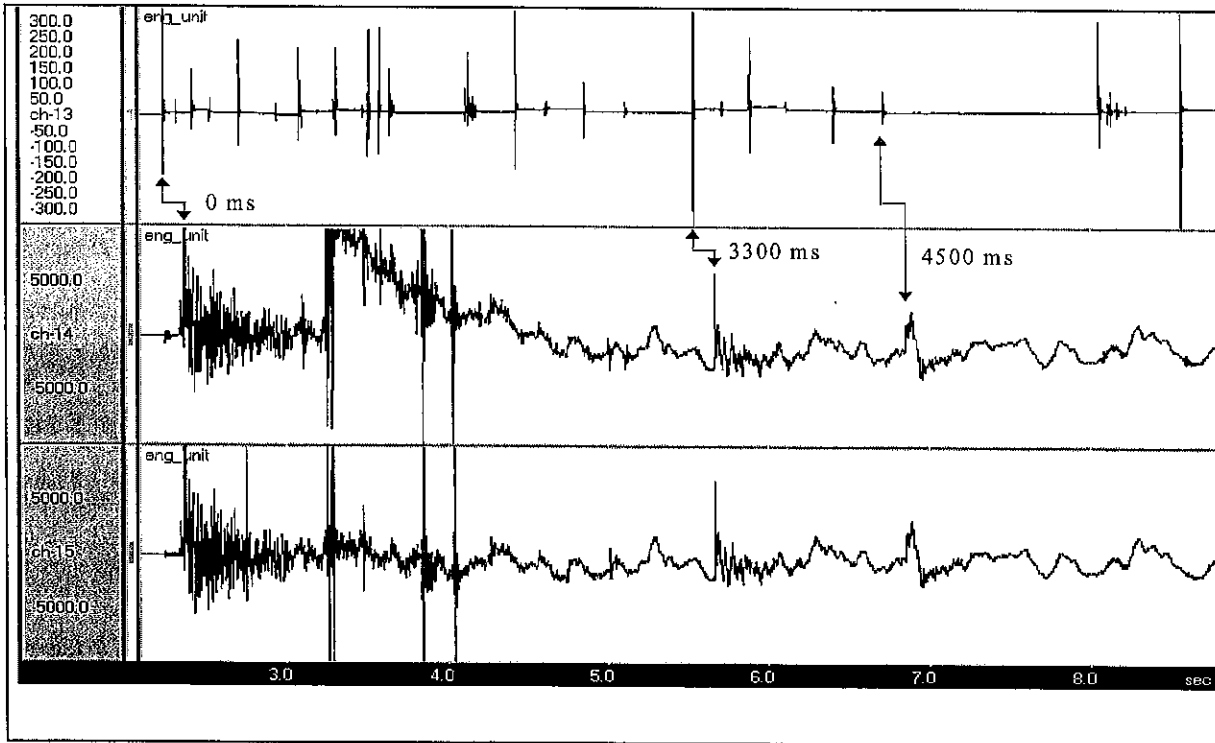


Bild 42. Identifierade trycktoppar med rätt borrhål, för salva 2, malm.

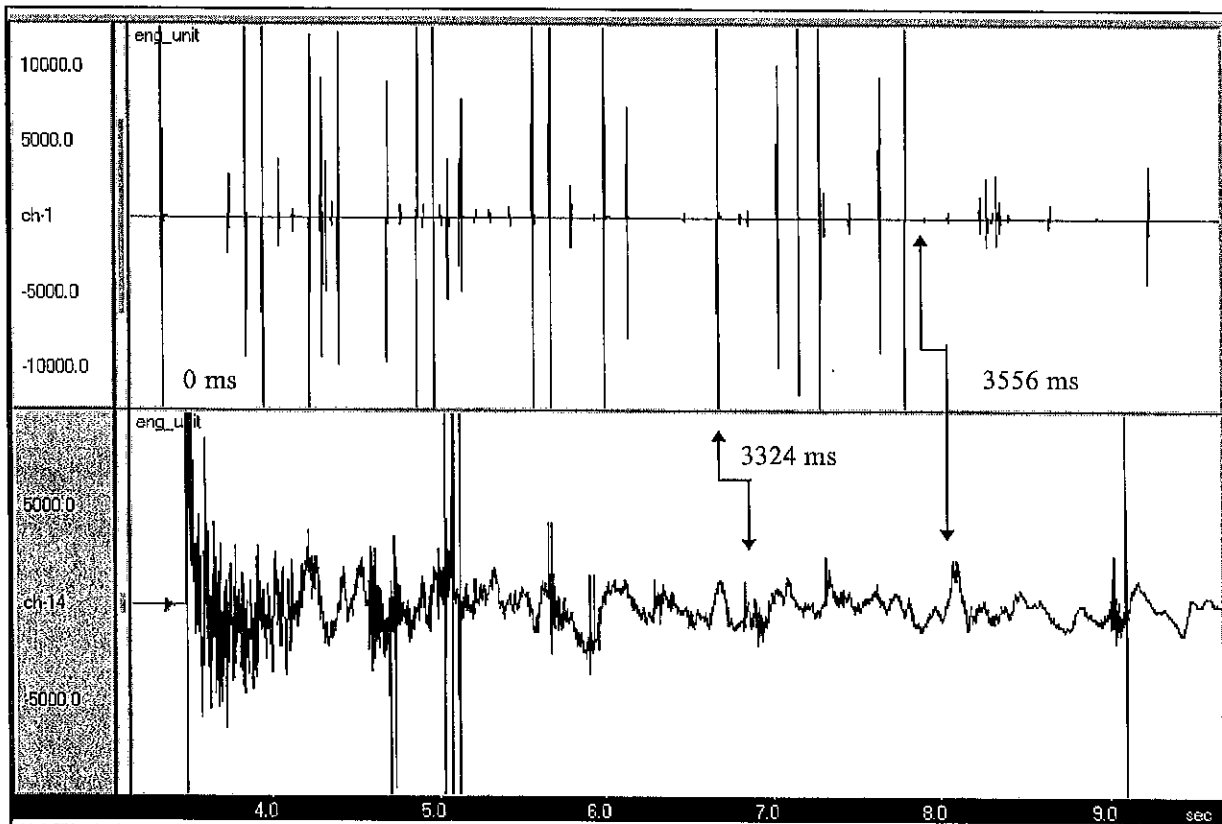


Bild 43. Identifierade trycktoppar med rätt borrhål, för salva 3, malm.

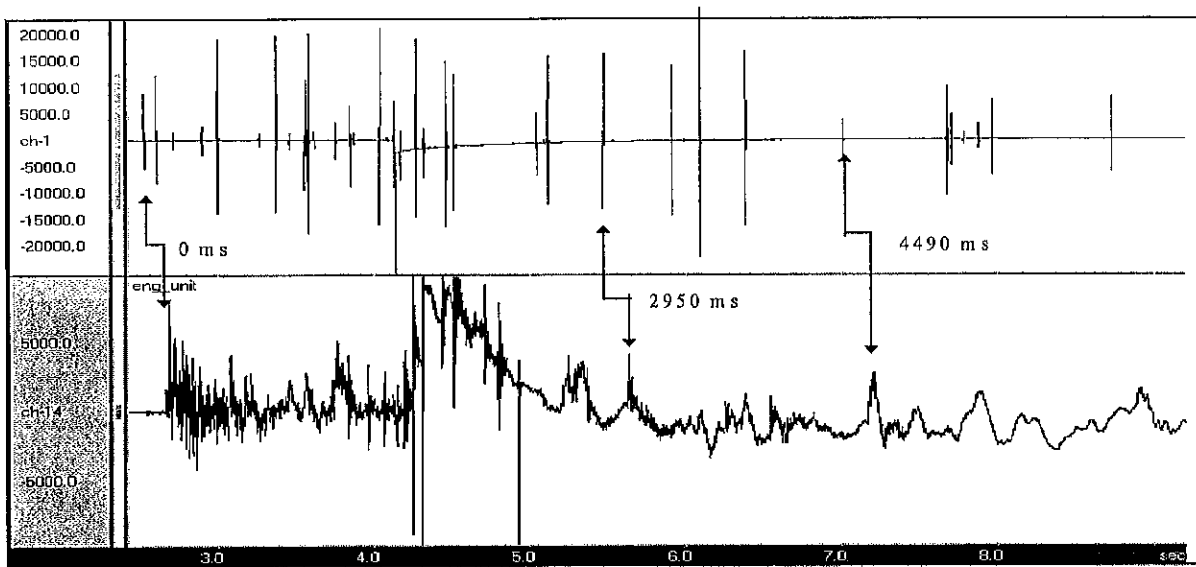


Bild 44. Identifierade trycktoppar med rätt borrhål, för salva 4, malm.

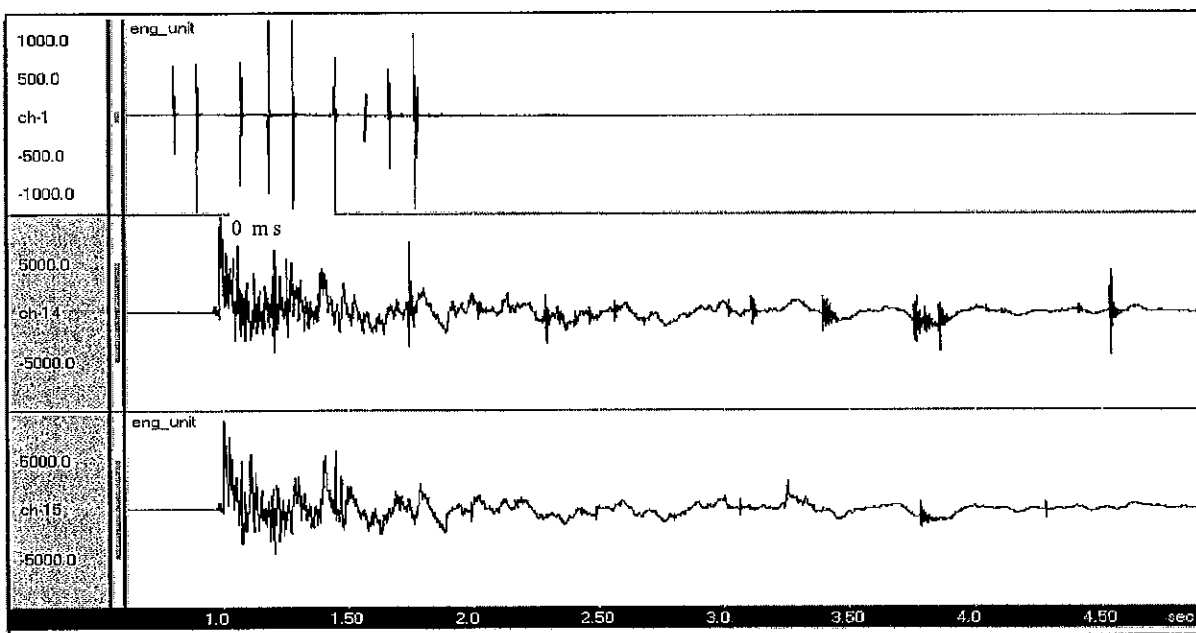


Bild 45. Identifierade trycktoppar med rätt borrhål, för salva 6 kil, malm

6.3 Tryckpulsens värde

Dessa trycknivåer som redovisas här är det maxtryck i den trycktopphändelse som registrerats. Dessa tryck kan med tanke på det som noterats tidigare vara 5-10 ggr högre för alla borrhål förutom det första i salvan. Trycket från första borrhålet i kilen ligger mellan 500- 1500 Pa för första och 4000-12500 Pa för den andra "ringningen", på ett avstånd 40-70 m. Detta borrhål är laddat med 18 kg pumpemulsion, se tabell 8. Signalen för salva 3 avviker gentemot de andra salvorna och kommer inte att tas med. För mittenborrhålet i första hjälpparraden varierar trycket från 2500 till 9000 Pa på avståndet 40-60 m, se tabell 9. Laddningsmängden är ca 10 kg. Förhållandena för dessa borrhål är inte detsamma, eftersom i några fall har troligtvis några tidigare borrhålen inte detonerat, detta markeras i tabellen. Tabell 10 redovisar trycket för takhålen eller taket och vänstra sidans vägghål. Trycknivån varierar mellan 2000-4000 Pa. Ingen skillnad i trycknivå är märkbar gällande om det är takets borrhål och vänstra väggens borrhål eller endast tak som detonerar. Här detonerar borrhålen momentant. Laddningsmängden för 9 takborrhål är 40 kg och för tak och vägg borrhålen 58 kg. Avståndet varierar mellan 40 och 60 m.

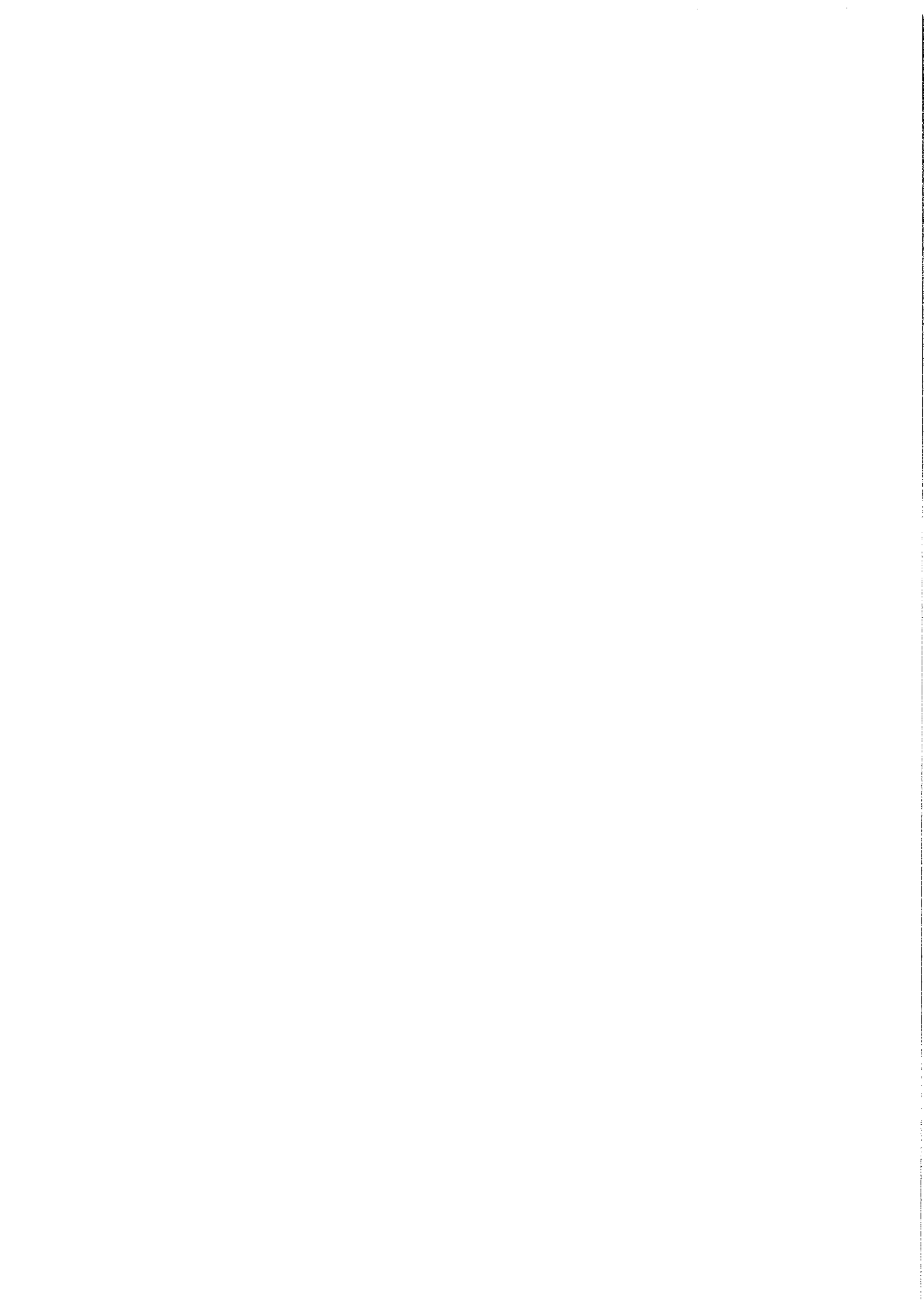
Tabell 8. Trycket för första borrhålet i salvan

Salva	Borrhål	Avstånd i från front, (m)	Tryck, (Pa)	Maxtryck, (Pa)
1	0	40	1500	5000
1	0	45	1500	4000
2	0	50	1500	12000
2	0	50	1000	12500
3*	0	55	3000	24000
4	0	60	1000	8000
5	0	60	inga fakta	8000
6 kil	0	65	500	11000
6 kil	0	70	500	9000

- Signalen har ej en brant front.

Tabell 9. Trycket för mitten borrhålet i första hjälpparraden på höger sida.

Salva	Borrhål	Avstånd i från front (m)	Antal borrhål ej detonerat i tidigare rad	Funktionskontroll (%)	Tryck (Pa)
1	3840	40	0	94	6000
1	3840	45	0	94	6000
2	3300	50	2	70	9000
2	3300	50	2	70	9000
3	3324	55	0	80	2500
4	2950	60	0	90	4000
5	3052	60	1	inga fakta	inga fakta



Tabell 10. Trycket för takhålen eller taket och vänstra sidans vägghål.

Salva	Borrhåls- grupp	Antal borrhål	Avstånd i från front (m)	Antal borrhål ej detonerat i tidigare rad	Funktions- kontroll, (%)	Tryck (Pa)
1	4695	9	40		94	3000
1	4695	9	45		94	3500
2 t+vv	4480	13	50		70	3500
2 t+vv	4480	13	50		70	3500
3 t+vv	4556	13	55		80	2000
4	4490	10	60		90	4000
5 t+vv	4568	13	60		inga fakta	inga fakta

t +vv betyder att tak och vänster vägg detonerade momentant

7 FREKVENNS, MALMFÖRSÖK

För att få kännedom om dominerande frekvenser i salvorna utförs med hjälp av det analysprogram som används (Sony Pcscan III) en "power spectrum density beräkning". Tyvärr så visar det sig att det inte går att detaljstudera en del av frekvensområde utan analysprogrammet visar endast hela frekvensspektrat. Detta breda frekvensområde gör att det ser ut som de dominerande frekvenserna är noll. Bild 46 visar ett sådant fall (salva 6 kil) där de dominerande frekvenserna verkar vara mycket låga, förutom runt 12000 Hz där det finns ett brus.

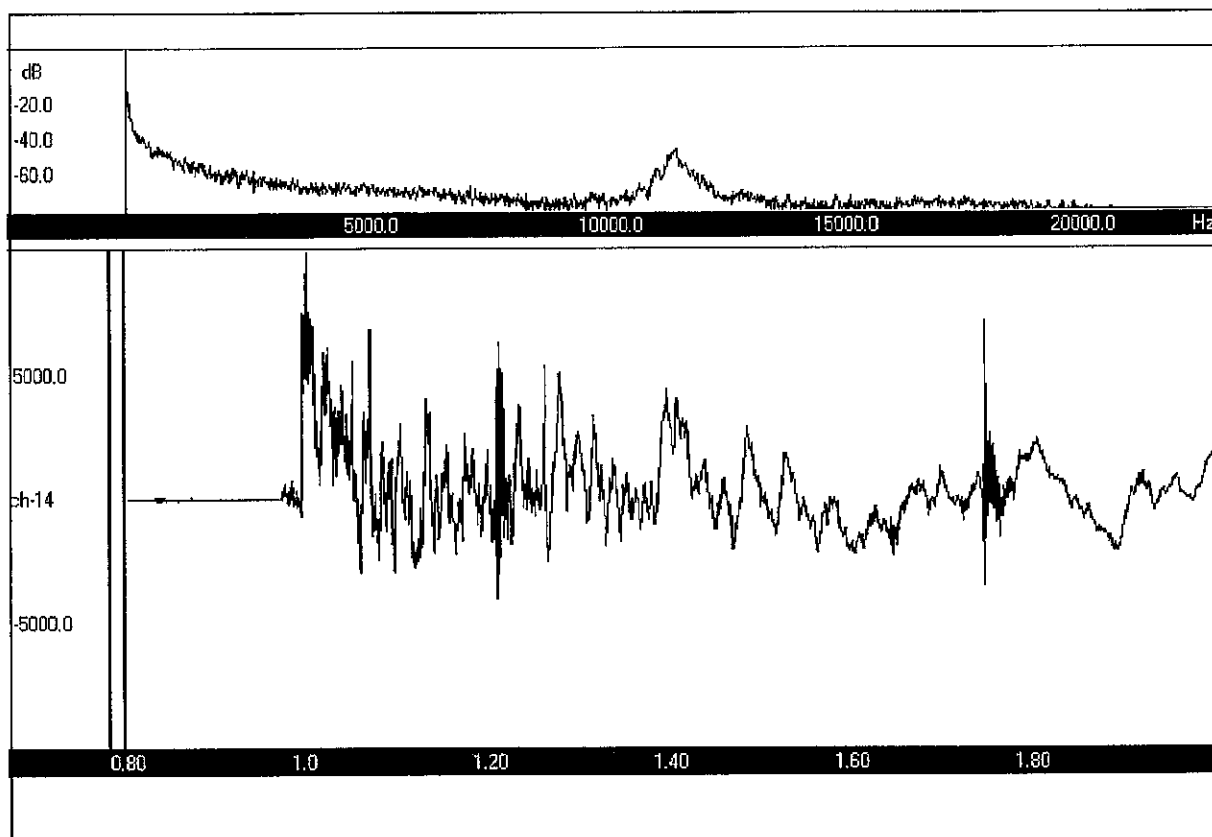


Bild 46. Ett energifrekvens diagram för salva 6, malm, kil. De dominerande frekvenserna är låga.

8 FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR MÄTNING I GRÅBERGSORT

8.1 Försöksplats

Andra omgången utfördes mätningarna på nivå 792 m i ort 44F, se bild 47. Denna ort är belägen i gråberg med en tvärsnittsarea av ca 21 m². Orten lutar lätt uppför, har svag vänster sväng och har två små nischer. Den främre nischen kommer att befinna sig mellan fronten och mikrofonuppställningen vid försöken. Även denna mätomgång utfördes parallellt med det tidigare nämnda projektet /3/.

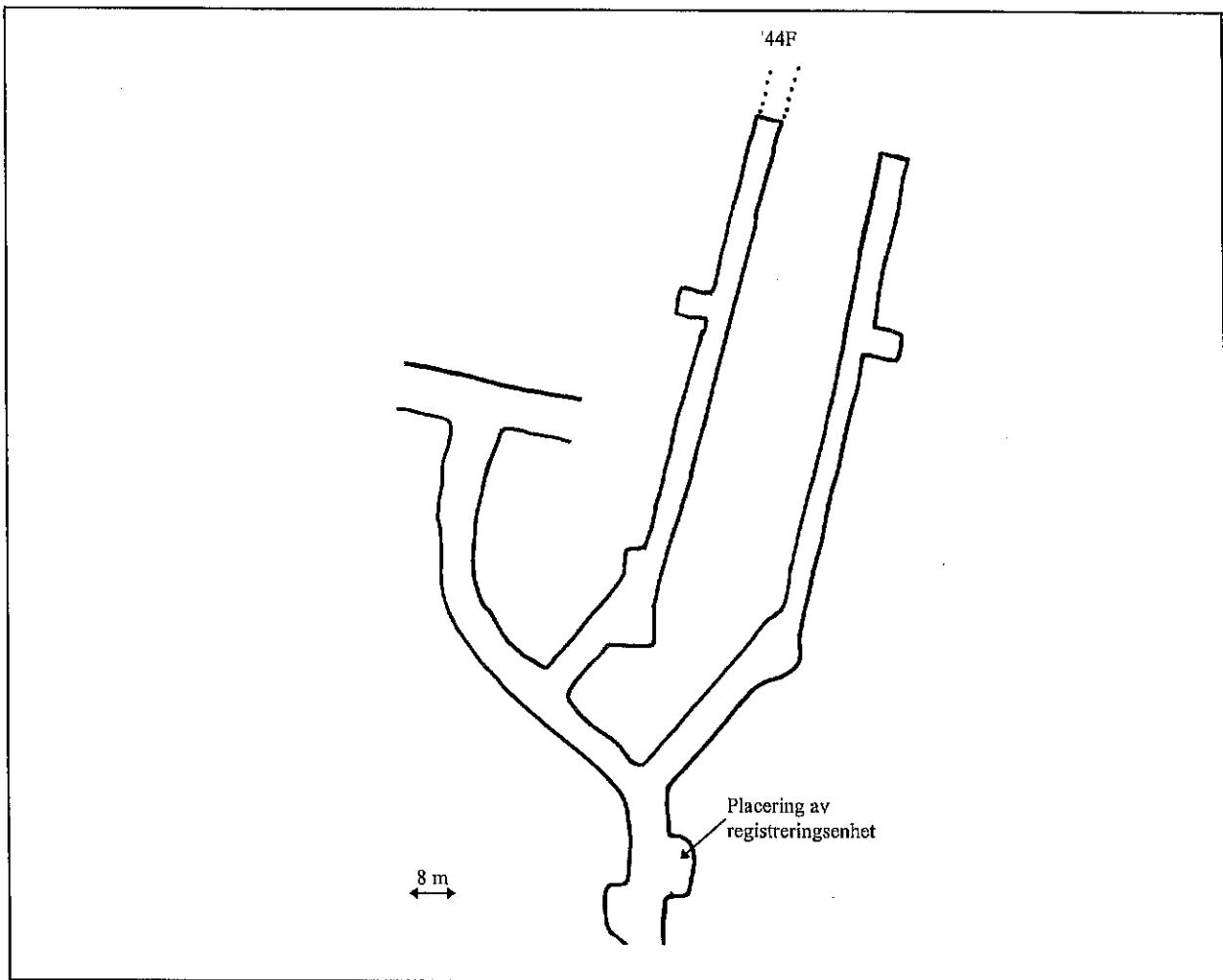


Bild 47. Tryckvågsmätning i ort 44F nivå 792 i Kiruna gruva.

8.2 Borrplan, laddplan och initieringssystem, gråbergförsök

Försöksorten var ca 5,0 m bred och 4,5 m hög. Arean var ca 21 m², borrhålen var 5,0 m djupa. Även denna omgång utfördes försöken med LKAB:s ordinarie borrar- och laddplan. Håldiametern var 48 mm och antal borrhål var 57 st var av 6 st var oladdade. Borrplanen var lika för de 3 uppföljda salvorna medan laddplanen ändrades för salva 4. Tekniska data för de sprängämnen som användes är de samma som för salvorna i malm. Upptändningen skedde som i malmsalvorna med två olika system.

8.3 Mikrofonupphängningen, gråbergsförsök

En förändring av mikrofonupphängningen gjordes, beroende på att registreringarna från tidigare salvor gav en högfrekvent signal i början av salvan och att troligtvis bergvägen registreras först. Efter diskussion med personal på FOA i Märsta, beslöts att testa att mikrofonen placerades i ett metallrör, se bild 48. Röret var ca 0.50 m långt delat i två delar som bilden visar och hade en diameter på ca 33 mm med en godstjocklek på ca 3 mm.

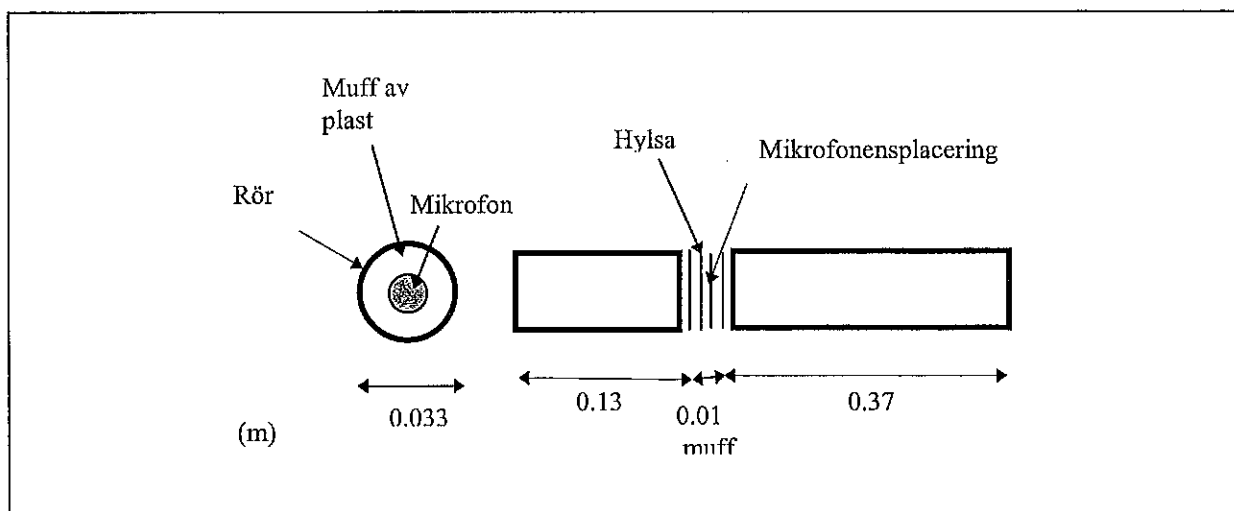


Bild 48. Röret.

Röret med mikrofonen placerades på en specialgjord metallställning. Ställningen bestod av två 1.30 m stänger med klyka i ena änden. Stängerna var gängade i den andra änden för montering i en tunga platta som utgjorde foten i konstruktionen, se bild 49. Röret monterades fast med hjälp av breda gummiband för att få en mjuk upphängning. Konstruktionen placerades i mitten av orten. De andra mikrofonerna placerades direkt på den främre stängen.

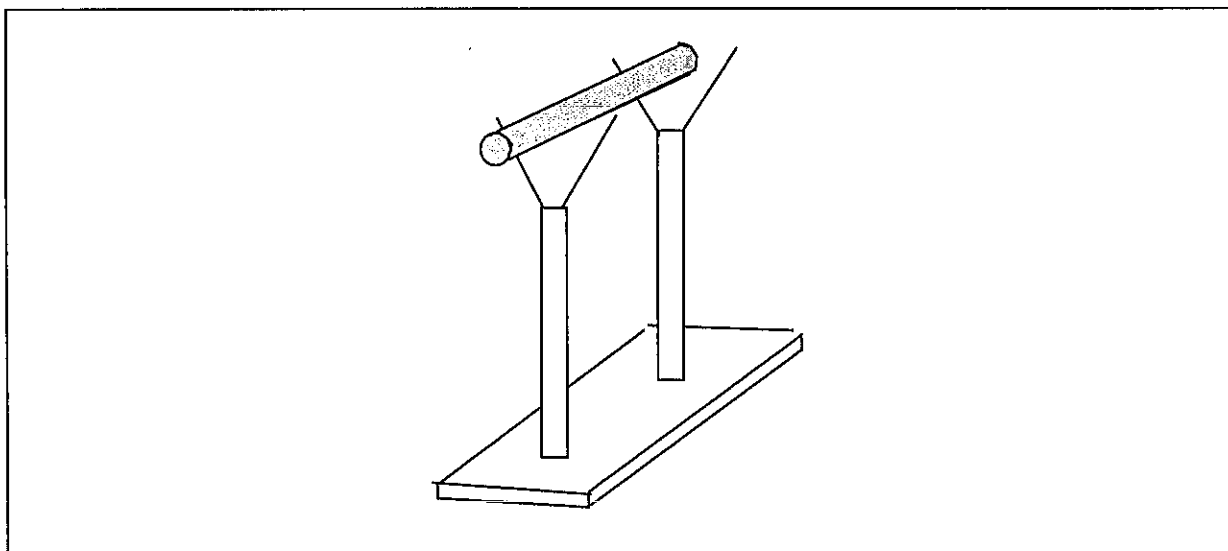


Bild 49. Metallställningen.

9 UTFÖRANDE AV GRÅBERGSFÖRSÖK

9.1 Salva 1, gråberg

Sprängningen ägde rum natten till den 23 mars 1999. Upptändningen skedde med elektroniska systemet dvs enbart elektroniska sprängkapslar. Mikrofonerna Mp1, 2 och 3 var placerade 52 m i från fronten, se bild 50. Mikrofon Mp2 var placerat i metallröret. Bild 51 visar borr-, ladd- och tändplan. I tabell 11 redovisas sprängämnessorter och mängder. Tabell 11 gäller för samtliga gråbergförsök. De planerade initieringstiderna redovisas i tabell 12.

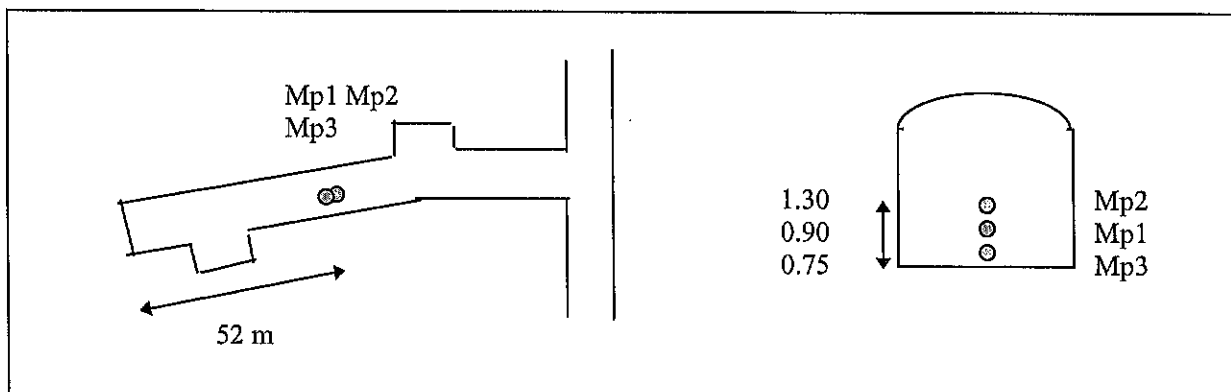


Bild 50. Mikrofonplacering för salva 1, gråberg.

Vid funktionskontroll visade det sig att mikrofonsystem Mp1 mikrodotkabel blivit klämskadad, ingen ny gick att få fram i tid så mikrofon fick utgå. Förstärkaren till Mp3 gav fullt utslag, vilket betyder att systemet inte är slutet. Ingen tid fanns till felsökning, varmed även denna mikrofon fick utgå. Fakta om vilken mikrofon, förstärkare och kabel som kopplades i hop med vad finns redovisat för samtliga försök i bilaga 5.

Tabell 11. Sprängämne och laddningsmängd för gråbergförsöken.

Id	Diameter (mm)	Pipladdning			Oladdat	Laddnings-mängd (kg/borrhål)
		Sprängmedel	Ladd-täthet (g/m)	Laddad längd (m)	Oladdad längd (m)	
0-12	64	Kimulux (KR0000)	3954	4.50	0.50	17.8
13-17	48	Kimulux (KR0000)	2225	4.50	0.50	10.0
18-23	48	Kimulux (K82) 22mm ??	965	4.50	0.50	?
24-26	48	Kimulux (KR0000)	2225	4.50	0.50	10.0
27-41	48	Kimulux (K42) 22mm	420	4.50	0.50	?
42-47	48	Kimulux (KR0000)	2225	5.00	0.00	?

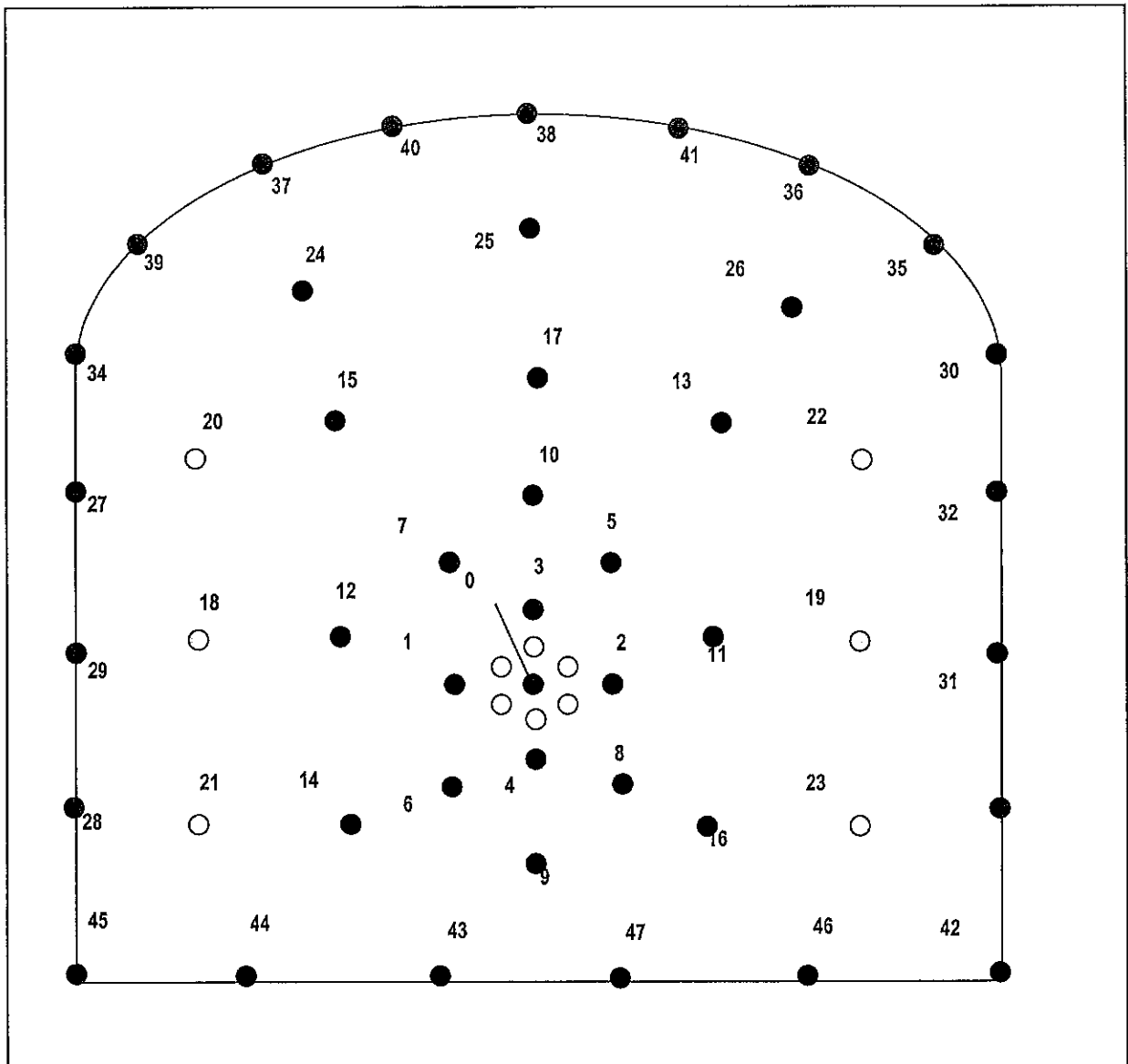


Bild 51. Borr-, ladd- och tändplan för salva 1, gråberg.

Tabell 12. Planerade initieringstider för salva 1, gråberg.

Elektronikkapsel	LP-kapsel	Nominell tid	Progr. tid
0	0	25	25
1	1	100	100
2	2	200	200
3	3	300	300
4	4	400	400
5	6	600	584
6	6	600	601
7	8	800	784
8	8	800	814
9	9	900	894
10	9	900	913
11	10	1000	1002
12	10	1000	1032
13	12	1200	1113
14	12	1200	1135
15	12	1200	1182
16	12	1200	1206
17	14	1400	1400
18	16	1600	1612
19	16	1600	1631
20	18	1800	1794
21	18	1800	1808
22	18	1800	1823
23	18	1800	1846
24	20	2000	1976
25	20	2000	2008
26	20	2000	2021
27	25	2500	2394
28	25	2500	2420
29	25	2500	2457
30	25	2500	2478
31	25	2500	2501
32	25	2500	2529
33	25	2500	2556
34	25	2500	2632
35	30	3000	2828
36	30	3000	2900
37	30	3000	2964
38	30	3000	3007
39	30	3000	3050
40	30	3000	3111
41	30	3000	3142
42	40	4000	3844
43	40	4000	3902
44	40	4000	3973
45	40	4000	4019
46	40	4000	4129
47	40	4000	4209

9.2 Salva 3, gråberg

Sprängningen ägde rum natten till den 27 mars 1999. Mikrofonerna Mp1 och 2 var placerade 75 m i från fronten, se bild 52. Bild 53 visar borr- ladd och tändplan. Sprängämne och laddningsmängder redovisas i tabell 13. Upptändningen skedde med elektroniska systemet och icke-elektriska systemet. De planerade initieringstiderna redovisas i tabell 14. Vid funktionskontroll upptäcktes att RG58 kablarna till samtliga mikrofoner gått av. Kabelbrotten var uppe i taket i infarten till orten. Två av kablarna kunde repareras med hjälp av skarvning. Den tredje fick utgå pga brist på kontakter.

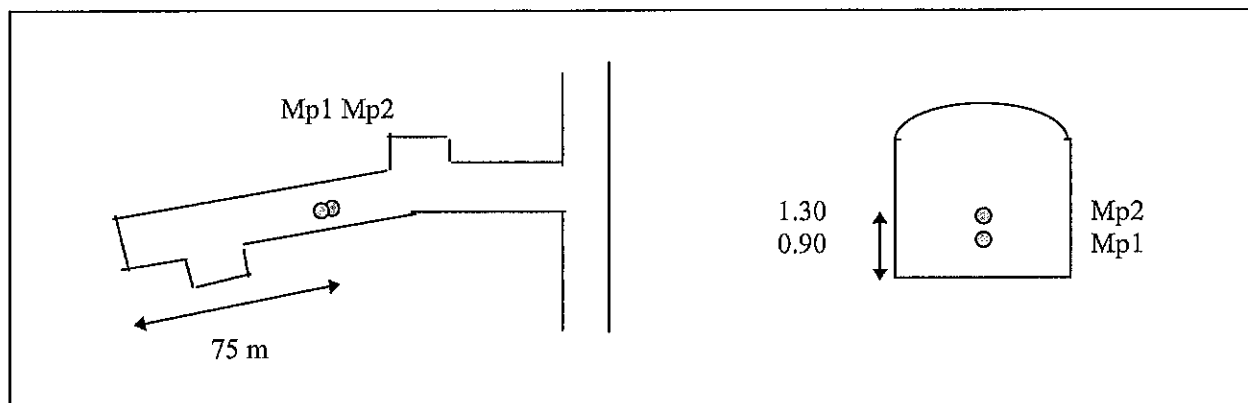


Bild 52. Mikrofonplacering för salva 3, gråberg.

Tabell 13. Sprängämne och laddningsmängd för gråbergssalva 3.

Id	Diameter (mm)	Laddning			Oladdat	
		Sprängmedel	Ladd- täthet (g/m)	Laddad längd (m)	Oladdad längd (m)	Laddnings- mängd (kg/borrhål)
LP0- 4	64	Kimulux (KR0000)	3954	4.50	0.50	17.8
LP6, LP8 Lp10, LP12, LP14	64	Kimulux (KR0000)	3954	4.50	0.50	17.8
18-23	48	Kimulux (K42) 29mm	2225	4.50	0.50	10.0
24,25,27	48	Kimulux (KR0000)	3954	4.50	0.50	17.8
28,30-32	64	Gurit, 22 mm				
29, 33-39	64	Kimulux (K42) 22mm	420	4.50	0.50	?
40-42	64	Gurit, 22 mm				
43-48	48	Kimulux (KR0000)	3954	4.50	0.50	17.8

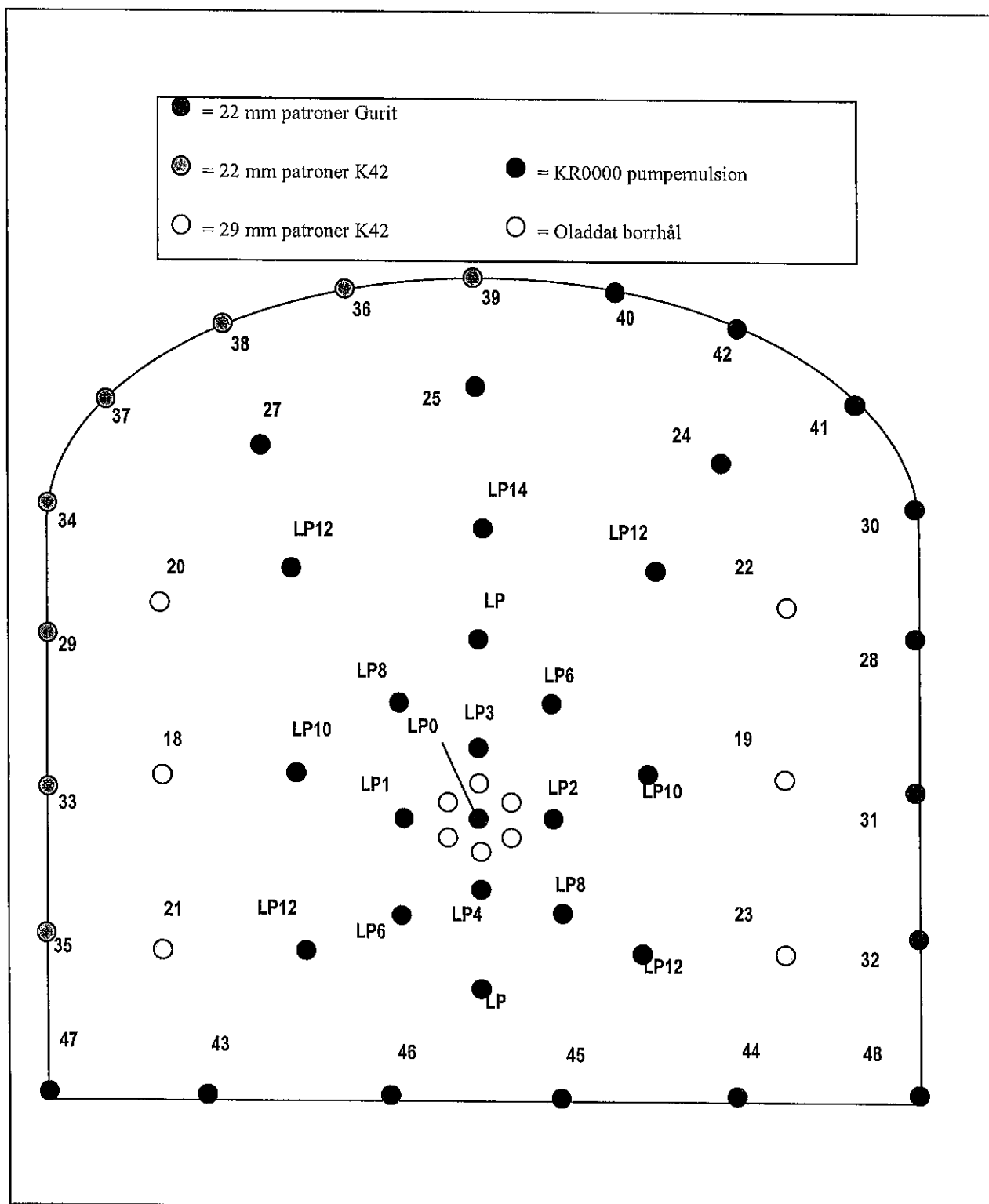


Bild 53. Borr-, ladd och tändplan för salva 3, gråberg.

Luftstötvmätning vid ortsprängning i Kiruna
SveBeFo-616

Tabell 14. Planerade initieringstider för salva 3, gråberg.

Borrhål	Planerad tändplan	Diffrenas till föregående sprängkapsel
LP0	25	
Lp1	100	75
LP2	200	100
LP3	300	100
LP4	400	100
LP6:1	600	200
LP6::2	600	0
LP8:1	800	200
Lp8:2	800	0
LP10:1	1000	200
LP10:2	1000	0
LP		
LP		
LP12:1	1200	200
LP12:2	1200	0
LP12:3	1200	0
LP12:4	1200	0
LP14	1400	200
18	1533	1508
19	1602	69
20	1789	187
21	1807	18
22	1834	27
23	1857	23
24	1940	83
25	1969	29
27	2010	41
28	2373	363
29	2412	39
30	2437	25
31	2480	43
32	2509	29
33	2561	52
34	2588	27
35	2606	18
36	2873	267
37	2893	20
38	2922	29
39	2957	35
40	2991	34
41	3029	38
42	3066	37
43	3984	918
44	4007	23
45	4033	26
46	4056	23
47	4102	46
48	4196	94

9.3 Salva 4, gråberg

Sprängningen ägde rum natten till den 31 mars 1999. Mikrofonerna Mp1 och 2 var placerade på avståndet 75 m i från fronten, se bild 54. Upptändningen skedde med båda systemen. Borr-, ladd- och tändplanen visas i bild 55. I den bilden är de borrhål som initieras med det icke-elektriska systemet (LP) markerade med LP. Uppgifter om trasiga borrhål och därmed annan laddningslängd än den ordinarie finns också markerat i bilden. Sprängämne och laddningsmängder är redovisade i tabell 15. De planerade initieringstiderna finns redovisade i tabell 16.

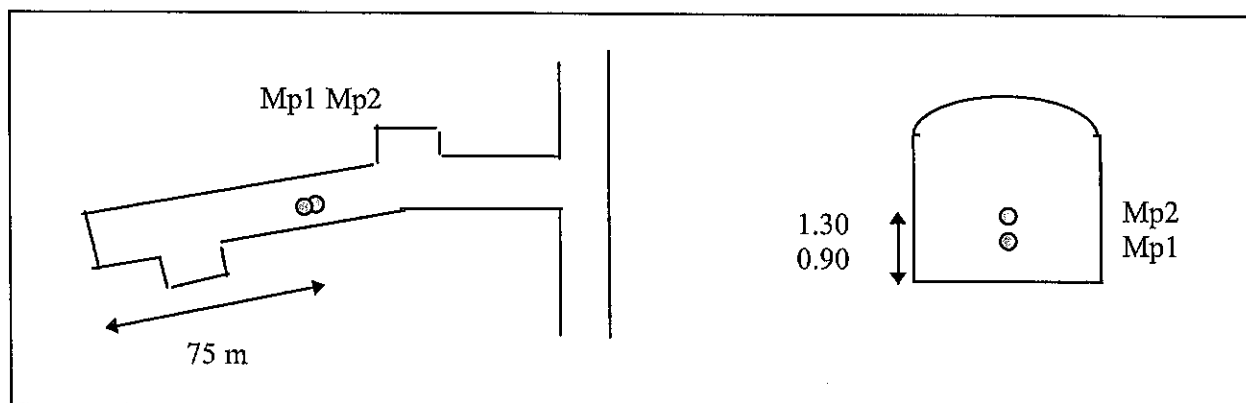


Bild 54. Mikrofonplacering för salva 4, gråberg.

Tabell 15. Sprängämne och laddningsmängd för gråbergssalva 4.

Id	Diameter (mm)	Laddning			Oladdad längd (m)	Laddningsmängd (kg/borrhål)
		Sprängmedel	Laddtätthet (g/m)	Laddad längd (m)		
LP0- 4	64	Kimulux (KR0000)	3954	4.50	0.50	17.8
LP6, LP8 LP9, Lp10, LP12, LP14	64	Kimulux (KR0000)	3954	4.50	0.50	17.8
8-12, 14	48	Kimulux (K42) 29mm	2225	4.50	0.50	10.0
15-17	48	Kimulux (KR0000)	3954	4.50	0.50	17.8
42-45	64	Gurit, 22 mm				
50	64	Gurit, 22 mm				
51-57	64	Gurit, 22 mm				
LP40, Lp45	48	Kimulux (KR0000)	3954	4.50	0.50	17.8

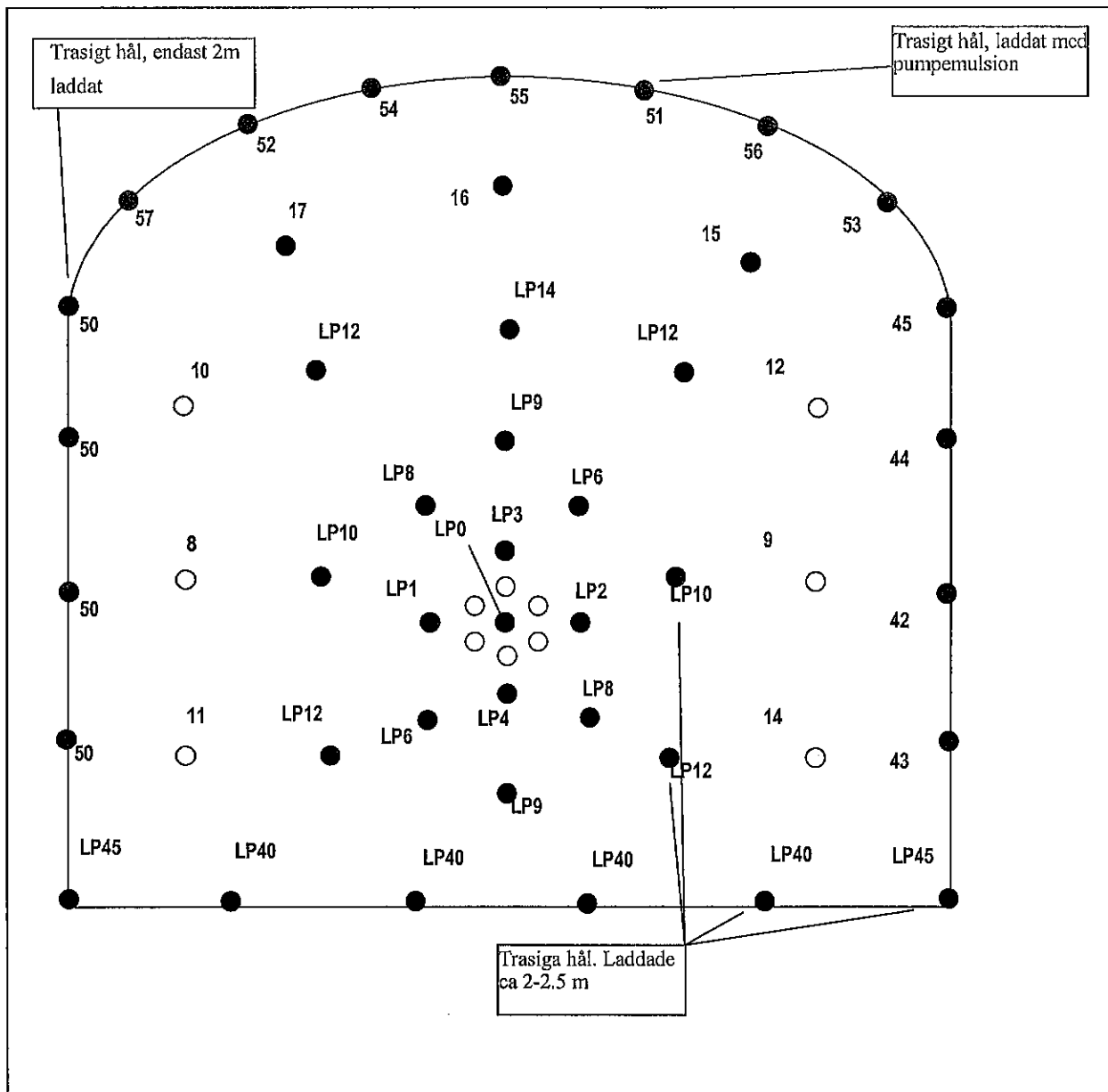


Bild 55. Tändplan för salva 4, gråberg.

Shared Cost RTD CPF Form – Form A8.1 2/2



EN M 1 FP5RTD	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
FOR COMMISSION USE ONLY	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Project Acronym ²	Less Fines	Proposal No ³	GRD1-2000-25224
------------------------------	------------	--------------------------	-----------------

A8.1 Participant Profile/Information (1 form per participant) (part 2/2)⁵⁰

Participant Role ²²	CR	Participant No ²³	4	Assistant to Contractor No ²⁴	
--------------------------------	----	------------------------------	---	--	--

Authorised administrative official for the purpose of contract signature ⁷⁷

Title (Dr, Prof., ...)		M Sc	Gender ⁸	F		M	X
Function ⁷⁸	Managing Director						
Family Name	Törnqvist						
First Name	Mats						
Telephone No ¹⁵	+46-498-253226	Fax No ¹⁵	+46-498-253201				
E-mail	mats.tornqvist@nordkalk.com						

Second Authorised administrative official for the purpose of contract signature ⁷⁹

Title (Dr, Prof., ...)		Gender ⁸	F		M	
Function ⁷⁸						
Family Name						
First Name						
Telephone No ¹⁵		Fax No ¹⁵				
E-mail						

Scientific Person in charge of the project ⁸⁰

Title (Dr, Prof., ...)		M Sc	Gender ⁸	F		M	X
Function ⁷⁸	Quality Manager						
Family Name	Pettersson						
First Name	Urban						
Telephone No ¹⁵	+46-498-253236	Fax No ¹⁵	+46-498-253201				
E-mail	urban.pettersson@nordkalk.com						

Authorised contact person ⁸¹

Title (Dr, Prof., ...)		M Sc	Gender ⁸	F		M	X
Function ⁷⁸	Managing Director						
Family Name	Törnqvist						
First Name	Mats						
Telephone No ¹⁵	+46-498-253226	Fax No ¹⁵	+46-498-253201				
E-mail	mats.tornqvist@nordkalk.com						

I certify that the information set out in forms A8.1 to A8.4 (Annex 2) is accurate and correct and that the estimated costs conform with the European Commission's allowable costs for RTD support and our normal cost accounting principles and reflect the costs expected to be incurred in carrying out the approved Annex 1 to the contract description of work. I also confirm that our organisation is committed to participate to the above mentioned research project.

Date (DD/MM/YYYY)	
Signature of authorised contact person	

Luftstötvmätning vid ortsprängning i Kiruna
SveBeFo-616

Tabell 16. Planerade initieringstider för salva 4, gråberg.

Borrhål	Planerad tändplan	Differens till föregående sprängkapsel
LP0	25	
LP1	100	75
LP2	200	100
LP3	300	100
LP4	400	100
LP6:1	600	200
LP6:2	600	0
LP8:1	800	200
LP8:2	800	0
LP9:1	900	100
LP9:2	900	0
LP10:1	1000	200
LP10:2	1000	0
LP12:1	1200	200
LP12:2	1200	0
LP12:3	1200	0
LP12:4	1200	0
LP14	1400	200
8	1533	1508
9	1602	69
10	1789	187
11	1804	15
12	1825	21
14	1857	32
15	1940	83
16	1969	29
17	2010	41
42	2428	418
43	2509	81
44	2561	52
45	2588	27
50:1v.väg	3000	412
50:2	3000	0
50:3	3000	0
50:4	3000	0
51	3251	251
52	3385	134
53	3413	28
54	3464	51
55	3513	49
56	3569	56
57	3612	43
LP40:1	4000	388
LP40:2	4000	0
LP40:3	4000	0
LP40:4	4000	0
LP45:1	4500	500
LP45:2	4500	0

10 UTVÄRDERING AV GRÄBERGSFÖRSÖK

10.1 Salva 1, gråberg

Vid inspektion efter sprängning visade det sig att hela mätutrustningen blivit utsatt för ett okänt antal flygande sprängsten. Stativet var kraftigt demolerat. Tryckmätningen visas i bild 56, här ser man tydligt att något hänt, efter en sekund. Mikrofon Mp2 får då en kraftig störning. En uppförstoring av första pulsen visar att redan här har något inträffat, tryckstegringen ser inte ut som vid tidigare mätningar. Här har den ett utseende som inte är en brant ökning för att sedan "långsamt" dala, se bild 57. På grund av detta kom inte denna mätning att utvärderas.

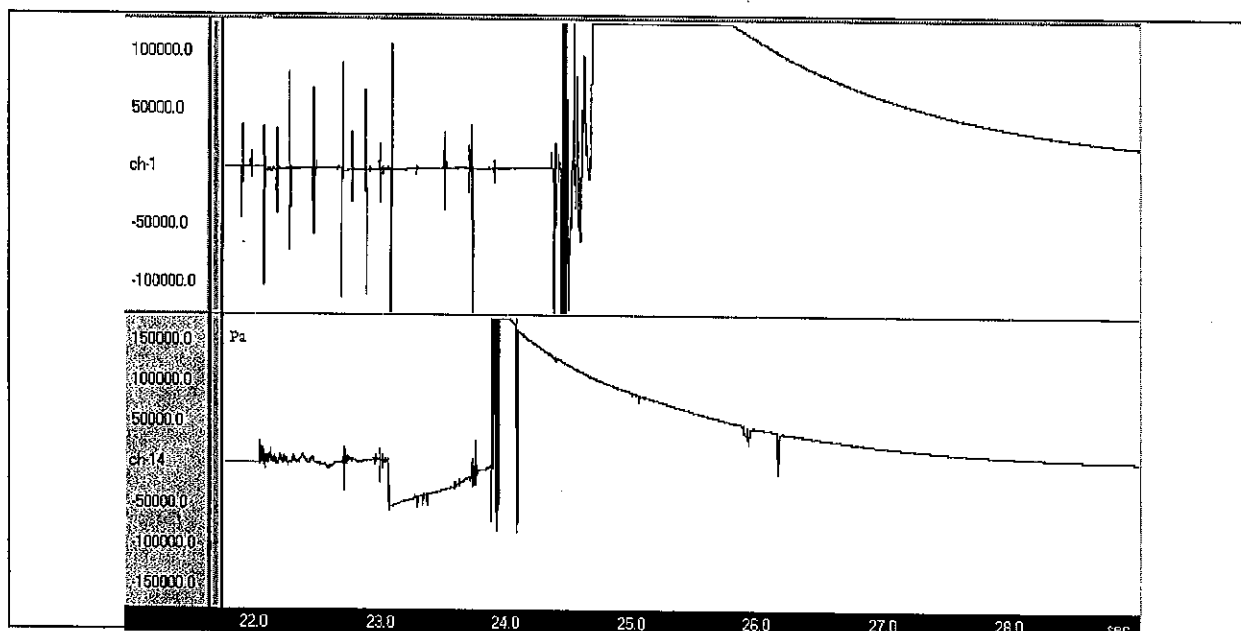


Bild. 56. Tryckvågsmätning för salva 1, gråberg. Överst accelerationsmätning nederst tryckvågsmätningen för mikrofon, Mp2, placerat i rör.

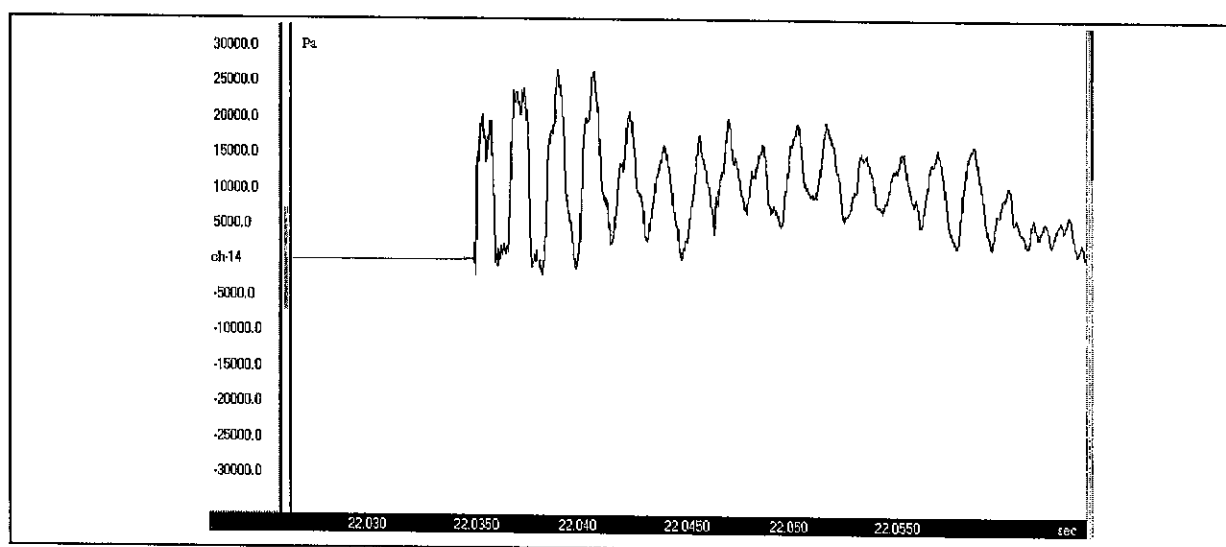


Bild 57. Visar första tryckförändringen av salva 1, gråberg. Signalens utseende är inte typiskt för en tryckvåg.

10.2 Salva 3, gråberg

Tryckvågsmätningen för Mp2 visar en störning efter ca 3.5 s efter sprängning, se bild 58. Mp1:s hela registrering innehåller endast störningar, därför utgick den. De verkliga initieringstiderna och de trycktoppar som identifierats till rätt borrhål, redovisas i tabell 17.

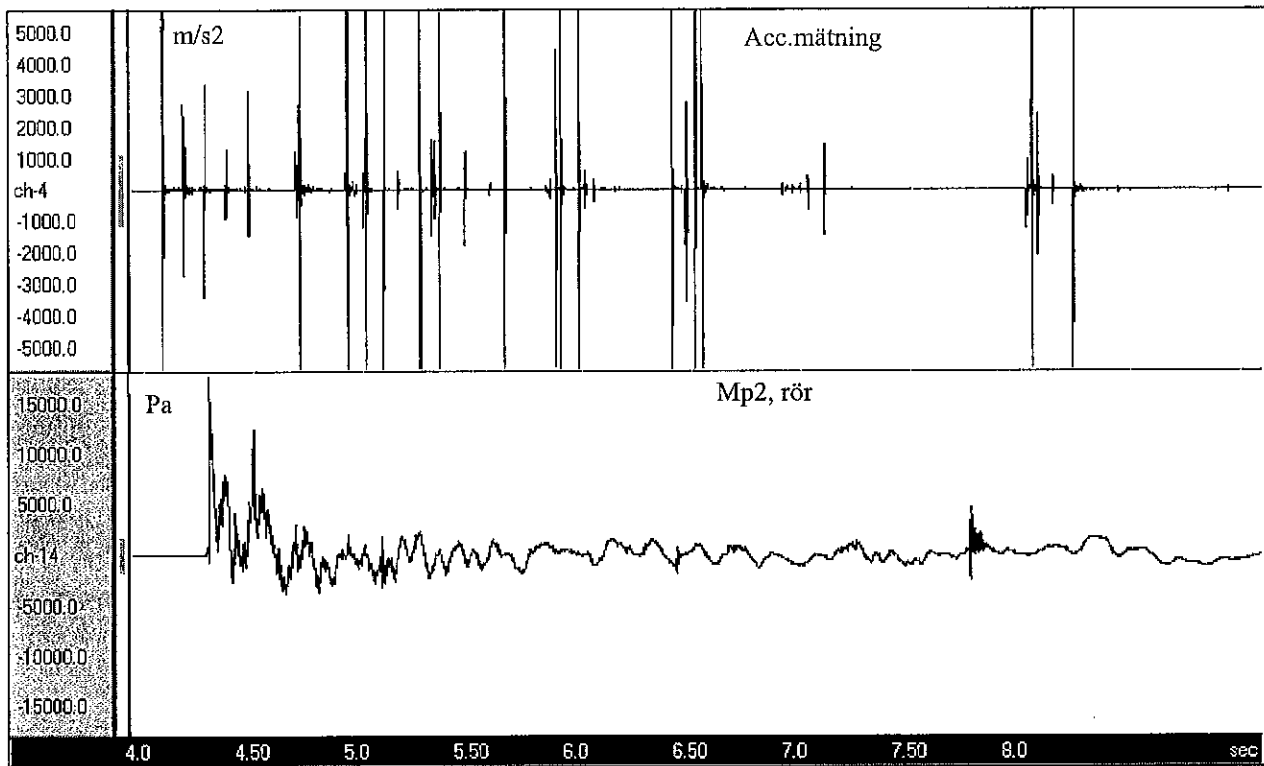


Bild 58 .Tryckvågsmätning för salva 3, gråberg.

Luftstötvmätning vid ortsprängning i Kiruna
SveBeFo-616

Tabell 17. Verkliga initieringstider och identifierade trycktoppar för salva 3, gråberg.

Borrhål	Planerad tändplan	skillnad	Acc.smät (ms)	skillnad	Acc.smät bandtid (s)	Acc.värde (kengunit)	Lsv.mät (ms)	Lsv.mät bandtid (s)	Tryck (Pa)	Stigtid
LP0	25		25		1,08	9	200 ms	1,3	19500	3 ms
Lp1	100	75	117	92	1,18	3				
LP2	200	100	214	98	1,28	3	210 ms	1,49	8600	3 ms
LP3	300	100	314	100	1,38	1				
LP4	400	100	419	105	1,48	3				
LP6:1	600	200	633	214	1,7	1				
LP6::2	600	0	648	15	1,71	6				
LP8:1	800	200	860	212	1,92	1				
Lp8:2	800	0	867	7	1,93	10				
LP10:1	1000	200	941	74	2,01	2				
LP10:2	1000	0	951	10	2,02	10				
LP			1031	80	2,1	10				
LP			1098	67	2,16	1				
LP12:1	1200	200	1195	97	2,26	7				
LP12:2	1200	0	1248	53	2,32	1				
LP12:3	1200	0	1264	16	2,33	1				
LP12:4	1200	0	1281	17	2,35	6				
LP14	1400	200	1401	120	2,47	1				
18	1533	1508	1508	1483	2,58	<1				
19	1602	69	svårt att	68	2,65	12				
20	1789	187	läsa	186	2,84	<1				
21	1807	18		18	2,85	<1				
22	1834	27		27	2,88	4				
23	1857	23		23	2,90	14				
24	1940	83		82	2,99	11				
25	1969	29		29	3,02	<1				
27	2010	41		41	3,06	<1				
28	2373	363		363	3,42	8				
29	2412	39		43	3,46	<1				
30	2437	25		24	3,48	3				
31	2480	43		42	3,53	11				
32	2509	29		29	3,55	9				
33	2561	52	många	signaler						
34	2588	27								
35	2606	18								
36	2873	267		368	3,92	<1	234 ms	4,56	1700	
37	2893	20		18	3,94	<1				
38	2922	29		29	3,97	<1				
39	2957	35		34	4,00	<1				
40	2991	34		34	4,01	<1				
41	3029	38								
42	3066	37		73	4,12	1				
43	3984	918		915	5,04	1				
44	4007	23		22	5,06	12				
45	4033	26		25	5,08	2				
46	4056	23								
47	4102	46		70	5,15	<1				
48	4196	94		92	5,25	9				

10.3 Salva 4, gråberg

Det finns en störning ca 2.0 s efter att första tryckökningen är registrerad, se bild 59. Även i denna mätomgång så innehöll den andra registreringen endast störningar och togs därför inte med. I tabell 18 redovisas de verkliga initieringstider och identifierade trycktoppar för salva 4, gråberg.

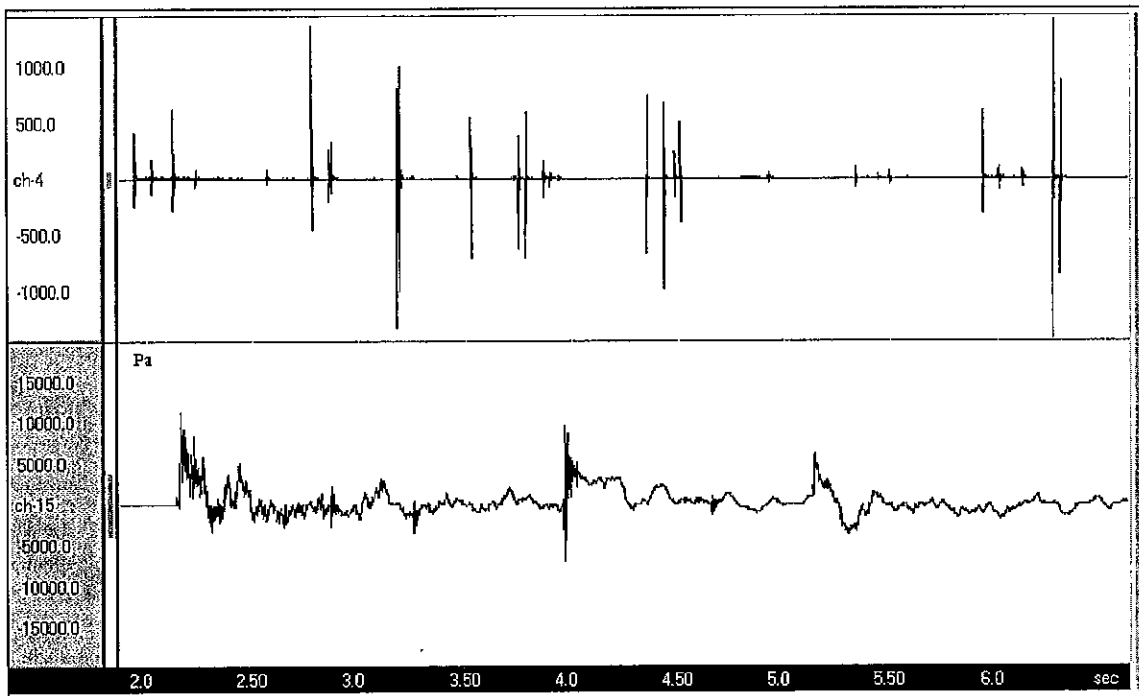


Bild 59. Tryckvågsmätning för salva 4.

Luftstötvmätning vid ortsprängning i Kiruna
SveBeFo-616

Tabell 18. Verkliga initieringstider och identifierade trycktoppar för salva 4, gråberg.

Borrhål	Planerad tändplan	skillnad	Acc.smät (ms)	skillnad	Acc.smät bandtid (s)	Acc.värde (kengunit)	Lsv.mät (ms)	Lsv.mät bandtid (s)	Tryck (Pa)	Stigtid
LP0	25		25		1,95	0,4	193-210	2,15	950-11300	
LP1	100	75	106	81	2,04	0,2				
LP2	200	100	206	100	2,13	0,6				
LP3	300	100	311	105	2,24	0,08				
LP4	400	100	417	106	2,34	0,03				
LP6:1	600	200	645	228	2,57	0,09				
LP6:2	600	0	saknas							
LP8:1	800	200	856	211	2,78	1,4				
LP8:2	800	0	saknas							
LP9:1	900	100	939	83	2,86	0,3				
LP9:2	900	0	950	11	2,88	0,3				
LP10:1	1000	200	saknas							
LP10:2	1000	0	saknas							
LP12:1	1200	200	1260	310	3,18	0,8				
LP12:2	1200	0	1269	9	3,19	1,0				
LP12:3	1200	0	1329	60	3,25	0,03				
LP12:4	1200	0	saknas							
LP14	1400	200	saknas							
8	1533	1508	1539	210	3,46	0,03				
9	1602	69	1608	69	3,53	0,5				
10	1789	187	1796	188	3,72	0,02				
11	1804	15	1811	15	3,74	0,03				
12	1825	21	1831	20	3,76	0,4				
14	1857	32	1863	32	3,79	0,6				
15	1940	83	1947	84	3,87	0,2				
16	1969	29	1976	29	3,9	0,06				
17	2010	41	2017	41	3,94	0,04				
42	2428	418	2435	418	4,35	0,7				
43	2509	81	2516	81	4,44	0,7				
44	2561	52	2568	52	4,5	0,2				
45	2588	27	2595	27	4,52	0,5				
50:1v.väg	3000	412	3007	412	4,95	0,06	210 ms	5,14	5100	10 ms
50:2	3000	0	det	går	inte	att	se	hur	många	
50:3	3000	0	av	hålen	som	det	onerat			
50:4	3000	0								
51	3251	251		saknas						
52	3385	134	3393	386	5,31	0,01				
53	3413	28	3421	28	5,35	0,1				
54	3464	51	3472	51	5,40	0,02				
55	3513	49	3521	49	5,45	0,04				
56	3569	56	3577	56	5,5	0,06				
57	3612	43	saknas							
LP40:1	4000	388	4012	435	5,94	0,6				
LP40:2	4000	0	4085	73	6,01	0,1				
LP40:3	4000	0	4193	108	6,12	0,08				
LP40:4	4000	0	saknas							
LP45:1	4500	500	4338	145	6,26	2,6				
LP45:2	4500	0	4375	37	6,3	0,9				

11 TRYCKVÅG, GRÅBERGSFÖRSÖK

Även i gråbergförsöken var det svårt att identifiera tryckökningarna med rätt borrhål. I princip så var det endast första tryckpulsen som med säkerhet kunde identifieras till första borrhålet, förutom något undantag gällande momentan upptändning av en grupp borrhål. När flera borrhål detonerat momentant så registrerades en tydlig tryckökning. Vibrationen i berget för samma händelse var ofta relativt liten. I försök var det väggborrhålen på vänster sida, i salva 4 som detonerat momentant se bild 60. Identifiering av trycktopp till rätt borrhål visas i bilderna 61 och 62 för salva 3 och 4.

Trycket för det första borrhålet låg även för gråbergförsöken på ca 1000 Pa för första händelsen och för "ringningen" så var det en tio faktor högre, se tabell 19.

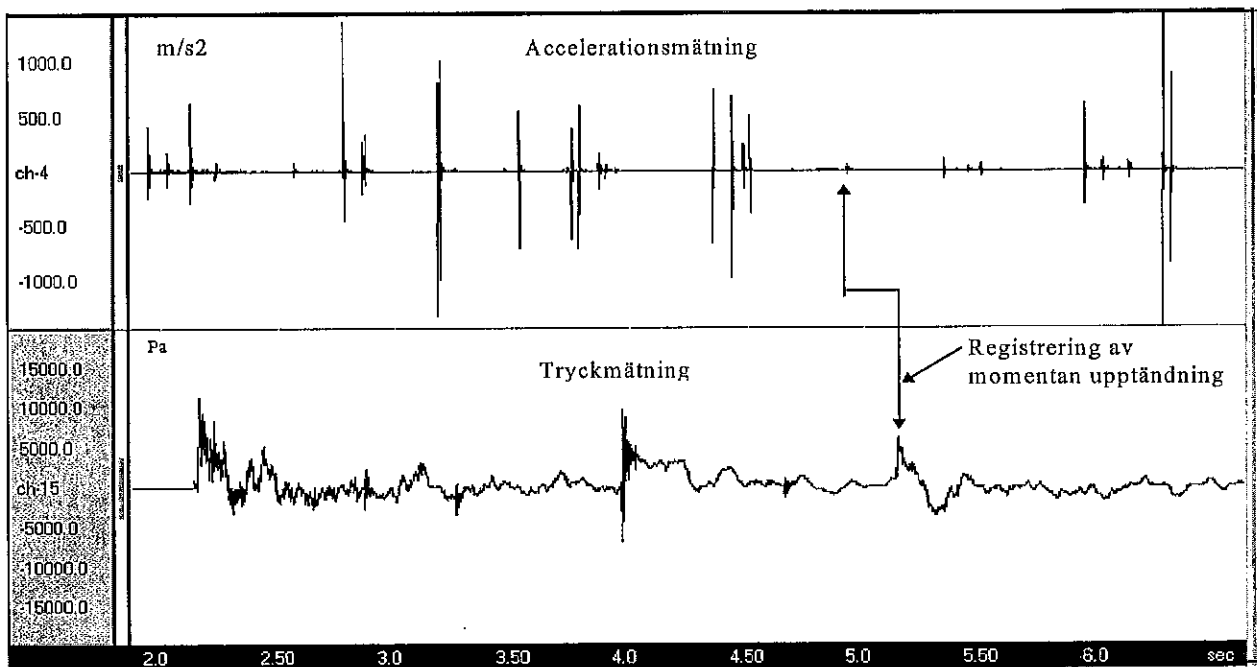


Bild 60. Exempel på att tydlig tryckökning vid momentan detonation i salva 4.

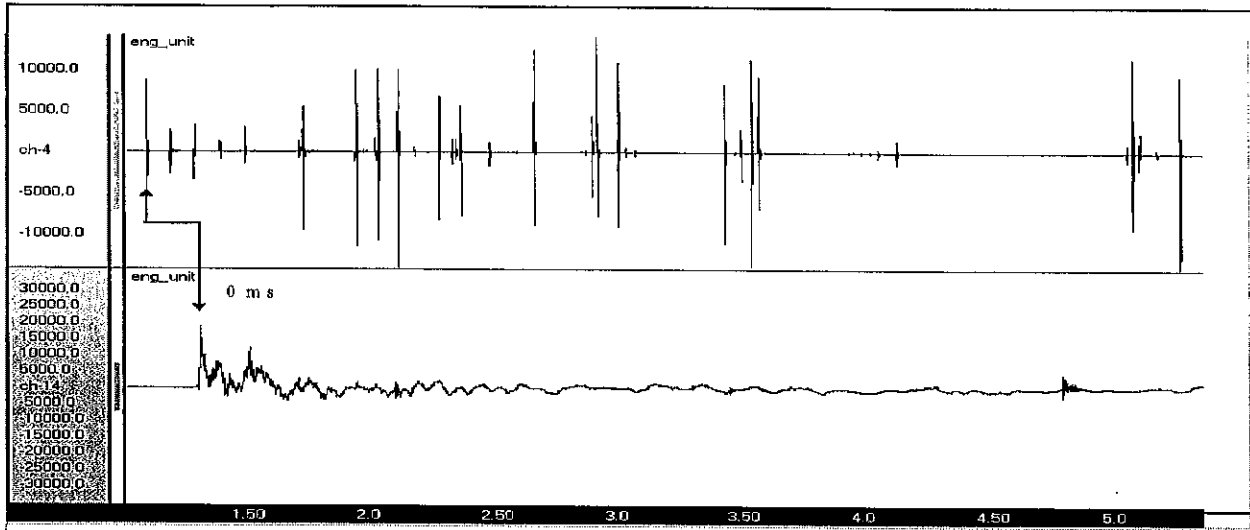


Bild 61. Identifierat trycktopp till rätt borrhål för salva 3, gråberg.

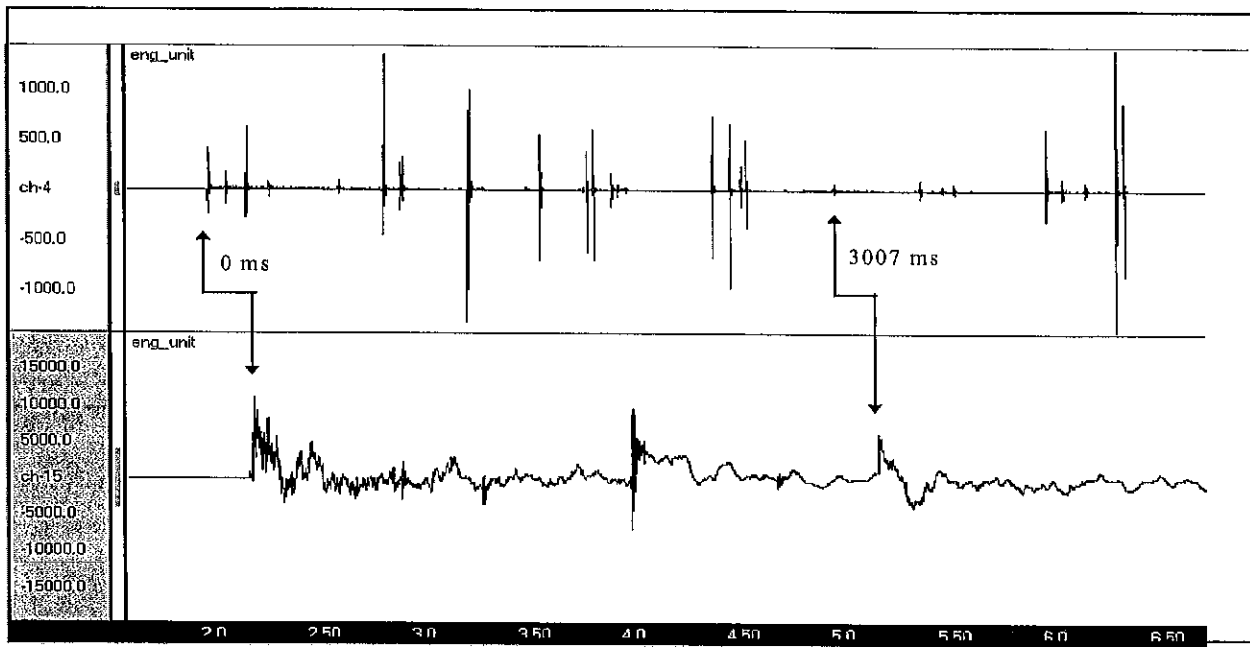


Bild 62. Identifierat trycktopp till rätt borrhål för salva 4, gråberg.

Tabell 19. Trycket för första borrhålet i gråbergssalvan

Salva	Borrhål	Avstånd i från front (m)	Tryck (Pa)	Maxtryck (Pa)
1	0	52	störning	
3	0	75	1000	19000
4	0	75	1000	11000

12 RÖRETS BETYDELSE

Att röret skulle haft någon betydelse för den i början högfrekventa signalen eller bergvågen går inte att fastställa beroende på att det var för få utförda försök. Endast 3 försök var utförda och då med hög felfrekvens. Vid försöken registrerade endast en mikrofon, varmed en direkt jämförelse mellan mikrofon i rör och mikrofon på stång inte var möjlig. Dock kunde man se att vid salva 3 var den första delen av signalen inte lika högfrekvent som i tidigare malmförsök. Tyvärr så kunde man ändå inte sammankoppla några trycktoppar med några borrhål, förutom det första borrhålet.

13 SLUTSATS

Sammanlagt hade 9 st salvor följts upp, för att studera tryckvågen gällande trycknivåer och frekvens. Sex salvor var i malm och tre salvor i gråberg. Ytterligare ett mål var att få en mätuppställning som var den bästa möjliga för mätning av tryckvågor från hela salvor under produktionsförhållanden.

Det visade sig att det registrerades fler trycktoppar än vad det fanns detonerande borrhål, detta gjorde att registreringarna blev mycket svårtolkade. Ett sätt att kunna identifiera de trycktoppar som uppenbart härrörde från ett borrhål och inte var en störning var att utnyttja resultatet från den accelerometermätningen som utfördes parallellt med projektet. Trots detta var det ändå svårtolkat resultat. Detta berodde bland annat på att tryckförändringarna inte hann gå ned till nollnivån mellan initieringarna.

Försöken visade också att det lufttryck som åstadkoms av sprängningen varade en relativ lång tid, men med avtagande styrka. 10 s efter att sista borrhålet detonerat var trycket fortfarande 500 Pa för en kilsprängning, salva 6. För en hel salva, var trycket 1000 Pa efter samma tid, salva 2. Detta visar på att det inte är möjligt att notera tryck med låga värden under detonationen. Dvs endast tryck från borrhål som ger ett högre värde än medeltrycket i tunneln blir synliga i registreringen. Att identifiera samtliga borrhål i en salva med hjälp av tryckvågsmätning är därmed inte möjligt.

Ringfenomenet som uppstod gjorde att trycknivåerna för samtliga andra borrhål än första borrhålet kan ligga mellan 5 och 10 gånger högre än sin egentliga trycknivå.

I malmförsöken identifierades minst tre borrhål med rätt trycktopp. Borrhålen var i kilen, första hjälparrad och tak eller tak och vänster vägghål. För första kilhålet som laddats med ca 18 kg pumpemulsion blev högsta och lägsta maxtrycket ca 12500 och 4000 Pa på ett avstånd från front av 50 resp 45 m, i en ort som var 41 m^2 . För första hjälparradens borrhål som laddats med ca 10 kg pumpemulsion blev högsta och lägsta registrerade tryck ca 9000 och 2500 Pa på avståndet 50 respektive 55 m ifrån front. Gällande takhålen varierade laddningsmängd mellan 40 och 45 kg beroende på att antalet borrhål varierade mellan 9 och 10 st, ett medeltryck blev därmed ca 3500 Pa på avståndet 40 till 60 m. För tak- och vänster vägghål blev medeltrycket ca 3000 Pa på avståndet 50 till 55 m. Laddningsmängden var 58 kg.

I gråbergsförsöken identifierades färre borrhål än i malmförsöken. Orsaken till detta är inte känt. För första kilhålet som laddats med 18 kg pumpemulsion med avståndet 75 m från front till registreringsenhet blev trycket för de två lyckade registreringarna 11000 och 19000 Pa. Ortarean i gråbergsförsöken var ca 21 m^2 .

Försöken visade att det inte verkade möjligt att finna rätt tryckökning till varje detonerande borrhål. Endast 5-10 % av borrhål kunde identifieras med rätt tryckvåg på grund av tolkningsproblem.

Gällande frekvensinnehåll så var det analysprogram som användes inte lämpligt för låga frekvenser. Att fastställa frekvensdominas var därmed inte möjligt.

Mätupställningen förändrades under projektets gång. Från början var mikrofonerna placerade i fria luften. Efter att det misstänktes att bergvågen störde mätresultatet testades en ny mikrofonutrustning. Mikrofonen placerades inuti ett långsmalt rör, denna typ av mikrofonutrustning används på FOA. Rörets betydelse går inte att fastställa, beroende på att endast en mikrofon registrerade i försöken. Därmed var en direkt jämförelse mellan mikrofon i rör och endast mikrofon inte möjlig.

14 FORTSATT ARBETE

Nästa steg i projektet skulle innebära att mäta hela produktionssalvor med någon typ av luftstötvmätning åtgärd. Erfarenheterna från de genomförda försöken ger inte stöd för att nu göra sådana mätningar.

För att gå vidare med projektet och arbeta fram ett alternativt förslag på fortsättning tillsattes en referensgrupp och en arbetsgrupp (Jan 2000). Grupperna består av följande personer.

Referensgrupp

Göran Svedbjörk, Confortia

Bo Karlsson, Vägverket

Pekka Berggren, Peab

Bengt Niklasson, Skanska

Siwert Eriksson, f.d. FOA

Arbetsgrupp

Rickard Forsén, Tyréns, projektledare

Gösta Rundqvist, Nitro Consult

Ulf Nyberg, SveBeFo

Lena Reidarman, SveBeFo

Arbetsgruppen har arbetat fram ett förslag till projektplan som referensgruppen godkände med en del mindre justeringar den 8:e juni 2000. Projektplanen är bifogad som bilaga 6. Kortfattat går den ut på att renodla försöken, dvs enhålsprängning i hög pall. Att studera mekanismerna bakom luftstötvmätningens uppkomst och att finna rätt sätt att mäta. Försöken föreslogs genomföras hösten 2000 i en lämplig bergtäkt.

15 TACK

Lena Reidarman tackar alla som deltagit i projektet. Ett särskilt tack till Stig Fjällborg, LKAB som gjorde att projektet kunde genomföras.

16 REFERENSER

- /1/ Eriksson Siwert, Reidarman Lena, 1995, Reducering av tryckvåg vid sprängning under mark, SveBeFo Rapport K5, SveBeFo.
- /2/ Reidarman Lena, 1997, Reducering av tryckvåg vid sprängning under mark, del 2, SveBeFo Rapport S5, SveBeFo.
- /3/ Nyberg Ulf, m.fl., 2000, Bedömning av sprängskador i ortkontur, SveBeFo Rapport 50, SveBeFo
- /4/ Jinnerot Magnus, Nilson Henrik, 1998, Experimentell studie av stötvågsutbredning och skadezonsberäkning vid ortdrivning, examensarbete.

17. BILAGA

Bilaga 1. Fakta, PCB-mikrofon och dess förstärkare

Bilaga 2. Fakta, mikrofonuppkoppling och mikrofonkänslighet, 1-6, malm

Bilaga 3. Fakta, Teac-bandspelare

Bilaga 4. Fakta, svängande tryckökning för första borrhålet för salvorna 1,2, 3 och 6

Bilaga 5. Fakta, Fakta, mikrofonuppkoppling och mikrofonkänslighet, 1, 3 och 4, gråberg

Bilaga 6. Projektplan delprojekt 4, 2000-05-17

OPERATING INSTRUCTIONS
Model 480C02/C

1.0 INTRODUCTION

The Models 480C02/480C are portable power sources for ICP® transducers. Both units are powered by three 9V transistor batteries which supply constant current to the built-in transducer amplifier (or to in-line and adaptor amplifiers), and decouple the signal from the power.

NOTE: The only difference between the models is that the 480C02 unit features BNC connectors while the 480C unit features microdot connectors.

2.0 DESCRIPTION

The Models 480C02/480C contain three 9V batteries connected in series to provide a 27V power source. The transducer is operated by a constant current of 2 mA set by a constant current diode. The front panel contains a color-coded fault monitor voltmeter, the "XDCR" jack, the signal output jack labeled "SCOPE", an "ON-OFF BATT TEST" rock switch, an external power jack for inputs up to 27V, and a battery charger receptacle. An internal 10 μ F coupling capacitor decouples the signal information from the +9V (may be 5V with low noise electronics) to +12 VDC transducer bias level.

3.0 OPERATION

With no transducer connected to the Model 480C02/480C, move power switch to "ON" position. The front panel voltmeter will read the battery voltage (+27 volts for fresh batteries). The voltmeter is scaled to read 27 volts full scale. (See Figure 1).

When an ICP® transducer is connected to the input "XDCR" jack, the meter will indicate approximately mid-scale (+11V nominal) if the transducer's built-in amplifier is functioning properly and cables are intact. Some transducers use a 5V turn on and in this case meter will read at lower edge of green region.

If the transducer's cable is open or the transducer's built-in amplifier is open, the meter will indicate in the full scale (yellow) area.

Should the cable or transducer be shorted, the meter will indicate zero volts (red area).

Immediately after connecting readout instrument, (oscilloscope, meter, recorder, etc.) to the output jack, the 10 μ F coupling capacitor will begin charging through the input resistance of the readout instrument. This charging will cause an apparent "drifting" of the output signal until the capacitor is fully charged. Such drifting is quite normal.

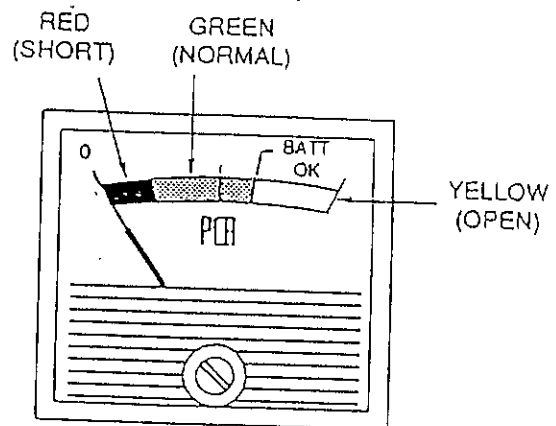


Figure 1
Fault Monitor Meter

3.1 COUPLING TIME CONSTANT, AC COUPLED

The coupling discharge time constant (DTC) is the product of the coupling capacitor (10 μ F) and the input resistance of the readout instrument. (See Figure 2).

(EQ 1)

$$TC \text{ (sec)} = C_c \text{ (farads)} \times R_{in} \text{ (ohms)}$$

OPERATING INSTRUCTIONS
Model 480C02/C

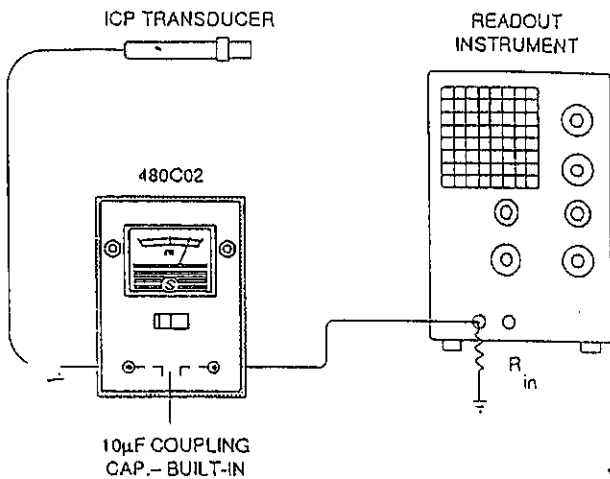


Figure 2
Standard (AC) Coupling Mode

Figure 2
Standard (AC) Coupling Mode

The small amount of leakage through the 10µF coupling capacitor will typically result in a +30 mV maximum offset with a 1 MEGOHM read-out load.

Normally, it is desirable to keep the coupling discharge time constant (DTC) long with respect to the transducer discharge TC to minimize the effect of the coupling distance TC on low frequency response.

Typical coupling discharge time constants for various values of readout input resistance are:

R _{in}	TC
10 megohm	100 sec
1 megohm	10 sec
100 K ohms	1 sec
10 K ohms	.1 sec
1 K ohms	.01 sec

3.2 ALTERNATE CONNECTION FOR BEST LOW-FREQUENCY RESPONSE

With the 480C02/480C connected as shown in Figure 3, the low-frequency response of the coupling circuit is determined by the relationship.

(EQ 2)

$$\text{-3dB FREQ., } f_c = \frac{.16}{(R_{in}) \times 10\mu F} \text{ Hz}$$

Equation 2 gives the frequency at which the coupling circuit will be -3dB down.

The coupling discharge time constant (DTC), as previously stated in Equation 1 is:

(EQ 3)

$$TC = (R_{in}) \times (10\mu F) \text{ seconds}$$

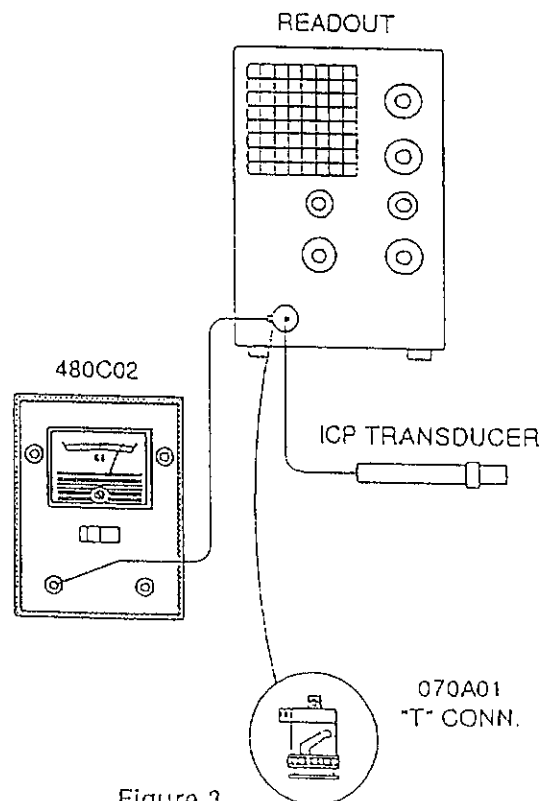


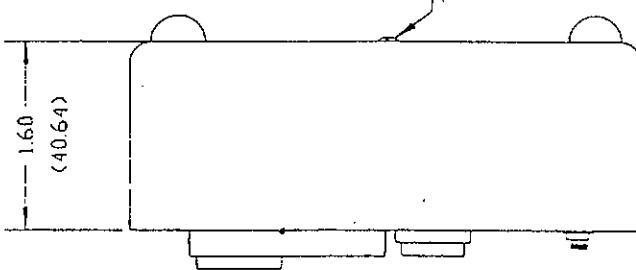
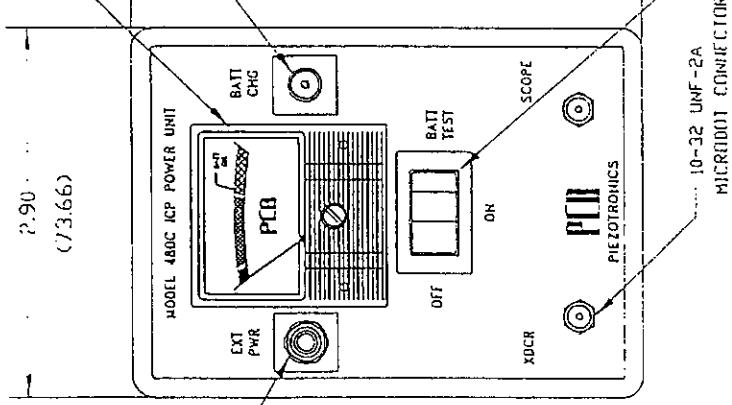
Figure 3
Direct Coupled Mode

480-3010-95

APPLICATION
NEXT ASSY: USED ON: VAR:

ZONE	REV	DESCRIPTION	ECN	DATE	APP'D

REVISIONS



FAULTY MONITOR METER

BATTERY CHARGE CONNECTOR

4.00 (107.6)

MOMENTARY SIDE OF SWITCH

10-32 UNF-2A MICROROT CONNECTOR

UNLESS SPECIFIED TOLERANCES DECIMALS XX ± .01 ANGLES ± 2 DEGREES FILLETS AND RADIUS .003 - .005	DATE: 6/19/92	APP'D: L.Z. 6/792	SCALE: FULL	SHEET 1 OF 1
WITNESS	CHK'D: DYN 6/19/92	ENGR: D. G. 6/19/92	CODE: 57681	
	DRAWN: KEN 1 6/19/92	MFG: P. H. 6/19/92	PCB PIEZOTRONICS, INC. 3125 WALTON AVE. BOCA RATON, FL 33433 PHONE: (313) 441-0001	
			MODEL NO: 480-3010-95	
			TITLE: OUTLINE DRAWING MODEL 480C ICP POWER UNIT	

FOR USE WITH 073A05 EXTERNAL LONG LIFE PACK (24V)

Fakta, mikrofonuppkopplingar och mikrofonkänslighet för salva 1-6, malm.

Salva 1

Mp1;
mikrofonnr: 4990
kabelnr: 14
förstärkare: 4238
mikrofonkänslighet: 459 mV/psi

Mp2;
mikrofonnr: 4991
kabelnr: 15
förstärkare: 4240
mikrofonkänslighet: 465,5 mV/psi

(psi = pounds per square per inch)

Räkneexempel:
Mätregistrering; Mp1 = 3,06 V

Omvandling från spänning till tryck.

Mp1 = 3,06 V
Mikrofonkänslighet: 459 mV/psi
1 Pa = 0,145038 x 10⁻³ psi

Vad blir trycket?

Först relateras spänningen till pounds per square inch (psi).

Spänning = 3,06 V = 3060 mV

Känslighet = 459 mV/psi

Trycket = 3060 / 459 = 6,67 psi eller 46 kPa

Salva 2

Mp1;
mikrofonnr: 4990
kabelnr: 14
förstärkare: 4238
mikrofonkänslighet: 459 mV/psi

Mp2;
mikrofonnr: 4991
kabelnr: 15
förstärkare: 4240
mikrofonkänslighet: 465,5 mV/psi

Salva 3

Mp1;
mikrofonnr: 4991
kabelnr: 14
förstärkare: 4240
mikrofonkänslighet: 465,5 mV/psi

Mp2;
mikrofonnr: 4990
kabelnr: 15
förstärkare: 4238
mikrofonkänslighet: 459 mV/psi

Mp3;
mikrofonnr: 4989
kabelnr: 13
förstärkare: 4239
mikrofonkänslighet: 511,2 mV/psi

Salva 4

Mp1;
mikrofonnr: 4991
kabelnr: 14
förstärkare: 4240
mikrofonkänslighet: 465,5 mV/psi

Mp2
mikrofonnr: 4990
kabelnr: 15
förstärkare: 4238
mikrofonkänslighet: 459 mV/psi

Salva 5

Mp1
mikrofonnr: 4991
kabelnr: 14
förstärkare: 4240
mikrofonkänslighet: 465,5 mV/psi

Mp2
mikrofonnr: 4990
kabelnr: 15
förstärkare: 4238
mikrofonkänslighet: 459 mV/psi

Salva 5

Kilen

Antal borrhål: 11 st, 64 mm

Sprängämne: Kimulux

Total mängd sprängämne: 195,7 kg

Mp1;

mikrofonnr: 4991

kabelnr: 15

förstärkare: 4239

mikrofonkänslighet: 465,5 mV/psi

Mp2

mikrofonnr: 4990

kabelnr: 14

förstärkare: 4238

mikrofonkänslighet: 459 mV/psi

Salva 6, kil, malmförsök,

Mp1;

mikrofonnr: 4991

kabelnr: 15

förstärkare: 4239

mikrofonkänslighet: 465,5 mV/psi

Mp2

mikrofonnr: 4990

kabelnr: 14

förstärkare: 4238

mikrofonkänslighet: 459 mV/psi

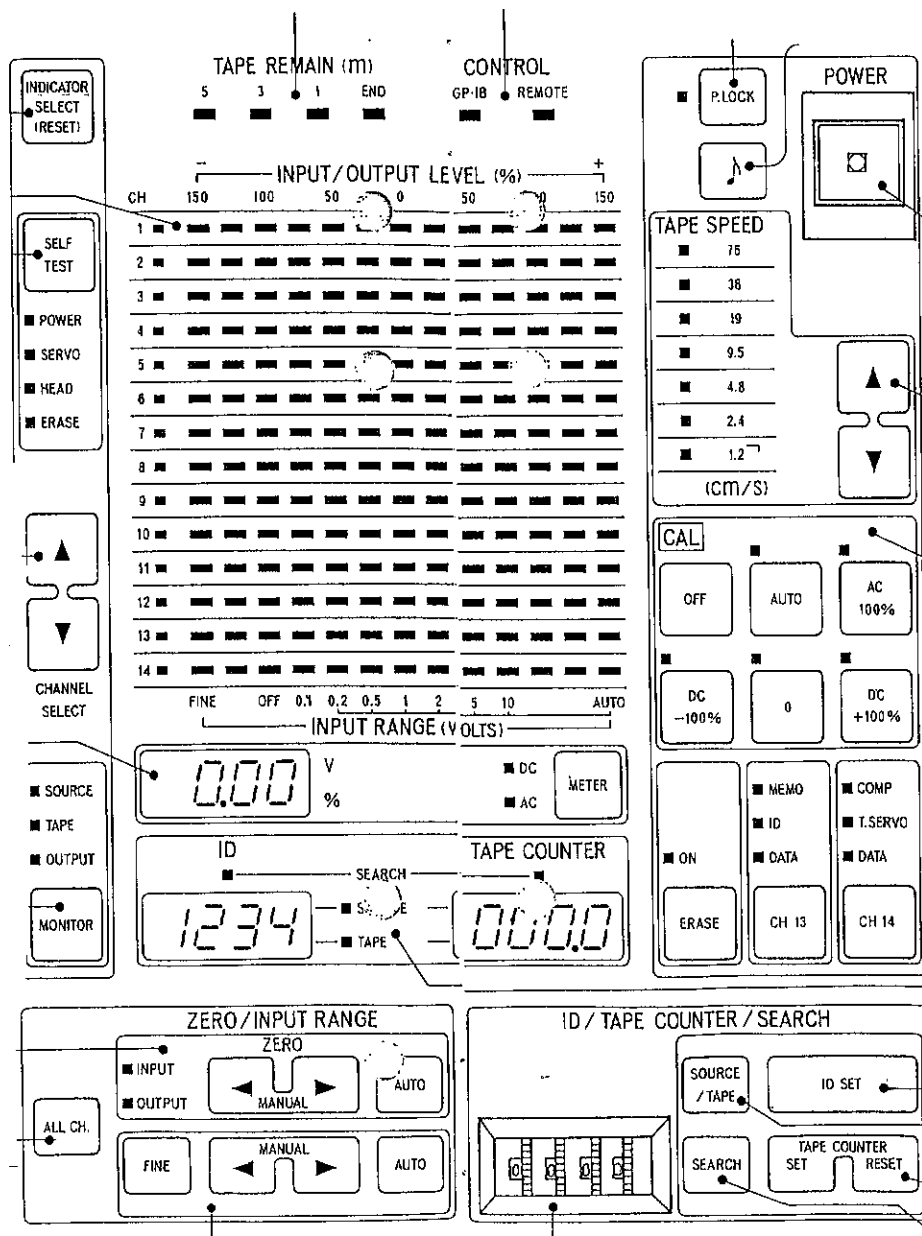
TEAC®

XR-310/XR-510/XR-710

PORTABLE VHS VIDEO CASSETTE DATA RECORDERS

SUPPLEMENTARY INSTRUCTIONS

- This text supplements the explanations of the operation of the XR-310/510/710 given in the video tape narration.
- The XR-510 is described in this text; operations of the other models are basically the same.



1-1 SPECIFICATIONS

- Record/reproduce system : FM (Wide band G-I)
DR (Option)
- Using tape : Magnetic video recording cassette tape
of Japan Electric Machinery
Manufactures Association standard
(VHS type)
- Tape length: 248m
 - Tape width : 12.7mm
- Number of tracks : 7 channel + 1 channel (For XR-310)
14 channel + 1 channel (For XR-510)

Channel configuration

	XR-310	XR-510
Data only	CH1 to CH6	CH1 to CH12
Data, memo announcement, ID code select	CH6 *	CH12
Data, noise compensation, tape servo select	CH7	CH14
Memo only	Edge	Edge

* Only data or ID code selection only
for the XR-310

- Heads : Record/reproduce: 1 set each
Erase (full track) on FWD side: 1
- Controls : Transport control by push button SW
(REV, FAST, FWD, STOP, REC, PROGRAM)
Operating control by character sheet
type membrane SW
- Tape speeds : 6 speeds (standard) + 1 speed (option)
- * 76.20cm/sec (30 ips) option
 - 38.10cm/sec (15 ips)
 - 19.05cm/sec (7-1/2 ips)
 - 9.52cm/sec (3-3/4 ips)
 - 4.76cm/sec (1-7/8 ips)
 - 2.38cm/sec (15/16 ips)
 - 1.19cm/sec (15/32 ips)
- Tape speed variation : $\pm 0.2\%$ or less

Flutter : Conforms to IRIG 118-73 STD
 * 76.20cm/sec 0.25%p-p (0.2 to 5000Hz) option
 38.10cm/sec 0.25%p-p (0.2 to 2500Hz)
 19.05cm/sec 0.3%p-p (0.2 to 1250Hz)
 9.52cm/sec 0.45%p-p (0.2 to 625Hz)
 4.76cm/sec 0.55%p-p (0.2 to 313Hz)
 2.38cm/sec 0.65%p-p (0.2 to 156Hz)
 1.19cm/sec 1.0%p-p (0.2 to 156Hz)

Start/stop time : Approx. 2 seconds
 Fast forward/rewind time : Approx. 5 minutes at 148m length tape
 Continuous record/reproduce time : Approx. 6 hours at 1.19cm/sec speed
 Input impedance : FM: 1M ohms, unbalanced
 DR: 10k ohms, unbalanced
 Balanced input, insulated input (Option)
 Input voltages : $\pm 0.1V$, 0.2V, 0.5V, 1V, 2V, 5V, 10V
 7-step attenuator controlled by electronic switch.
 Fine adjustment possible using FINE control.
 - Auto range setting: ± 0.2 to $\pm 10V$
 - Manual range setting: ± 0.1 to $\pm 10V$

Output voltages : $\pm 1Vp$ (minimum) to $\pm 5Vp$ (maximum), variable with voltage control
 Output current : 10mA or more (20 ohm load)
 Input/output zero level shift : INPUT: $\pm 100\%$, FM only
 OUTPUT: $\pm 100\%$, FM only
 Auto zero available

Frequency response, S/N ratio and Recording time:

Tape speed (cm/sec)	FM		DR		T-120 or equivalent
	BAND	S/N	BAND	S/N	
* 76.20	DC to 20kHz	50dB	0.1 to 150kHz	30dB	5.4 min
38.10	DC to 10kHz	50dB	0.1 to 75kHz	30dB	10.8 min
19.05	DC to 5 kHz	50dB	0.1 to 36kHz	30dB	21.7 min
9.52	DC to 2.5kHz	48dB	0.1 to 18kHz	30dB	43.4 min
4.76	DC to 1.25kHz	47dB	0.1 to 9 kHz	30dB	1 hr 27 min
2.38	DC to 625Hz	46dB	0.1 to 4.5kHz	30dB	2 hr 53 min
1.19	DC to 313Hz	42dB	0.1 to 2.25kHz	30dB	5 hr 47 min

NOTE: The S/N figures in the table above apply noise compensation is ON.
 The symbol * refers to option.

Band characteristics are as follows: FM: +0.5, -0.1dB
 DR: $\pm 3dB$

FM harmonic distortion	:	1% or less
DR third harmonic distortion	:	1% or less
Crosstalk	:	Inter-channel noise level or less
Drift	:	±0.5% or less (after 20 minutes of heart run)
Environmental	:	Temperature: 0° to 40°C Humidity : 20% to 80%
Source voltage (Power)	:	90 to 130V AC or 190 to 250V AC 11 to 15V DC NOTE: Each power supply is packaged for replacement.
Current drain	:	XR-310 approx. 7A (12V) XR-510 approx. 8A (12V)
Dimensions (W x H x D)	:	420 x 385 x 260mm approx. (without projections)
Weights	:	approx. 21kg (For XR-310) approx. 22kg (For XR-510)

STANDARD ACCESSORIES

	XR-310	XR-510
- Magnetic tape (12.7mm wide cassette tape)	1	1
- Input/output cable	15	29
- Power cable AC/DC	1	1
- Microphone	1	1
- Earphone	1	1
- Hex wrench	1 set	1 set
- Small screw driver	1	1
- Driver support	1	1
- Creaner	1	1
- Test performance sheet	1	1
- Instruction manual	2	2

Front panel: Names and functions of parts, etc.

Tape remaining indicators
 When the tape reaches 5 m, 3 m and 1 m from the end of tape, then when it reaches the end, LEDs light and the buzzer gives a warning.

Indicator selector
 Every time this is pressed, the indicator alternates between the I/O % indication and input range indication.
 (Operation is inhibited during AUTO ZERO and AUTO RANGE.)

All-channel indicator (bar meter)
 This doubles as the I/O % indicator and input range indicator.

Self test
 If this is depressed for more than 3 seconds, self-diagnosis of the data recorder starts.
 (Operation is inhibited with tape running.)

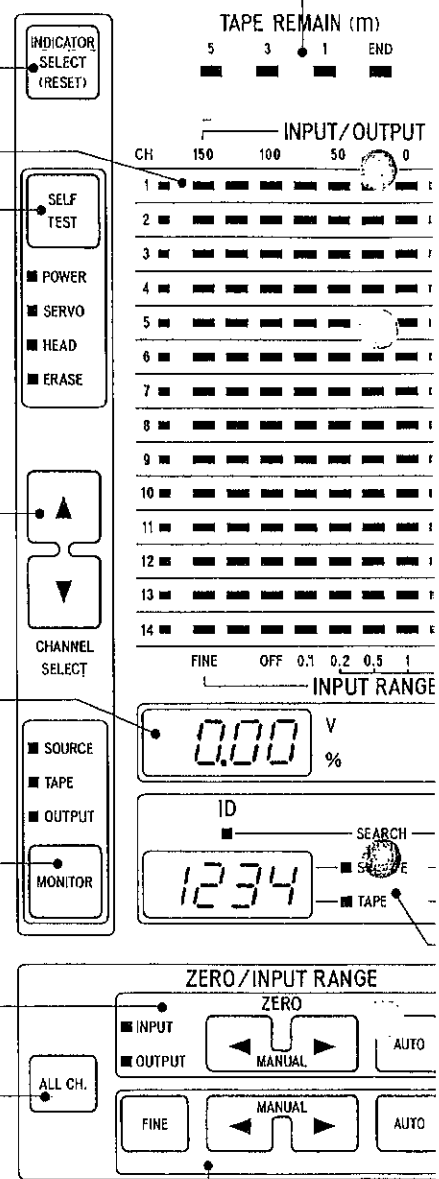
Channel selector
 Press ▲ or ▼ to specify the channel; when set, I/O zeroing, adjustment and monitoring the input range of channels is possible.
 (Operation is inhibited during AUTO ZERO and AUTO RANGE.)

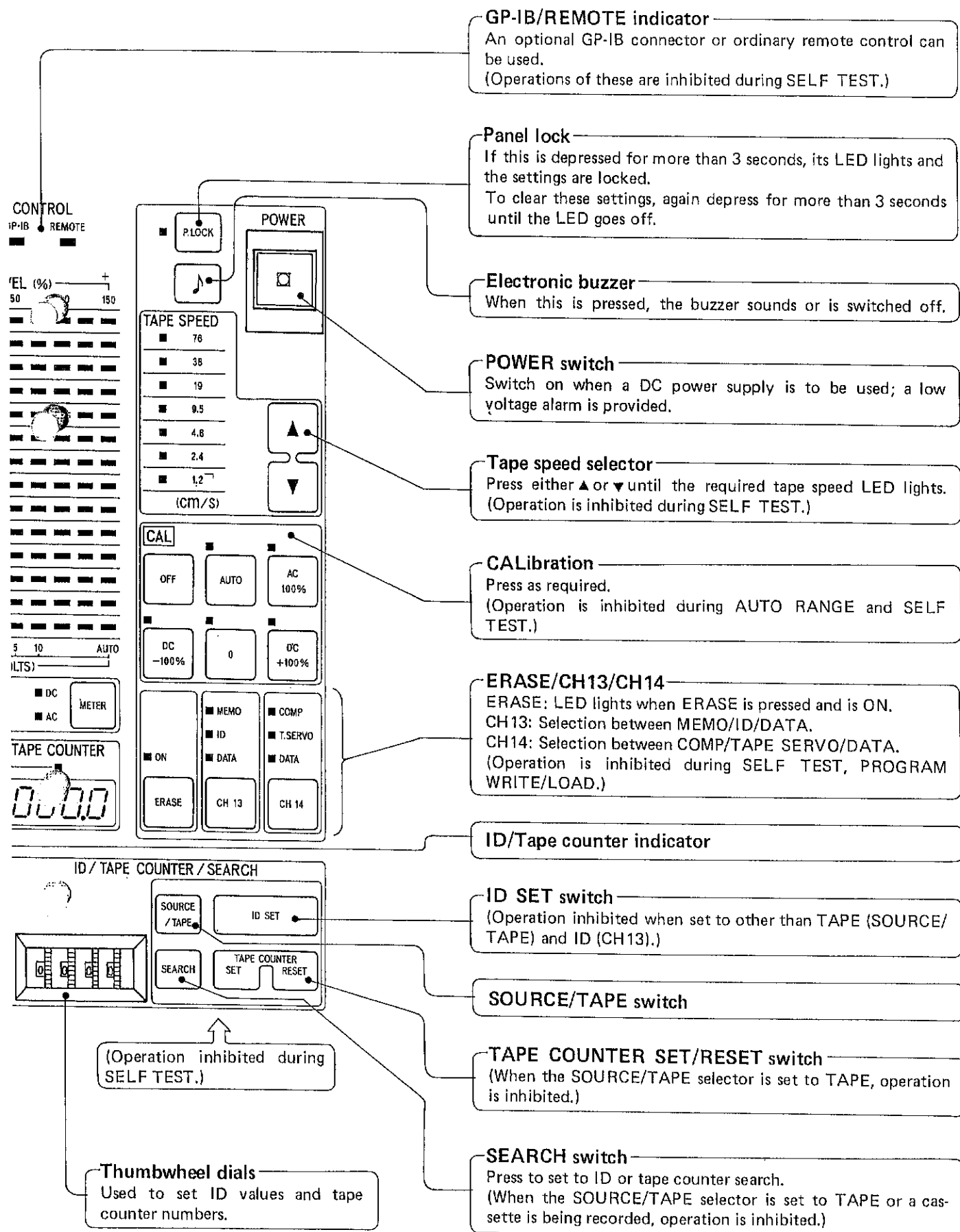
Monitor selector/digital meter
Monitor selector: Press to select between SOURCE, TAPE and OUTPUT.
Digital meter: When SOURCE or TAPE is selected, specifies %; when OUTPUT is selected, specifies V. According to the signal, METER should be pressed to select between AC and DC.

Zero/INPUT RANGE
 When monitor is SOURCE, input is zero; when it is TAPE/OUTPUT, output is zero. Each of these adjustments can be performed manually or automatically.

All-channel
 If this is pressed together with ◀ or ▶, I/O zero or input range can be preset for all channels simultaneously.

Input range
 This can be preset manually or automatically. If FINE is pressed, the input from each FM amplifier can be fine-adjusted.
 (Operation is inhibited during AUTO ZERO, SELF TEST and CAL-ON.)





How to record (basic operation)

1 Switch power on, load a cassette, then connect the input data lines to the input BNC connectors.

2 Select the required tape speed.

3 Press to light SOURCE.

4 Observe the bar meter and digital monitor meter of the channel selected with the channel selector, then shift zero using ◀ or ▶. (It is possible to set all channels to zero simultaneously, by pressing ALL CH.)

5 Observe the bar meter of the channel selected with the channel selector and set to the required input range using ◀ or ▶. (The input ranges of all channels can be set manually or automatically by pressing ALL CH and input level fine adjustment is possible.) (Before recording, it is necessary to perform input calibration.)

6 Press to select ERASE ON or OFF.

7 CH13 Press to switch on the LED corresponding to the required function.

8 CH14 Press to switch on the LED corresponding to the required function. (If CH13 is set to ID, it is possible to record ID and each number of counter onto the tape.)

9 Set or reset the counter to the required reading with the thumbwheel dials. Prior to recording input CAL as necessary.

10 Press the REC and FWD buttons simultaneously. Both LEDs will light and recording will start.

• To stop recording, press the STOP button.

When the LED of the channel selected by the channel selector lights, the channel monitor indicator LED on the front control panel comes on.

After the input range has been selected and then set to OFF, this LED goes out. If the range is set between 0.1 and 10 V, the LED comes on, enabling recording.

Fine adjustment of input level (LEVEL FINE)

The input level can be switched in 7 steps between 0.1 and 10 Vp. However, if a 3 Vp signal is input, the input range should normally be set to 5 V. With this setting, the input is only 60 % of the permissible level, which inevitably results in a slight degradation in the S/N ratio.

In such a case, set the input range to 2 V then press input range FINE. Using the FM amp's LEVEL FINE potentiometer, perform fine adjustment so that the bar meter reads 100 %.

To clear fine adjustment, press FINE again.

How to set auto zero (input)

This is done using the "CAL" function. If AUTO is pressed in 4 above, the LEDs of all channels flash. Input the signal which you want to use for auto zeroing to the input BNC connector of an FM amplifier. When the signal has stabilized (in 1 or 2 seconds), press AUTO again. This completes the operation.

(To auto zero all channels, press ALL CH and AUTO simultaneously. The channels without a signal input to the BNC connectors of their FM amps are set to 0 V automatically.)

FM amp

How to reproduce (basic operation)

1 Switch on the power then insert the cassette to be reproduced.

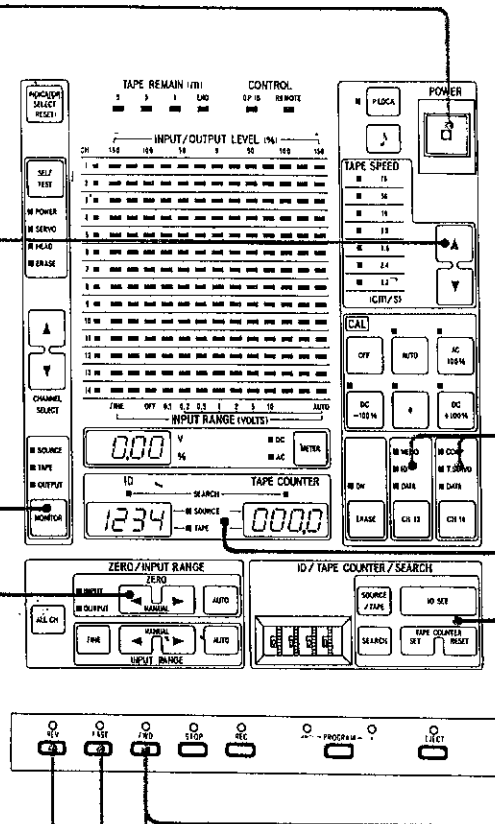
2 Select the required tape speed. (* Set the unit to the reproduce mode)

3 (Output zero adjustment)
Select TAPE or OUTPUT.

4 Observing the bar meter and digital monitor meter of the selected channel, perform zero shift with ◀ and ▶. The setting of zero for all channels simultaneously or automatically is also possible. (*2)

5 (Output level adjustment)
Press to select OUTPUT. (* Set the unit to the reproduce mode)

6 Observing the digital monitor meter of the channel selected by the channel selector or monitoring the unit connected to OUTPUT, set the potentiometer to the optimum level (during reproduction).



7 Set to the same condition as during recording.

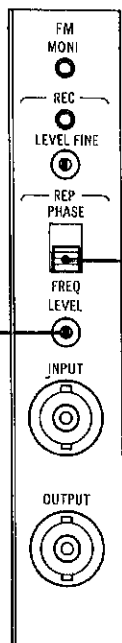
ID search, tape counter search and source search are possible as required. (Refer to page 7 for details.)

8 Press the FWD button. (The LED lights and reproduction starts.)

- If the FWD and FAST or REV and FAST buttons are pressed simultaneously, the LEDs light simultaneously and the tape is fast forwarded or rewound.
- To stop reproduction, press the STOP button.

• Set to PHASE or FREQ position as required

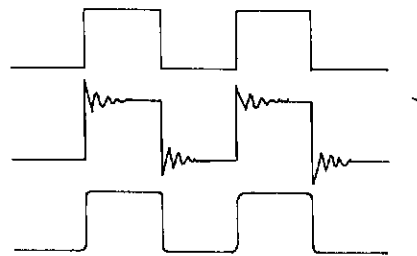
When set to the PHASE position, it is possible to suppress overshoot or ringing when a square wave is reproduced. Normally set to the FREQ position.



FM amp

FREQ

PHASE



Input waveform (original waveform)

Output waveform

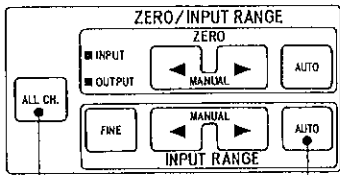
*2 How to set auto zero (output)

This permits the automatic shifting of the zero point of the signals recorded on tape during reproduction. While reproducing a tape as in 4, press AUTO (or, for all channels, press simultaneously with ALL CH), then, when the reproduced signals are stabilized, press AUTO again to complete the operation.

Operation of main functions (1)

• Auto range

Before recording data, a pseudo signal is input. From its maximum value, it is possible to set the input range automatically.



*The minimum value of the input range during AUTO RANGE will be 0.2 V.

Preparation

Set MONIT to SOURCE, then set the channel to be used for auto ranging using CHANNEL SELECT. Now input the pseudo signal to INPUT BNC.

Operation

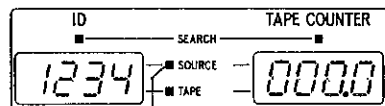
- 1 Press AUTO (the AUTO LED of the bar meter flashes).
- 2 Switch off the pseudo signal and press the AUTO button again. (The bar meter AUTO LED goes out.) This completes input range setting for the maximum value of signals input so far.
- 3 When setting all channels simultaneously, press the ALL CH button in 1 above.

• Auto initial set

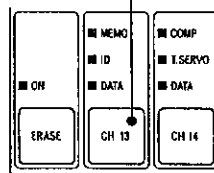
This function is used when recording each setting during recording using a video cassette tape and the identical recording setting is performed. Loading for setting is performed from the video cassette tape.

Operation method (1) program write

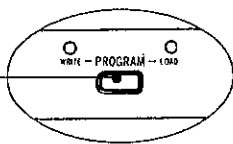
- 1 Press the SOURCE/TAPE switch to light the SOURCE LED.



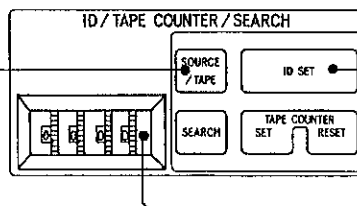
- 2 Press to switch on the ID LED.



- 4 Press for setting.



- 5 Press to switch on the WRITE LED.



- 3 Set to the required number (for example, "0064").

- 6 Finally, if the FWD. REC button is pressed, program writing stops automatically after 2 to 3 seconds. This completes the operation.

Operation method (2) program load

(Refer to the program write operation diagram.)

- 1 Same as 2 in the diagram.
- 2 Set to the ID number (for example, "0064") to which you want to load the program as in 3 above.
- 3 Press to switch on the LOAD LED as in 5 above.
- 4 Finally press the FWD or REV button. Upon completion of loading the program with ID number (0064), the unit stops automatically.

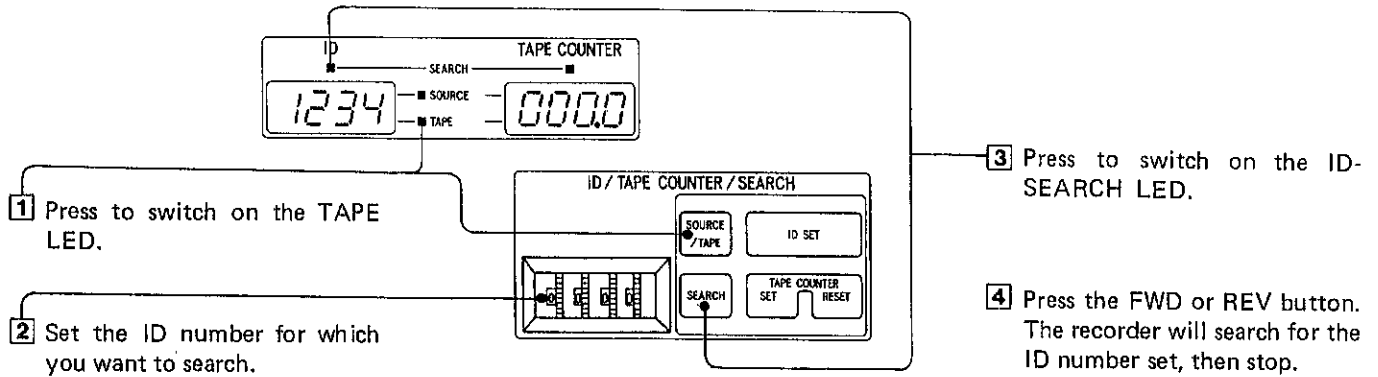
Operation of main functions (2)

• Search

With the XR-310/510/710, ID search, tape counter search and tape counter source search are possible.

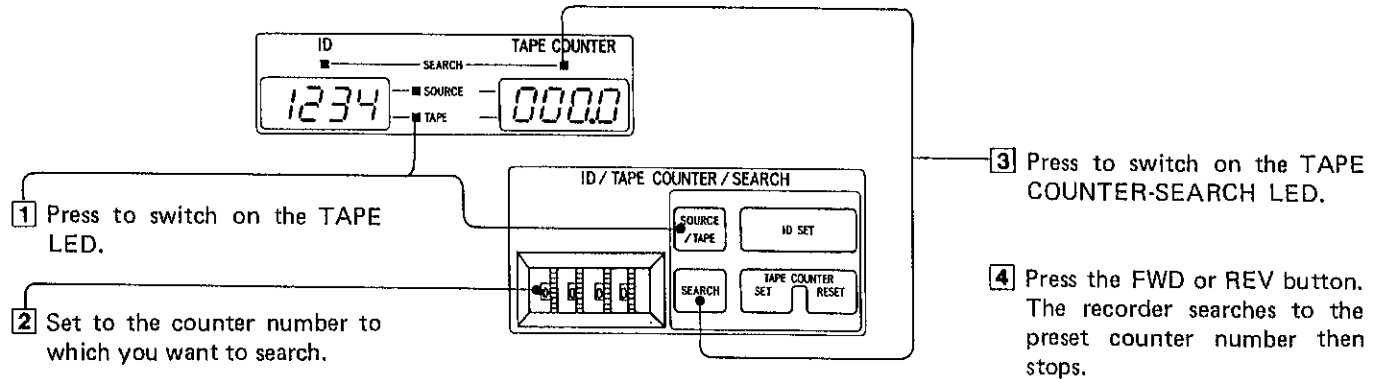
ID search method

ID number search is possible only if the tape is recorded using channel 13 (XR-510) as the ID channel.



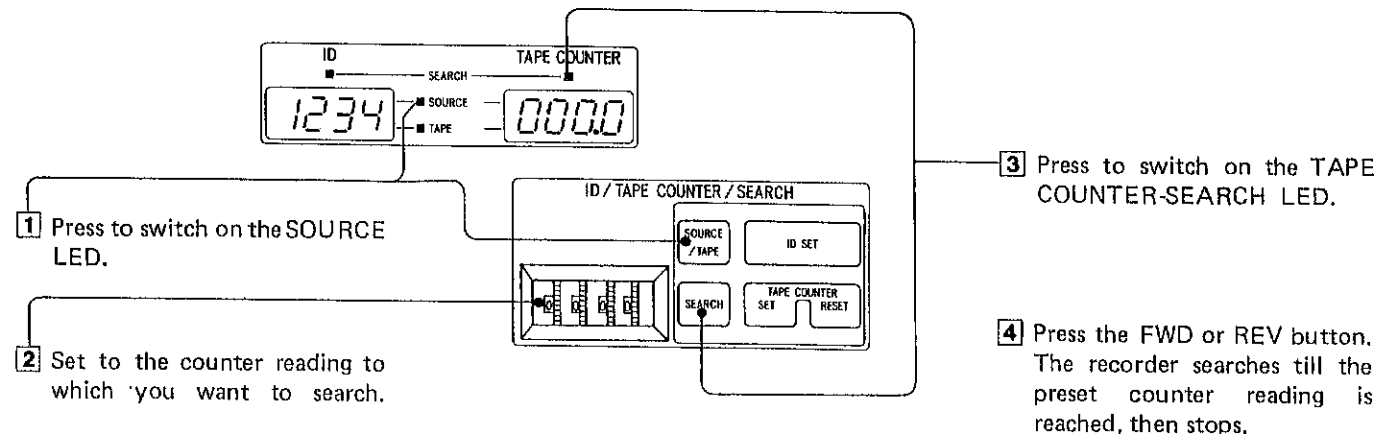
Tape counter search method

If the recording is made with channel 13 as the ID channel, the counter reading is recorded on the tape together with the ID number. With a tape recorded in this way, it is possible to search for any required location using the counter number.

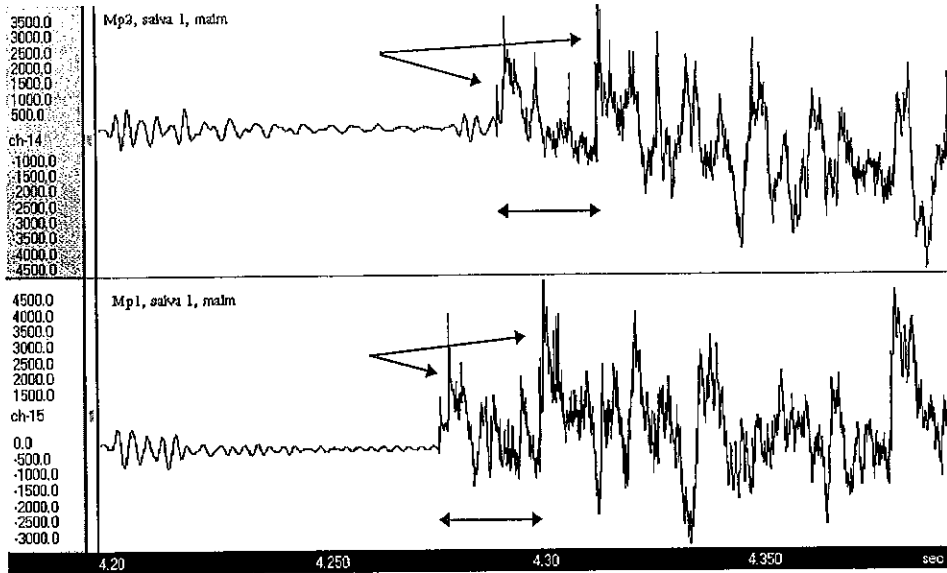


With source search method

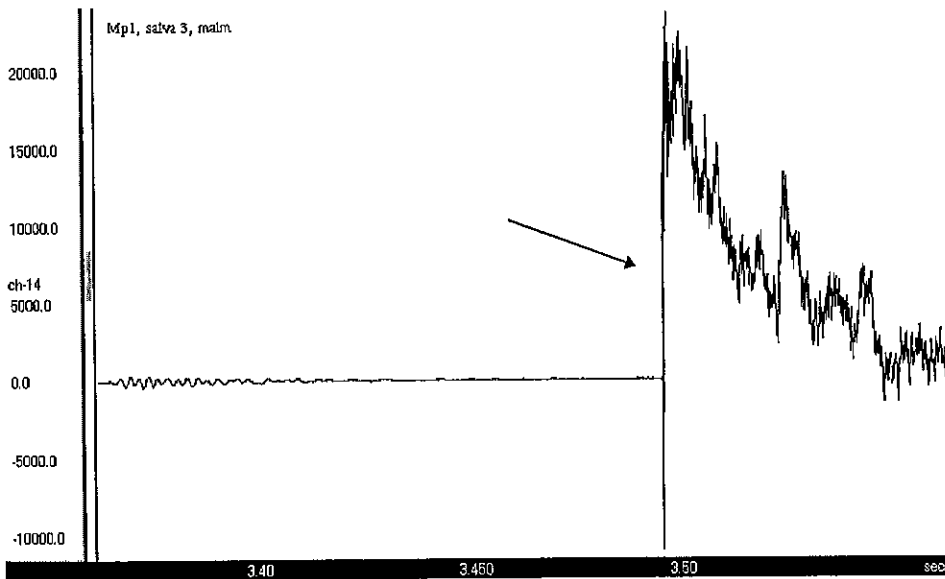
This search is possible with any tape.



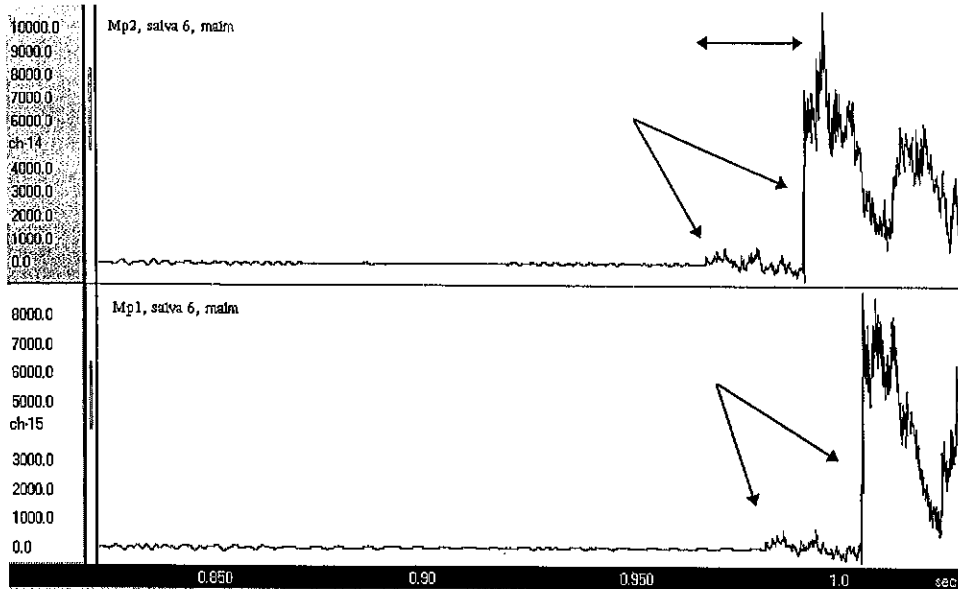
”Svängande” tryckökning



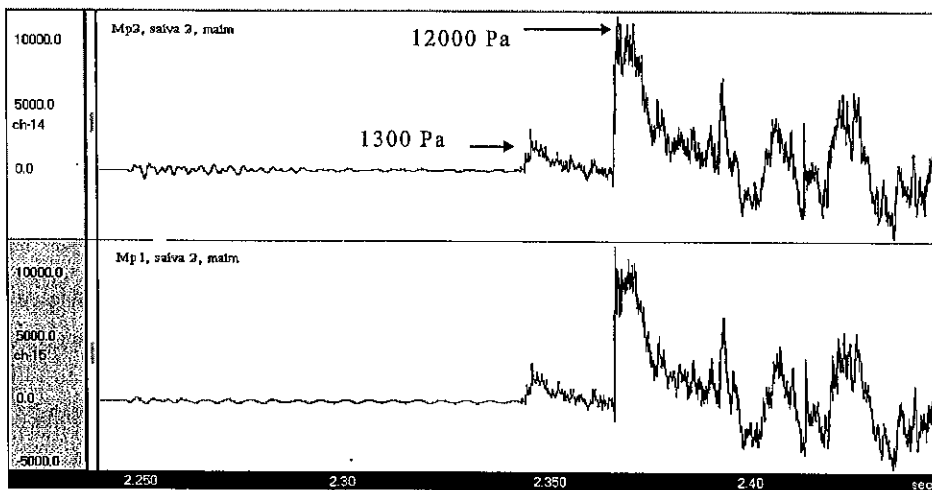
Salva 1, malm



Salva 3, malm



Salva 6, malm



Salva 2, malm.

Fakta, mikrofonuppkopplingar och mikrofonkänslighet för salva 1, 3 och 4, gråberg.

Salva 1

Mp2;
mikrofonnr: 4989
kabelnr: 14
förstärkare: 4238
mikrofonkänslighet: 511,2 mV/psi
höjd: 1,30 m (rör)

Mp1;
mikrofonnr: 4990
kabelnr: 15
förstärkare: 4239
mikrofonkänslighet: 459 mV/psi
höjd: 0,90 m

Mp3;
mikrofonnr: 4991
kabelnr: 16
förstärkare: 4240
mikrofonkänslighet: 465,5 mV/psi
höjd: 0,75 m

Band 2 registrering 15

Salva 3

Mp2;
mikrofonnr: 4989
kabelnr: 14
förstärkare: 4238
mikrofonkänslighet: 511,2 mV/psi
höjd: 1,30 m (rör)

Mp1;
mikrofonnr: 4991
kabelnr: 15
förstärkare: 4240
mikrofonkänslighet: 465,5 mV/psi
höjd: 0,90 m

Band 2 registrering 20
Inställning för kanal 14 och 15: 10 V

Salva 4

Mp2;
mikrofonnr: 4989
kabelnr: 14
förstärkare: ?
mikrofonkänslighet: 511,2 mV/psi
höjd: 1,30 m (rör) ?

Mp1;
mikrofonnr: 4991
kabelnr: 15
förstärkare: ?
mikrofonkänslighet: 465,5 mV/psi
höjd: ca 0,90 m

Band 2 registrering 22

Projektplan delprojekt 4, 2000-05-17

PROJEKTPLAN, förslag på delprojekt 4
Reducering av luftstötvmågor vid sprängning under mark
SveBeFo-projekt 616
2000-05-17

Innehållsförteckning

1. BAKGRUND	2
1.1 Motivet till projektet	2
1.2 Genomförda delprojekt	2
2 MÅL OCH SYFTE	3
2 Förväntat resultat.....	3
3 OMFATTNING	3
3.1 Avgränsningar och inriktning	3
4 FÖRSLAG PÅ GENOMFÖRANDE AV DELPROJEKT 4	3
4.1 Problemformulering	3
4.2 Genomförande.....	4
4.2.1 Pilotförsök med laddningar i det fria och beräkningar	5
4.2.2 Förladdningsförsök	5
4.2.3 Kompletterande försök.....	5
5 ORGANISATION OCH RAPPORTERING.....	6
5.1 Forskare.....	6
5.2 Projektledare	6
5.3 Arbetsgrupp.....	6
5.4 Referensgrupp	6
5.5 Avstämning	6
6 SKRIFTLIG RAPPORTERING	7
7 FÖRVARING AV RESULTAT	7
8 TID- OCH KOSTNADSPLAN	7

1. BAKGRUND

1.1 Motivet till projektet

För att undvika skador på omkringliggande fastigheter finns idag restriktioner för sprängning inom tätbebyggt område. Vid sprängning uppkommer bland annat en luftstötståg. I bland behöver denna luftstötståg reduceras för att inte skada skall uppkomma. Reduceringen kan åstadkommas på två olika sätt. Dels genom att reducera luftstötstågen redan vid källan och dels genom att reducera en redan uppkommen sådan genom någon slags barriärkonstruktion.

1.2 Genomförda delprojekt

Tre delprojekt har genomförts under delar av perioden 1994 till och med 1999. I det första delprojektet var målet att bedöma om en uppsatt barriärkonstruktion fyllde någon funktion vid sprängning av en tunnelsalva. Försöken gav inte något entydigt svar men slutsatsen var ändå att en barriärkonstruktion har en funktion att fylla. Projektet hade svårigheter att genomföras bland annat beroende på luftstötstågens komplexa egenskaper, ej ändamålsenlig mätutrustning och de på plats rådande förhållandena. Finansieringen var fördelad mellan SBUF, Nitro Consult, SveBeFo och Skanska. Totalt var projektet budgeterat till 407 kkr var av 264 kkr kom från SBUF.

I det andra delprojektet var målet bland annat att mäta om en förladdning och en barriärkonstruktion reducerade luftstötstågen från sprängning av ett enskilt borrhål. Två olika förladdningsmaterial testades, grus och lera. En 0,5 m lerpropp gav en reduktion på 50 % och en lika lång grussträng ca 30 % reduktion. En barriärkonstruktion som täckte ca 90 % av ortarean reducerade luftstötstågen med ca 50 % mer än en som täckte ca 40 %. Projektet utfördes under kontrollerbara förhållanden. Projektet hade en budget på 820 kkr. Den var fördelad på följande sätt: BFR 225 kkr, SBUF 275 kkr och SveBeFo, Banverket och Skanska tillsammans 320 kkr.

I det tredje delprojektet var målet bland annat att med befintlig mätutrustning registrera tryckförloppet ifrån en hel ortsalva. Det registrerades bland annat fler tryckamplituder än vad det fanns borrhål, vilket försvårade identifieringen av tryckamplitud till rätt borrhål. Endast 5-10 % av borrhålen kunde identifieras med rätt tryckamplitud. "Problemen" som har uppstått har diskuterats med personal från FOA. Där framkom flera troliga orsaker till "problemen". Förslaget från SveBeFo att renodla försöken för att förstå mekanismerna bakom, mottogs som en god idé. En arbetsgrupp har därför bildats och arbetat fram föreliggande projektförslag 4 som innebär ett "omtag" för att mera grundligt förstå de aktuella förloppen. Projektförslaget följer det preliminära upplägg som presenterades på programstyrelsemötet 99-12-08.

Vid programstyrelsemöte 99-12-08 konstaterades att de 50 kkr som begärts för specificering av programmet ligger inom kansliets mandat att tilldela och att man därför betraktade ärendet som en anmälan.

Delprojektet tilldelas 600 tkr för genomförande och rapportering av försök vid programrådsmötet 00-02-17.

2 MÅL OCH SYFTE

Den övergripande målsättningen är att kunna utforma en sprängning så att risk för skada på omkring liggande fastigheter eller dylikt från luftstötstågen minimeras.

2 Förväntat resultat

Projektets förväntade resultat kommer att ge entreprenören bättre möjlighet att utforma en sprängning för att minimera luftstötstågen.

3 OMFATTNING

3.1 Avgränsningar och inriktning

Projektet hade i sin målsättning från början att studera reducering av luftstötstågen vid och efter källan. I delprojekt två studerades båda dessa fall och i fallet reducering efter källan gav värdefullt resultat. Därefter beslöts om en begränsning, att endast titta på reducering av luftstötståg vid källan. Detta beroende dels på att projektet behövde fokuseras, dels på att SveBeFo har sin "styrka" i sprängningsteknik.

4 FÖRSLAG PÅ GENOMFÖRANDE AV DELPROJEKT 4

Syftet med det aktuella delprojektet är att öka förståelsen för tryckuppkomst i samband med sprängning i borrhål genom att med väldefinierade försök studera enskilda parametrars betydelse. En viktig målsättning är att erhålla en förståelse för tryckgenereringen genom att särskilja och rangordna olika delar i tryck-tidförloppet som kan tänkas härröra från:

- I. bergytans elastiska rörelse
- II. bergytans förflyttning vid sönderbrytning
- III. utströmmande gas vid bergets uppsprickning
- IV. utströmning av material och gas från hålöppningen
- V. detonation av frilagd/utkastad laddning

4.1 Problemformulering

Viktiga parametrar som påverkar uppkomsten av tryck i luft vid sprängning av borrhål i mark bedöms vara:

- I. geometrisk utformning såsom försättning, håldiameter, laddningslängd, avladdning, antal hål
- II. egenskaper hos ingående material såsom explosivämnet, ev. förladdning, berget
- III. tider - fördröjning mellan laddningar

En fullständig kartläggning av samtliga parametrars betydelse är inte möjlig inom delprojektets ram, därför väljs att göra avgränsningen att studera i första hand betydelsen av förladdningen med noggrann analys av hela tryck-tidförloppet, samt i andra hand med pilotförsök studera några andra parametrars betydelse.

4.2 Genomförande

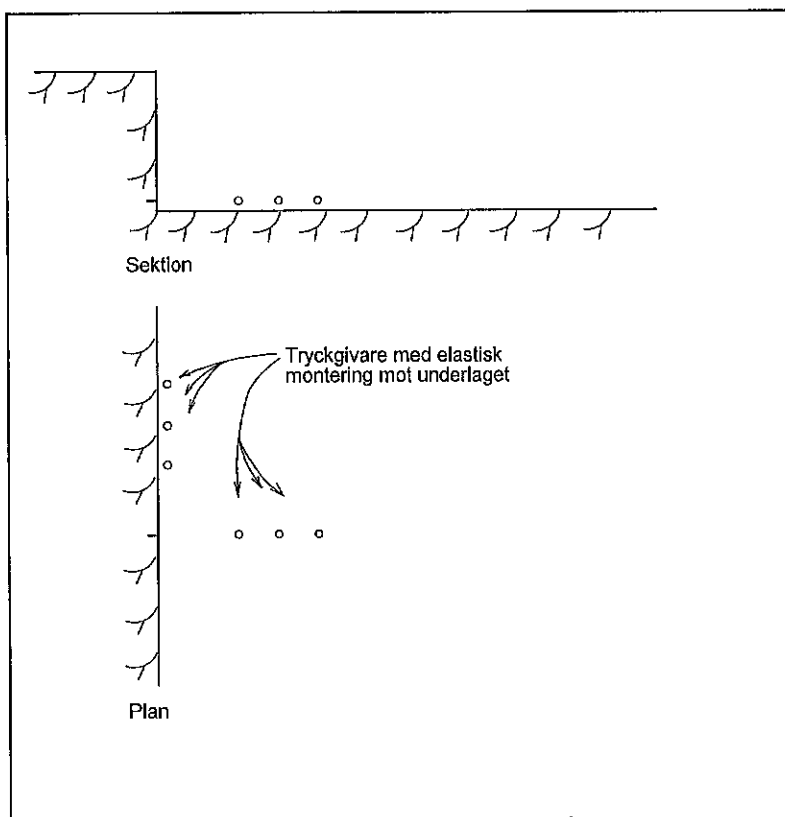
I det delprojekt som nu planeras, omfattar den centrala delen en försöksserie med avsikt att i första hand studera förladdningens betydelse för tryckuppkomsten. Dessutom görs ett antal försök för att få en inblick i några andra parametrars betydelse.

I två tidigare experimentella undersökningar i Sverige 1976 och 1978 med syfte att studera kast från området av hålöppningen men även i några fall luftstötvmåtmätningen har försök genomförts med detonation i borrhål ute i set fria med håldiametrar 76mm och 38 mm. För att inom budgeten möjliggöra ett större antal försök och därmed säkrare slutsatser väljs att genomföra de nu planerade försöken i mindre skala med ca 20-25 mm håldiameter.

I strävan att förenkla geometrin och därmed underlätta tolkning av försöksresultaten väljs att genomföra försöksverksamheten ute i det fria.

Den viktigaste uppgiften vid försöken blir att registrera lufttrycket som funktion av avståndet.

För att få en uppfattning om huruvida tryckutbredning är olika i olika riktningar väljs att placera givare i två olika riktningar relativt bergytan enligt figur nedan.



Principfigur av försökssuppställning.

Om möjligt genomförs försöken i horisontellt borrhål i vertikal bergssida med förhållandevis hög höjd (>10m). Borrhål placeras ca 1,5 m över mark. Det bedöms angeläget att bergmaterialet har en homogen struktur. En undersökning kommer därför att göras av lämplig plats.

Bedömningen är att även sedimentära bergarter kan komma i fråga men strävan är då att välja platsen för borrhålen så att inte skiktgränser påverkar försöksresultaten.

Mätningar av tryck görs med givare strax över mark i två riktningar med avstånd till borrhål i samma storleksordning som bergssidans höjd.

4.2.1 Pilotförsök med laddningar i det fria och beräkningar

I avsikt huvudsakligen att trimma mätutrustning görs ett antal försök med små laddningar i fri luft men nära bergytan. Försöksresultaten jämförs med beräkningar av trycket vid explosion i fri luft.

4.2.2 Förladdningsförsök

I avsikt att studera förladdningens inverkan på trycket, få en god bild av karaktären av tryck-tidförloppet med syfte att få en förståelse för mekanismerna bakom tryckgenereringen, samt att få en uppfattning om reproducerbarheten, görs en försöksserie med helt inspända laddningar. Lämplig håldiameter väljs med \varnothing i intervallet ca 20-25 mm. Laddningsvikten hålls konstant och väljs i intervallet ca 0,4-0,8 kg beroende på håldiameter. Samtliga laddningar förladdas med lämpligt väldefinierat material t.ex lera. Maximala förladdningar väljs i intervallet ca 1,2-1,4 m beroende på håldiameter (innebärande att maximalt håldjup väljs i intervallet ca 2-2,5 m beroende på håldiameter).

Försöksserien inleds med ett antal experiment (ca 5) där förladdningen varieras mellan noll och maximum. Avsikten med dessa första försök är att få tryckregistreringar av olika karaktär beroende på vilket fenomen (bergytans elastiska rörelse, bergytans förflyttning vid sönderbrytning, utströmmande gas vid bergets uppsprickning, utströmning av material och gas från hålöppningen, ev. detonation av frilagd/utkastad laddning) som styr genereringen av trycket. Efter preliminärgranskning av tryck-tidregistreringar väljs några försök ut och upprepas ett par gånger för få ett säkrare underlag för slutsatser och för att få ett mått på reproducerbarheten.

Trycket mäts med 3 + 3 tryckgivare (i två olika riktningar).

Höghastighetsfilmning görs vid försöken för att få en uppfattning om i första hand kasthastigheter av stenar som bryts loss samt i vilket skede som olika fenomen enligt ovan (sönderbrytning av bergytan, utströmning av gas vid bergets uppsprickning, utströmning av gas från hålöppningen samt eventuell detonation av frilagd/utkastad laddning) förekommer. Dessutom görs efterdokumentation av krater och kastlängder.

Tekniken att registrera bergytans rörelse med accelerometrar prövas.

4.2.3 Kompletterande försök

För att få en preliminär uppfattning om inverkan av några andra parametrar inte bara på maximalt tryck utan också vilket fenomen som styr tryckgenereringen och därmed karaktären av tryck-tidförloppet, upprepas något av ovan beskrivna försök med en variation av en parameter som kan vara:

- I. Förladdningen – annat förladdningsmaterial eller helt utan förladdning
- II. Explosivämne
- III. Försättning – kort avstånd till annat borrar hål eller pallfront
- IV. Fördröjning – laddningar i två hål initieras med viss tidsfördröjning

Registreringar genomförs på samma sätt som för försöken enligt 4.2.2 ovan.

5 ORGANISATION OCH RAPPORTERING

5.1 Forskare

Lena Reidarman har arbetat med delprojekten 1-3, i fortsättningen kommer även Ulf Nyberg att finnas med i genomförandet av projektet.

5.2 Projektledare

Projektledare för delprojekt 4 kommer att vara Rickard Forsén, Tyréns.

5.3 Arbetsgrupp

Arbetsgruppen består av följande personer:

Rickard Forsén, Tyréns,
Ulf Nyberg, SveBeFo,
Gösta Rundqvist, Nitro Consult,
Lena Reidarman, SveBeFo

5.4 Referensgrupp

En ordförande skall utses gärna från programrådet eller referensgruppen.

SveBeFo s programråd utser regelmässigt en referensgrupp för projektet, sammansatt av personer från huvudmannaföretag och högskola. Referensgruppens uppgift är att med sin kunskap och erfarenhet om teknik och markand stödja forskaren. Gruppen ska bidra till styrningen av projektet genom att

- utgöra "bollplank" för idéer och uppslag
- ta ställning till olika frågors relevans och intresse
- föreslå lämpliga tillämpningsobjekt
- ge konstruktiva synpunkter avseende presentationen av arbetet.

En ordförande skall utses gärna från programrådet eller referensgruppen.

Referensgruppen är tidigare utsedd och består av följande personer.

Pekka Berggren, Peab Berg
Siwert Eriksson
Bengt Niklasson, Skanska Teknik
Bo Karlsson, Vägverket
Göran Svedbjörk, Sycon Teknikkonsult

5.5 Avstämning

Avstämning av projektets resultat och fortsatta inriktning kommer att göras till referensgruppen. Detta kommer att ske två-tre gånger, en gång före projekt start, en gång under projektets genomförande om behov finns och en sista gång efter det att försöken är utvärderade.

Uppdatering av projektplanen kan tänkas vara nödvändig beroende på hur försöken faller ut. Detta förslag på uppgradering kommer i så fall att diskuteras med referensgruppen.

6 SKRIFTLIG RAPPORTERING

Skriftlig rapportering av delprojektet kommer att utföras när försöken är utvärderade.

7 FÖRVARING AV RESULTAT

Rapporten kommer att förvaras dels som en papperskopia och dels som en datafil.

8 TID- OCH KOSTNADSPLAN

Litteratursökning och genomgång har utförts som stöd för planeringen av försöksverksamhet i delprojektet. Försöken planeras utföras under hösten och av rapporteras under detta budgetår.

Kostnaderna för delprojektet planeras inrymmas i totalt 600 kkr med följande fördelning:

Planering		110 kkr
Försöksförberedelser		60 kkr
Försöksgenomförande	155 kkr	
Utvärdering		165 kkr
<u>Rapportering</u>		<u>110 kkr</u>
Summa		600 kkr

Varav:

Lönekostnader	513 kkr	
Resor		62 kkr
Materiel	25 kkr	

Forskare

Projektledare

Lena Reidarman

Rickard Forsén

