

## Laddningens påverkan på sprängskadeutbredningen

Examensarbete inom civilingenjörsprogrammet Väg- och Vattenbyggnad

MARCUS KILEBRANT

THOMAS NORRGÅRD

Institutionen för bygg- och miljöteknik  
Avdelningen för geologi och geoteknik  
Forskargruppen Teknisk Geologi  
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg 2008

Examensarbete 2008:100



EXAMENSARBETE 2008:100

# Laddningens påverkan på sprängskadeutbredningen

Examensarbete inom civilingenjörsprogrammet

MARCUS KILEBRANT & THOMAS NORRGÅRD

Institutionen för bygg- och miljöteknik  
*Avdelningen för geologi och geoteknik*  
*Forskargruppen Teknisk Geologi*  
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, 2008

Laddningens påverkan på sprängskadeutbredningen

Examensarbete inom civilingenjörsprogrammet

MARCUS KILEBRANT

THOMAS NORRGÅRD

© MARCUS KILEBRANT / THOMAS NORRGÅRD, 2008

Examensarbete 2008:100

Institutionen för bygg och miljöteknik

Avdelningen för geologi och geoteknik

Forskargruppen Teknisk Geologi

Chalmers tekniska högskola

412 96 Göteborg

Telefon: 031-772 10 00

Omslag:

Sprängskadade bergkärnor från projektets provsprängningar i Terås bergtäkt.

Chalmers Reproservice/ Institutionen för bygg- och miljöteknik

Göteborg 2008

Rock blasting and damage

- The relation between the size of the damaged zone and the column charge in Swedish quarry

Master's Thesis in Civil and Environmental Engineering

MARCUS KILEBRANT & THOMAS NORRGÅRD

Department of Civil and Environmental Engineering

Division of GeoEngineering

Engineering of Geology Research Group

Chalmers University of Technology

## ABSTRACT

The purpose of rock blasting is normally to cause fragmentation and movement in a rock mass. All effects of the blasting are however not wanted; negative effects like fracturing in the volume behind the excavated rock is also an inevitable result of the blast. The consequence of these negative effects is for example reduction of rock stability and decreased frost resistance. The purpose of this project was to examine the size of the damaged zone in relation to the size of the column charge in a blasthole. Anläggnings AMA 98 offers a table that gives the size of the theoretical damaged zones. This master thesis is based on blasting that was performed in Terås aggregate quarry in Backamo, Bohuslän. Six different types of explosives were used and tested. After blasting, a core drill was used to extract cores from the rock. To establish the extent of the damaged zone three different parameters was decided and evaluated; these parameters were the ultrasonic velocity ( $v_p$ ) the porosity and density. In all, these three parameters were decided on 462 rock samples taken from six different rock cores. Vibration monitoring was used to collect information about the vibrations created in the test blasts. Reliable estimates of the damaged zones could be made using these methods. A comparison was done comparing the achieved results with two other theories from the literature. The theories were developed by Sjöberg *et.al.* (1977) and Vägverket (Swedish road administration) (1991). The result from these comparisons showed that at low charges, below 1 kg/m, the established damaged zones could be well predicted using these theories. At higher charge concentrations the established zones were considerably smaller compared to what the tested theories offered. An obvious connection between column charge and the size of the damaged zone was found and was expressed with a function. Results from the vibration monitoring indicated a good correlation between damage logged in the rock cores and the calculated vibration velocities.

Key words: damaged zone, blasting, rock, crack, vibration monitoring, ultrasonic, porosity, density, linear charge concentration, Anläggnings AMA

## Laddningens påverkan på sprängskadeutbredningen

Examensarbete inom civilingenjörsprogrammet

MARCUS KILEBRANT

THOMAS NORRGÅRD

Institutionen för bygg- och miljöteknik

Avdelningen för geologi och geoteknik

Forskargruppen Teknisk Geologi

Chalmers Tekniska Högskola

### SAMMANFATTNING

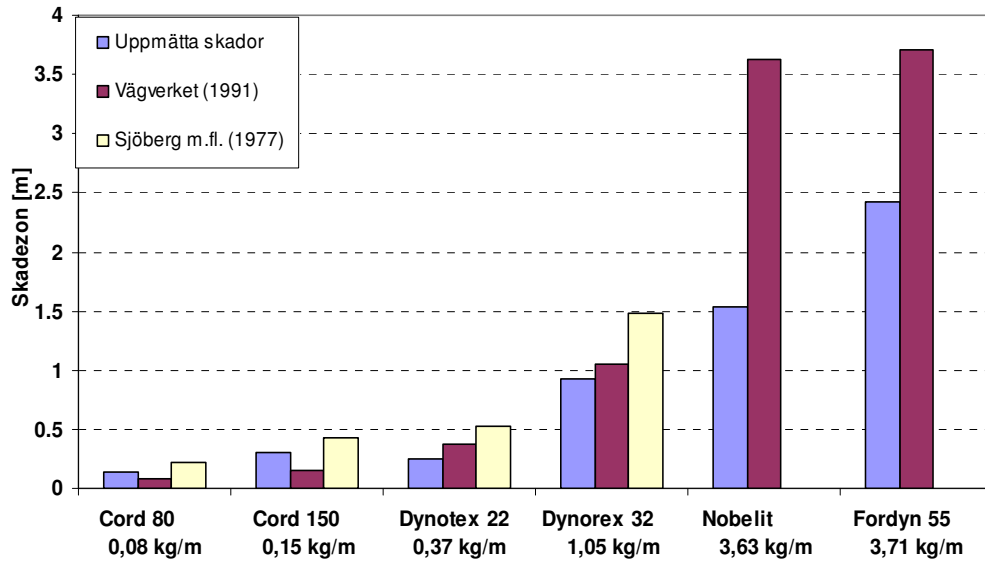
Vid sprängning i berg uppstår skador i den kvarstående bergkonturen. Komplikationer som exempelvis försämrad stabilitet och nedsatt frostbeständighet i skärningar och andra konstruktioner i berg kan uppstå som följd. Storleken på sprängskadezonen är svår att uppskatta då den är beroende av ett flertal faktorer. Val av sprängmedel, laddningsmängd och hålsättning är bara några av dessa. Även den lokala geologin har stor betydelse för sprängskadans omfattning. I Anläggnings AMA 98 finns en tabell som tillhandahåller teoretiska skadezoner. Denna utvecklades av Sjöberg m.fl. i slutet av 1970-talet. Även Vägverket har en modell för att teoretiskt bedöma sprängskada. Dagens teorier ger dock endast en uppskattning av skadezonen då de inte tar hänsyn till alla inverkanse faktorer.

Detta projekt syftar till att studera laddningens betydelse för sprängskadeutbredningen. Undersökningen bygger på provsprängningar med sex olika sprängmedel som utfördes i Terås bergtäkt i Bohuslän. Med hjälp av uttagna bergkärnor har sprängskadorna som varje sprängmedel orsakat kunnat studeras. Tester som i tidigare forskningsprojekt visats vara effektiva för att påvisa försvagningar i bergmaterialet har tillämpats såsom ultrasonik, porositets- och densitetsmätningar. Även vibrationsmätning utfördes i samband med provsprängningarna.

I detta projekt definieras sprängskada som all påvisbar nybildad sprickbildning. Resultat och slutsatser som projektet ledde fram till redovisas nedan.

- Tydliga resultat beträffande sprängskadornas storlek erhöles från försöken. I Figur 1 redovisas de uppmätta skadezonerna.
- Vid lägre laddningskoncentrationer, upp till cirka 1 kg/m, kunde tydliga samband ses vid jämförelse mellan uppmätta skador och de teoretiska modellerna. Vid högre laddningskoncentrationer var de uppmätta skadezonerna däremot betydligt mindre än de teoretiska uppskattningarna. Detta åskådliggörs i Figur 1.
- Goda jämförelser mellan olika typer av sprängmedel kunde utföras då laddningskoncentrationen korrigerats med hjälp av viktstyrka. Det tydliga sambandet som hittades mellan laddningskoncentration och skadedjup kunde beskrivas med en funktion.

- Vibrationsanalys visade att det fanns en relativt god korrelation mellan sprängskada och svängningshastighet, det vill säga att sprickor kan antas uppstå vid en kritisk svängningshastighet.



*Figur 1 Sammanställning av uppmätta samt teoretiskt framtagna sprängskadezoner. Samtliga sprängmedel med tillhörande laddningskoncentration redovisas i diagrammet.*

Nyckelord: sprängning, sprängskada, sprängskadezon, sprängskadeutbredning, frikoppling, laddningskoncentration, viktstyrka, porositet, ultrasonik, densitet, vibrationsmätning, mikrosprickor, Anläggnings AMA





# Innehåll

ABSTRACT	I
SAMMANFATTNING	II
INNEHÅLL	V
FÖRORD	IX
1 INLEDNING	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte och mål	1
1.3 Metod	1
1.4 Branschnytta	2
2 FÖRUTSÄTTNINGAR	3
2.1 Geologisk beskrivning	3
2.2 Mekaniska egenskaper	4
3 LITTERATURSTUDIE	5
3.1 Sprängningsförloppet	5
3.2 Geologi	5
3.3 Viktstyrka	6
3.4 Frikoppling	7
3.5 Teoretiska modeller för uppskattning av sprängskadezon	7
3.5.1 Den befintliga skadezonstabellen	7
3.5.2 Vägverkets modell	9
3.6 Markvibrationer	9
3.6.1 Vibrationsteori	10
3.7 Ultrasonik, densitet och porositet	12
4 UTFÖRANDEBESKRIVNING	13
4.1 Besiktning av provplats	13
4.2 Upprättande av sprängplan	13
4.3 Borrning av laddhål	16
4.4 Laddning och sprängning	16
4.4.1 Sprängning av tillredningssalva	17
4.4.2 Provsprängningar	18
4.5 Vibrationsmätning	19
4.6 Kärnborrning	20

4.7	Kärnkartering och okulär besiktning	21
4.8	Sågning	21
4.9	Slipning	22
4.10	Ultrasonik	22
4.11	Porositetsmätning	24
4.12	Densitetsmätning	26
4.13	Indata – onoggrannhet	26
4.13.1	Utsättning	26
4.13.2	Borrning	26
4.13.3	Laddning	27
4.13.4	Markvibrationer	27
4.13.5	Mätlinje	27
4.13.6	Kärnkartering	27
4.13.7	Utmärkning	28
4.13.8	Slipning av provbitar	28
4.13.9	Ultrasoniska mätningar	28
4.13.10	Porositetsmätningar	28
4.13.11	Densitetsmätningar	29
5	RESULTAT	30
5.1	Teoretiska skadezoner	31
5.2	Nobelit (borrkärna 28)	31
5.2.1	Okulär kärnbesiktning	31
5.2.2	Ultrasonik	32
5.2.3	Densitet	33
5.2.4	Porositet	33
5.2.5	Skadebedömning	34
5.3	Fordyn 55 (borrkärna 29)	35
5.3.1	Okulär kärnbesiktning	35
5.3.2	Ultrasonik	35
5.3.3	Densitet	36
5.3.4	Porositet	37
5.3.5	Skadebedömning	38
5.4	Dynorex 32 (borrkärna 33)	39
5.4.1	Okulär kärnbesiktning	39
5.4.2	Ultrasonik	39
5.4.3	Densitet	40
5.4.4	Porositet	40
5.4.5	Skadebedömning	41
5.5	Dynotex 22 (borrkärna 36)	42
5.5.1	Okulär kärnbesiktning	42
5.5.2	Ultrasonik	43
5.5.3	Densitet	44
5.5.4	Porositet	44
5.5.5	Skadebedömning	45

5.6	Cord 150 (borrkärna 38)	46
5.6.1	Okulär kärnbesiktning	46
5.6.2	Ultrasonik	46
5.6.3	Densitet	47
5.6.4	Porositet	47
5.6.5	Skadebedömning	48
5.7	Cord 80 (borrkärna 39)	49
5.7.1	Okulär kärnbesiktning	49
5.7.2	Ultrasonik	50
5.7.3	Densitet	50
5.7.4	Porositet	51
5.7.5	Skadebedömning	52
5.8	Sammanställning av resultat	53
5.9	Vibrationer	53
6	DISKUSSION	55
6.1	Jämförelse mellan uppmätta skadezoner och teorier	55
6.2	Laddningskoncentrationens betydelse för sprängskadan	56
6.3	Betydelsen av viktstyrka	57
6.4	Betydelse av frikoppling	58
6.5	Vibrationer och skador	58
6.6	Återkoppling till Rubinsson och Rönner 2007	59
7	SLUTSATSER	61
7.1	Frågeställningar	61
7.2	Övriga erfarenheter	64
8	FÖRSLAG PÅ FORTSATTA STUDIER	65
9	REFERENSER	66
9.1	Litteratur	66
9.2	Internetkällor	67
10	BILAGOR	68



## Förord

Detta examensarbete har utförts vid Chalmers tekniska högskola, institutionen geologi och geoteknik. Projektet är ett i en serie forskningsprojekt som syftar till att kartlägga och utveckla kännedomen om sprängskador i berg. Tidigare utförd forskning som ligger till grund för denna rapport är Mathias Jern's doktorsavhandling "*The Geological Conditions for Aggregate production with special focus on blasting and fines production*" (2004) och Josefine Rubinsson's och Johanna Rönner's examensarbete "*Sprängskadeutbredning och teoretisk sprängskadezon – En studie av fem bergtäkter i Västra Götalands län*" (2007).

Vi vill rikta ett stort tack till följande personer, företag och organisationer som stöttat oss och bidragit till att detta examensarbete varit möjligt att utföra:

**Mathias Jern** (handledare, Nitro Consult AB) för ett trivsamt samarbete, för att du delat med dig av din stora kunskap och för att du alltid ställt upp.

**Bo Ronge** (handledare, Migmatit AB) för ditt stora engagemang, goda idéer samt för att du har gjort detta projekt möjligt att genomföra.

**Jan-Olov Bergling** (Nitro Consult AB) för ditt stora engagemang, pedagogisk handledning och för att du delat med dig av din stora erfarenhet.

**Gunnar Gustafsson** (examinator) för att du åtagit dig detta examensarbete.

**SBUF** via **Sigvard Sundelid** (Skanska Sverige AB) för finansiering av projektet.

**Ingemar Moström** (SVR) för ditt engagemang samt för att ha gett oss möjligheten att utföra detta projekt.

**Kurt Fröberg** (SVR) för ditt engagemang och dina konstruktiva åsikter.

**Jerker Carlström** (Skanska Sverige AB) för ditt generösa engagemang och hjälpsamhet i tåkten.

**Börje Lindell** och **Patrik Norén** (Orica Mining Services) för utförda VOD-mätningar samt filmning av provsprängningarna.

**Patrik Gustavsson** (Norab AB) för att ha bidragit med sprängmedel.

**Roger Johansson** (Bohus Bergsprängning AB) för väl utförd borrning och laddning.

**Peter Hedborg** och **Aaro Pirhonen** (Chalmers tekniska högskola) för hjälp med laborietrustning samt för trevligt sällskap.

Ett stort tack till alla er andra som har stöttat oss vid genomförandet att detta projekt.

Göteborg oktober 2008

Marcus Kilebrant och Thomas Norrgård



# 1 Inledning

## 1.1 Bakgrund

Vid sprängning bildas sprickor i bergmaterialet, dels större synbara sprickor och dels mikrosprickor. De sistnämnda är svåra att upptäcka och kan leda till komplikationer som exempelvis försämrad stabilitet och nedsatt frostbeständighet i bergslänter och andra konstruktioner i berg. Även försämrad kvalitet hos ballastmaterial är ett stort problem.

Storleken på sprängskadezonen är svår att uppskatta då den är beroende av ett flertal faktorer. Val av sprängmedel, laddningsmängd och hålsättning är bara ett fåtal av dessa. Även den lokala geologin har stor betydelse för sprängskadans omfattning.

I Anläggnings AMA 98 finns en tabell som tillhandahåller en ”teoretisk sprängskadezon” vars storlek baseras på typ och mängd sprängmedel. Tabellen används i stor omfattning av beställare och entreprenörer vid sprängningsarbeten. Denna teoretiska modell ger dock endast en uppskattning av sprängskador då den inte tar hänsyn till alla inverkanse faktorer.

## 1.2 Syfte och mål

Syftet med examensarbetet var att studera sprängskada i berg med fokus på laddningen. Genom att utföra försök med olika laddningsmängder i en och samma bergtäkt kan ett antal frågeställningar studeras:

- 1) Hur varierar sprängskadan kring ett borrhål beroende av laddningen?
- 2) Hur exakt kan sprängskada och laddningskoncentration kopplas till varandra?
- 3) Kan mikrosprickbildningen korreleras med den storskaliga sprickbildningen studerad i andra undersökningar eller är dessa processer oberoende av varandra?
- 4) Hur stor är betydelsen av frikoppling?

## 1.3 Metod

Eftersom försöksplatsen ligger i en bergtäkt där produktionssprängning sker är den aktuella bergmassan sedan tidigare sprängskadad. Det var viktigt för resultatens kvalitet och pålitlighet att provsprängningarna utfördes i opåverkat berg så att osäkerheter om skadornas härkomst inte skulle uppstå. Därför togs den skadade delen av berget ut i en första sprängning för att skapa en ny front som var måttligt fri från sprängskador. Detta genomfördes genom att spränga med ökad försiktighet, det vill säga med avtagande laddningskoncentration in i berget tills dess att det skadade området ansågs vara passerat. Därefter kunde provsprängningar med utvalda sprängmedel utföras. För att granska resultaten av dessa sprängningar togs prover från

berget ut med hjälp av kärnbörning. Bergkärnorna karterades sedan med hänsyn till sprickor och mineralsammansättning, varefter en okulär besiktning av sprängskador utfördes. Därefter sågades kärnorna upp i cirka 10 cm långa bitar vars ändar slipades för att erhålla plana ytor med god parallellitet. Detta genomfördes för att sedan kunna utföra de testmetoder som valts ut för detta projekt; ultrasonik, densitets- och porositetmätningar.

## 1.4 Branschnytta

Genom att kunna påvisa hur skadezonens utseende förändras med laddningsmängden ges möjlighet att direkt kunna skapa ekonomiska kalkyler. Minskade sprängskador kräver mer skonsam sprängning i form av fler och mindre laddningar vilket ökar kostnaden. I bergtäkter kan denna kostnad beräknas och jämföras med förtjänsten för ett mindre skadat material. Genom att anpassa produktionsmetoden till bergmaterialets sprängkänslighet kan finandelsmängden minskas avsevärt. Minskade sprängskador medför också högre kvalitetsegenskaper hos ballastmaterialet.

I gruvnäringen kan däremot ökade sprängskador ge vinstfördelar genom ett mer lättmalet material. Detta kan jämföras med kostnaden för utökad börning och sprängning.

För entreprenörer och beställare av vägar, tunnlar och andra konstruktioner i berg är nyttan mer direkt. Istället för att basera laddningsförfarandet på den teoretiska skadezonen kan sprängskadetabeller anpassas för specifika projekt. Detta skulle även ge en bättre uppfattning om bergkonturers framtida underhåll.

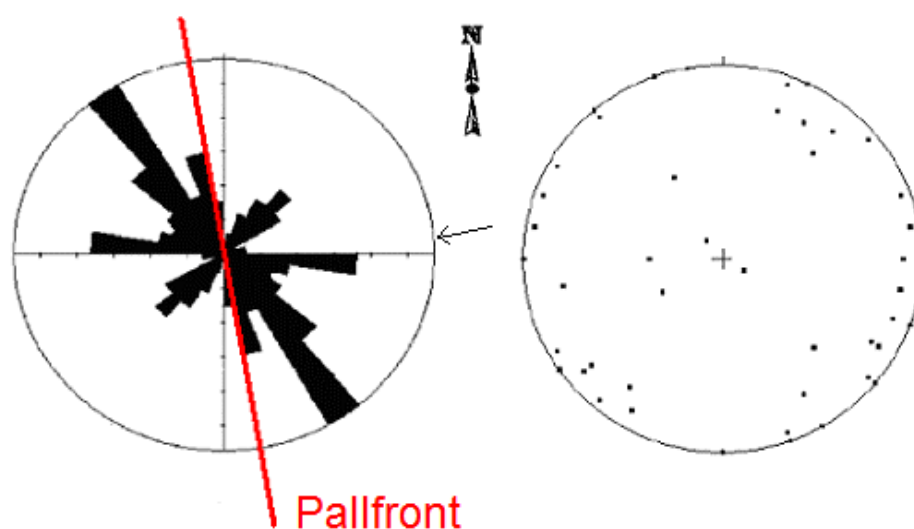


## 2 Förutsättningar

Projektet utfördes i Terås bergtäkt i Backamo, på gränsen mellan Bohuslän och Västergötland. Detta kapitel beskriver de rådande geologiska förutsättningarna för detta projekt. Dessa uppgifter har delvis fastställts vid provplatsen men även hämtats från Rubinsson och Rönners projekt 2007.

### 2.1 Geologisk beskrivning

Berggrunden i Terås bergtäkt består till största delen av gnejsig alkaligranit (Figur 2.2) som huvudsakligen innehåller mineralerna kvarts, kalifältspat och glimmer. Kornstorleken ligger mellan 0,1-2 mm och berget är normalblockigt. De dominerande sprickriktningarna är N300-330°/70-90° enligt sprickrosen i Figur 2.1. Både sprickros och stereoplot är hämtade från karteringen som utfördes av Rubinsson och Rönner (2007). Dessa värden härstammar från samma bergtäkt men från en annan del av tåkten än för detta projekt. Berggrunden i Terås kan anses vara representativ för Västsverige och som bergart är den att betrakta som spröd.



Figur 2.1 Sprickros (till vänster) och stereoplot (till höger). För sprickrosen har 111 värden används och för stereoplotten har 134 värden används (Rubinsson, Rönner, 2007). Även lokaliseringen av pallfronten där provsprängningarna ägde rum kan ses i sprickrosen. Pilen visar kärnboringens uttagsriktning.

Vid platsen där provsprängningarna genomfördes observerades en svag skiftning i bergart, från den kraftigt röda gnejsiga alkaligraniten till en rödgrå, granitisk gnejs. Även vissa inslag av pegmatit och biotit noterades. För ytterligare information om provplatsens lokala geologi se kärnloggar i Bilaga 5.



*Figur 2.2 Gnejsig alkaligranit från Terås bergtäkt.*

## **2.2 Mekaniska egenskaper**

Rubinsson och Rönner (2007) utförde punktlasttest och draghållfasthetstest med bergprover från Terås bergtäkt. Punktlasttestet visade att tryckhållfastheten  $\sigma_c$  varierade inom intervallet 90-190 MPa och draghållfastheten  $\sigma_t$  varierade inom intervallet 3-6 MPa. Draghållfasthetstestet (Brazilian) visade på en genomsnittlig draghållfasthet  $\sigma_t$  på 9,8 MPa. Den dynamiska E-modulen bestämdes till cirka 67 GPa.

## 3 Litteraturstudie

### 3.1 Sprängningsförloppet

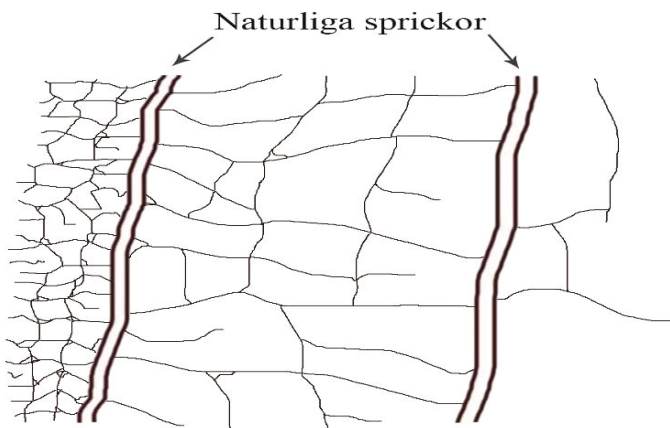
Efter att ett sprängmedel initieras i ett borrhål sker en kraftig reaktion som i litteraturen ofta beskrivs i två steg: först en stötvåg och sedan en kraftig gasutveckling. Den allmänna uppfattningen om hur dessa processer bidrar till uppsprickning och lossning av bergmassan lyder enligt följande: Stötvågen ger upphov till uppsprickning av berget närmast borrhålet. Den efterföljande gasutvecklingen vidgar och förlänger dessa sprickor och bidrar till framkastning av berget. Kranz (1983) menar att skador i berg vid sprängning inte enbart uppstår av tillväxt av några få sprickor utan av många sprickor som samverkar och expanderar till storskalig sprickbildning.

En mer utförlig redogörelse för sprängningsförloppet sker enligt följande: Laddningen i borrhålet initieras av en sprängkapsel. Detonationshastigheterna är mycket höga och reaktionen som innebär att sprängmedlet omvandlas till gasform leder till en kraftig och mycket snabb ökning av borrhålstrycket. Detta bidrar till att borrhålet tillfälligt expanderar. Som en följd av detta bildas krossprickor i berget kring borrhålet. En kompressionsvåg sprids i omgivande bergmassa med en hastighet motsvarande ljudhastigheten i berg. Denna kortvariga tryckpuls reflekteras sedan mot sprickor och andra fria ytor i bergmassan vilket orsakar dragspänningar. Då dessa spänningar överskrider bergets hållfasthet sker en sönderbrytning av bergmassan. Gasen expanderar och tränger in och vidgar befintliga och nybildade sprickor. Efter denna nu totala uppsprickning börjar delar av den fria ytan att lossna och accelereras utåt av den påtryckande gasen. (Olsson m.fl., 2001)

### 3.2 Geologi

En av de starkast betydande faktorerna som avgör skadezonens utseende efter sprängning är den rådande geologin. Allmänt kan antagas att en spröd bergart ger större sprängskador än en seg. Detta då den sistnämnda har förmågan att kunna utsättas för högre spänningar innan uppsprickning sker (Jern, 2004). Om bergets uppbyggnad varit homogen och isotrop hade det varit betydligt mindre komplicerat att förutsäga resultatet av en sprängning. Dock är förekomsten av sådana förhållanden näst intill obefintlig, inte minst i den svenska geologin. Variationer i mineralsammansättning och sprickstruktur gör att förutsättningarna för att uppnå ett förväntat resultat försämras.

Om berget har många naturliga sprickor kan dessa reducera chockvågens fortplantning i bergmassan. Detta gäller speciellt vid hög förekomst av branta sprickor. Figur 3.1 visar hur uppsprickningen efter sprängning avtar vid passerande av sådana sprickor. Chockvågen, som rör sig från vänster till höger i figuren, reflekteras delvis i dessa sprickor och förlorar därmed energi. Denna dämpningseffekt är mer påtaglig då sprickorna är fyllda med luft än vid exempelvis vatten- eller lerfyllnad.



Figur 3.1 Uppsprickningen reduceras vid kontakt med naturliga sprickor.

### 3.3 Viktstyrka

För att beskriva hur kraftigt en laddning är nämns ofta dess laddningskoncentration (kg/m), vilket innebär mängden sprängmedel per meter borrhål. Jämförelse mellan olika typer av sprängmedel med hjälp av laddningskoncentration är dock inte alltid rättvis. Påverkan på berget vid sprängning med ett dynamitsprängmedel kan skilja sig avsevärt gentemot en emulsion, trots att båda har samma laddningskoncentration. Egenskaper som gasutveckling och energiinnehåll medför att resultaten av sprängningen skiljer sig. För att bättre kunna jämföra sprängmedel kan laddningskoncentrationen korrigeras med hjälp av viktstyrka. Utifrån ett valt referenssprängmedel, där viktstyrkan sätts till 100 %, kan andra sprängmedelstyper graderas. Exempelvis har emulsionsprängmedlet Nobelit viktstyrkan 71 % då referenssprängmedlet är dynamitsprängmedlet Dynamex. (Persson m.fl., 1994; www.orica.com, 2008-03-12).

Ett allmänt samband för att beräkna viktstyrka utvecklades av Langefors och Kihlström och beskrivs i Ekvation 3.1. (Persson m.fl., 1994)

$$s = \frac{5 Q_v}{6 Q_{v0}} + \frac{1 V}{6 V_0} \quad (3.1)$$

där

$s$  = viktstyrka

$Q_v$  = energiinnehåll för det aktuella sprängmedlet [MJ/kg]

$Q_{v0}$  = energiinnehåll för referenssprängmedlet [MJ/kg]

$V$  = gasvolym för det aktuella sprängmedlet [l/kg]

$V_0$  = gasvolym för referenssprängmedlet [l/kg]

### 3.4 Frikoppling

Något som anses vara av stor betydelse för sprängskadans storlek är laddningens frikoppling i borrhålet (Ouchterlony, Olsson, 2000; Olsson, 1995). I ansatsen som gjorts i detta projekt definieras frikoppling som andelen tvärsnittsarea av borrhålet som inte upptas av sprängmedlet. Detta kan beskrivas enligt Ekvation 3.2.

$$f = \left( 1 - \frac{A_{\text{sprängmedel}}}{A_{\text{borrhål}}} \right) * 100 \quad (3.2)$$

där

$f$  = sprängmedlets frikoppling [%]

$A_{\text{sprängmedel}}$  = sprängmedlets tvärsnittsarea [ $\text{m}^2$ ]

$A_{\text{borrhål}}$  = borrhålets tvärsnittsarea [ $\text{m}^2$ ]

Ouchterlony och Olsson (2000) beskriver frikopplingens betydelse från tidigare utförda försök:

*”Exempelvis ger en Ø22 mm Guritladdning i ett Ø64 mm borrhål 15 cm långa radiella sprickor i väggen bakom halvpiporna. Samma laddning i ett Ø24 mm borrhål ger sprickor gott och väl 1 m in i väggen.”*

För att i praktiken uppnå beräknad frikoppling är det viktigt att poängtera att borrhålet inte får vara vattenfyllt.

### 3.5 Teoretiska modeller för uppskattning av sprängskadezon

Det finns teoretiska modeller som utnyttjas för att uppskatta skadezoner vid sprängningsarbeten. Framförallt används idag två modeller i Sverige. I Anläggnings AMA 98 finns en tabell som ger den så kallade ”teoretiska sprängskadezonen” medan Vägverket har en egen modell.

#### 3.5.1 Den befintliga skadezonstabellen

Skadezonerna som anges i tabellen i Anläggnings AMA 98 baseras på typ och mängd sprängmedel. Denna används ofta som riktlinje vid sprängningsarbeten. Ursprunget till tabellen är undersökningar utförda av Sjöberg med flera i slutet på 1970-talet där kärnborrprov från vägtunnlar undersöktes (Sjöberg m.fl., 1977). Projektet genomfördes i granit och gnejsgranit i Göteborg och gränsen för sprängskadat berg sattes vid två nytillkomna sprickor per meter borrhål. Det verkliga skadezonsdjupet mättes för två laddningstyper från vilka en ekvation upprättades. Denna användes

sedan för att beräkna ytterligare fjorton laddningstypers skadezon djup. De laddningskoncentrationer som användes viktades med hjälp av Dynamex-ekvivalent (se Kapitel 3.3).

Ouchterlony och Olsson (2000) plottade upp skadezon som funktion av laddningskoncentration och det visade sig att de flesta värdena faller med god noggrannhet längs en bruten rät linje enligt Figur 3.2. Linjen erhålls av sambanden i Ekvation 3.4 och 3.5.

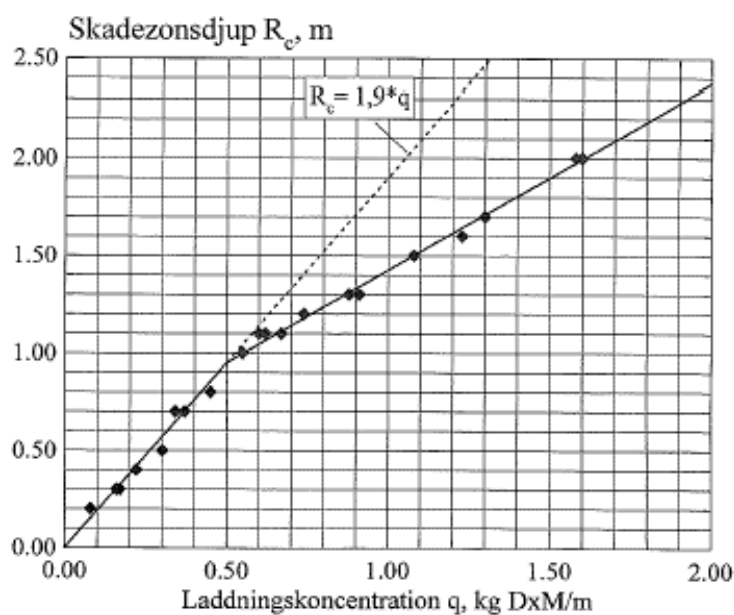
$$R_c = 1,9 * q \quad \text{där } q < 0,5 \quad (3.4)$$

$$R_c = 0,95 * (q + 0,5) \quad \text{där } 0,5 \leq q \leq 1,6 \quad (3.5)$$

där

$R_c$  = skadezon djup [m]

$q$  = laddningskoncentration [kg/m]



Figur 3.2 Skadezon djup som funktion av laddningskoncentration. (Ouchterlony, Olsson, 2000).

Skadezonstabellen är dock bristfällig på flera punkter. Det finns aspekter som borde tas hänsyn till men som saknas. Frikopplingens inverkan är ett exempel på detta. Andra faktorer som inte beaktas är om hålen är torra eller vattenfyllda, hur tändspridning och hålsättning ser ut och vilken inverkan bottenladdningen har. Vidare säger tabellen ingenting om vilket typ av berg den gäller för.

Vid senare uppdatering av tabellen har dock noteringar om att fler faktorer har betydelse lagts till:

*Vid bedömning av teoretiskt skadezon djup skall hänsyn tas till: frikoppling, vatten i hål, bergets egenskaper, typ av upptändning, laddningslängd samt vertikal krondiameter. (Anläggnings AMA 98)*

Det står dock inget om på vilket sätt hänsyn skall tas till dessa faktorer utan det blir en uppgift för den enskilda sprängaren.

### 3.5.2 Vägverkets modell

Vägverket använder sig av en annan modell för att uppskatta sprängskador där skadezonen (m) jämföras med laddningskoncentrationen (kg/m). En laddningskoncentration på 2 kg/m ger alltså enligt Vägverkets metod en skadezon på 2 m. Även i denna metod har laddningskoncentrationerna viktats med hjälp av Dynamex-ekvivalent. (Vägverket, Sprängteknik, 1991)

## 3.6 Markvibrationer

Vid sprängningsarbeten induceras vibrationer i omgivande mark. Dessa markvibrationer är seismiska rörelser som fortplantas med olika frekvenser i alla riktningar från laddningen för att sedan avta med avståndet. De vågor med höga frekvenser dämpas snabbast vilket gör att de lägre frekvenserna dominerar på längre avstånd. Markvibrationernas storlek beror bland annat på laddningsmängd, den lokala geologin, avstånd från sprängplatsen och typ av ovanliggande jordmassor. (Olofsson, 1999)

Markvibrationer består huvudsakligen av tre vågtyper; tryckvågor (P-vågor), skjuvvågor (S-vågor) och ytvågor (uppdelat i R-vågor och L-vågor). Den vågtyp som främst behandlas i denna rapport är P-vågen. När denna tryckvåg sprider sig i berget sker en kompression av bergmassan. Detta medför att bergmaterialets densitet förändras där vågen passerar. För P-vågor rör sig partiklarna i berget i vågens utbredningsriktning (Olofsson, 1999). Tryckvågens utbredningshastighet motsvarar ljudhastigheten för den aktuella bergtypen, vilket normalt innebär en hastighet av 4500-5800 m/sek för granit.

Då sprängningsinducerade vibrationer hänförs till skada är det inte utbredningshastigheten som betraktas utan istället vibrationernas svängningshastighet. Detta vill säga hastigheten som partiklarna i berget rör sig med när vågor fortplantas. Varje bergtyp kan anses ha en så kallad kritisk svängningshastighet. Detta innebär svängningshastigheten då berget bryts sönder, vilket brukar ligga inom intervallet 700-1000 m/s (Sjöberg m.fl., 1977). Med hjälp av vibrationsmätare kan både utbredningshastighet och svängningshastighet erhållas vid en sprängning.

### 3.6.1 Vibrationsteori

Det vanligaste sättet att beskriva förhållandet mellan svängningshastighet, laddningsvikt och avstånd från laddning visas av Ekvation 3.6. I korthet beskriver detta samband hur svängningshastigheten ökar med ökad laddningsvikt respektive avtar med ökat avstånd. (Ambraseys, Hendron, 1968)

$$v = \alpha * \left( \frac{\sqrt{Q}}{r} \right)^\beta \quad (3.6)$$

där

$v$  = svängningshastighet [mm/s]

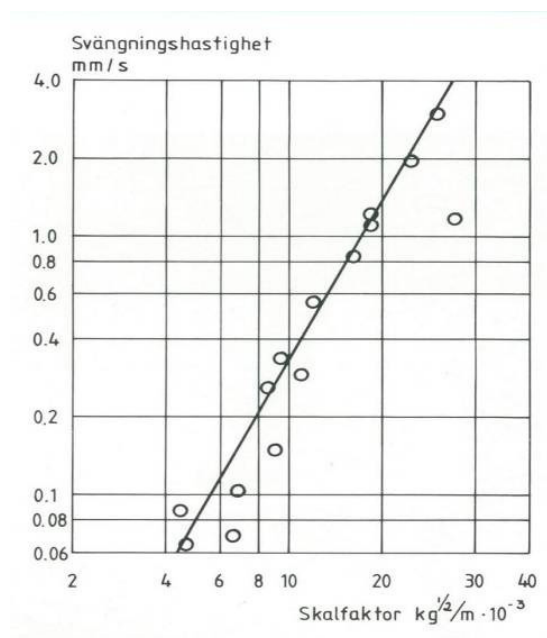
$Q$  = laddningsvikt [kg]

$r$  = avstånd från laddning [m]

$\alpha$  och  $\beta$  är platsberoende konstanter

$\sqrt{Q}/r$  brukar benämnas laddningsnivå [ $\text{kg}^{0.5}/\text{m}$ ]

Ekvationen kan i en regressionsanalys anpassas efter värden som uppmätts vid vibrationsmätningar. Ett exempel på en sådan kurvpasning kan ses i Figur 3.3.



Figur 3.3 Exempel på regressionsanalys. Svängningshastighet [mm/s] är plottad mot laddningsnivå [ $\text{kg}^{1/2}/\text{m}$ ]. Diagrammets format är log-log. (Nitro Consult AB)



Regressionsanalyser av detta slag kan användas för att teoretiskt uppskatta vibrationsnivåer på andra avstånd än vid mätpunkternas placeringar. Detta utförs genom en extrapolering av regressionslinjen. Om detta utförs på nära avstånd från laddningen måste även andra aspekter tas i beaktande. På långa avstånd är laddningen att betrakta som en punktladdning. Nära borrhålet krävs dock att hänsyn tas till att laddningen är långsträckt. Holmberg och Persson (1979) visade att detonationen kan integreras över ett borrhål och därmed summera bidragen från hela borrhålet. I sin modell utgick Holmberg och Persson från en annan ekvation än den som beskrevs i Ekvation 3.6, nämligen Ekvation 3.7. Denna brukar även benämnas svängningshastighetsansatsen.

$$PPV = K * \frac{W^\alpha}{r^\beta} \quad (3.7)$$

där

$PPV$  = maximal svängningshastighet (Peak Partical Velocity) [mm/s]

$W$  = laddningsvikt [kg]

$r$  = avstånd till laddning [m]

$K$ ,  $\alpha$  och  $\beta$  är konstanter som måste bestämmas genom försök för den aktuella geologin

För att kunna tillämpa Holmberg och Perssons' integral krävs en omskrivning av Ekvation 3.6 till samma form som Ekvation 3.7:

$$v = \alpha * \left( \frac{\sqrt{Q}}{r} \right)^\beta = \alpha * \frac{Q^{0,5*\beta}}{r^\beta}$$

vilket kan skrivas som

$$PPV = K * \frac{W^\alpha}{r^\beta} = \alpha * \frac{Q^{0,5*\beta}}{r^\beta}$$

då  $v = PPV$ .

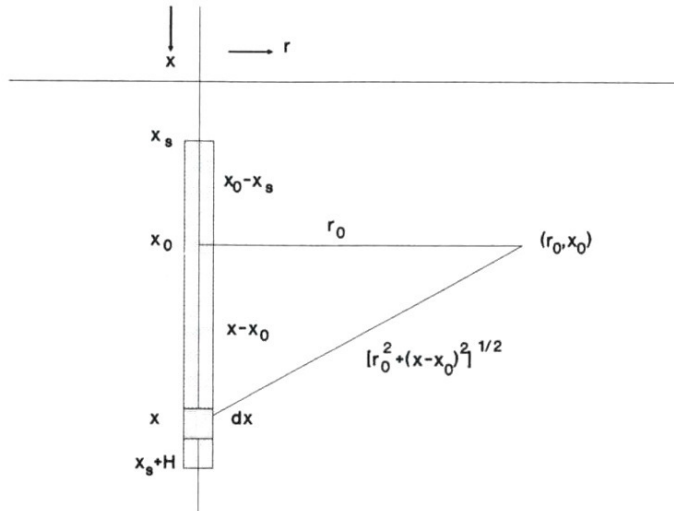
Holmberg och Persson's integral ser ut enligt nedan:

$$PPV = K \left[ l \int_{x_s}^{x_s+H} \frac{dx}{[r_0^2 + (x-x_0)^2]^{\beta/2\alpha}} \right]^\alpha$$

och som efter vidare utveckling ger

$$PPV = K \left( \frac{l}{r_0} \right)^\alpha * \left[ \arctan \left( \frac{H + x_s - x_0}{r_0} \right) + \arctan \left( \frac{x_0 - x_s}{r_0} \right) \right]^\alpha$$

Figur 3.4 förklarar övriga ingående parametrar.



Figur 3.4 Principskiss. Observationspunkt längst till höger i figuren vid nivå  $x_0$  med avståndet  $r_0$  till borrhålet. (Persson m.fl., 1994)

### 3.7 Ultrasonik, densitet och porositet

Mätning av ultrasonisk hastighet har i tidigare studier visats vara effektiv för att påvisa sprängskador i berg (Kim, McKarter, 1998; Jern, 2004). Metoden innebär att en P-våg (se Kapitel 3.6) skickas genom materialet varav dess hastighet registreras. Detta ger upplysning om bergets mekaniska egenskaper, framförallt E-modul. Vid undersökning av sprängskada kan därmed variationer i P-vågshastighet kopplas till förändringar i bergmaterialet. En hög ultrasonisk hastighet innebär en hög E-modul.

Även ett bergmaterials densitet ger information om materialets kvalitet. Densitet är ett mått på ett materials täthet, det vill säga mängden massa per volymenhet. Ett skadat material ger sänkt densitet på grund av ökad sprickvolym. Det finns ett direkt samband mellan densitet och P-vågshastighet under förutsättning att geologin är likartad. En hög densitet bidrar även till en hög ultrasonisk hastighet då ljudhastigheten färdas fortare i ett tätare material.

Den ökade sprickvolymen, det vill säga den ökade porvolymen, som beskrevs ovan kan även direkt härledas till bergmaterialets porositet. Därmed finns en klar koppling mellan porositet och densitet. Porositet definieras som volymandelen hålrum per volymenhet för hela materialet (Lindblom, 2001).

Sammanfattningsvis kan konstateras att ultrasonisk hastighet, densitet och porositet har tydliga samband. Då metoder för att undersöka dessa parametrar är relativt enkla att utföra kan sprängskada effektivt studeras.

## 4 Utförandebeskrivning

I detta kapitel sker en utförlig metodbeskrivning av arbetsgången som ingått i detta projekt.

### 4.1 Besiktning av provplats

Som ett inledande moment för att bestämma förutsättningarna för projektets provsprängningar utfördes en besiktning av provplatsen. I denna ingick en bedömning av den lokala geologin med hänsyn till bergart och mineralogi. Bergytornas, både överytan och pallfrontens (se Figur 4.1), sprickmönster kartlades i samband med en sprickkartering. En gynnsam del av berget valdes ut där överytan var förhållandevis plan och pallfronten hade en tillräckligt jämn kontur. Även inmätning av pallens geometri genomfördes där såväl längd, djup och höjd mättes. Detta låg senare som underlag vid upprättandet av en sprängplan. På fronten av pallen kunde halvpipor från tidigare sprängningar urskiljas. Hålavstånd och håldiametrar för dessa noterades för att senare användas vid uppskattning av befintlig skadezon.



Figur 4.1 Inmätning av befintlig pallfront.

### 4.2 Upprättande av sprängplan

En sprängplan innehåller detaljer om sprängningarnas utföranden. I denna redovisas bland annat information om typ av sprängmedel, laddningsmängder, upptändning och hålsättning. Sprängplanen uppdateras efter att eventuella justeringar gjorts i samband med exempelvis laddningsutförandet. Den slutgiltiga versionen av denna benämns sprängjournal.

Som ett första steg i planeringen valdes sprängmedel ut som skulle användas vid provsprängningarna. Detta projekt avser att jämföra och fastställa skadezoner från flera olika typer av sprängmedel med varierande laddningskoncentrationer. Därför har ett brett spann av laddningskoncentrationer valts att användas. Stora skillnader mellan sprängmedlens diametrar medför variationer i frikoppling. Nedan redovisas de utvalda provsprängmedlen.

**Cord 80 g/m** – Cord är ett sprängmedel av typen detonerande stubin och styrkan 80 g/m är vanligt förekommande i Sverige vid skonsam sprängning då det ger fina konturer med relativt liten skadezon.

**Cord 150 g/m** – Cord 150 används sällan i Sverige då den anses ge stora sprängskador. Dess egenskaper är därför inte lika väl beprövade som Cord 80.

**Dynotex  $\phi 22$  mm** – Dynotex är ett nitroglycerinbaserat sprängämne, speciellt utvecklat för skonsam sprängning genom sin låga detonationshastighet. Det benämndes tidigare Gurit och är vanligt förekommande i Sverige vid slätsprängning.

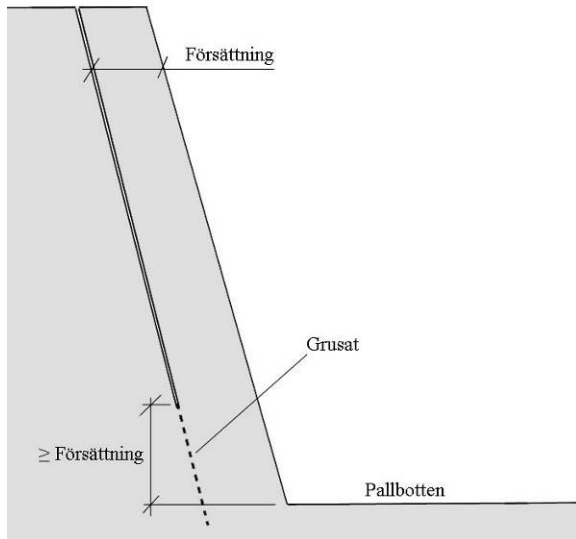
**Dynorex  $\phi 32$  mm** – Dynorex är också ett nitroglycerinbaserat sprängämne. Det används i stor utsträckning i Sverige men är inte lika skonsamt som Cord och Dynotex.

**Fordyn  $\phi 43$  mm och  $\phi 55$  mm** – Även Fordyn är nitroglycerinbaserat. Det är vanligt förekommande i Sverige men dessa dimensioner är för kraftig för att kunna klassas som ett skonsamt sprängämne.

**Nobelit  $\phi 55$  mm** – Nobelit är ett emulsionssprängämne som används vid produktionsprängning men är för kraftigt för att användas vid skonsam sprängning. Vid provsprängningen packades sprängmedlet för att representera ett fyllt borrhål. (www.forcit.com,2007-10-04;www.orica.com,2007-10-04)

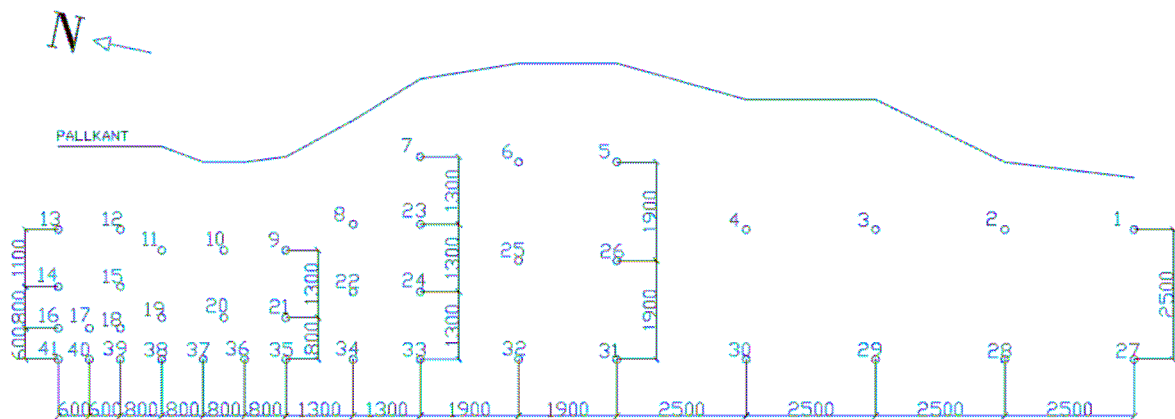
Bergmassan på provplatsen var redan skadad från tidigare sprängningar som skett i bergtäkten. För att kunna genomföra provsprängningarna i opåverkat berg utfördes en första sprängning för att avlägsna denna skadezon. Genom att ladda med gradvis lägre laddningskoncentrationer in i berget skapades en ny pall i vilken provsprängningarna kunde utföras. Det var viktigt att säkerställa att inget av sprängmedlen som användes vid den första sprängningen kunde orsaka skador som nådde fram till borrhålen som skulle användas vid provsprängningarna. Därför kontrollerades skadedjupen för varje laddning i den första salvan med hjälp av tabellerade värden från Anläggnings AMA 98.

Vid provsprängningarna utnyttjades så kallad fri försättning. Detta för att undvika normalt erforderlig bottenladdning som annars kunde påverka skadezonen. För att uppnå fri försättning skall ett borrhåls botten ligga på en nivå över pallbotten som minst motsvarar längden av hålets försättning enligt Figur 4.2. Detta ger en utslagsvinkel på minst 45°. Genom att fylla dessa hål med 2,5 m grus av fraktion 4-8 mm justerades hålbottarna till en lämplig nivå.



Figur 4.2 Illustration av fri försättning.

Totalt laddades 41 borrhål, varav hål nummer 27 - 41 användes vid provsprängningen. Hålavstånd och försättningar för samtliga hål kan ses i Figur 4.3. Försättningarna sattes till 40 ggr laddningsdiametern vilket innebar maximal försättning med hänsyn till hur stor bergvolym det aktuella sprängmedlet kunde ta ut. Detta medförde maximalt inspända hål med låg specifik laddning. Specifik laddning anger mängden sprängmedel per kubikmeter berg som skall tas ut. Håldimensionen 64 mm användes med undantag för hål nummer 1 - 6 där den grövre diametern 76 mm krävdes på grund av stora försättningar vid pallbotten. Håldjupen varierade mellan 6,7 m och 9,8 m på grund av bergytans nivåskillnader. Detaljer om laddningsutförandena redovisas i sprängjournalerna i Bilaga 4.



Figur 4.3 Borrplan - planritning. Hålnummer, försättningar och hålavstånd redovisas i figuren.

### 4.3 Borrning av laddhål

Innan borrningen av laddhålen påbörjades märktes borrhålen ut. Detta utfördes genom att hålens lägen markerades med färg på bergytan med utgångspunkt från planerade hålavstånd och försättningar. Mindre justeringar av hålens planerade positioner utfördes på platsen då detta krävdes på grund av exempelvis korta avstånd till sprickor. Borrning av hålen (se Figur 4.4) skedde 12:e och 13:e december 2007 och utfördes av Bohus Bergsprängning. Samtliga av de sammanlagt 41 hålen borrades med en lutning på 11°. Som beskrevs i Kapitel 4.2 användes två olika borrhålsdiametrar, 64 mm och 76 mm.



Figur 4.4 Borrning av laddhål.



Figur 4.5 Registrering av borrsjunkning.

Hela borrhållsutförandet kontrollerades och anmärkningsvärda observationer antecknades. Även registrering av borrsjunkning (Bilaga 2) utfördes genom att borrens sjunkningshastighet noterades varje 10 cm (se Figur 4.5). Detta för att observera eventuella variationer och svaghetszoner i berget som kan leda till exempelvis ras och förträngningar i borrhålen. Dessa uppgifter användes även för att uppskatta lägen och lutningar på slag i berget.

### 4.4 Laddning och sprängning

Den första sprängningen hade som avsikt att avlägsna gammalt skadat berg medan provsprängningarna låg till grund för de tester som senare skulle genomföras. Samtliga laddningar och sprängningar utfördes i samarbete med Bohus Bergsprängning.



#### 4.4.1 Sprängning av tillredningsalva

Laddning och sprängning utfördes 2008-01-31. Vädret för dagen var molnigt utan nederbörd och temperaturen var +2°C.

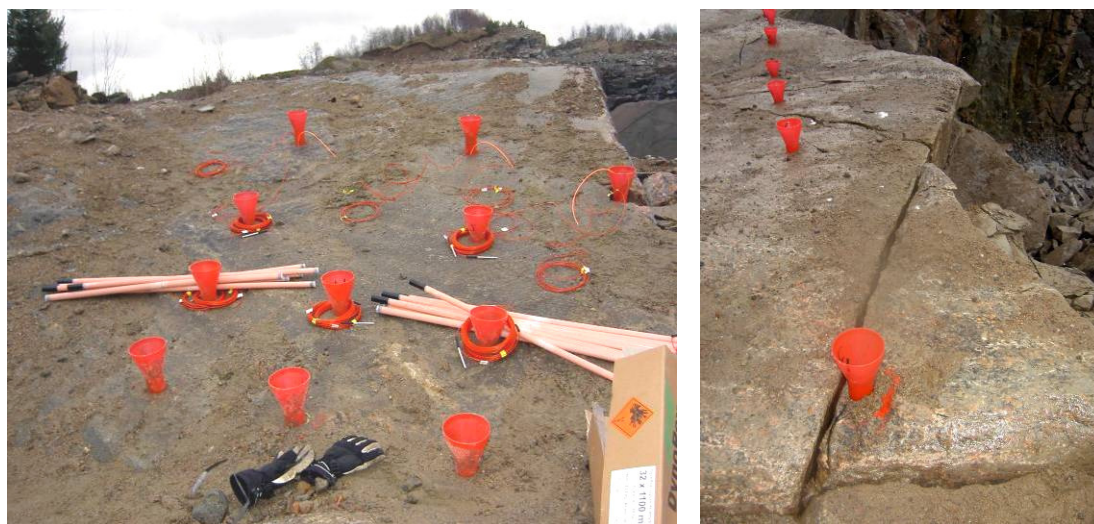
Innan laddning lodades alla hålen för att dels kontrollera det verkliga håldjupet och dels för att säkerställa kvalitén, det vill säga att hålen var intakta. För att tömma hålen på vatten och borrhax blåstes de ur med hjälp av tryckluft.

Laddning skedde enligt den sprängplan som tidigare utarbetats (se Kapitel 4.2). Små justeringar vad gäller laddningsmängd utfördes, vilka fördes in i sprängplanen som efter avslutad laddning resulterade i en sprängjournal (se Bilaga 4a-b).

En tändplan som redogör för hur laddningarna skulle tändas upp hade tidigare upprättats. I denna redovisas ordningsföljden för upptändningarna och vilka intervalltider som användes mellan dessa. Tändplanen kan ses i Bilaga 7.

För att säkerställa att sprängämnenet detonerade såsom planerats användes i flera hål, förutom sprängkapsel, 5 grams E-cord längs med sprängämnenet. E-cord är ett sprängämne av typen detonerade stubin som är detonationsstabil och har hög detonationshastighet. Vid styrkan 5 gram/meter är den för svag för att ensamt kunna frigöra bergmassa men kan användas för upptändning av det primära sprängmedlet.

Salvan detonerade klockan 11.20 på förmiddagen. Sprängningen åstadkom en relativt jämn pallfront som motsvarade förväntningarna inför provsprängningarna. Den enda komplikationen var att kring hål 31 och 32 uppstod en mindre blockförskjutning i överkant av pallen, cirka 0,4 m djup räknat från pallöverytan (se Figur 4.6).



Figur 4.6 Laddning inför första sprängningen (till vänster). Blockförskjutning (till höger).

## 4.4.2 Provsprängningar

Laddning av provhål och provsprängningar utfördes 2008-02-06. Vädret för dagen var molnigt med måttlig nederbörd och temperaturen var +6°C.

Precis som inför första sprängningen lodades och blåstes hålen ur innan laddning. Detta för att garantera torra hål vid sprängning. Hålen kontrollerades även för att säkerställa att ingen påverkan på dessa skett i samband med den första sprängningen. Samtliga provsprängningshål fylldes med 2,5 m grus av fraktionen 4-8 mm för att uppnå fri försättning, vilket beskrevs i Kapitel 4.2. Kontroll utfördes för att säkerställa att hålen fick den nivå som var planerat. Gruset i borrhålen utgjorde också dränering som hindrade eventuellt vatten att bli stående i botten.

Laddningen utfördes enligt sprängplanen och små justeringar utfördes i laddningsmängd. Vid provsprängningarna användes E-cord i hål med små laddningsdiametrar för att säkerställa en jämn och säker upptändning. I och med att borrhålen hade lutningen 11° var laddningarna inte centrerade i hålen, det vill säga de låg längs borrhålens bakre kant.

I samband med laddningen installerades utrustning för mätningar av sprängämnenas detonationshastigheter, så kallade VOD-mätningar. Dessa mätningar utfördes av Orica Mining Services och användes för att kontrollera att sprängämnena detonerade såsom förväntat. Dock lyckades inte resultat erhållas från alla sprängmedel utan endast från Cord 150, Dynotex 22 och Nobelit. Mätningarna av Cord och Nobelit visade att båda tände upp som förväntat med detonationshastigheter som motsvarade angivelser från tillverkarna. Då Dynotex tändes upp med hjälp av Cord 5 g/m kunde endast hastigheten för denna utläsas i resultaten. Därav den höga hastigheten 6894 m/s. För resultat från VOD-mätningarna se Bilaga 3.

Även för provsprängningarna upprättades tändplaner. Fördröjningselement placerades mellan varje borrhållsladdning för att undvika samverkan. Däremot upptändes Cord- och Dynotexladdningarna momentant beroende på att maximal försättning användes för att laddningarna ej annars skulle klara en fullgod lossbrytning av berget. Se Bilaga 7 för provsprängningarnas tändplaner.

Två salvor var planerade att utföras. Hål 33 till 41 benämns i denna rapport som salva 1 och laddades under förmiddagen och detonerade kl. 11.20. Hål 39, 40 och 41 tände dock inte upp och fick därför tas ut i en extra salva (se Figur 4.7), vilken benämns som salva 2. Förskjutningen vid hål 32, som uppkom i samband med den tidigare sprängningen, var cirka tre centimeter och ledde till en förträngning i borrhålet. Detta resulterade i att hålet inte kunde laddas och utgick därmed från provsprängningarna. Salva 3 kom därför endast att bestå av hål 27 till 31 och denna salva detonerade kl.14.35. För provsprängningarnas sprängjournal se Bilaga 4c.

Provsprängningarna filmades av Orica Mining Services. Kameran placerades rakt framför pallen på andra sidan tåkten. Filmerna finns på CD-versionen av detta examensarbete.





Figur 4.7 Provsprängning, salva 2.

## 4.5 Vibrationsmätning

Vid samtliga provsprängningar utfördes vibrationsmätningar i samarbete med Nitro Consult AB. Detta gav information om utbredningen och storleken av de vibrationer som fortplantades i berget vid sprängningarna.

Utförandet av vibrationsmätningarna gick till enligt följande: En 116 meter lång mätlinje mättes upp och 9 stycken mätpunkter placerades ut på olika avstånd från salvan enligt Bilaga 9. I varje mätpunkt monterades först en så kallad fästkub med hjälp av en expanderbult som fästes i berget. På kuberna fanns sedan möjlighet att fästa mätutrustning i form av givare, så kallade geofoner. Dessa registrerar vibrationernas svängningshastigheter i berget och kan anpassas för mätning av både vertikala och horisontella vågrörelser. De sistnämnda delas även in i två riktningar; longitudinell och transversell. Antalet givare som kan användas samtidigt begränsas av antalet kanaler som vibrationsmätarna har tillgå. Det är dessa instrument som registrerar den information som erhålls av givarna. Vid första sprängningen användes tre stycken mätare av typen UVS 1500 med fyra kanaler vardera och vid provsprängningen användes två stycken instrument av typen UVS 1608 med åtta kanaler vardera (Figur 4.8).



Figur 4.8 Vibrationsmätare av typen UVS 1608.

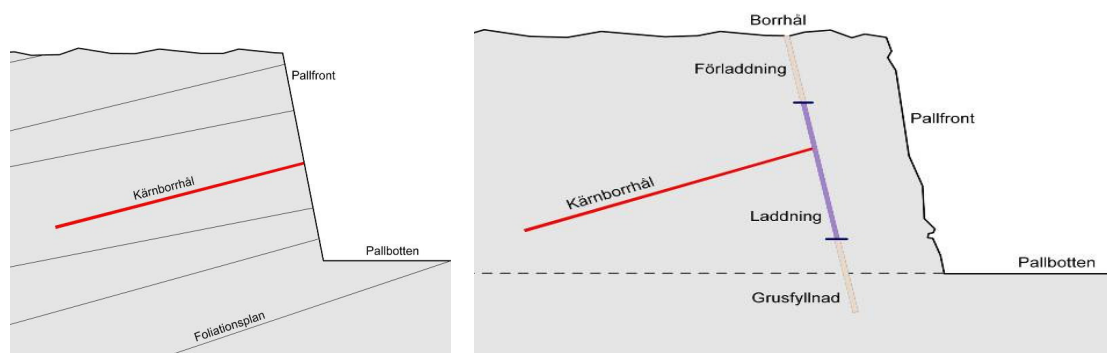
## 4.6 Kärnbrörning

Kärnbrörning (Figur 4.9) skedde 20/2-21/2 samt 25/2 2008 och utfördes av BorrBolaget. Syftet var att ta ut en bergkärna för varje sprängämne som ingick i provsprängningen.



Figur 4.9 Kärnbrörning för uttagning av bergkärnor.

Kärnbrörhålets lutning på bestämdes med hänsyn till bergets stupningar som tidigare fastställdes genom kartering. Även den information som erhöles vid registrering av borrsjunkning utnyttjades för att kontrollera dessa riktningar. För att korsa så få sprickplan som möjligt var det fördelaktigt att följa bergets foliationsriktningar. Figur 4.10 visar en principskiss på hur kärnbrörningen utfördes. Påslagspunkterna för kärnbrörningarna sattes på de halvpipor på pallfronten som återstod från provsprängningarna. Detta för att inkludera det berg som varit i direkt kontakt med laddningarna i borrhålen. Borrhålens placeringar på pallfronten bestämdes även så att hela kärnprovet skulle befinna sig över pallbotten (se Figur 4.10). Samtliga halvpipor kunde återfinnas förutom för borrhål 31. Då borrhål 32 utgick från provsprängningarna (enligt Kapitel 4.4.2) kunde ingen bergkärna erhållas från Fordyn 43.



Figur 4.10 Principskiss på kärnbrörning. Till vänster: kärnhålens placering med hänsyn till foliationsriktningar. Till höger: kärnhålens placering med hänsyn till laddningens placering.

En ramp byggdes av sprängsten varifrån kärnbörningen utfördes. För att bormaskinen skulle stå stabilt fixerades först denna i berget med hjälp av en bult. En diamantkrona användes sedan för att med skärande börning ta ut kärnprover från berget. Längden på kärnorna varierade beroende på hur kraftiga sprängmedel som använts. Fyra kärnor om cirka sex meter och två kärnor om cirka tio meter togs ut. Tanken var att kärnlängderna med marginal skulle överstiga storleken på skadezonerna som var och ett av sprängämnen enligt nuvarande teoretiska metoder orsakar. Kärnproverna placerades sedan i kärnlådor som numrerades efter de borrhålsnummer som laddningen befunnit sig i.

## **4.7 Kärnkartering och okulär besiktning**

Kartering utfördes för att bestämma dels hur sprickrikt berget var och dels vilken bergart och mineralogi som förekom. Som ett första steg orienterades kärnorna med rätt sida uppåt, i samma läge som de befann sig i berget. Detta för att kunna härleda sprickriktningar till tidigare genomförda karteringar och för att enklare kunna lokalisera synliga sprängskador i form av radiella sprickor. Vid karteringen skiljdes öppna från stängda sprickor men i övrigt utfördes den förutsättningslöst, det vill säga ingen bedömning utfördes huruvida sprickorna var av naturlig härkomst eller orsakade av sprängpåverkan. En osäkerhetsfaktor i kartering var att även sprickor som eventuellt orsakats av kärnbörningen togs med i protokollet.

I samband med karteringen fotograferades kärnorna (se Bilagor 29-31). Bergytorna fuktades med vatten för att bättre synliggöra mineralstrukturen. Vid detta skede genomfördes även en okulär bedömning av kärnornas sprängskadezoner, vilket gav en första uppskattning av skadornas omfattning. Närbilder togs på de delar där sprängskador observerades. För att förtydliga märkbar påverkan på vissa kärnor fylldes denna i med röd färg innan fotografering.

## **4.8 Sågning**

Efter genomförd kartering märktes kärnproven i cirka tio centimeter långa bitar för att senare kunna genomföra de tester som var planerade. Beroende på skador och naturliga sprickor varierade dessa bitars längder då sågsnitt endast lades där kärnan var hel. Varje provbit namngavs med ett nummer som svarar mot provbitens avstånd från laddningen. För att inte försumma delar av kärnorna utfördes alla snitt så nära sprickor och andra avbrott som möjligt. Sågning skedde sedan med hjälp av en kapsåg för sten och betong utrustad med diamantklinga (se Figur 4.11). Totalt erhöles 463 bitar.



Figur 4.11 Sågning av borrhärnor med kapsåg.

## 4.9 Slipning

Efter avslutad sågning slipades ändarna på alla provbitar för att erhålla plana ytor för de kommande ultrasoniska mätningarna. Höga krav ställdes på god parallellitet och efterföljande kontroll visade att avvikelserna uppgick till maximalt 0,04 mm. Slipningen gick till så att varje provbit monterades i en stålcyllinder där den fixerades med hjälp av skruvar för att erhålla en jämn rotation. Cyllindern med bergprovet placerades sedan i en svarv där en slipsten fördes mot provet enligt Figur 4.12.



Figur 4.12 Slipning av provbitar med hjälp av en svarv.

## 4.10 Ultrasonik

I dessa mätningar bestämdes gånghastigheten för en kompressionsvåg, även kallad P-våg, som skickas genom provkropparna. För att utföra ultrasoniska mätningar krävs att provbitarna har formen av hela cylindrar med intakta ytor och plana ändar.



Som ett första steg mättes längderna på kärnproverna med en mätnoggrannhet på en hundradels millimeter. Med hjälp av en givare, som monterades på bergprovets ena ände, genererades en kompressionsvåg som sändes genom provkroppen. Denna tryckpuls registrerades sedan av en mottagare på provets motsatta ände. För att erhålla en tydlig signal användes ultraljudsgel mellan mätutrustning och bergytan för förbättrad kontakt. Dessutom utfördes försöken på ett massivt underlag i form av en tung stenskiva för att reducera vibrationer och störningar från omgivningen. I en dator, utrustad med programvaran Q-Scope v. 1.3, kunde tiden för P-vågens utbredning genom provet avläsas (se Figur 4.13). Med hjälp av denna tid och kärnbitens uppmätta längd kunde kompressionsvågens utbredningshastighet  $V_p$  beräknas enligt Ekvation 4.1.

$$V_p = \frac{l}{t} \quad (4.1)$$

där

$V_p$  = P-vågens hastighet [m/s]

$l$  = provkroppens längd [m]

$t$  = tiden för P-vågen att ta sig genom provkroppen [s]



Figur 4.13 Ultrasoniska mätningar.

Denna metod bygger på en jämförelse av variationerna i P-vågens utbredningshastighet i varje bergkärna. Förändringar i bergets mekaniska egenskaper visar sig tydligt i ultrasoniken. Partier av berget som påverkats vid sprängning får som en följd av detta en lägre utbredningshastighet för kompressionsvågen. Därför gjordes en jämförelse mellan de delar av kärnorna som betraktades opåverkade av sprängningen, det vill säga dess bakre delar som befunnit sig på avstånd från

laddningen, och de främre, skadade områdena. På detta vis kunde omfattningen av det sprängskadade området för varje bergkärna uppskattats.

## 4.11 Porositetsmätning

Till skillnad från de ultrasoniska mätningarna kan porositetsmätningar även användas för provbitar med oregelbunden form. Detta medför att prover kunde utföras på kärnornas första del även då denna var kraftigt uppsprucken.

För att få kännedom om provernas porvolym ersattes bergprovernas luftfyllda porer med vatten. Mängden vatten kunde erhållas efter att kärnorna vägts dels före och dels efter vattenmätning. För att försäkras om att porerna var fria från fukt vid den första vägningen värmdes proverna först upp i ett värmeskåp med temperaturen 80°C i cirka 16 timmar. Efter denna vägning placerades kärnbitarna i en för projektet specialtillverkad vakuumbehållare (se Figur 4.14).



Figur 4.14 Utrustning för porositetsmätningar.

Det första steget var att tömma behållaren med innehållande bergprover på luft, vilket utfördes för att underlätta upptaget av vatten i bergmaterialets hålrum. När ett vakuum på drygt 99 % uppnått fylldes behållaren med destillerat vatten. För att reducera tiden i vakuumbekammaren användes endast vatten som redan till stor del avluftats med hjälp av vakuum. Efter cirka 5 timmar ansågs proverna vara vattenmättade. Att önskad effekt uppnått bekräftades genom att notera att inga ytterligare luftbubblor återfanns i vattnet. De vattenfyllda proverna togs sedan ur behållaren och överflödigt vatten torkades av från kärnbitarnas ytor, varefter en ny vägning utfördes. Skillnaden i vikt mellan de två vägningarna ger mängden vatten de mättade porerna i bergkärnorna innehåller. För att sedan beräkna varje kärnas porositet jämfördes volymen av denna vattenmängd, vilken motsvarar porernas volym, med provkroppens totala volym enligt Ekvation 4.2.

$$Porositet = \frac{V_{porer}}{V_{tot}} \quad (4.2)$$

där

$$V_{porer} = \text{provets porvolym [m}^3\text{]}$$

$$V_{tot} = \text{provets totala volym [m}^3\text{]}$$

Porernas volym erhöles genom att omvandla den uppmätta vattenvikten i varje mättad provkropp till en volym. Detta utfördes genom att utnyttja vattnets densitet enligt Ekvation 4.3.

$$V_{porer} = \frac{m_{vatten}}{\rho_{vatten} * 10^6} \quad (4.3)$$

där

$$m_{vatten} = \text{vattnets vikt i de mättade porerna [g]}$$

$$\rho_{vatten} = \text{vattnets densitet} = 1,00 \text{ [g/cm}^3\text{]}$$

Den totala provvolymen erhöles på olika vis beroende på kärnprovernas utseende. För de bitar som kapats till kortare cylindrar kunde volymen  $V_{tot, cylinder}$  beräknas med hjälp av provernas uppmätta dimensioner. Detta skedde enligt Ekvation 4.4.

$$V_{tot, cylinder} = \pi * r^2 * l \quad (4.4)$$

där

$$r = \text{kärnprovets radie} = 0,0225 \text{ [m]}$$

$$l = \text{kärnprovets längd [m]}$$

För de delar av kärnorna som var för skadade för att kunna sågas var volymberäkning med hjälp av måttuppgifter inte möjlig. Därför tillämpades en ytterligare metod som gick ut på att dessa oregelbundna bergprover vägdes i vatten. Den sökta volymen beräknades sedan genom att utnyttja Arkimedes princip, vilken definieras enligt följande; ”En i en vätska nedsänkt kropp påverkas av en lyftkraft som är lika stor som tyngden av den undanträngda vätskemängden” (www.ne.se, 2007-11-14). Genom att först beräkna denna lyftkraft [g] kunde det undanträngda vattnets och därmed även den i vattnet nedsänkta provkroppens volym erhöles. Lyftkraften motsvarar skillnaden i vikt mellan provet vägt i luft respektive vägt i vatten. Genom att använda vattnets densitet tillsammans med denna lyftkraft kunde sedan kärnprovets volym  $V_{tot, oregelbunden}$  erhöles enligt Ekvation 4.5.

$$V_{tot, oregelbunden} = \text{lyftkraft}_{vatten} * \rho * 10^6 \quad (4.5)$$

Därefter beräknades porositeten enligt samma princip som beskrevs ovan. För kraftigt skadade mindre bitar från samma del av en kärna utfördes porositetmätningarna genom att placera dem i nätpåsar. Varje påse, innehållande flera bergbitar, behandlades som en enda provbit.

## 4.12 Densitetsmätning

Precis som för porositetmätningarna kan densitetsmätningar även användas för provbitar med oregelbunden form. Densiteten bestämdes enligt Ekvation 4.6.

$$\rho_{prov} = \frac{m_{prov}}{V_{prov}} \quad (4.6)$$

där

$\rho_{prov}$  = bergprovets volym [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]

$m_{prov}$  = bergprovets massa [kg]

$V_{prov}$  = bergprovets volym [ $\text{m}^3$ ]

Proverna vägdes i torrt tillstånd efter uppvärmning i värmeskåp, vilket beskrevs i Kapitel 4.11. Provvolymer som användes erhöles vid porositetmätningarna.

## 4.13 Indata – onoggrannhet

Detta kapitel beskriver noggrannheten av de undersökningar och övriga moment som ingått i projektet. Eventuella osäkerheter och uppskattade felmarginaler redovisas här.

### 4.13.1 Utsättning

Utsättning av borrhålen utfördes i enlighet med upprättad borrhplan. Utsättningen gjordes med måttband och tumstock. Noggrannheten på utsättningen finns dokumenterad genom inmätningar med totalstation. Utsättningsfelet uppgick till +/- 0,05 m utom för de borrhål som medvetet flyttades för att undvika att borrhålet hamnade i eller invid sprickor som kunde ha inverkat på provresultatet. Verkliga avstånd anges i sprängjournalerna.

### 4.13.2 Borrning

Onoggrannheten vid borrning påverkas av tre parametrar; ansättningsfel, hålinriktning och borrarvikelse. Tillsammans benämns dessa felborrning. Alla tre parametrarna är påverkbara av bormaskinisten. Ansättning och hålinriktning kan med moderna bormaskiner och erfarna borrar minskas väsentligt. Bormaskinen som användes var av typen Atlas Copco ROC D7 och var endast 3 veckor gammal då borrning för detta projekt utfördes. Borrarvikelsen kan minimeras med lågt matningstryck på



hydraulkammaren. Då borrningsuppföljning utfördes för alla borrhål noterades att ansättningsfelet var mindre än  $\pm 0,02$  m och inriktningsfelet låg inom  $\pm 0,2^\circ$ . Efter sprängning kontrollerades alla borrhål genom uppmätning i provhålen och det visade sig att verklig felborrning låg på  $\pm 2,5$  % eller  $\pm 25$  mm/m borrhål.

### **4.13.3 Laddning**

Vid laddning användes endast patronerade sprängämnen och rörladdningar där noggrannheten på laddningsvikten bestämts av fabriksförpackningarna som enligt uppgift ligger inom  $\pm 1-2$  %. Laddningskoncentrationen bestämdes genom att borrhålsdjupet uppmättes med graderad laddkäpp efter att varje sprängämnespatron laddats. Därefter kunde laddningskoncentrationen beräknas. Noggrannheten för laddningskoncentrationen låg inom  $\pm 5$  % för patronerade laddningar och inom  $\pm 2$  % för rörladdningar.

### **4.13.4 Markvibrationer**

Markvibrationerna registrerades med frekvensregistrerande instrument av typ UVS 1500 och UVS 1608. Alla instrument kalibrerades enligt Nitro Consult's kvalitetssäkringsrutiner. Instrumenten kontrollerades även före provsprängningarna och testades efter mätningarna utan att någon skillnad i prestanda kunde konstateras.

Uppmätningen av markvibrationerna gjordes med dels vertikala och dels horisontella geofoner av typ UVS 4010 och UVS 4011. Samtliga geofoner (15 stycken) kalibrerades före mätningarna och testades efter mätningarna utan att några förändringar kunde konstateras. Totala mätfelet beräknades till att ligga inom  $\pm 10$  % i området 0,2-1,0 mm/s och inom  $\pm 5$  % i området 1-250 mm/s.

### **4.13.5 Mätlinje**

Alla avstånd mellan borrhål och mätpunkter inmättes med måttband. Noggrannheten ligger inom  $\pm 0,05$  m och avrundades slutligen 0,1 m varför decimeternoggrannhet gäller.

Bestämning av utbredningshastigheten hos P-vågen gjordes längs mätlinjen och bestämdes till 5070 m/s. Noggrannheten beräknades till  $\pm 50$  m/s.

### **4.13.6 Kärnkartering**

Vid kärnkarteringen gjordes ingen bedömning av sprickornas ursprung, det vill säga om de var orsakade av sprängning eller om de var av naturlig härkomst. En osäkerhetsfaktor i kartering var att även sprickor som eventuellt orsakats under själva kärnborrningsutförandet fördes in i protokollet.

#### **4.13.7 Utmärkning**

Som tidigare nämnts var ett par av kärnorna uppkrossade första biten. Det var därför svårt att avgöra exakt hur lång denna zon var. För att kontrollera att utmärkning av provbitarnas längd utfördes korrekt kontrollerades längderna genom att mätning utfördes dels från start av kärna och dels från slutet. Kärnans totala längd noterades vid kärnborrningen genom att mäta borrhålet som användes. Mätfelet uppgick till maximalt +/- 0,02 m.

#### **4.13.8 Slipning av provbitar**

För att kunna genomföra de ultrasoniska testerna ställdes höga krav på god parallellitet och efterföljande kontroll visade att avvikelserna uppgick till maximalt 0,04 mm. Detta kunde maximalt leda till ett fel på +/- 40 m/s eller +/- 0,8 % för de ultrasoniska mätningarna.

#### **4.13.9 Ultrasoniska mätningar**

Båda författarna utförde ultrasoniska mätningar och varje kärna mättes en gång. För att kontrollera att bedömningen vid avläsning skett likvärdigt oberoende av person, utfördes kärna nr 28 av båda författarna vid olika tillfällen. Mätningarna visade sig överensstämma med en noggrannhet på +/- 40 m/s. Mjukvaran som användes för att registrera ljudvågens tid fram och tillbaka genom provet var Q-Scope v. 1.3.

#### **4.13.10 Porositetsmätningar**

Alla porositetsmätningar genomfördes under samma tidslängd och det kontrollerades att samma förutbestämda vakuumnivå uppnåddes för varje mätning. En osäkerhetsfaktor var då proverna togs upp ur vakuumbehållaren och vägning av dess vattenmättade vikt utfördes. Proven torkades med hjälp av pappershanddukar och en ny pappershandduk användes för varje provbit. För att minimera avvikelserna utfördes detta moment alltid av samma person. Volymberäkningen av de prover som var kapade till cylindrar utfördes med hjälp av cylinderns dimensioner. Vissa av dessa provcylindrar hade små skador i kanterna. Några av de prov med störst skador valdes därför ut för att även mäta volymen genom att väga dem i vatten. Vid en jämförelse mellan de två metoderna för att beräkna cylindrarnas volymer visade det sig att noggrannheten låg inom +/- 3 %. Detta kunde leda till en variation på maximalt +/- 3 % för porositetsmätningarna. Noggrannheten hos vågen som användes var 100-dels gram.

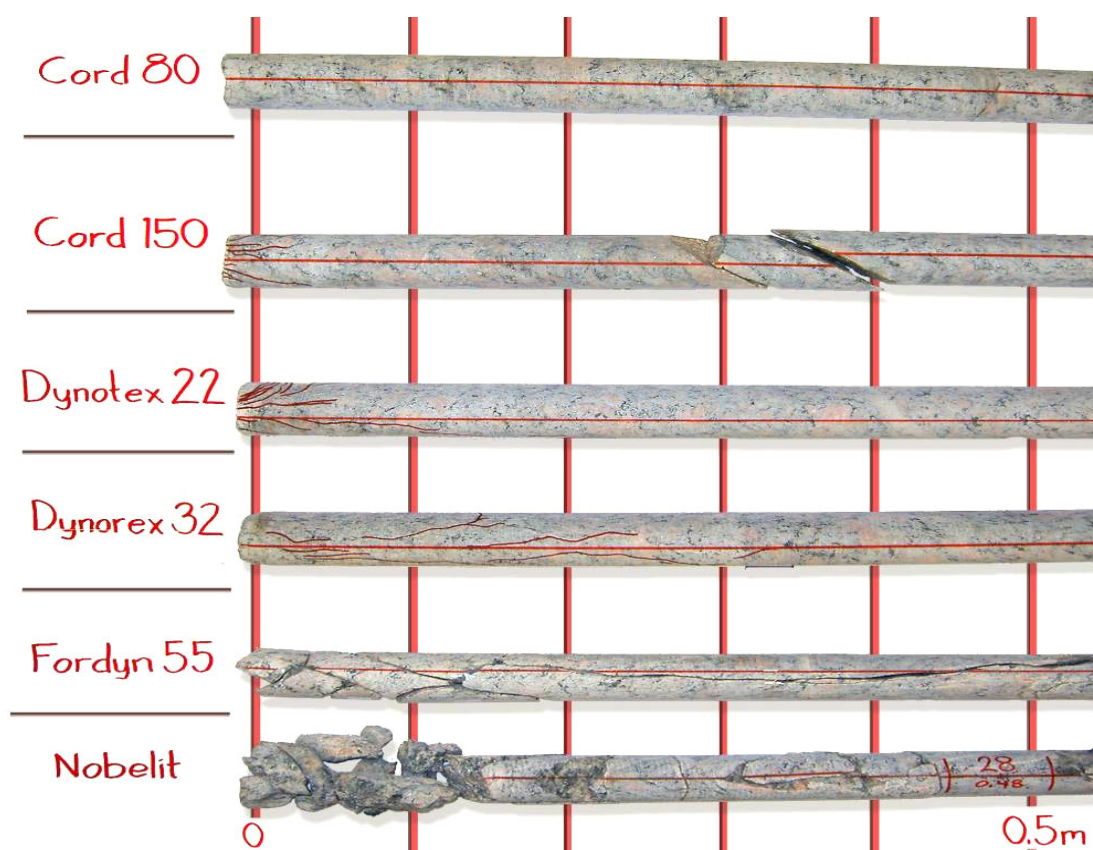
#### **4.13.11 Densitetsmätningar**

Även för densitetsmätningarna utnyttjades provbitarnas volymer. En noggrannhet för volymlräkningen uppgick till  $\pm 3\%$  för de prover som hade små skador i kanterna. Noggrannheten hos vågen som användes var 100-dels gram.

## 5 Resultat

I detta kapitel redovisas de resultat som erhöles från undersökningarna. I detta projekt definieras sprängskada som all påvisbar nybildad sprickbildning.

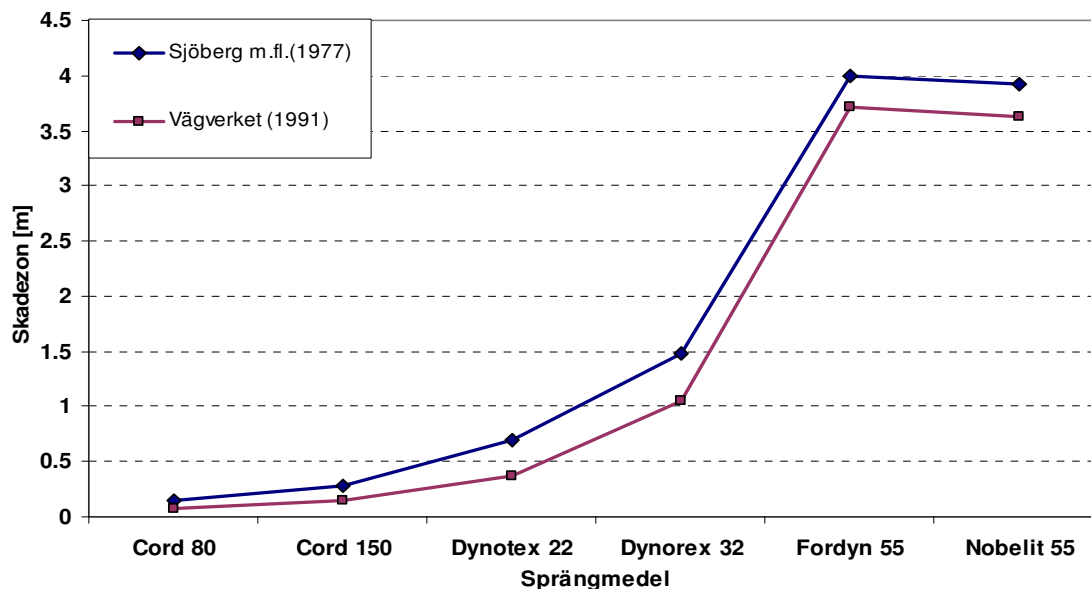
Effekterna från samtliga sprängmedel kunde studeras med undantag för Fordyn 43 vilket beskrevs i Kapitel 4.4.2. Vid granskning av de uttagna proverna konstaterades att bergart och mineralogi var likartade i samtliga kärnor och därför väl jämförbara. Figur 5.1 visar den första halvmetern av samtliga bergkärnor. På bilden är kärnorna ordnade med svagast laddning längst upp och därefter starkare laddningar nedåt. Tydlig påverkan kan urskiljas på kärnorna från Cord 150, Dynotex 22 och Dynorex 32. Synliga sprickor har på dessa kärnor förtydligats med röd färg. Nobelit och Fordyn 55 gav upphov till kraftigt uppsprucket och krossat berg närmast laddningen. Cord 80 gav däremot ingen synbar påverkan.



Figur 5.1 Tydliga sprängskador ses på kärnornas första del. Synliga sprickor är förtydligade med röd färg. Avståndet mellan markeringarna i bilden är 10 cm.

## 5.1 Teoretiska skadezoner

Enligt de teoretiska modeller som beskrevs i Kapitel 3.5 har skadezoner beräknats för de sprängmedel som använts. Resultaten har sammanställts i Figur 5.1.



Figur 5.1 Teoretiskt framtagna sprängskadezoner. Modellerna som använts är Sjöberg m.fl. (1977) och Vägverket (1991).

## 5.2 Nobelit (borrkärna 28)

Detta sprängmedel packades i borrhålet för att erhålla ett fyllt hål. Detta utfördes även för att efterlikna och kunna relateras till tidigare utförda provsprängningar från Rubinsson och Rönners examensarbete (Rubinsson och Rönner, 2007). Den verkliga laddningskoncentrationen var 3,63 kg/m. Frikopplingen var 2 %.

Vid granskning av den nybildade pallfronten kunde följande observationer noteras. Halvpipen för hål 28 kunde relativt lätt lokaliseras. Hålväggen var krossad och delvis pulveriserad och berget i och kring halvpipen var skrovligt till ytan. Dessutom hade berget här skiftat till en ljusare färg. Det var dock svårt att urskilja radiella sprickor i halvpipen, vilket kan ha berott på att berget var kraftigt uppsprucket. Dock noterades radiella sprickor inne i det hål där kärnprovet tagits. Skadepåverkan som kunde urskiljas på bergytan utanför halvpipen uppskattades till 0,12 m mätt från borrhålsväggen.

### 5.2.1 Okulär kärnbesiktning

Kärnans första 0,74 m var uppsprucken, varav den första 0,15 m var krossad och delvis pulveriserad (se Figur 5.2). Ännu ett sprickrikt område observerades mellan 1,16 m och 1,54 m. Inom dessa områden hittades varken sprickmineral, utfällningar

eller sprickfyllnad. Den okulära bedömningen av kärnans skadezon uppskattades därmed till 0,74 m med stora sprängskador. Gränsen varefter ingen påvisbar påverkan längre kunde observeras sattes till 1,54 m.

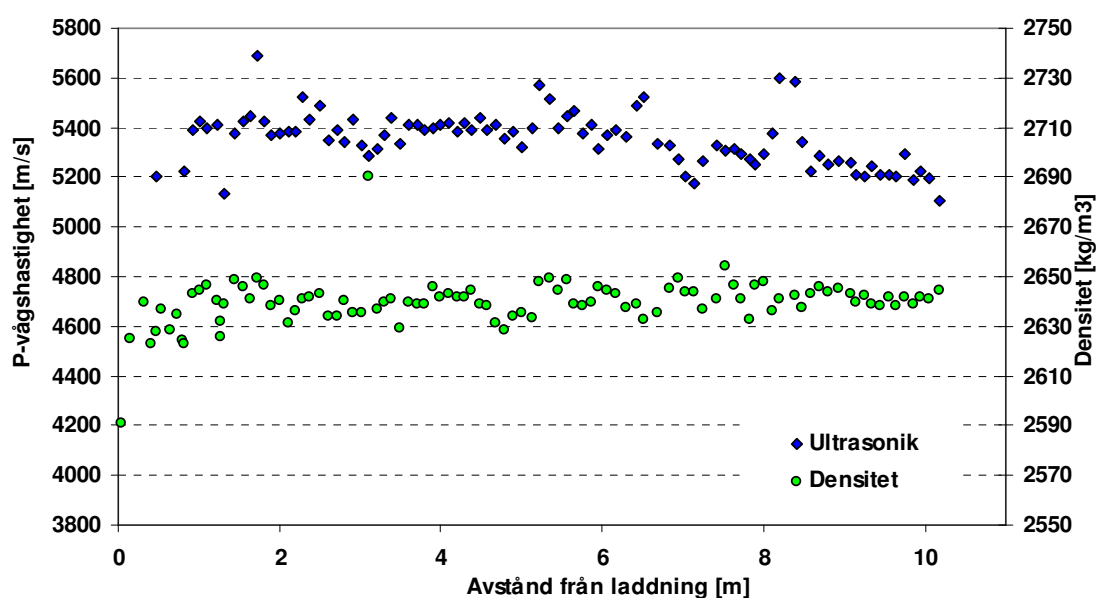
Inga stora variationer beträffande bergart eller mineralogi observerades i kärnprovet. Mellan 0,67 m och 0,87 m korsades kärnan av en 2 cm bred pegmatitgång och vid området kring 4 m noterades tendens till ögongnejs. Kärnans totala längd var 10,21 m. Se Bilaga 5a för kärnprotokoll. Se även Bilaga 10a för bilder på den aktuella kärnan.



Figur 5.2 Bergkärna från hål 28. Avståndet mellan markeringarna på bilden är 10 cm.

## 5.2.2 Ultrasonik

Då bergkärnans första del var kraftigt uppsprucken kunde endast en mätning vid 0,48 m utföras på denna längd. Tre utmärkande låga värden kunde utläsas i proverna 0,48 m, 0,83 m och 1,32 m enligt Figur 5.3. I provbiten vid 1,32 m noterades förutom en längsgående spricka även en spricka tvärs provet. De fyra proverna mellan 0,83 m och 1,32 m gav inga utmärkande värden men innehöll dock sprickor. Bedömningen av skadezon baserad på ultrasonikens resultat kunde därmed utföras. 0,83 m av kärnan hade stora sprängskador och gränsen för ingen ytterligare påvisbar påverkan bestämdes till 1,32 m. Se även Bilaga 8a för utförlig information om mätningarna.



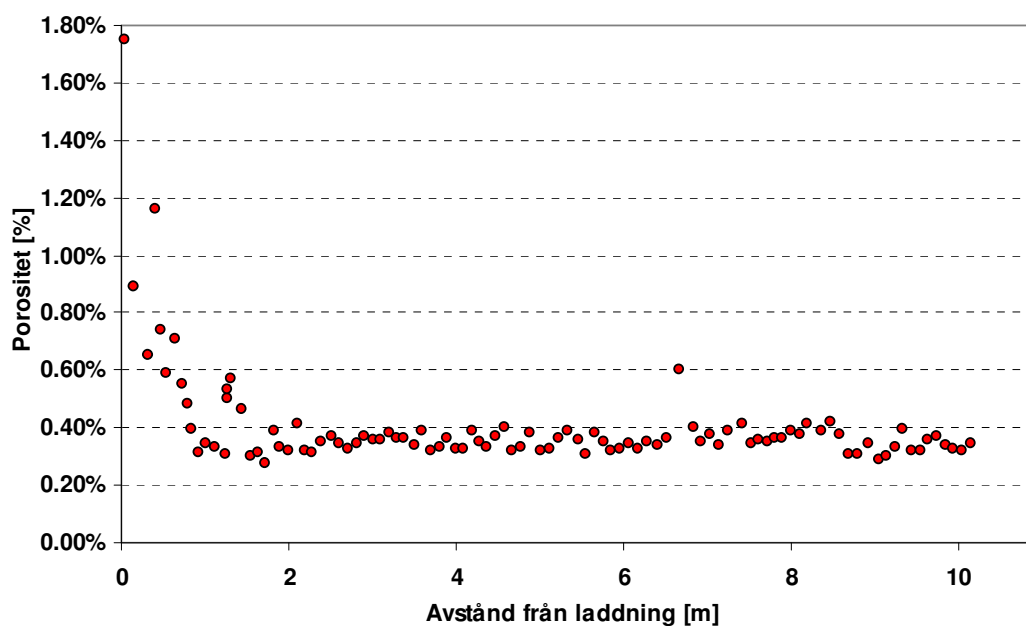
Figur 5.3 Resultat från de ultrasoniska mätningarna och densitetsmätningarna för kärna 28. Båda dessa mätningar valdes att redovisas i samma diagram då dessa tydligt visat sig följa samma tendenser.

### 5.2.3 Densitet

Låga värden kunde utläsas i kärnans första 0,83 m. Därefter följde fyra prover utan utmärkande densiteter. Vid 1,28 m observerades två tydligt låga värden. Skadezonen baserad på densitetsmätningarnas resultat gav därmed 0,83 m med stora skador och 1,28 m till gränsen varefter ingen påvisad påverkan kunde utläsas. Figur 5.3 redovisar resultaten från densitetsmätningarna. Se även Bilaga 8a för utförlig information om mätningarna.

### 5.2.4 Porositet

Tydligt förhöjda porositeter kunde utläsas i kärnans första 0,80 m. Inom detta område ökade porositeten tydligt ju närmare laddningen provbitarna befunnit sig. Efter detta område följde fyra provbitar med värden som inte utmärkte sig även om en spricka kunde observeras i en av dem. Därefter noterades fyra höga porositeter, varav två av dem kom från provbitar med oregelbunden form. Bedömningen av skadezon baserad på porositetsmätningarnas resultat utfördes därmed. Stora sprängskador kunde observeras 0,80 m in i kärnan och ingen påvisbar sprängskada kunde utläsas efter 1,44 m. Figur 5.4 redovisar resultaten från porositetsmätningarna. Se även Bilaga 8a för utförlig information om mätningarna.



Figur 5.4 Resultat från porositetsmätningarna för kärna 28.

## 5.2.5 Skadebedömning

Tabell 5.1 sammanfattar bedömningarna av skadezonerna för kärna 28 från de olika testerna.

Tabell 5.1 Översikt skadebedömningar från samtliga tester.

Metod	Stora sprängskador [m]	Påvisbar påverkan [m]
Okulär kärnbesiktning	0 - 0,74; varav 0 - 0,15 krossat berg	0,74 - 1,54
Ultrasoniska mätningar	0 - 0,83	0,83 - 1,32
Porositetsmätningar	0 - 0,80	0,80 - 1,44
Densitetsmätningar	0 - 0,83	0,83 - 1,28

Bedömningarna av sprängskadezonerna från de olika mätningarna jämfördes och en sammanfattande bedömning för denna kärnas skadezon utfördes. Sprängskadan indelades i *kraftigt skadat/krossat berg*, *stora sprängskador* och *påvisbar påverkan*. Skadezonen under benämningen stora sprängskador motsvarar den del av kärnan där tydlig påverkan kunde konstateras. *Påvisbar påverkan* motsvarar resterande skadezon till gränsen varefter ingen ytterligare påverkan kunde påvisas. Den sammanfattande skadebedömningen av kärna 28 redovisas i Tabell 5.2.

Tabell 5.2 Skadezonsindelning för kärna 28 orsakat av Nobelit med laddningskoncentrationen 3,63 kg/m.

Nivå [m]	Beskrivning av sprängskada
0 - 0,15	Kraftigt skadat/krossat berg
0,15 - 0,83	Stora sprängskador
0,83 - 1,54	Påvisbar påverkan
≥1,55	Opåverkat berg

Motivering till gränssättning och indelningar av skadezonen lyder enligt följande. Kärnans kraftigt skadade 0,15 m kunde tydligt ses vid den okulära kärnbesiktningen. Denna del var kraftigt uppsprucken och delvis pulveriserad. Området med *stora sprängskador*, fram till 0,83 m, kunde utläsas både i ultrasoniken och i densitetsmätningarna. Detta område ansågs också vara bekräftat av porositetsmätningarna, där denna gräns bedömdes till 0,80 m. Gränsen för där



påverkan inte längre kunde påvisas styrdes av kärnkarteringen, vilken gav det högsta värdet, 1,54 m, på skadedjupet. Från de övriga mätningarna erhöles värden som gav 0,24 m till 0,10 m kortare skadezon. På provbiten som befann sig vid denna gräns kunde dessutom en längsgående spricka observeras, vilket styrkte detta val av skadegräns.

### 5.3 Fordyn 55 (borrkärna 29)

På grund av egenvikt packades sprängmedlet något vid laddning. Den verkliga laddningskoncentrationen var 3,71 kg/m. Frikopplingen var 26 %.

Vid granskning av den nybildade pallfronten kunde följande observationer noteras. Lokalisering av halvpipan för kärnhål 29 försvårades då berget var kraftigt sprängskadat. Hålväggen var krossad och delvis pulvriserad, liksom hålpipans närområde där en ljusare färg på berget kunde urskiljas. Även flera radiella sprickor observerades i halvpipan. Skadepåverkan som kunde urskiljas på bergytan utanför halvpipan uppskattades till 0,25 m mätt från borrhålsväggen.

#### 5.3.1 Okulär kärnbesiktning

Kärnans första 0,14 m var kraftigt uppsprucken. En längsgående spricka sträckte sig längs kärnans första 0,61 m (se Figur 5.5) och ytterligare två längsgående sprickor återfanns mellan 0,72 m och 0,92 m. Även flera kortare sprickor, både öppna och läkta, observerades inom 1,07 m. Den okulära bedömningen av kärnans skadezon uppskattades till 1,07 m med stora sprängskador. Inom detta område hittades inga sprickmineral, utfällningar eller sprickfyllnad. I området därefter fram till 2,21 m noterades ytterligare ett flertal sprickor. Gränsen varefter ingen påvisbar påverkan längre kunde observeras bestämdes därför till 2,21 m.

Denna bergkärna innehöll större variationer i mineralsammansättning än de övriga. Detta berodde på flera områden med tydliga inslag av pegmatit. Kärnans totala längd var 10,45 m. Se Bilaga 5b för kärnprotokoll. Se även Bilaga 10a-c för bilder på den aktuella kärnan.

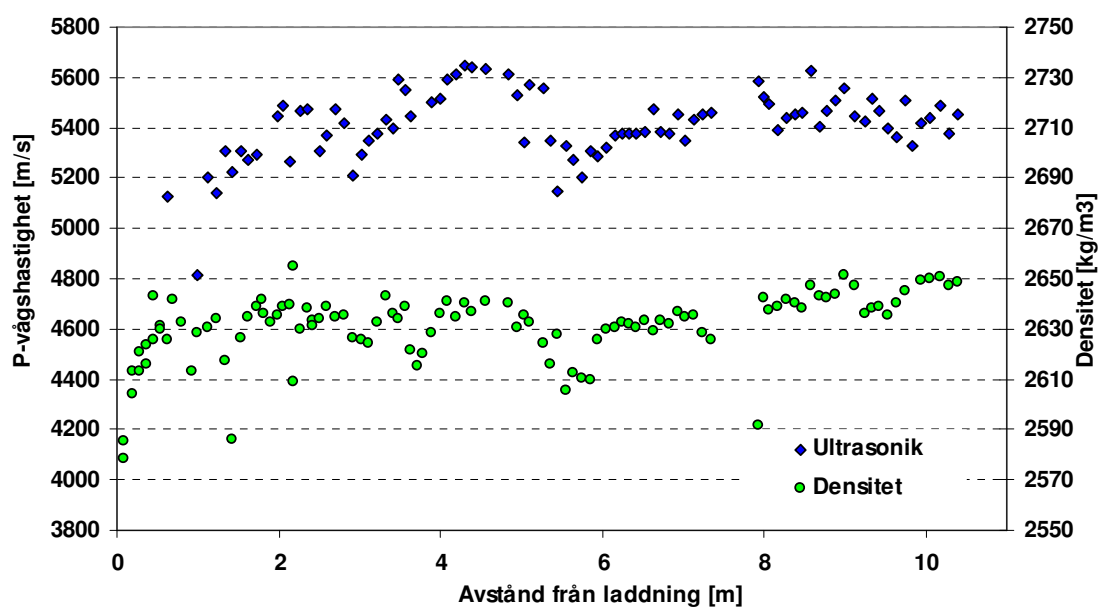


Figur 5.5 Bergkärna från hål 29. Avståndet mellan markeringarna på bilden är 10 cm.

#### 5.3.2 Ultrasonik

Precis som kärna 28 var även första biten av denna kärna kraftigt uppsprucken. Detta medförde att endast ett prov kunde testas inom den första metern (se Figur 5.6).

Provbiten var vid 0,63 m och uppvisade ett förhållandevis lågt värde. Vid 1,00 m noterades ett utmärkande lågt värde från en provbit som innehöll flera längsgående sprickor. Ytterligare prover med förhållandevis låga värden noterades därefter till 2,13 m. Bedömningen av skadezonen baserad på ultrasonikens resultat kunde därmed utföras. 1,00 m av kärnan hade stora sprängskador och gränsen för ingen ytterligare påvisbar påverkan bestämdes till 2,13 m. Noterbart var att i de områden där tydliga inslag av pegmatit förekom uppvisade provbitarna allmänt lägre och mer spridda hastigheter. Se även Bilaga 8b för utförlig information om mätningarna.



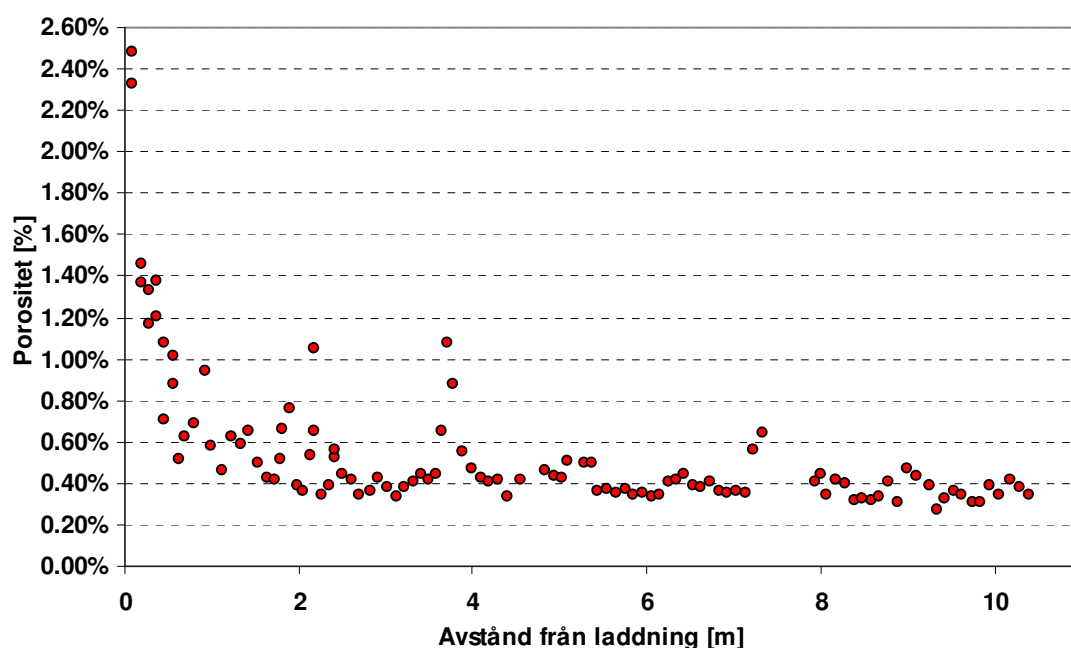
Figur 5.6 Resultat från de ultrasoniska mätningarna och densitetsmätningarna för kärna 29.

### 5.3.3 Densitet

I kärnans första 0,79 m uppvisar densitetsmätningarna tydligt låga värden ju närmare laddningen proven befunnit sig (se Figur 5.6). Därefter fram till 1,43 m noterades större spridning av värdena och flera låga porositeter observerades. Flera av dessa provbitar innehöll dessutom längsgående sprickor. Värdena för densiteten ligger sedan samlade fram till 2,18 m där två oregelbundna provbitar uppvisar avvikande densiteter. Mellan 2,27 m och 7,15 m observeras en väldigt bra korrelation mellan densitetsmätningarna och de ultrasoniska mätningarna. En skadezon baserad på densitetsmätningar kunde utläsas och resultatet blev ett område från 0 m till 1,43 m där stora skador påträffades och ett område mellan 1,43 m till 2,18 m där påvisad påverkan observerades. Därefter kunde ingen påverkan utläsas. Se även Bilaga 8b för utförlig information om mätningarna.

### 5.3.4 Porositet

En tydlig tendens till kraftigt förhöjd porositet i närheten av laddningen kunde, precis som för kärna 28, urskiljas i denna kärna. Två speciellt höga värden, där högsta porositeten uppnådde 2,49 %, kunde avläsas vid 0,08 m. Båda dessa prover utgjordes av små och kraftigt uppspruckna bergbitar samlade i nätpåsar. Fram till 0,79 m var alla bitar utom en oregelbundna då de kommer från den uppspruckna delen av kärnan. Ett område med utmärkande höga värden uppskattades sträcka sig 1,43 m in i kärnan, enligt Figur 5.7. Mellan 1,43 m och 2,18 m påträffas också många oregelbundna provbitar med relativt hög densitet, samtidigt som de regelbundna bitarna i samma område uppvisar lägre värden. Därefter stabiliserades porositeterna kring 0,35 %. Stora sprängskador kunde utläsas mellan 0 m och 1,43 m in i kärnan och därefter kunde en påvisbar påverkan observeras från 1,43 m till 2,18 m. Se även Bilaga 8b för utförlig information om mätningarna.



Figur 5.7 Resultat från porositetsmätningarna för kärna 29.

### 5.3.5 Skadebedömning

Tabell 5.3 sammanfattar bedömningarna av skadezonerna för kärna 29 från de olika testerna.

Tabell 5.3 Översikt skadebedömningar från samtliga tester.

Metod	Stora sprängskador [m]	Påvisbar påverkan [m]
Okulär kärnbesiktning	0 – 1,07 varav 0 – 0,14 är krossad	1,07 – 2,21
Ultrasoniska mätningar	0 – 1,00	1,00 – 2,13
Densitetsmätningar	0 – 1,43	1,43 – 2,18
Porositetsmätningar	0 – 1,43	1,43 – 2,42

Bedömningarna av sprängskadezonerna från de olika mätningarna jämfördes och en sammanfattande bedömning för denna kärnas skadezon utfördes. Sprängskadan indelades i *kraftigt skadat/krossat berg*, *stora sprängskador* och *påvisbar påverkan*. Skadezonen under benämningen *stora sprängskador* motsvarar den del av kärnan där tydlig påverkan kunde konstateras. *Påvisbar påverkan* motsvarar resterande skadezon till gränsen varefter ingen ytterligare påverkan kunde påvisas. Den sammanfattande skadebedömningen av kärna 29 redovisas i Tabell 5.4.

Tabell 5.4 Skadezonsindelning för kärna 29 orsakat av Fordyn 55 med laddningskoncentrationen 3,71 kg/m.

Nivå [m]	Beskrivning av sprängskada
0 - 0,14	Kraftigt skadat/krossat berg
0,14 – 1,43	Stora sprängskador
1,43 – 2,42	Påvisbar påverkan
≥ 2,43	Opåverkat berg

Motivering till gränssättning och indelning av skadezon lyder enligt följande. Kärnans kraftigt skadade 0,14 m kunde tydligt ses vid den okulära kärnbesiktningen. Området med *stora sprängskador*, fram till 1,42 m, kunde utläsas både i porositets- och densitetsmätningarna. Gränsen för där påverkan inte längre kunde påvisas styrdes av porositetsmätningarna, vilken gav det högsta värdet, 2,42 m, på skadezonen.

## 5.4 Dynorex 32 (borrkärna 33)

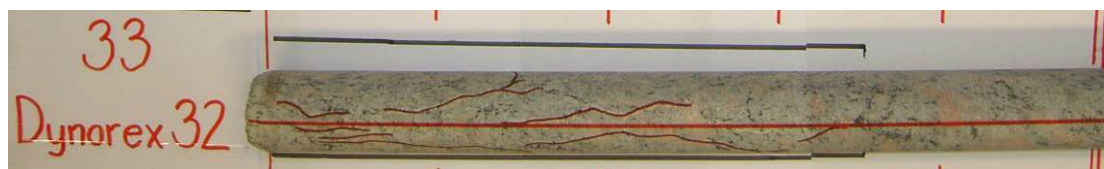
Detta sprängmedel levererades i plaströr vilket gjorde att ingen packning skedde. Den verkliga laddningskoncentrationen var 1,05 kg/m. Frikopplingen var 75 %.

Vid granskning av den nybildade pallfronten kunde följande observationer noteras. Halvpipan för kärnhål 33 lokaliserades utan problem. Den var delvis pulvriserad och hade en skrovlig yta med ljusare färg vilket även kunde hittas på bergytan nära hålet. Påverkan kunde även urskiljas på bergytan utanför hålpipen. Dock var denna otydlig och därför gjordes ingen mått uppskattning av skadan. Även flera radiella sprickor noteras i hålpipen.

### 5.4.1 Okulär kärnbesiktning

Kärnans första 0,35 m var märkbart påverkad även då inga öppna sprickor observerades. Den påverkan som hittades i form av slutna sprickor fylldes i med röd färg för att förtydligas enligt Figur 5.8. I området mellan 0,55 m och 0,71 m observerades ytterligare slutna sprickor. Med detta som grund utfördes den okulära bedömningen av kärnans skadezon. Kärnans första 0,35 m hade stora sprängskador och gränsen för påvisbar påverkan bestämdes till 0,71 m.

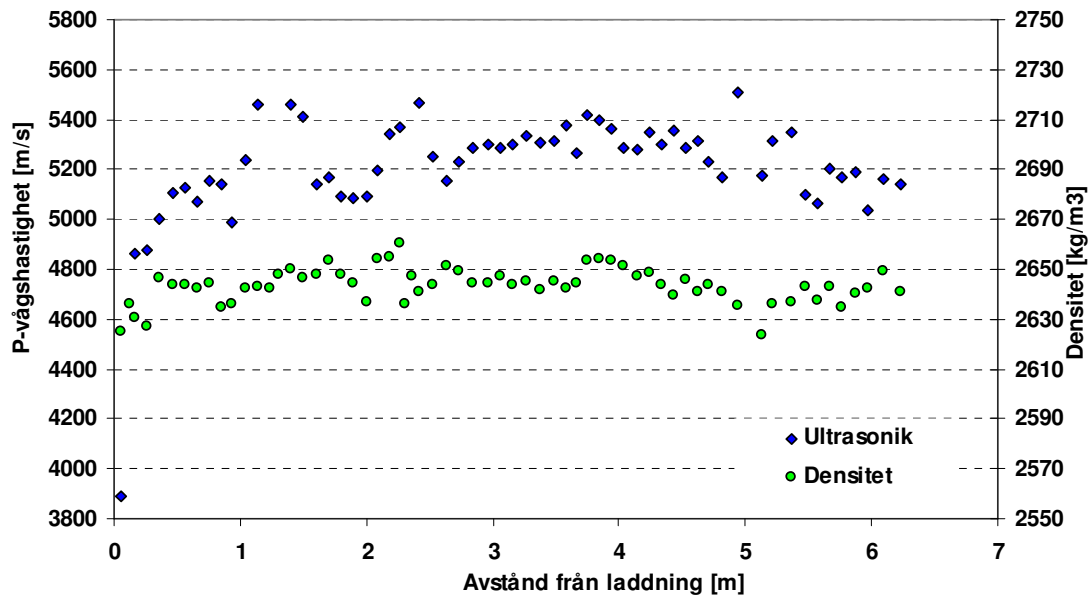
Det enda avvikande vad gäller bergart och mineralogi som observerades var två biotitrika områden mellan 3,9 m och 4,3 m samt 5,5 m och 6,0 m. Kärnans totala längd var 6,28 m. Se Bilaga 5c för kärnprotokoll. Se även Bilaga 10b för bilder på den aktuella kärnan.



Figur 5.8 Bergkärna från hål 33. Synlig sprängpåverkan vid kärnans början har fyllts i med röd färg. Delen av kärnan som visas på bilden är 10 cm.

### 5.4.2 Ultrasonik

I kärnans första 0,66 m kunde längsgående sprickor observeras. De provbitar som befunnit sig inom 0,36 m gav tydligt låga hastigheter i ultrasoniken enligt Figur 5.9. Ett ytterligare utmärkande lågt värde noterades i slutet av detta område, vid 0,93 m. Skadezonen bestämdes därmed till 0,36 m med stora sprängskador och 0,93 m till gränsen varefter ingen ytterligare påvisbar påverkan kunde utläsas. Se även Bilaga 8c för utförlig information om mätningarna.



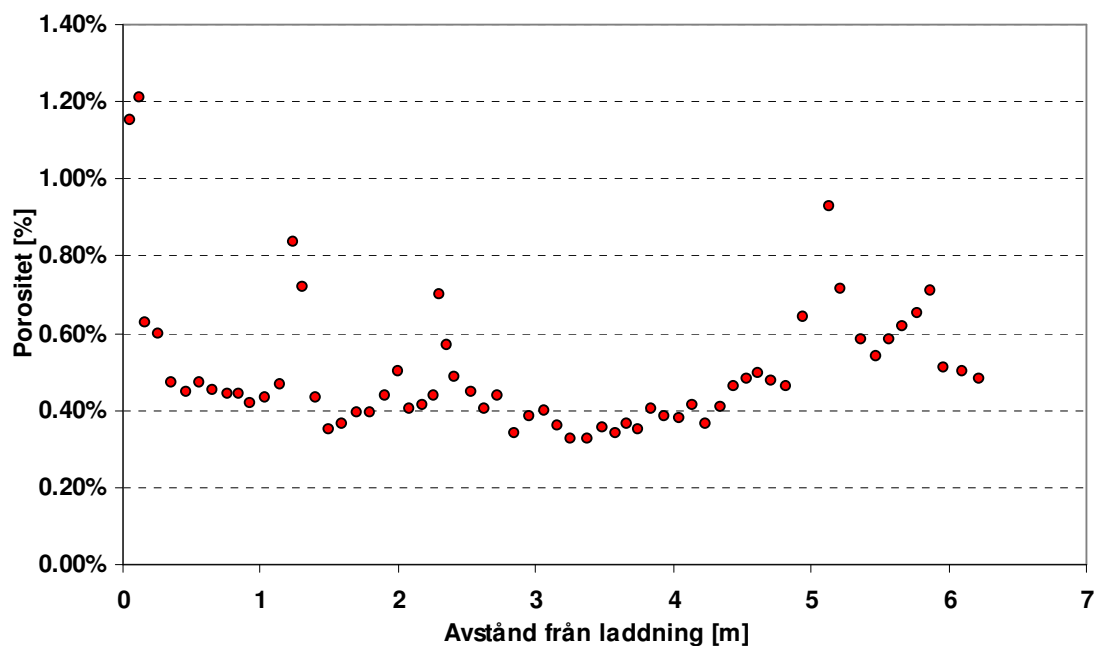
Figur 5.9 Resultat från de ultrasoniska mätningarna och densitetsmätningarna för kärna 33.

### 5.4.3 Densitet

Påtagligt låga densiteter registrerades i kärnans första 0,26 m. Därefter stabiliserades värdena med undantag för två låga porositeter i provbitarna vid 0,85 m och 0,93 m enligt Figur 5.9. Därför bestämdes skadezonen till 0,26 m med stora skador och 0,93 m till gränsen varefter ingen påverkan längre kunde påvisas. Se även Bilaga 8c för utförlig information om mätningarna.

### 5.4.4 Porositet

Precis som i densitetsmätningarna kunde utmärkande värden utläsas 0,26 m in i kärnan. Efter detta område skedde en stabilisering av porositeterna. Provbitarna vid 1,24 m och 1,30 m gav tydligt höga värden enligt Figur 5.10. Dessa prover befann sig i anslutning till både en slutet och en öppen spricka där järnutfällning kunde spåras. Gränsen varefter ingen ytterligare påverkan kunde påvisas bestämdes till 0,26 m. Se även Bilaga 8c för utförlig information om mätningarna.



Figur 5.10 Resultat från porositetsmätningarna för kärna 33.

### 5.4.5 Skadebedömning

Tabell 5.5 sammanfattar bedömningarna av skadezonerna för kärna 33 från de olika testerna.

Tabell 5.5 Översikt skadebedömningar från samtliga tester av kärna 33.

Metod	Stora sprängskador [m]	Påvisbar påverkan [m]
Okulär kärnbesiktning	0 - 0,35	0,35 - 0,71
Ultrasoniska mätningar	0 - 0,36	0,36 - 0,93
Porositetsmätningar	0 - 0,26	–
Densitetsmätningar	0 - 0,26	0,26 - 0,93

Bedömningarna av sprängskadezonerna från de olika mätningarna jämfördes och en sammanfattande bedömning för denna kärnas skadezon utfördes. Sprängskadan indelades i *stora sprängskador* och *påvisbar påverkan*. Skadezonen under benämningen *stora sprängskador* motsvarar den del av kärnan där tydlig påverkan kunde konstateras. *Påvisbar påverkan* motsvarar resterande skadezon till gränsen varefter ingen ytterligare påverkan kunde påvisas. Den sammanfattande skadebedömningen av kärna 33 redovisas i Tabell 5.6.

Tabell 5.6 Skadezonsindelning för kärna 33 orsakat av Dynorex med laddningskoncentrationen 1,05 kg/m och frikopplingen var 75 %.

Nivå [m]	Beskrivning av sprängskada
0 - 0,36	Stora sprängskador
0,36 - 0,93	Påvisbar påverkan
≥ 0,94	Opåverkat berg

Motivering till gränssättning och indelningar av skadezonen lyder enligt följande. Det område som hade *stora sprängskador* bestämdes av de ultrasoniska mätningarna. Denna metod gav det högsta värdet, 0,36 m. Detta bekräftades även i den okulära besiktningen då synlig påverkan kunde observeras 0,35 m in i kärnan. Gränsen varefter påverkan inte längre kunde påvisas bestämdes till 0,93 m då denna kunde utläsas både i de ultrasoniska mätningarna och i densitetsmätningarna. I ultrasoniken noterades endast en provbit med utmärkande låg hastighet vid denna längd. Dock styrktes fastställandet av denna gräns i densitetsmätningarna med ytterligare en närliggande provbit med lågt värde.

## 5.5 Dynotex 22 (borrkärna 36)

Detta sprängmedel levererades i plaströr vilket gjorde att ingen packning skedde. Den verkliga laddningskoncentrationen var 0,37 kg/m. Frikopplingen var 88 %.

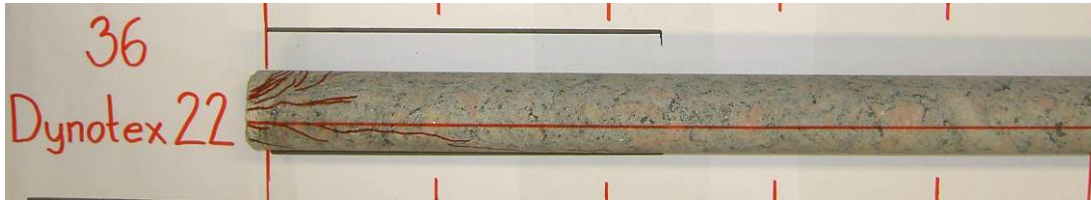
Vid granskning av den nybildade pallfronten kunde följande observationer noteras. Halvpipan för hål 36 upptäcktes utan problem. En tydlig påverkan i hålväggen noterades men ett fåtal radiella sprickor påträffades. Berget i och kring halvpipan var ljusare är normalt. Ingen synlig påverkan observerades på bergytan utanför halvpipan.

### 5.5.1 Okulär kärnbesiktning

En tydlig påverkan i form av slutna sprickor noterades på kärnans första 0,23 m. Dessa förtydligades genom att markeras med röd färg enligt Figur 5.11. Detta område efterföljdes av cirka 1,0 m med till synes intakt kärna. Den okulära bedömningen av kärnans skadezon uppskattades därför till 0,23 m.

Denna kärna ansågs vara förhållandevis homogen, både med hänsyn till sprickförekomst och till variationer i mineralogin. Enda noteringen som utfördes var en kvartsgång i området 0,40 m till 0,50 m. Kärnans totala längd var 6,11 m. Se Bilaga 5d för kärnprotokoll. Se även Bilaga 10b för bilder på den aktuella kärnan.

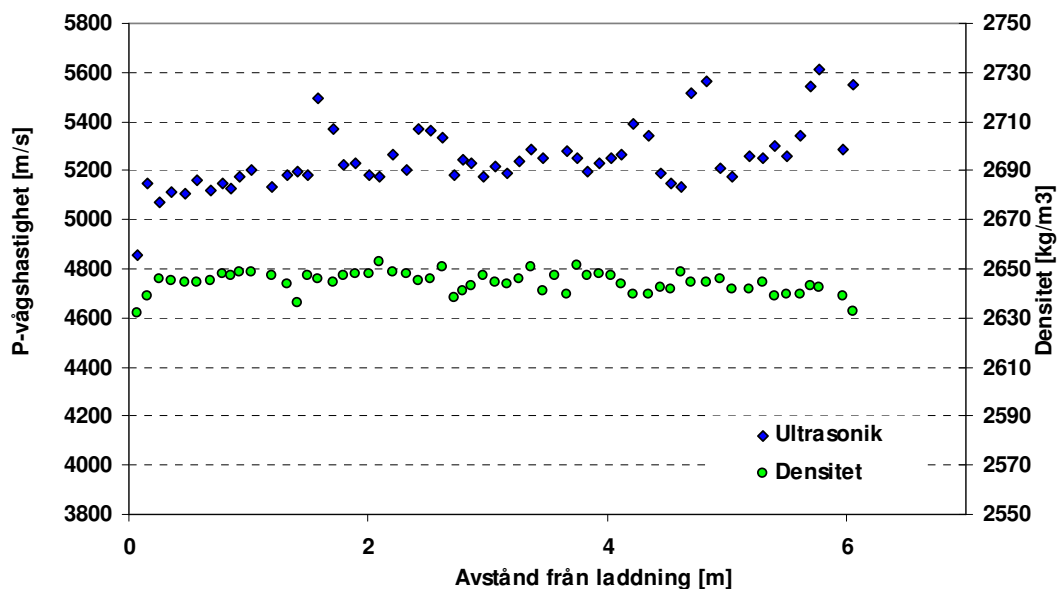




Figur 5.11 Bergkärna från hål 36. Synlig sprängpåverkan vid kärnans början har fyllts i med röd färg. Avståndet mellan markeringarna på bilden är 10 cm.

## 5.5.2 Ultrasonik

Då denna kärna inte hade sprängskador i form av öppna sprickor och var allmänt relativt intakt kunde många provbitar testas med ultrasonik. Kärnans första provbit, vid 0,07 m, gav en utmärkande låg P-vågshastighet och innehöll dessutom en längsgående spricka. Provbitarna efter denna uppvisade en betydligt högre hastighet. Provbiten vid 0,15 m innehöll en längsgående spricka medan den tredje provbiten vid 0,25 m uppvisade en något lägre hastighet än provbitarna närmast denna (se Figur 5.12). Efter detta område stabiliserades hastigheterna med undantag från några högre hastigheter mellan 1,58 m och 2,62 m. Bedömningen av skadezon baserad på ultrasonikens resultat kunde därmed utföras. 0,07 m av kärnan hade stora sprängskador och gränsen för ingen ytterligare påvisbar påverkan bestämdes till 0,25 m. Se även Bilaga 8d för utförlig information om mätningarna.



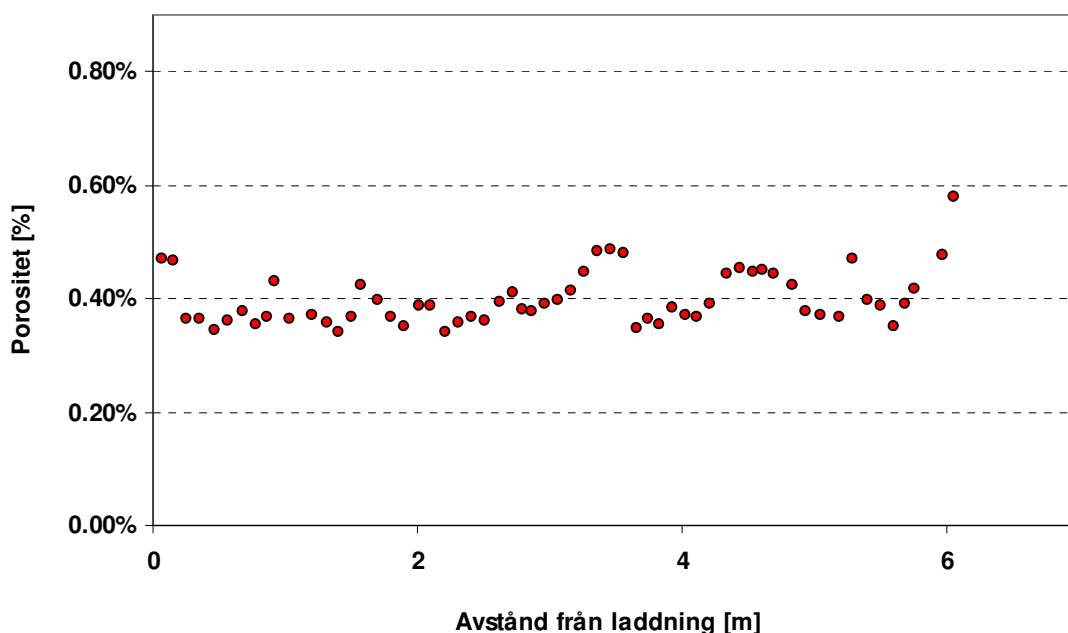
Figur 5.12 Resultat från de ultrasoniska mätningarna och densitetsmätningarna för kärna 36.

### 5.5.3 Densitet

De två första provbitarna vid 0,07 m och 0,15 m uppvisade utmärkande låga värden för densiteten. Efter detta område stabiliseras värdena och kärnan uppvisar en någorlunda jämn densitet hela vägen även om några tillfälliga nedgångar observeras. Endast en skadezon, som var att betrakta som ett område med stora skador, kunde utläsas från densitetsmätningarna, från 0 m till 0,15 m. Därefter kunde ingen påverkan utläsas. Figur 5.12 redovisar resultaten från densitetsmätningarna. Se även Bilaga 8d för utförlig information om mätningarna.

### 5.5.4 Porositet

De två första proverna, vid 0,07 m och 0,15 m, uppvisade något högre värden på porositeten än vad som kunde observeras i kärnan i övrigt. Någon tydlig porositetsökning vid kärnans början kunde dock inte noteras. Allmänt var porositeterna väl samlade kring 0,35 %. Endast en skadezon, som var att betrakta som ett område med stora skador, kunde utläsas från densitetsmätningarna, från 0 m till 0,15 m. Därefter kunde ingen påverkan utläsas. Figur 5.13 redovisar resultaten från porositetsmätningarna. Se även Bilaga 8d för utförlig information om mätningarna.



Figur 5.13 Resultat från porositetsmätningarna för kärna 36.

### 5.5.5 Skadebedömning

Tabell 5.7 sammanfattar bedömningarna av skadezonerna för kärna 36 från de olika testerna.

Tabell 5.7 Översikt skadebedömningar från samtliga tester.

Metod	Stora sprängskador [m]	Påvisbar påverkan [m]
Okulär kärnbesiktning	0 – 0,23	–
Ultrasoniska mätningar	0 – 0,07	0,07 – 0,25
Densitetsmätningar	0 – 0,15	–
Porositetsmätningar	0 – 0,15	–

Bedömningarna av sprängskadezonerna från de olika mätningarna jämfördes och en sammanfattande bedömning för denna kärnas skadezon utfördes. Sprängskadan indelades i *stora sprängskador* och *påvisbar påverkan*. Skadezonen under benämningen *stora sprängskador* motsvarar den del av kärnan där tydlig påverkan kunde konstateras. *Påvisbar påverkan* motsvarar resterande skadezon till gränsen varefter ingen ytterligare påverkan kunde påvisas. Den sammanfattande skadebedömningen av kärna 36 redovisas i Tabell 5.8.

Tabell 5.8 Skadezonsindelning för kärna 36 orsakat av Dynotex 22 med laddningskoncentrationen 0,37 kg/m.

Nivå [m]	Beskrivning av sprängskada
0 – 0,15	Stora sprängskador
0,15 – 0,25	Påvisbar påverkan
$\geq 0,26$	Opåverkat berg

Motivering till gränssättning och indelning av skadezon lyder enligt följande. Området med *stora sprängskador*, fram till 0,15 m, kunde utläsas ur både densitets- och porositetsmätningarna. Denna gräns innefattades även av det skadeområde som erhöles ur den okulära kärnbesiktningen. Gränsen varefter ingen ytterligare påverkan kunde påvisas bestämdes av resultaten från de ultrasoniska mätningarna.

## 5.6 Cord 150 (borrkärna 38)

Detta sprängmedel levererades i slang vilket gjorde att ingen packning på grund av egenvikt skedde. Den verkliga laddningskoncentrationen var 0,15 kg/m. Frikopplingen var 94,5 %.

Vid granskning av den nybildade pallfronten kunde följande observationer noteras. Halvpipan för hål 38 lokaliserades utan problem. En märkbar påverkan på hålväggen noterades och berget i halvpipan var ljusare än normalt. Några få radiella sprickor observerades. Ingen synlig påverkan observerades på bergytan utanför halvpipan. Speciellt för detonerande stubin likt Cord är att sprängmedlet orsakar en svart sotning på berget runtom borrhålet.

### 5.6.1 Okulär kärnbesiktning

Kärnans första 0,11 m var svagt synligt påverkad i form av slutna sprickor. Mellan 0,27 m och 0,41 m observerades två öppna sprickor (se Figur 5.14) där siltfyllnad samt järnutfällning kunde spåras. Den okulära bedömningen av kärnans skadezon uppskattades därmed till 0,11 m.

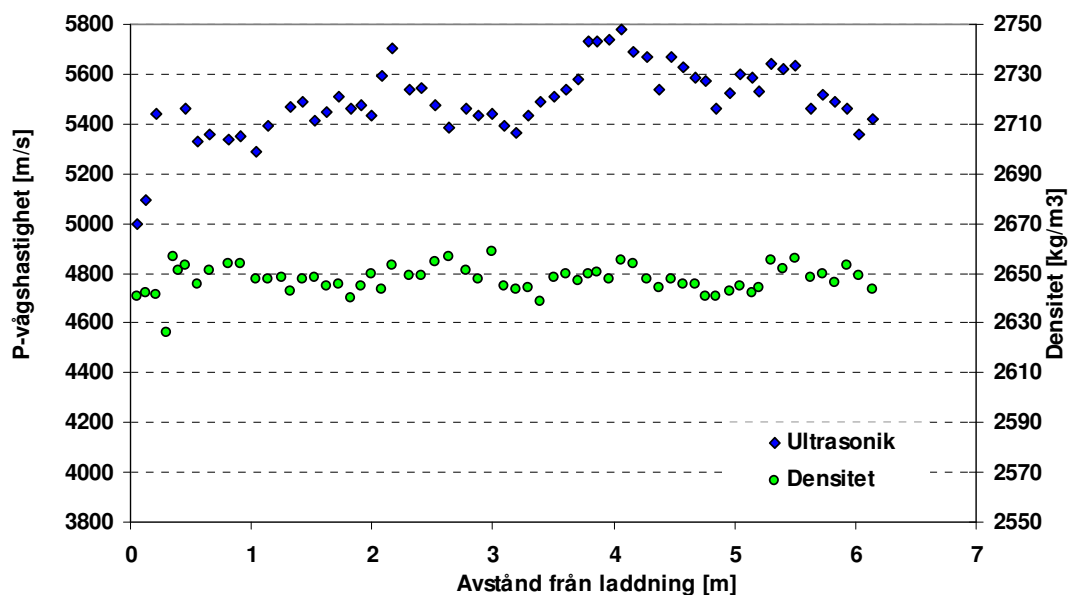
Förutom ett område med finkorniga, biotitrika inslag mellan 2,10 och 2,55 m noterades inga avvikelser vad gäller bergart och mineralogi. Kärnans totala längd var 6,20 m. Se Bilaga 5e för kärnprotokoll. Se även Bilaga 10c för bilder på den aktuella kärnan.



Figur 5.14 Bergkärna från hål 38. Avståndet mellan markeringarna på bilden är 10 cm.

### 5.6.2 Ultrasonik

Två låga hastigheter uppmättes i början av provet, vid 0,05 m och 0,13 m (se Figur 5.15). Därefter ökade hastigheterna, till för detta prov, relativt normala värden. Allmänt uppvisade kärnan successiva höjningar och minskningar av P-vågshastigheten om vartannat hela vägen fram till kärnans slut. Bedömningen av skadezon baserad på ultrasonikens resultat kunde därmed utföras. Endast en skadezon, som var att betrakta som ett område med stora skador, kunde utläsas från densitetsmätningarna, från 0 m till 0,13 m. En notering från denna mätning är att båda områdena där en väldigt hög hastighet noterades, 2,10-2,50 m och 3,90-4,30 m, var biotitrika. Se även Bilaga 8e för utförlig information om mätningarna.



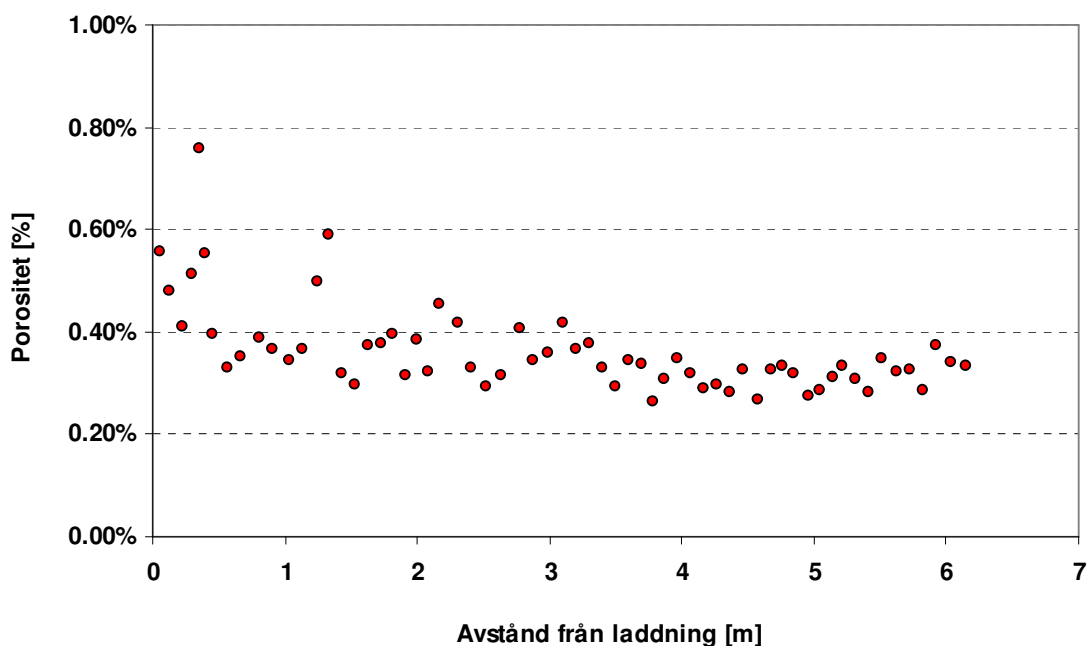
Figur 5.15 Resultat från de ultrasoniska mätningarna och densitetsmätningarna för kärna 38.

### 5.6.3 Densitet

Tre provbitar med relativt låg densitet noterades de första 0,22 m av kärnan. Sedan påträffades en oregelbunden provbit vid 0,3 m som uppvisar en utmärkande låg densitet. Därefter observerades inga avvikande värden utan densiteten ligger väl samlad fram till kärnans slut. Endast en skadezon, som var att betrakta som ett område med stora skador, kunde utläsas från densitetsmätningarna, från 0 m till 0,3 m. Därefter kunde ingen påverkan utläsas. En viss korrelation mellan densitetsmätningarna och de ultrasoniska mätningarna observerades från 2 m och till kärnans slut. Figur 5.15 redovisar resultaten från de densitetsmätningarna. Se även Bilaga 8e för utförlig information om mätningarna.

### 5.6.4 Porositet

De två första proven vid 0,05 m och vid 0,13 m uppvisar höga porositeter. Även vid 0,30 m, 0,36 m och 0,40 m noterades prover med höga värden. Dock skiljs det första av dessa från de andra med två öppna sprickor där både siltfyllnad och järnutfällning kunde spåras. Med detta som grund kunde kärnans skadezon bestämmas. Den första 0,13 m hade stora skador och gränsen varefter ingen påvisbar påverkan längre kunde observeras bestämdes till 0,30 m. Figur 5.16 redovisar resultaten från porositetsmätningarna. Se även Bilaga 8e för utförlig information om mätningarna.



Figur 5.16 Resultat från porositetsmätningarna för kärna 38.

### 5.6.5 Skadebedömning

Tabell 5.9 sammanfattar bedömningarna av skadezonerna för kärna 38 från de olika testerna.

Tabell 5.9 Översikt skadebedömningar från samtliga tester.

Metod	Stora sprängskador [m]	Påvisbar påverkan [m]
Okulär kärnbesiktning	0 - 0,11	–
Ultrasoniska mätningar	0 - 0,13	–
Densitetsmätningar	0 - 0,30	–
Porositetsmätningar	0 - 0,13	0,13 - 0,30

Bedömningarna av sprängskadezonerna från de olika mätningarna jämfördes och en sammanfattande bedömning för denna kärnas skadezon utfördes. Sprängskadan indelades i *stora sprängskador* och *påvisbar påverkan*. Skadezonen under benämningen *stora sprängskador* motsvarar den del av kärnan där tydlig påverkan kunde konstateras. *Påvisbar påverkan* motsvarar resterande skadezon till gränsen varefter ingen ytterligare påverkan kunde påvisas. Den sammanfattande skadebedömningen av kärna 38 redovisas i Tabell 5.10.

Tabell 5.10 Skadezonsindelning för kärna 38 orsakat av Cord 150 med laddningskoncentrationen 0,15 kg/m.

Nivå [m]	Beskrivning av sprängskada
0 - 0,13	Stora sprängskador
0,13 - 0,30	Påvisbar påverkan
≥ 0,31	Opåverkat berg

Motivering till gränssättning och indelning av skadezon lyder enligt följande. Området med *stora sprängskador* kunde tydligt utläsas ur både ultrasoniken och porositetmätningarna. Även gränsen där ingen ytterligare påverkan kunde påvisas bekräftades av två metoder, densitets- och porositetmätningarna.

## 5.7 Cord 80 (borrkärna 39)

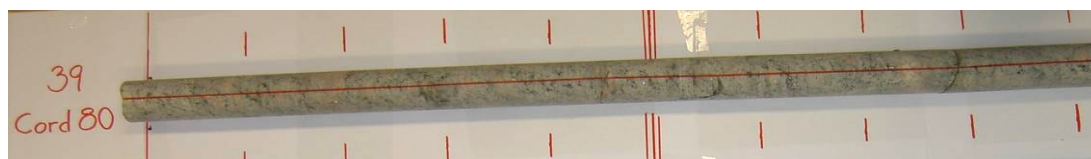
Detta sprängmedel levererades i slang vilket gjorde att ingen packning på grund av egenvikt skedde. Den verkliga laddningskoncentrationen var 0,08 kg/m. Frikopplingen var 96,5 %.

Vid granskning av den nybildade pallfronten kunde följande observationer noteras. Halvpipan för hål 39 upptäcktes utan problem och en tydlig påverkan i denna observerades. Hålväggarna hade en ljusare färg än berget i övrigt. Ett fåtal mindre radiella sprickor upptäcktes och hålväggarna var något pulvriserade. Ingen synlig påverkan observerades på bergytan utanför halvpipan.

### 5.7.1 Okulär kärnbesiktning

På denna kärna kunde ingen synlig påverkan observeras. Figur 5.17 visar kärna 39.

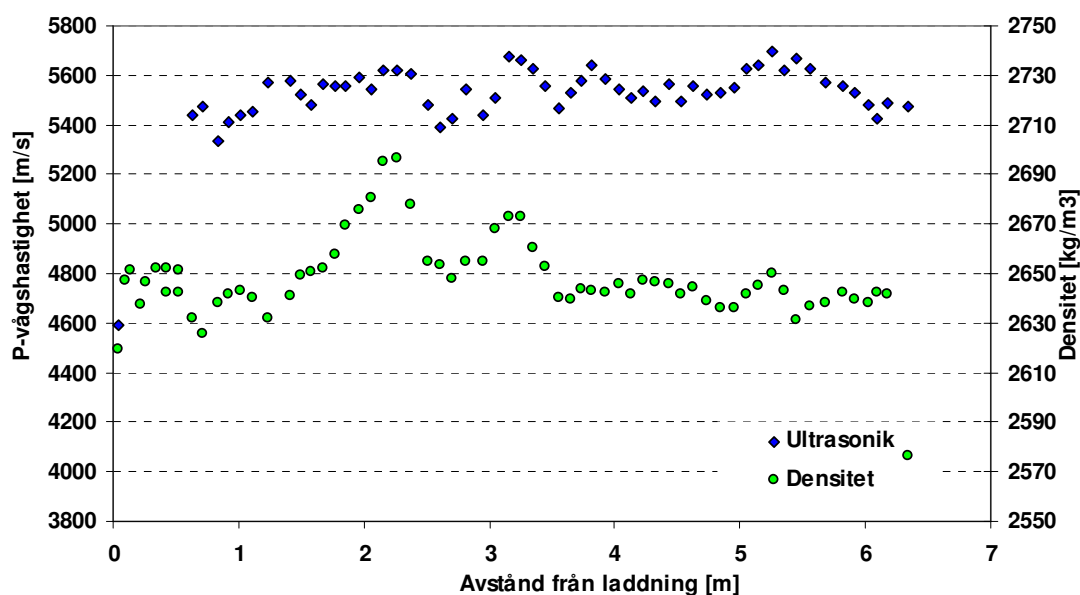
Mellan 0,06 till 0,56 påträffades en öppen spricka längs kärnans kant. Denna fortsatte sedan som en sluten spricka till 0,74 m. Vad gäller bergart och mineralogi observerades ett område från 2,00 m till 3,40 m där finkorniga, biotitrika inslag påträffades. Kärnans totala längd var 6,40 m. Se Bilaga 5f för kärnprotokoll. Se även Bilaga 10c för bilder på den aktuella kärnan.



Figur 5.17 Bergkärna från hål 39. Avståndet mellan markeringarna på bilden är 10 cm.

## 5.7.2 Ultrasonik

Då en öppen spricka sträckte sig längs kärnans första 0,56 m kunde endast en provbit användas för ultrasoniska mätningar i detta parti. Den låg vid 0,04 m och uppvisade en mycket låg hastighet enligt Figur 5.18. I de efterföljande provbitarna från 0,63 m kunde inga utmärkande värden noteras förutom ett förhållandevis lågt värde vid 0,84 m. Detta ansågs dock inte ingå i skadezonen då provbiten befunnit sig i ett område innehållande flera sprickor som inte antogs ha uppstått på grund av sprängning. Därför bedömdes skadezonen baserad på ultrasonikens resultat till 0,04 m med stora sprängskador. Se även Bilaga 8f för utförlig information om mätningarna.



Figur 5.18 Resultat från de ultrasoniska mätningarna och densitetsmätningarna för kärna 39.

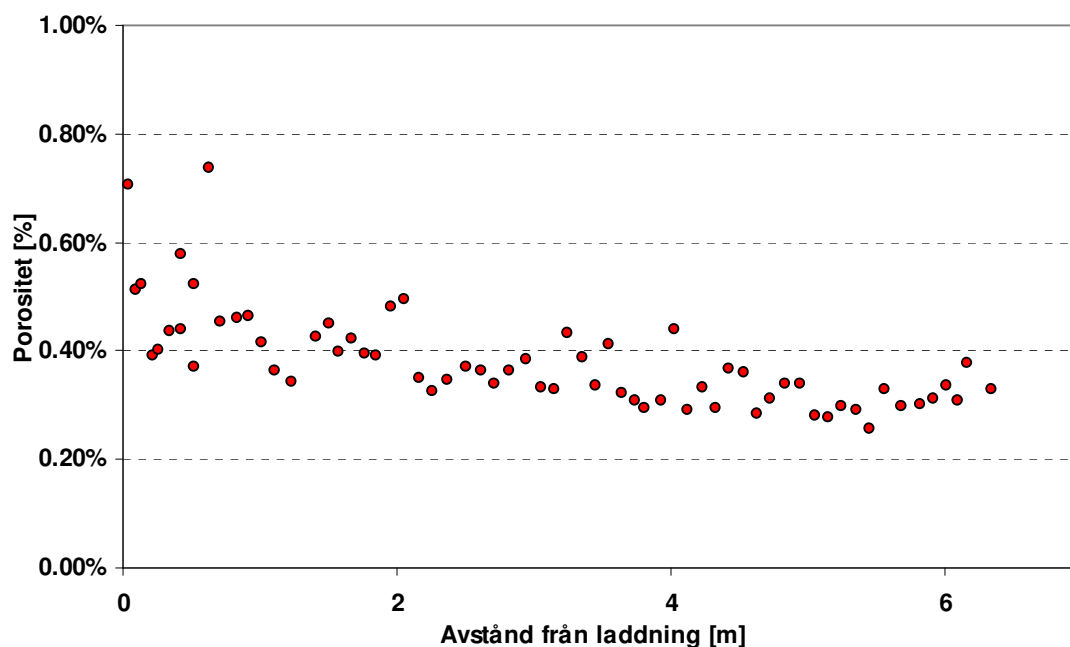
## 5.7.3 Densitet

Precis som i de ultrasoniska mätningarna erhöles ett tydligt lågt värde i den första provbiten vid 0,04 m. De efterföljande oregelbundna bitarna, som inte kunde användas i ultrasoniken, gav inga utmärkande värden. Vid 0,71 m uppmärksammades ett förhållandevis lågt värde, vilket kan utläsas i Figur 5.18. Detta antogs dock inte bero på sprängskada då provbiten befunnit sig i ett område innehållande flera sprickor som inte förväntades uppstått på grund av sprängning. Skadezonen bestämdes därmed till 0,04 m med stora sprängskador. Se även Bilaga 8f för utförlig information om mätningarna.



## 5.7.4 Porositet

Som i de tidigare metoderna uppvisar provbiten vid 0,04 m tydligt utmärkande värde (se Figur 5.19). Efterföljande provbitar till 0,63 m gav delvis höga värden men detta ansågs inte bero på att de var sprängskadade. Samtliga av dessa prover befann sig i en del av kärnan där en längsgående spricka sträckte sig som beskrevs i Kapitel 5.7.1. Anledningen till dessa provbitars höga värden antogs vara att dessa har stora andelar ojämn yta. Detta medförde svårigheter att torka av överflödigt vatten innan vägningen som beskrevs i Kapitel 4.11. Då ytan hade ojämnheter kunde en större mängd vatten bindas till provet vilket resulterade i förhöjda porositetsvärden. Dock betraktades provbitarna vid 0,09 m respektive 0,14 m vara påverkade. Detta då dessa uppvisade relativt höga porositeter samtidigt som de efterföljdes av flera provbitar utan utmärkande värden. Med detta som grund kunde skadezonen bestämmas. 0,04 m hade stora skador och gränsen varefter ingen ytterligare påverkan kunde påvisas bestämdes till 0,14 m. Se även Bilaga 8f för utförlig information om mätningarna.



Figur 5.19 Resultat från porositetsmätningarna för kärna 39.

### 5.7.5 Skadebedömning

Tabell 5.11 sammanfattar bedömningarna av skadezonerna för kärna 39 från de olika testerna.

Tabell 5.11 Översikt skadebedömningar från samtliga tester.

Metod	Stora sprängskador [m]	Påvisbar påverkan [m]
Okulär kärnbesiktning	–	–
Ultrasoniska mätningar	0 - 0,04	–
Porositetsmätningar	0 - 0,04	0,04 - 0,14
Densitetsmätningar	0 - 0,04	–

Bedömningarna av sprängskadezonerna från de olika mätningarna jämfördes och en sammanfattande bedömning för denna kärnas skadezon utfördes. Sprängskadan indelades i *stora sprängskador* och *påvisbar påverkan*. Skadezonen under benämningen *stora sprängskador* motsvarar den del av kärnan där tydlig påverkan kunde konstateras. *Påvisbar påverkan* motsvarar resterande skadezon till gränsen där ingen ytterligare påverkan kunde påvisas. Den sammanfattande skadebedömningen av kärna 39 redovisas i Tabell 5.12.

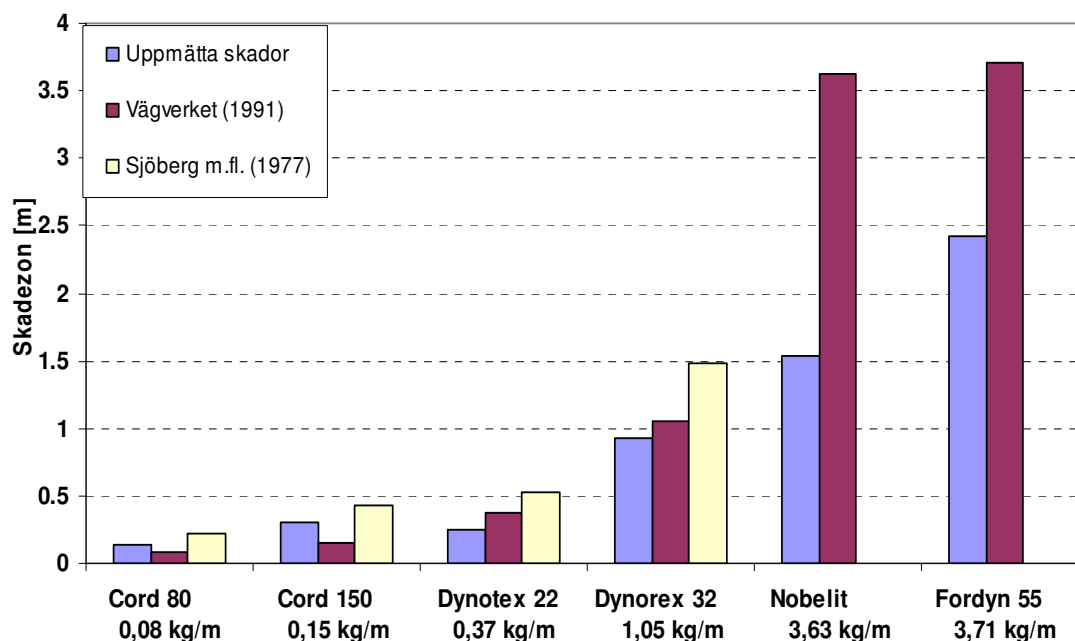
Tabell 5.12 Skadezonsindelning för kärna 39 orsakat av Cord 80 med laddningskoncentrationen 0,08 kg/m.

Nivå [m]	Beskrivning av sprängskada
0 - 0,04	Stora sprängskador
0,04 - 0,14	Påvisbar påverkan
$\geq 0,14$	Opåverkat berg

Motivering till gränssättning och indelningar av skadezonen lyder enligt följande. Då tre av metoderna uppvisade tydlig påverkan vid 0,04 m ansågs detta område ha *stora sprängskador*. Gränsen där ingen ytterligare påverkan kunde påvisas baserades på resultatet av porositetsmätningarna som gav 0,14 m.

## 5.8 Sammanställning av resultat

I Figur 5.20 redovisas en sammanställning av resultaten för de skadezoner som har uppmätts för samtliga sprängmedel. Även de skadegränser som har beräknats utifrån de teoretiska modeller som redovisades i Kapitel 5.1 finns att skåda i diagrammet.



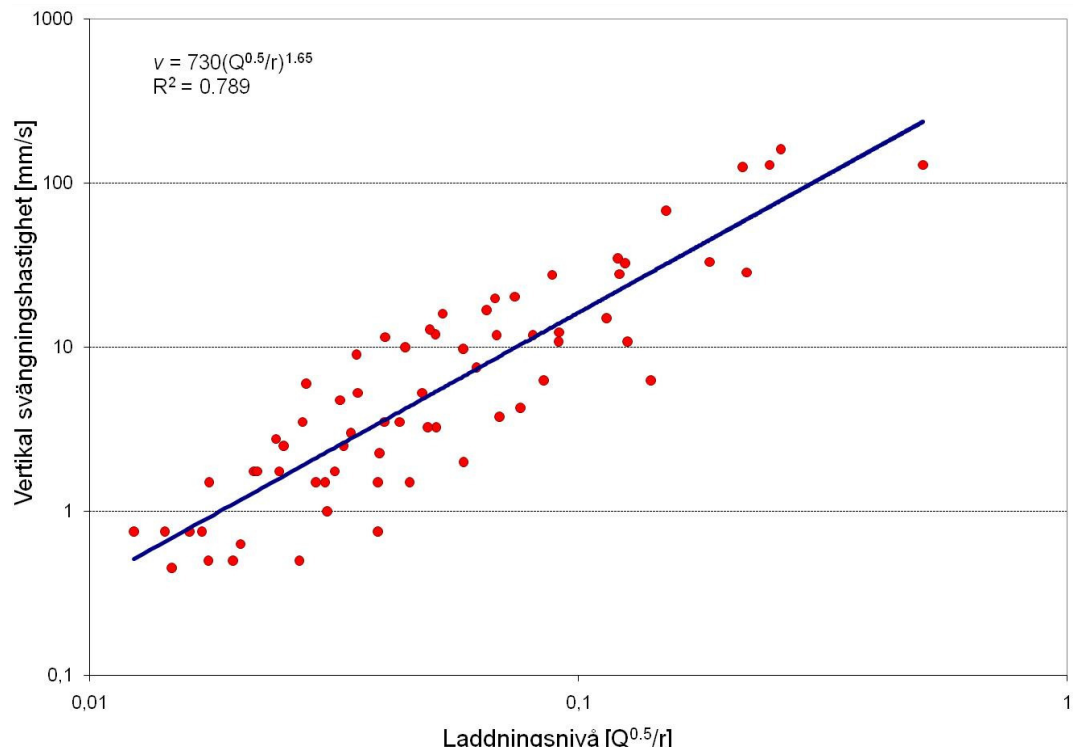
Figur 5.20 Uppmätta respektive teoretiskt framtagna skadezoner för samtliga sprängmedel. Även den verkliga laddningskoncentrationen för respektive sprängmedel kan ses i diagrammet.

## 5.9 Vibrationer

Vid vibrationsmätningarna registrerades maximala svängningshastigheter från samtliga laddningar. Förhållandena mellan svängningshastigheter, laddningskoncentrationer och avstånd till laddning kan ses i Figur 5.21. Svängningshastigheterna plottades mot laddningsnivå, vilket beskrevs i Kapitel 3.6. Även en kurvpassning utfördes för att anpassa en regressionslinje till erhållna mätvärden. Linjens ekvation beskrivs av Ekvation 5.1.

$$v = 730 * \left( \frac{Q^{0,5}}{r} \right)^{1,65} \quad (5.1)$$

Determinationskoefficienten  $R^2$  beräknades till 0,789.



Figur 5.21 Maximala uppmätta svängningshastigheter relativt laddningsnivå. En regressionslinje har även anpassats till mätvärdena.

## 6 Diskussion

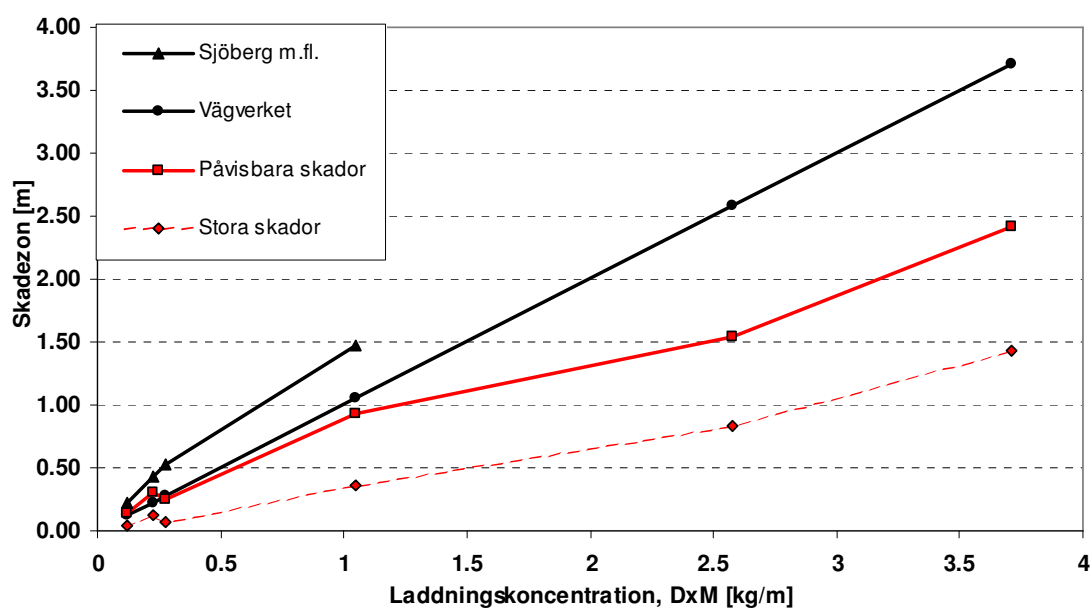
Sprängskadezoner har enligt Kapitel 5 bestämts utifrån de ultrasoniska, porositets- och densitetsmätningar som utförts. I detta kapitel följer diskussioner och tankar kring de erhållna resultaten.

### 6.1 Jämförelse mellan uppmätta skadezoner och teorier

För att rättvist kunna jämföra olika sprängmedel har de verkliga laddningskoncentrationerna korrigerats med hjälp av viktstyrka. De teorier som använts i jämförelsen är Sjöberg m.fl. (1977) och Vägverket (1991). Även dessa teorier bygger på att laddningskoncentrationerna är viktade.

I Figur 6.1 har en jämförelse utförts mellan den skadegräns som i Kapitel 5 benämndes *påvisbara skador* och de två teorierna. Även den skadegräns som benämndes *stora sprängskador* finns som jämförelse med i diagrammet. Det som tydligt kunde utläsas var att gränserna för de påvisbara skadorna överensstämde väl med Vägverkets modell vid laddningskoncentrationer upp till cirka 1 kg/m. Sjöbergs metod ger inom detta intervall 40 % – 110 % större skadezoner jämfört med de uppmätta.

För de sprängmedel med högre laddningskoncentrationer kunde observeras att de verkliga skadorna var markant mindre än vad som teoretiskt kunde beräknas enligt Vägverkets modell. Ingen jämförelse utfördes med Sjöbergs modell då denna inte avser att användas för laddningskoncentrationer högre än 2 kg/m (Ouchterlony, Olsson, 2000).



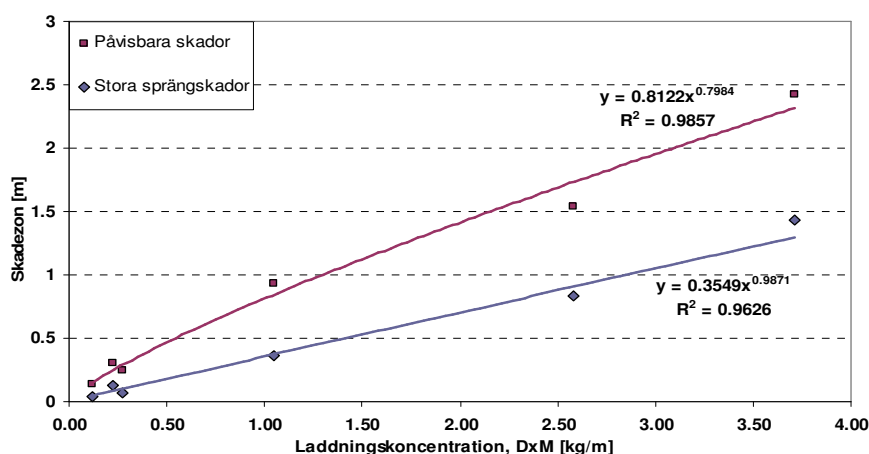
Figur 6.1 Skadezoner som uppmäts i detta projekt, samt teoretiska modeller som utvecklats av Sjöbergs m.fl. (1977) och Vägverket (1991).

Då försöken som Sjöbergs modell grundar sig på utfördes i liknande geologi som för detta projekt ansågs det finnas förutsättningar till samstämmighet i en jämförelse. En anledning till att Sjöbergs modell påvisar större skadezoner kan vara skillnader i sprängämnenas frikopplingsgrader. Denna faktor har i tidigare försök visats spela en mycket stor roll för skadeutbredningen (Ouchterlony & Olsson, 2000). De borrhålsdiametrar som användes i försöken till Sjöbergs modell var mindre än de som använts för detta projekt. Detta medförde högre frikopplingsgrader för laddningarna vid detta projekts provsprängningar vilket därmed borde ha bidragit till mindre sprängskadeutbredning. En annan anledning kan vara skillnader i utförandet av undersökningarna av skadezonerna. Vid framtagandet av Sjöbergs modell undersöktes utsågade skivor av det kvarstående berget bakom borrhålen. Därför kunde samtliga sprickor som bildats vid sprängningen observeras. För detta projekt togs endast borrhärlor ut från berget vilket innebär att enstaka stora sprickor, det vill säga makrosprickor, kunde ha funnits bakom den påvisade skadezonen.

## 6.2 Laddningskoncentrationens betydelse för sprängskadan

För att studera sambanden mellan uppmätta skadezoner och laddningskoncentrationer har dessa plottats mot varandra i ett diagram (Figur 6.2). Regressionslinjer har sedan anpassats för att lättare åskådliggöra resultatet. I diagrammet är både, vilket i denna rapport definierades (se Kapitel 5), *påvisbara skador* och *stora sprängskador* medtagna. En potensfunktion har anpassats för att bäst beskriva de påvisbara skadorna enligt Ekvation 6.1. Även de stora sprängskadorna representeras av en potensfunktion enligt Ekvation 6.2. Båda sambanden ger små avvikelser vilket  $R^2$ -termerna visar. Potensfunktionerna visar att skadegränsen inte ökar linjärt med laddningskoncentration. Detta kan också anses vara rimligt då sprängskada utbredds tredimensionellt. Exempelvis innebär en dubbling av sprängskadezonens djup en mångdubbling av den sprängskadade volymen.

Det faktum att sambanden bygger på få mätvärden medför en viss osäkerhet om dessa linjers lutningar.



Figur 6.2 Uppmätt skadezon relativt laddningskoncentration ( $DxM$ ). Funktioner har anpassats för att beskriva skadornas förhållande till laddningen.

$$R_{ps} = 0,812 * q^{0,798} \quad (6.1)$$

där

$R_{ps}$  = skadezonsdjup för *påvisbara skador* [m]

$q$  = laddningskoncentration, DxM [kg/m]

Determinationskoefficienten  $R^2 = 0,986$

$$R_{ss} = 0,355 * q^{0,987} \quad (6.1)$$

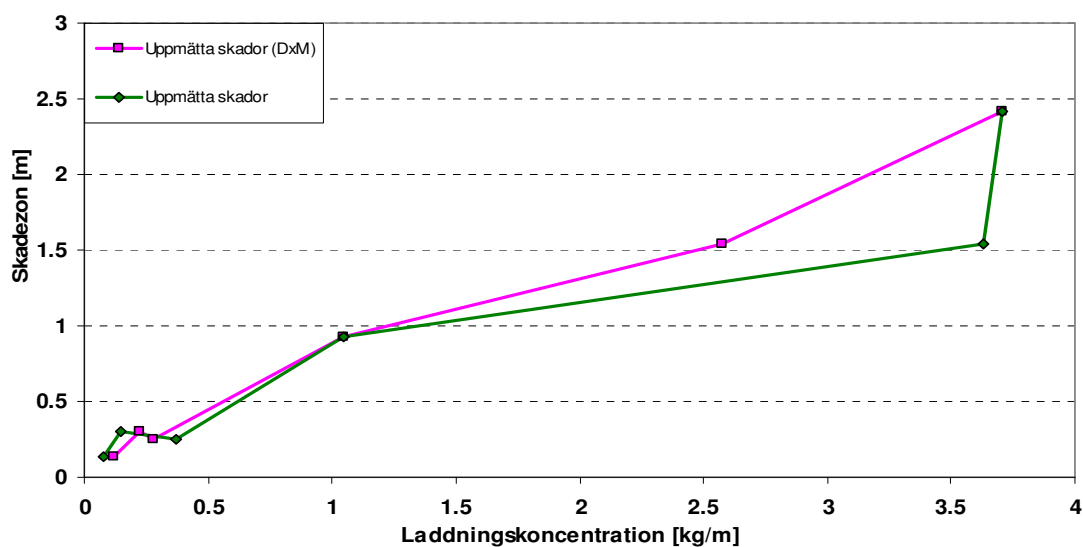
där

$R_{ss}$  = skadezonsdjup för *stora sprängskador* [m]

Determinationskoefficienten  $R^2 = 0,963$

### 6.3 Betydelsen av viktstyrka

Hur stor betydelse har viktstyrka vid jämförelse mellan olika sprängmedels skadezoner? För att kunna besvara den frågan gjordes antagandet att ökad laddningskoncentration rimligtvis ger upphov till större sprängskador. Figur 6.3 visar skadezonerna relaterade till dels de verkliga laddningskoncentrationerna men även till de, med hjälp av viktstyrka, korrigerade laddningskoncentrationerna. Referenssprängämnet som använts är Dynamex och sprängmedlens viktstyrkor redovisas i Bilaga 6.



Figur 6.3 Uppmätta skador relativt laddningskoncentration, respektive laddningskoncentration (DxM).

Utan korrigering av laddningskoncentrationerna observerades att det ovan nämnda antagandet inte uppfylls. Nobelit hade en högre verklig laddningskoncentration än Fordyn 55 men orsakade betydligt lägre skadezon. Denna jämförelse kunde anses vara relevant då de båda laddningarna hade samma maximala försättning och därmed hade förmågan att ta ut lika stor bergvolym. Detta beskrevs i Kapitel 4.2. Därmed kan Nobelit anses vara mer skonsam än Fordyn 55. Antagandet motbevisas även vid en jämförelse mellan Cord 150 och Dynotex 22. Även dessa sprängmedel kunde jämföras på samma vis med hänsyn till försättning. Efter korrigering av laddningskoncentrationerna med hjälp av viktstyrka observeras ett bättre samband mellan laddningskoncentration och skadezon med hänsyn till detta antagande. Dock noterades att Cord 150 fortfarande hade lägre laddningskoncentration än Dynotex 22. Detta kan bero på antagandet om viktstyrkan för Cord som enligt Bilaga 6a antogs till 150 %. Baserat på denna analys borde viktstyrkan för detta sprängmedel vara högre.

## 6.4 Betydelse av frikoppling

Hur stor betydelse har laddningens frikoppling för sprängskadezonen? Enligt Ouchterlony och Olsson (2000) spelar frikopplingen en mycket stor roll för skadeutbredningen. För att besvara frågan gjordes antagandet att minskad frikoppling ger upphov till större skadezon.

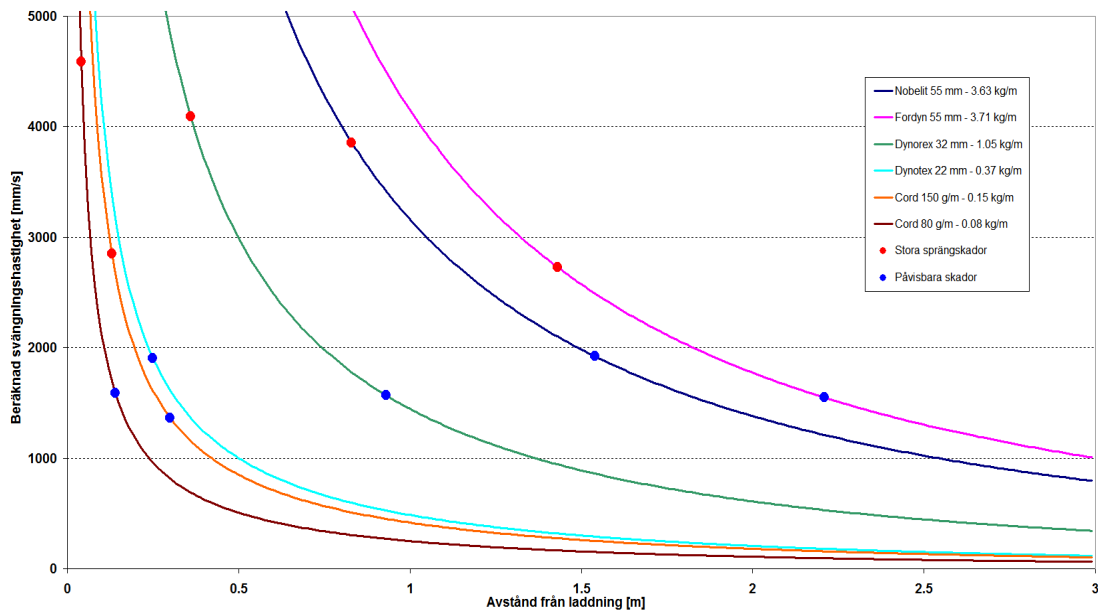
Trots att Nobelit hade en betydligt lägre frikoppling på 2 % jämfört med Fordyn 55 med 26 %, gav denna upphov till tydligt mindre sprängskador. Detsamma gäller i en jämförelse mellan Cord 150 och Dynotex 22 där en lägre frikoppling heller inte resulterade i större sprängskador.

För att en rättvis bedömning ska kunna utföras bör samma sprängmedel med bestämd laddning användas i flera hål med varierande håldiametrar. Projektets utförande bör därför anpassas därefter. Detta projekt saknade förutsättningar för att utreda frikopplingens betydelse då provsprängningarna utfördes med samma borrhålsdiameter.

## 6.5 Vibrationer och skador

Figur 6.4 visar resultatet av ett försök att analysera sambandet mellan svängningshastighet och sprängskada. Grunden till diagrammet är den regressionsanalys som redovisades i Kapitel 5.9. Med hjälp av de integraler som beskrevs i Kapitel 3.6.1 har regressionslinjen extrapolerats till borrhålets närhet. Genom att använda de olika sprängmedlens laddningskoncentrationer har en kurva för respektive sprängämne beräknats.





Figur 6.4 Diagrammet visar förhållandet mellan beräknad svängningshastighet och avstånd från laddning. Även de uppmätta skadezonerna redovisas i figuren.

Analysen tyder på att skador uppstår vid ungefär samma svängningshastighet oberoende av vilket sprängmedel som används. Detta bekräftar även den allmänna uppfattningen att berg har en kritisk svängningshastighet, vilket beskrevs i Kapitel 3.6. Med detta som utgångspunkt kan dessa resultat ses som en bekräftelse på att de metoder som använts i projektet för att fastslå skadegränser varit effektiva. Svängningshastigheterna där skador uppstår är enligt diagrammet cirka 1400-2000 mm/s vilket är det dubbla mot vad som beskrivs av Sjöberg och Ouchterlony (se Kapitel 3.6). Då denna modell bygger på extrapolering mot borrhålet från långa avstånd innehåller den osäkerheter: vid betraktande av Figur 6.4 bör man därför fokusera på relationen mellan olika sprängämnen än på de specifika vibrationsnivåerna.

## 6.6 Återkoppling till Rubinson och Rönner 2007

I Rubinson och Rönners examensarbete från 2007 togs tio provkärnor ut från fem olika bergtäkter. Syftet var, precis som för detta projekt, att fastställa sprängskadezoner för olika sprängmedel. Även metoderna som utnyttjades för att påvisa skador liknade de som användes i detta projekt. Noterbart är att samtliga sprängningar som detta projekt grundade sig på var produktionsprängningar. Detta innebar att påverkan av laddnings- och sprängningsutföranden inte kunde utföras.

Vid examensarbetet 2007 erhöles två stycken kärnor från Terås bergtäkt. Det sprängmedel som användes var emulsionssprängämnet Titan 6080 i fyllda borrhål med diametern 76 mm. Laddningskoncentrationen var 5,26 kg/m och skadezonen fastställdes till 1,35 m. En jämförelse med emulsionssprängämnet Nobelit som

användes i detta projekt är angelägen då även denna packades för att fylla ut hela hålet. Som tidigare redovisats hade Nobelit laddningskoncentrationen 3,71 kg/m och orsakade en skadezon på 1,54 m. Vid jämförelsen konstaterades att skadezonerna var relativt likartade men att laddningskoncentrationen var betydligt högre vid produktionssprängningen. Denna sprängning borde därmed ha orsakat en större skadezon. Det är dock viktigt att påpeka att den kärna som togs ut 2007 inte kunde borraras till fullt djup. Detta då borrhållningen nådde en krosszon 3 meter in i berget. Därför medförde att endast ett fåtal prover kunde analyseras.

Av de återstående fyra täkterna som användes som provplatser i Rubinson och Rönners projekt hade två av dessa liknande geologi som Terås. Dessa var Karlshaga och Äskekärr. I Karlshaga användes samma emulsionssprängmedel som i Terås fast med en grövre borrhållsdiameter på 89 mm vilket gav laddningskoncentrationen 6,44 kg/m. Skadezonen i Karlshaga fastställdes till 3,34 m vilket är betydligt större än den som fastställdes i detta projekt. Samtidigt var laddningskoncentrationen nästan 75 % större. I Äskekärr användes ett nitroglycerinbaserat sprängämne vid namn Minex Eco  $\phi$ 55 mm och borrhållsdiametern var 76 mm. Laddningskoncentrationen var 3,45 kg/m och en skadezon på 2,43 m fastställdes. För detta projekt hade Fordyn 55 laddningskoncentrationen 3,63 kg/m och en skadezon på 2,42 m. Det som skiljde dessa två sprängningar åt var den högre frikopplingsgraden som återfanns för Minex Eco, 48 % mot 26 % för Fordyn 55. Skadezoner och laddningskoncentrationer samstämde väl samtidigt som skillnaden i frikopplingsgrad inte utgjorde någon märkbar skillnad.

## 7 Slutsatser

### 7.1 Frågeställningar

De frågeställningar som ställdes i inledningen (Kapitel 1.2) besvaras sammanfattningsvis i detta kapitel.

#### 1) Hur varierar sprängskadan kring ett borrhål beroende av laddningen?

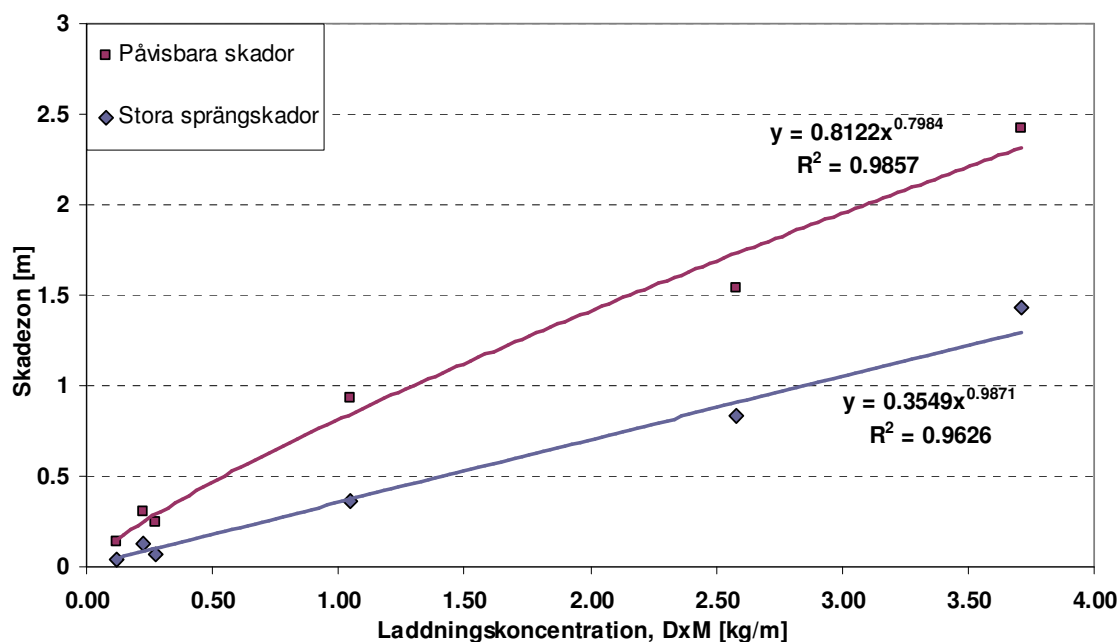
I Tabell 7.1 sammanställs de uppmätta skadezonerna för samtliga sprängmedel. Beroende på skadornas omfattning kategoriserades skadorna i *krossat berg*, *stora sprängskador* och *påvisbara skador*. Gränsen varefter ingen ytterligare påverkan kunde urskiljas redovisas under kategorin *opåverkat berg*.

Tabell 7.1 Sammanställning av samtliga sprängskadezoner.  $q_{\text{verklig}}$  är verklig laddningskoncentration och  $q_{D \times M}$  är laddningskoncentration omräknad med viktstyrka.

Sprängmedel	$q_{\text{verklig}}$ [kg/m]	$q_{D \times M}$ [kg/m]	Krossat berg [m]	Stora spräng- skador [m]	Påvisbara skador [m]	Opåverkat berg [m]
Fordyn 55	3,71	3,71	<0,14	0,14-1,43	1,43-2,42	> <b>2,42</b>
Nobelit	3,63	2,58	<0,15	0,15-0,83	0,83-1,54	> <b>1,54</b>
Dynorex 32	1,05	1,05	–	<0,36	0,36-0,93	> <b>0,93</b>
Dynotex 22	0,37	0,28	–	<0,15	0,15-0,25	> <b>0,25</b>
Cord 150	0,15	0,23	–	<0,13	0,13-0,30	> <b>0,30</b>
Cord 80	0,08	0,12	–	<0,04	0,04-0,14	> <b>0,14</b>

## 2) Hur exakt kan sprängskada och laddningskoncentration kopplas till varandra?

Genom att räkna om laddningskoncentrationer med hjälp av viktstyrka (DxM) kunde flera olika typer av sprängmedel jämföras. Resultaten uppvisar tydliga samband mellan uppmätt skada och laddningskoncentration, vilket beskrevs i Kapitel 6.2. I Figur 7.1 beskrivs dessa relationer grafiskt. Skadegränsen för *påvisbara skador*, det vill säga varefter ingen ytterligare påverkan kunde urskiljas, beskrivs av en funktion enligt Ekvation 7.1. De *stora sprängskadorna* beskrivs av en funktion enligt Ekvation 7.2.



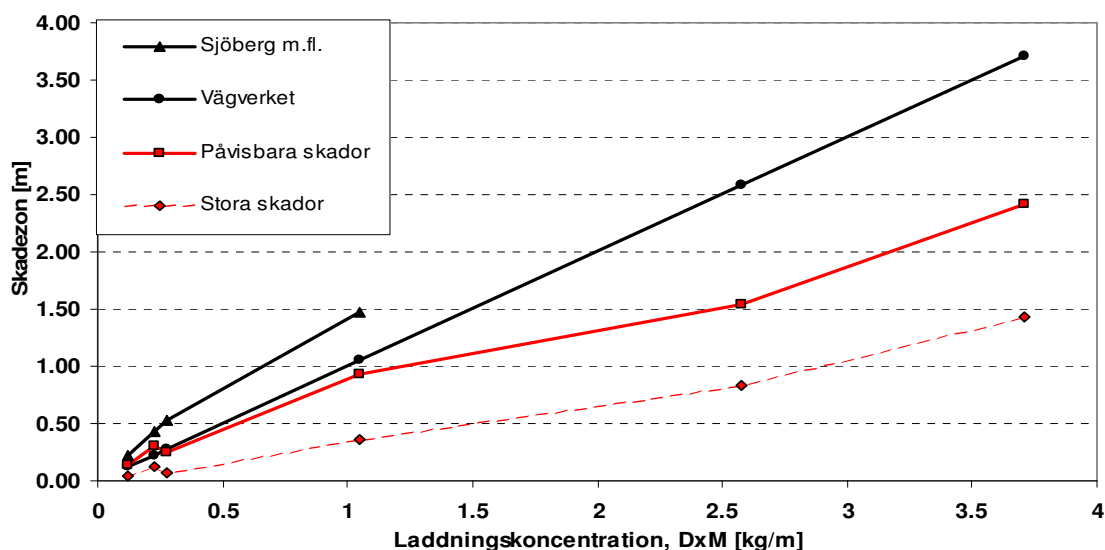
Figur 7.1 Samband mellan laddningskoncentration och uppmätt skadezon. Den övre linjen beskrivs av Ekvation 7.1 och den undre linjen av Ekvation 7.2.

$$R_{Ps} = 0,812 * q^{0,798} \quad (7.1)$$

$$R_{Ss} = 0,355 * q^{0,987} \quad (7.2)$$

### 3) Kan mikrosprickbildningen korreleras med den storskaliga sprickbildningen studerad i andra undersökningar eller är dessa processer oberoende av varandra?

I Figur 7.2 visas de uppmätta skadezonerna i förhållande till två teoretiska modeller, Sjöberg m.fl. (1977) och Vägverket (1991). Upp till laddningskoncentrationer på ca 1 kg/m överensstämde de uppmätta skadezonerna väl med Vägverkets modell. Sjöbergs m.fl. metod ger inom detta intervall 40 % – 110 % större skadezoner jämfört med de uppmätta. Vid högre laddningskoncentrationer var de uppmätta skadezonerna betydligt lägre än de teoretiska uppskattningarna. Detta beskrevs i Kapitel 6.1.



Figur 7.2 Uppmätta skador relativt Sjöberg m.fl. och Vägverkets modell.

I detta projekt definieras sprängskada som all påvisbar nybildad sprickbildning, vilket därmed även innefattar mikrosprickor. I AMA 98 anges riktlinjer för uppskattning av sprängskadezoner som Sjöberg m.fl. (1977) tagit fram. Dessa skadezoner innefattar endast storskalig sprickbildning, det vill säga makrosprickor. Enligt AMA 98 kan mikrosprickor även bildas utanför de skadezoner som där anges. Resultaten från detta projekt bekräftade inte det då samtliga skadezoner som fastställdes konstaterades vara mindre än de som anges i AMA 98.

### 4) Hur stor är betydelsen av frikoppling?

Slutsatser om frikopplingens inverkan på skadezonen hade önskats kunna utredas. Detta kunde dock inte utföras då projektets förutsättningar inte var anpassade för detta ändamål. Detta beskrevs i Kapitel 6.4.

## 7.2 Övriga erfarenheter

De metoder som har använts i detta projekt för att påvisa sprängskador har visat sig vara väl användbara. Detta då de framtagna skadezonerna är jämförbara med de teoretiska modeller som idag används i Sverige. Samtliga metoder som använts; okulär kärnbesiktning, ultrasoniska mätningar, porositets- och densitetsmätningar, visades korrelera väl. Detta medförde att goda bedömningar av de uttagna kärnornas skadezoner kunde utföras.

Vibrationsstudier som utförts tyder på att det finns en kritisk svängningshastighet i berg vid vilken sprängskada uppstår (se Kapitel 6.5).

Det är viktigt att poängtera att de resultat som erhållits och de slutsatser som dragits gäller enbart för de geologiska förutsättningar som funnits i detta projekt.

## 8 Förslag på fortsatta studier

I detta projekt har ingen stor vikt lagts på inverkan från geologins parametrar. För att djupare förstå hur sprängning påverkar berget behöver anknytning till olika geologiska förutsättningar utredas. Exempel på sådana är bergart, mineralstruktur och huvudspänningsriktningar.

I projektet har heller inte frikopplingens betydelse kunnat utvärderas. I tidigare forskningsprojekt har denna visats ha betydande inverkan på sprängskadeutbredningen (Ouchterlony, Olsson, 2000; Olsson, 1995). I framtida projekt skulle därför bättre förutsättningar för studier om frikoppling kunna skapas.

Hur kan ytterligare kännedom om sprängskador kunna utnyttjas för ekonomiska vinstintressen? På vilket sätt kan ekonomiska kalkyler utarbetas? För bergtäkter skulle exempelvis en ideal sprängning kunna förutses för bästa möjliga kvalitet på ballastmaterialet till minsta möjliga kostnad för borrhning, laddning, sprängning och krossning. För ovanjordssprängningar i form av väg- och järnvägsskärningar skulle ekonomiska kalkyler kunna utvecklas för att ge konturer med så lite efterunderhållsarbete som möjligt i kontrast mot merkostnaden för skonsammare sprängning.

## 9 Referenser

### 9.1 Litteratur

Ambraseys, N. R., Hendron, A. J. (1968): Dynamic Behavior of Rock Masses in Engineering Practice, Ed. By Stagg, K. G., Zienkiewicz, O. C., John Wiley and Sons, pp. 203-227.

Anläggnings AMA 98 (1999). AB Svensk Byggtjänst, Norstedts Tryckeri AB.

Boverket (1994): *Boverkets handbok om betongkonstruktioner BBK 94, Band 1, Konstruktion* (Boverket's handbook on Concrete Structures BBK 94, Vol. 1 Design. In Swedish), Boverket, Byggavdelningen, Karlskrona, Sweden, 185 pp.

*Ett Nitro Consult uppdrag - Storskalig sprängning i vibrationskänslig miljö.* Informationsbroschyr, Nitro Consult AB, Göteborg

Holmberg, R., Persson, P. A. (1979). *Design of tunnel perimeter blasthole patterns to prevent rock damage.* Proc. Tunneling'79, 2870-283 (IMM, London).

Jern, M. (2004): *The Geological Conditions for Aggregate production with special focus on blasting and fines production.* Doktorsavhandling, Chalmers tekniska högskola, Department of GeoEngineering. Chalmers reproservice, Göteborg.

Kranz, R.L. (1983): *Microcracks in rocks: A review.* Tectonophysics v 100. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam. pp 449-480

Lindblom, U. (2001): *Bergbyggnadsteknik*, kurslitteratur, kompendium, Chalmers tekniska högskola, sid. 55-64.

McKarter, M., K., Kim, D., S. (1998): *Quantitative Assessment of Extrinsic Damage in Rock Materials.* Rock Mechanics and Rock Engineering. Springer – Verlag, Austria. pp 43-62.

Olofsson, S., O. (1999) *Modern bergsprängningsteknik.* APPLEEX, Applied Explosives Technology)

Olsson, M. (1995): *Faktorer som styr önskad sprickbildning vid sprängning.* Nitro Nobels sprängtekniska konferens 1995.

Olsson, M., Bergqvist, I., Oucherlony, F. (2001): *Stötvågens och gasens inverkan på sprickbildning vid skonsam sprängning.* SveBeFo, rapport 59.

Olsson, M., Nie, S., Bergqvist, I., Oucherlony, F. (2001): *What Causes Cracks in Rock Blasting?* Hunter Valley NSW, pp 191-192

Oucherlony, F., Olsson, M. (2000): *Dags att komplettera befintlig skadezonstabell?* Diskussionsmöte BK 2000, sid. 155-177.

Persson, P. A., Holmberg, R., Lee, J. (1993): *Rock Blasting and Explosives Engineering.* CRC Press.



Rubinsson, J., Rönner, J. (2007): *Sprängskadезonsutbredning och teoretisk sprängskadезon – En studie av fem bergtäkter i Västra Götalands län*. Examensarbete, Chalmers tekniska högskola, avdelningen för geologi och geoteknik, Chalmers Reproservice, Göteborg.

Sjöberg, C., Larsson, B., Lindström, M., Palmqvist, K. (1977): *Sprängningsmetod för kontrollerad sprickutbredning och ökad säkerhet under jord*. Arbetarskyddsfonden; Projekt nr 77/224.

Sprängteknik (1991): *Handbok nio kapitel*, Vägverket, Tece Tryck Luleå

## 9.2 Internetkällor

Forcit (2007-10-04)  
[www.forcit.com](http://www.forcit.com)

Nationalencyklopedin (2007-11-14)  
[www.ne.se](http://www.ne.se)

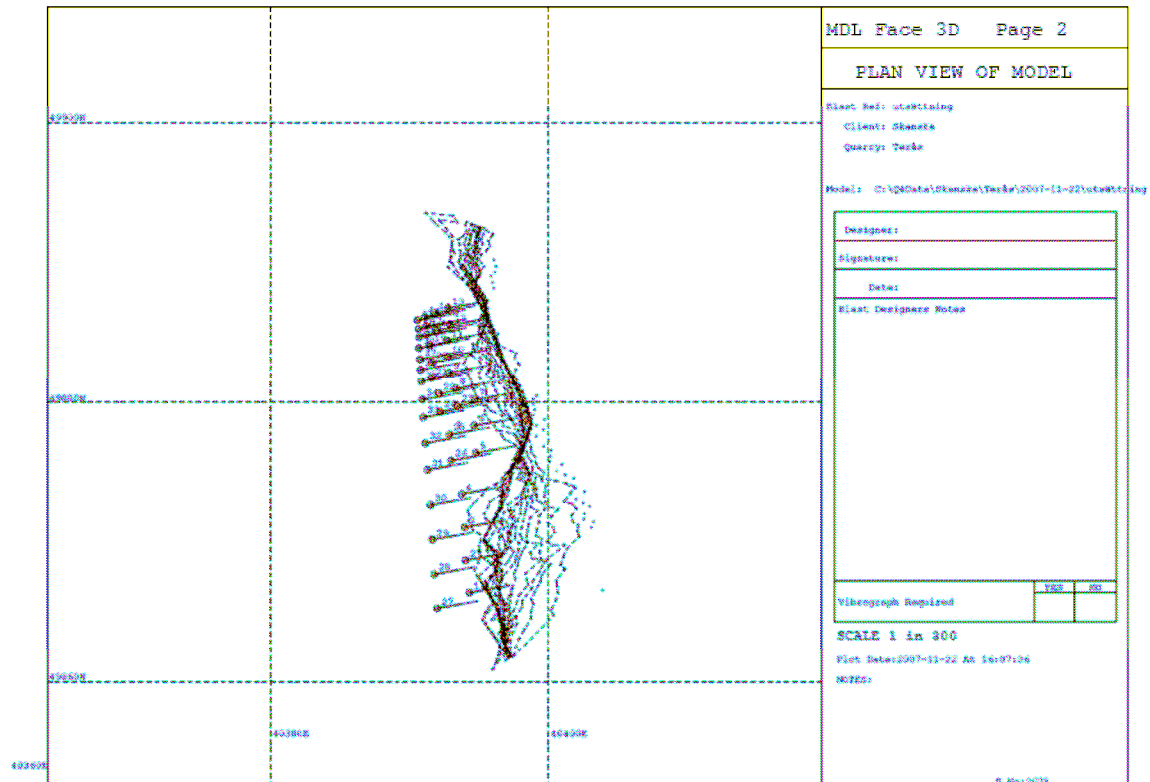
Orica Mining Services (2008-03-12, 2007-10-04)  
[www.orica.com](http://www.orica.com)

## **10 Bilagor**

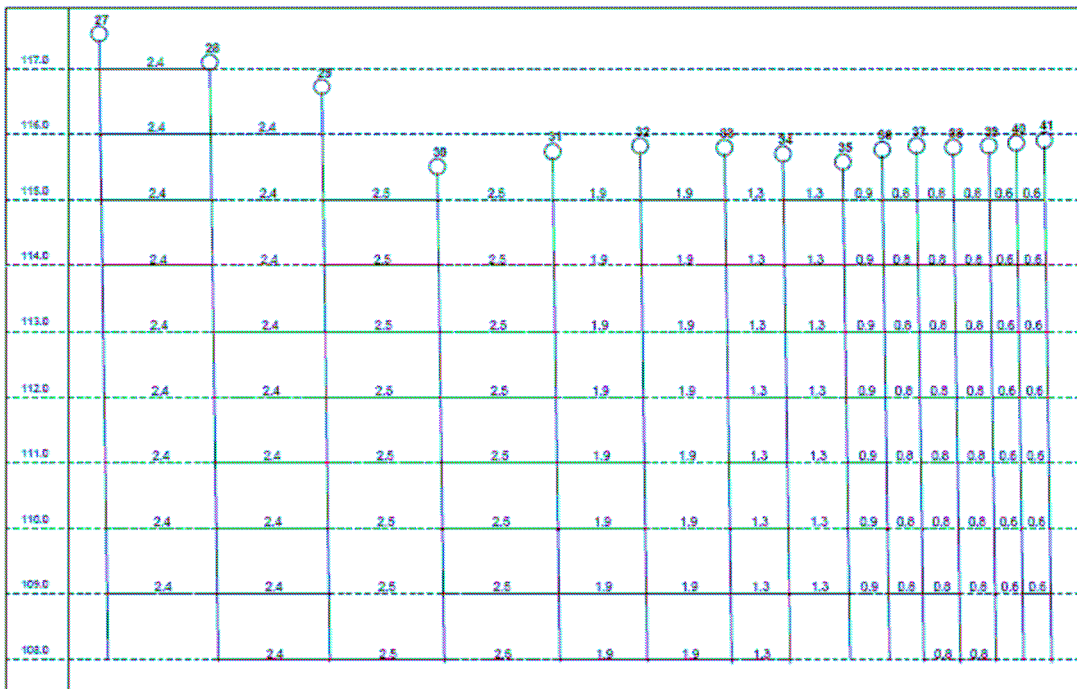
1. Inmätningar av pallgeometri och borrhål
2. Sammanställning av registrerad borrsjunkning
3. Resultat VOD-mätningar
4. Sprängjournaler
5. Kärnloggar
6. Tekniska data för använda sprängmedel
7. Tändplaner
8. Sammanställning av testresultat
9. Mätlinje för vibrationsmätning
10. Bergkärnor

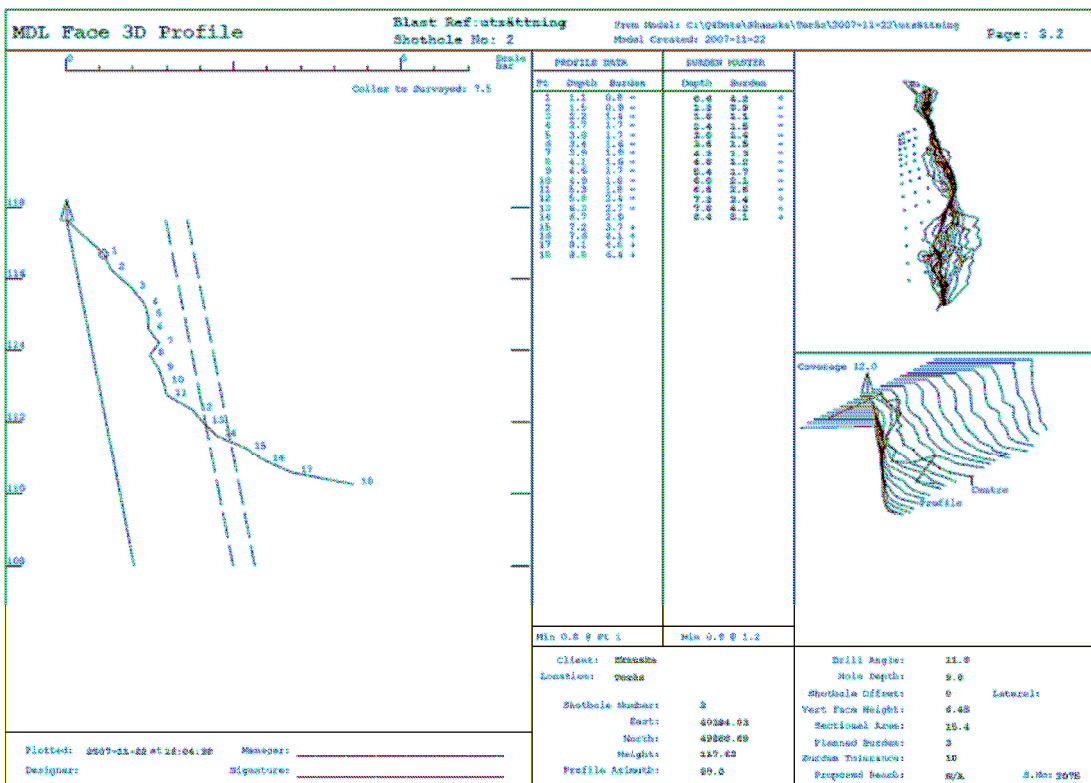
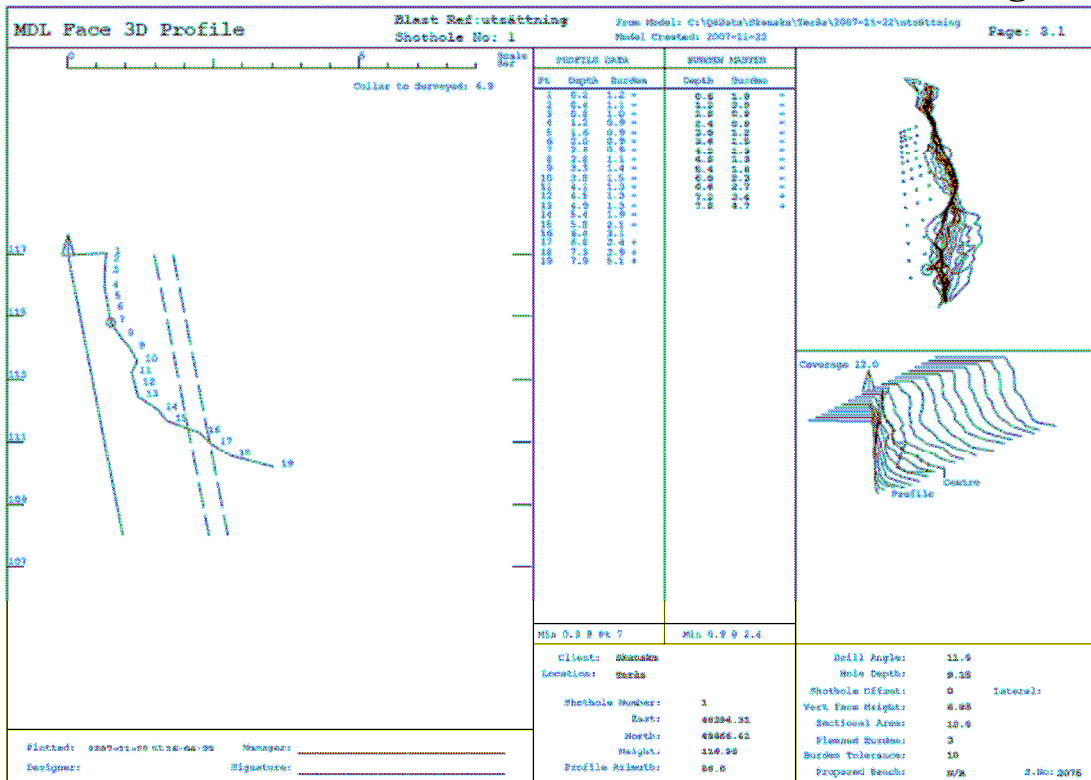
## Inmätningar

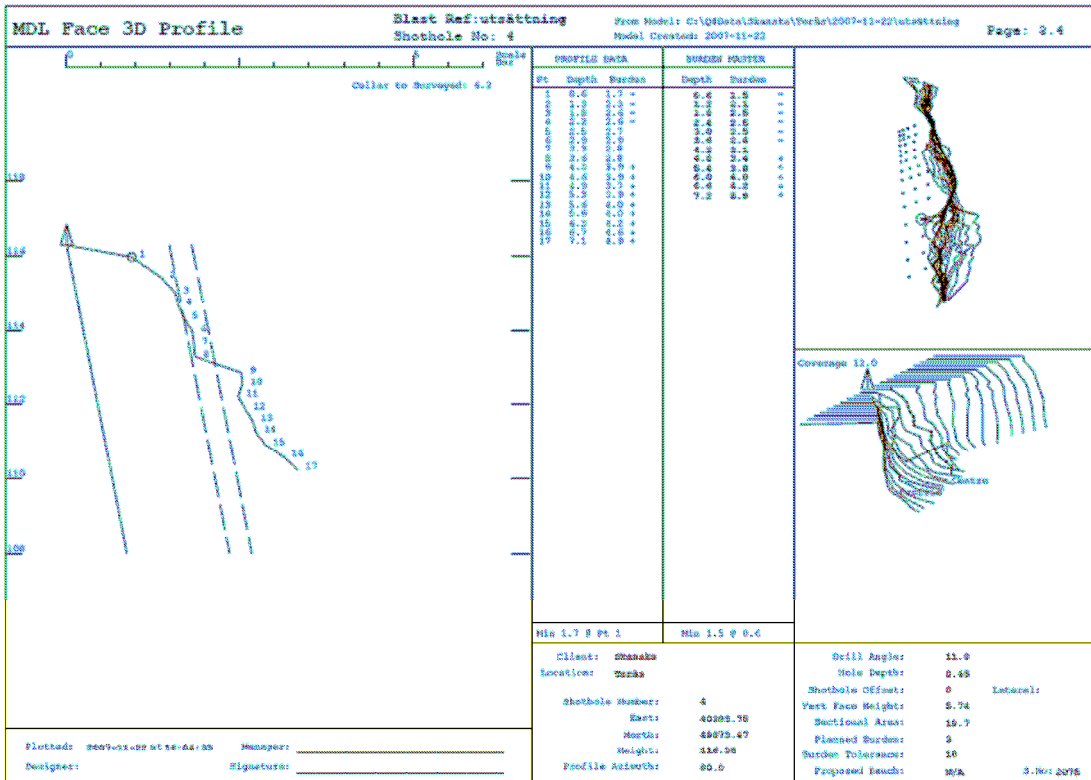
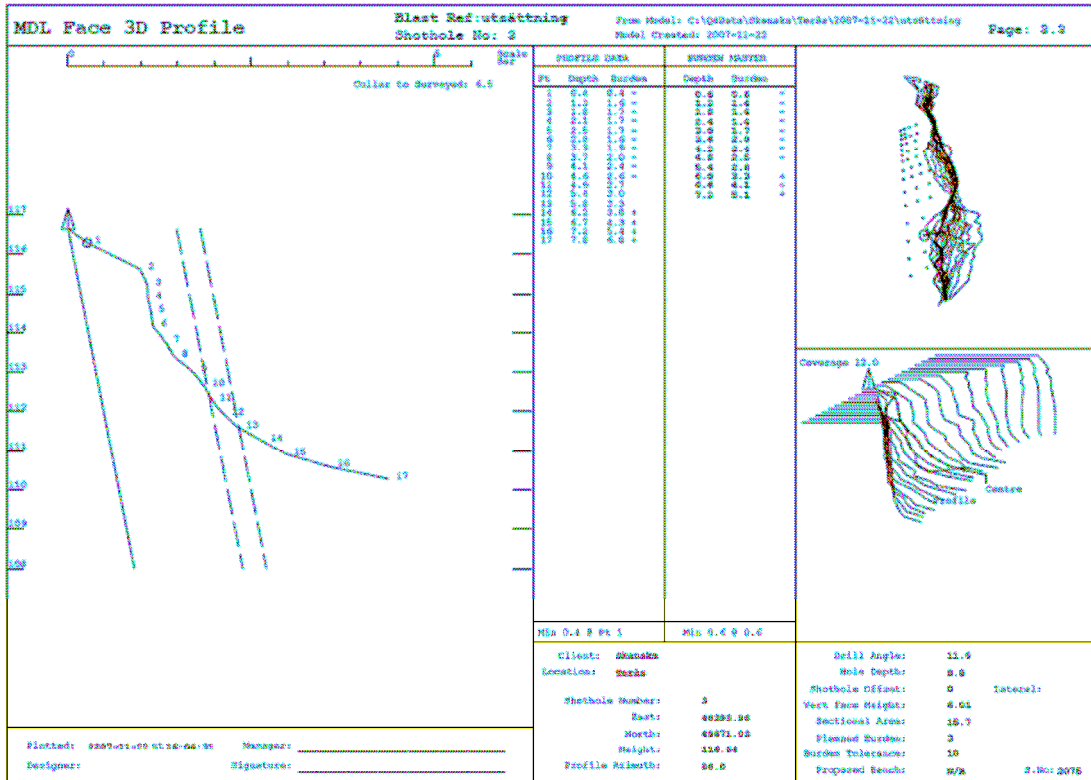
Inmätningar av pallgeometri samt borrhål.

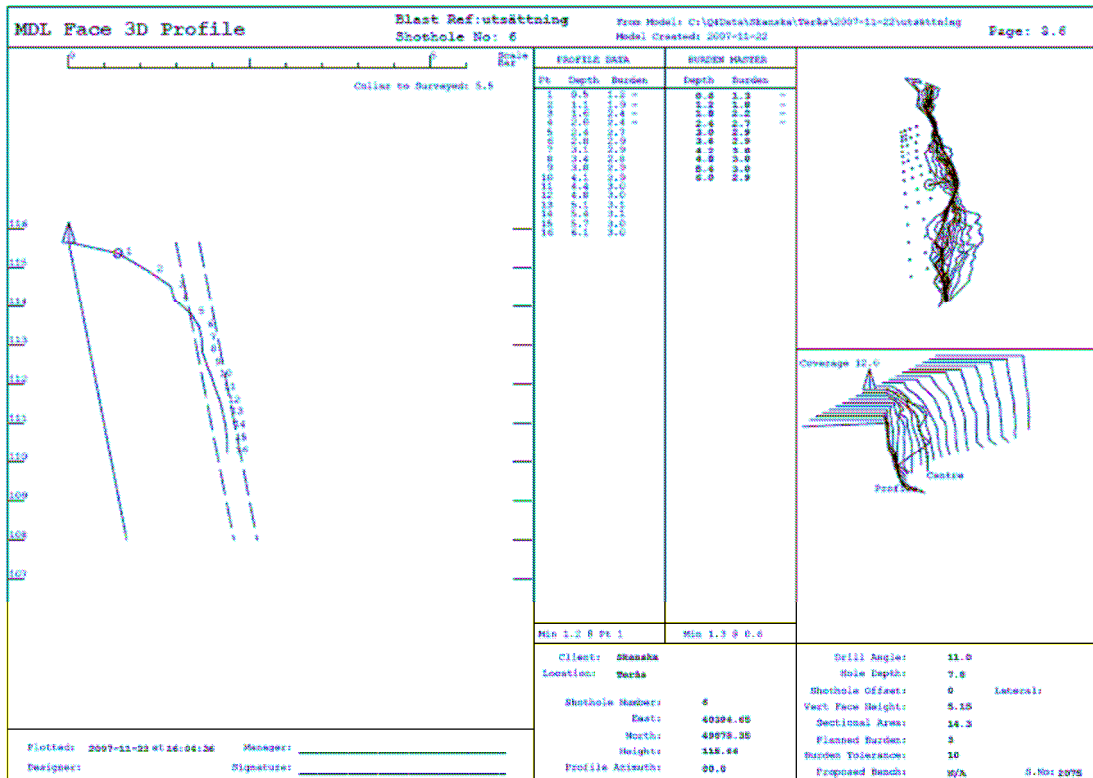
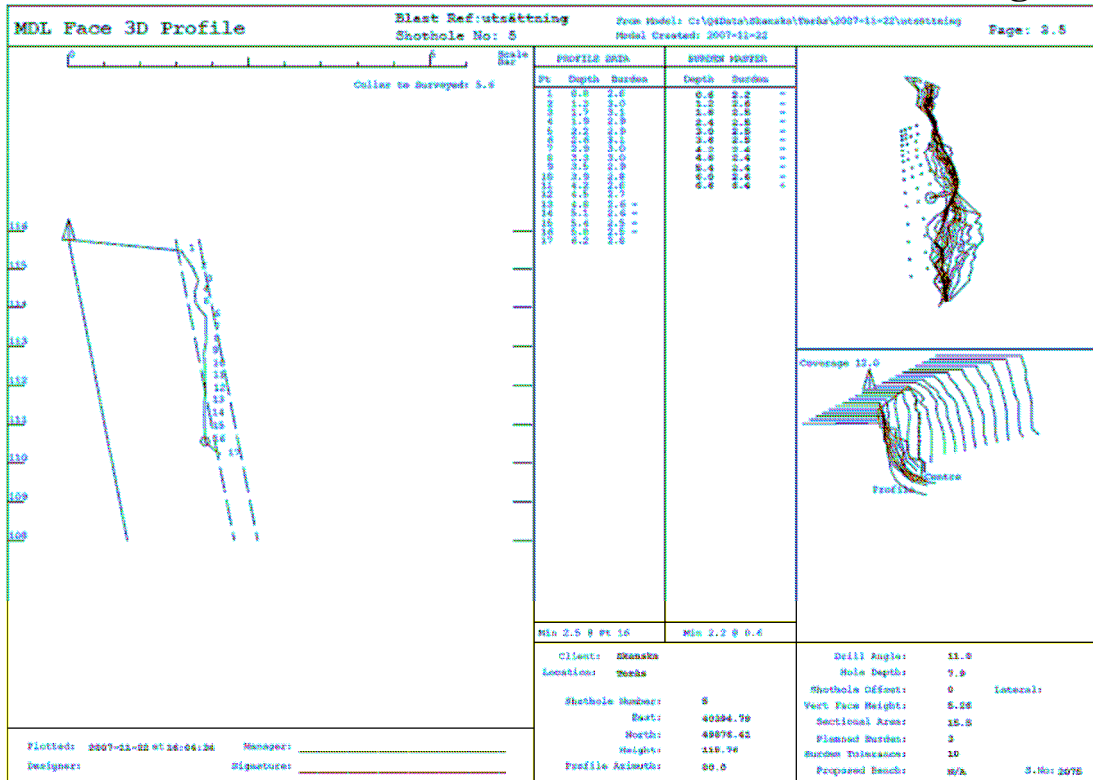


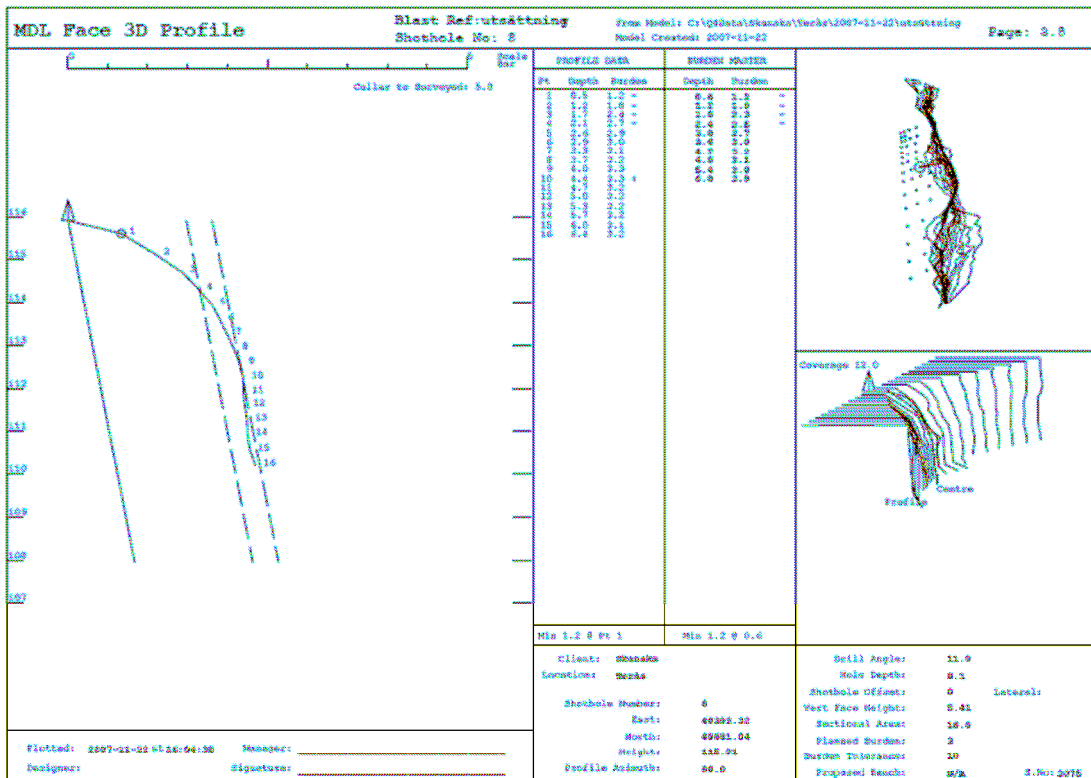
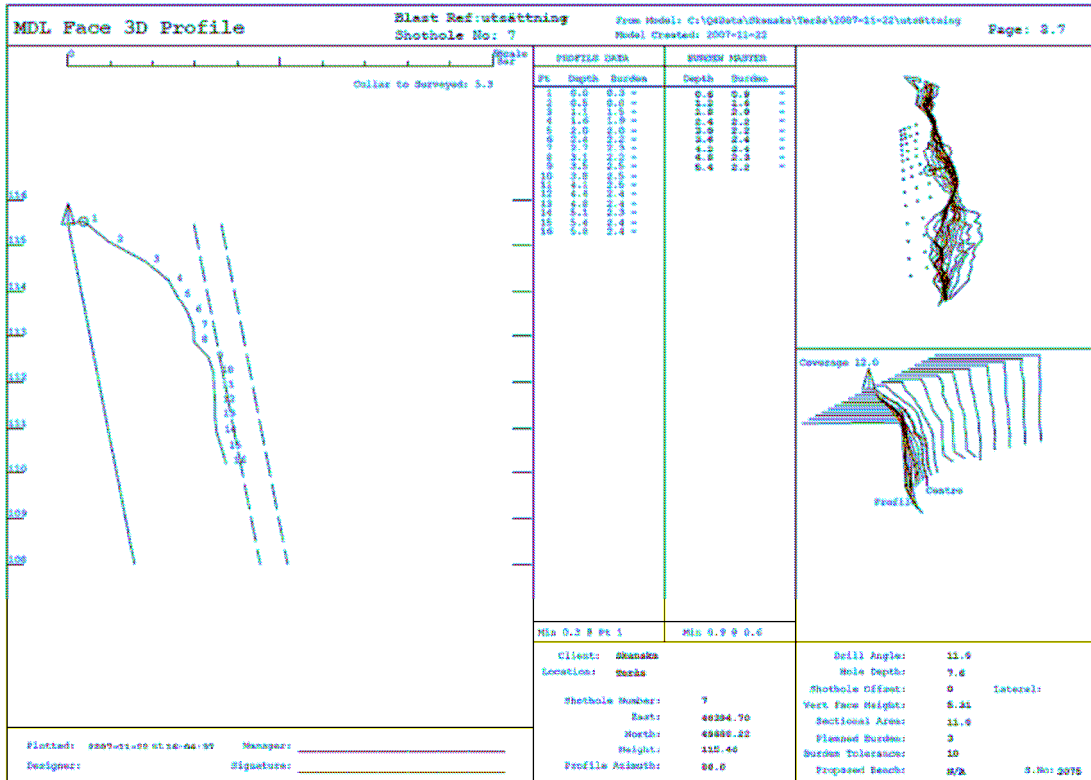
MDL Face 3D (Serial No:2075) Profile of Hole Deviation Data From File: utsättning.PHD  
 Date of printout: 2007-11-22 Time of printout: 16:30:39 Search Interval: 1.0 Minimum found: 0.6 At level of: 115

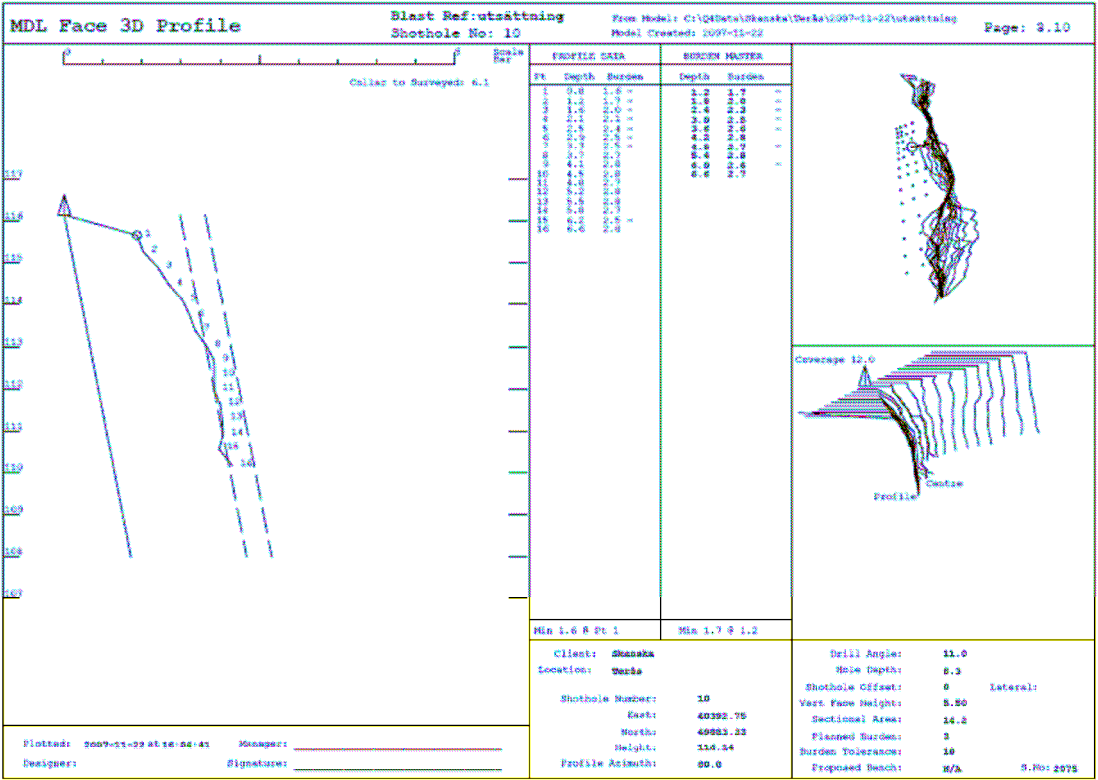
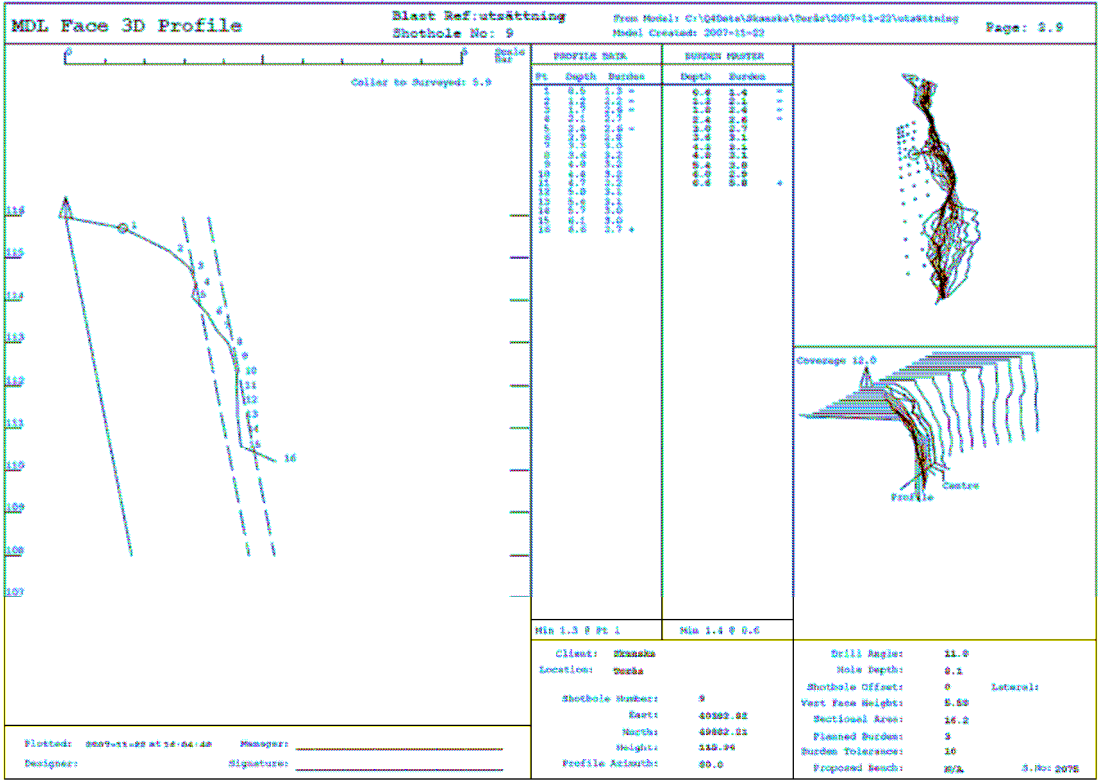




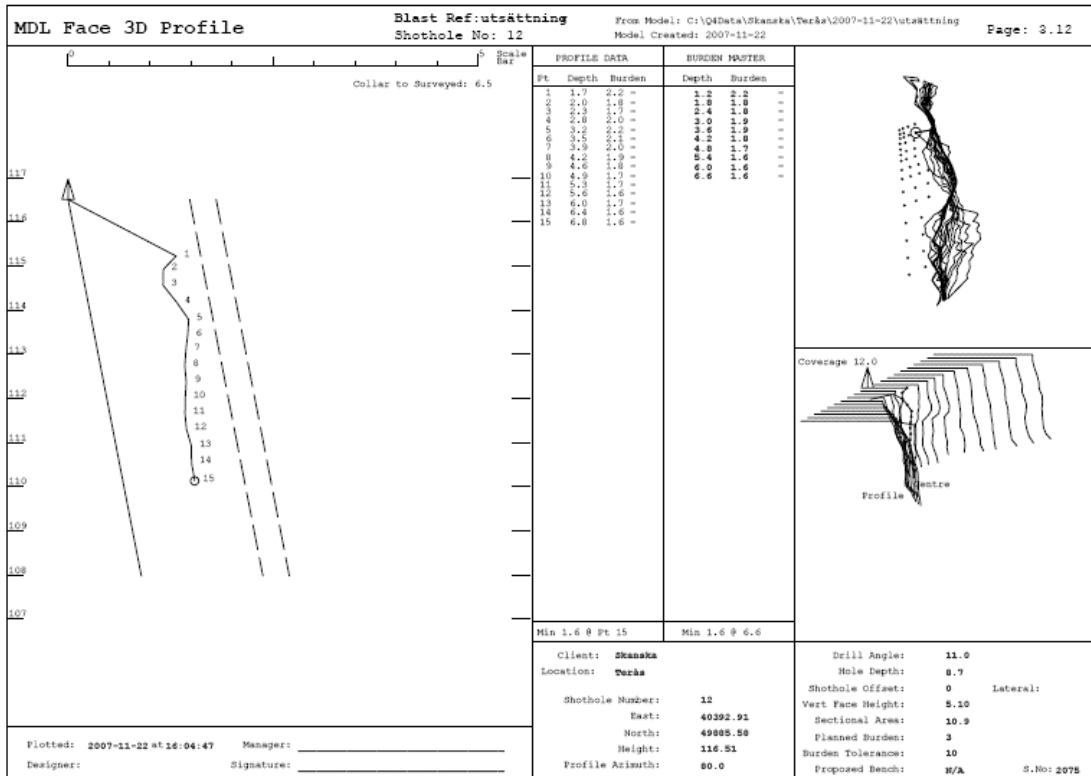
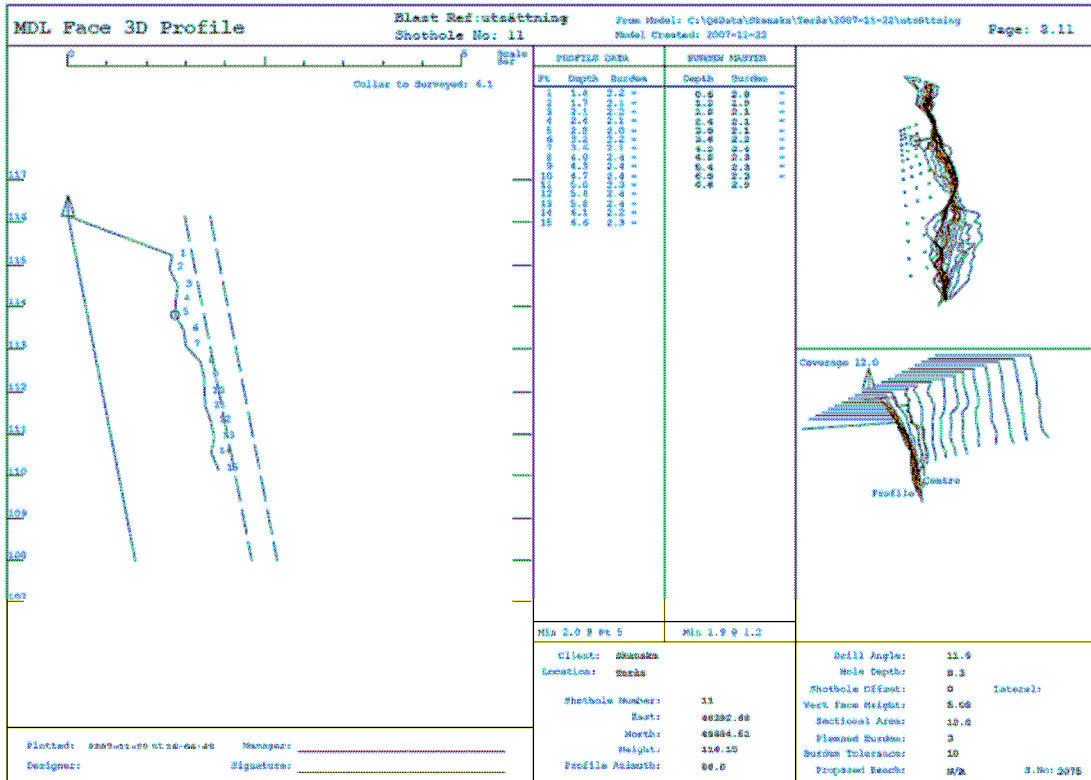


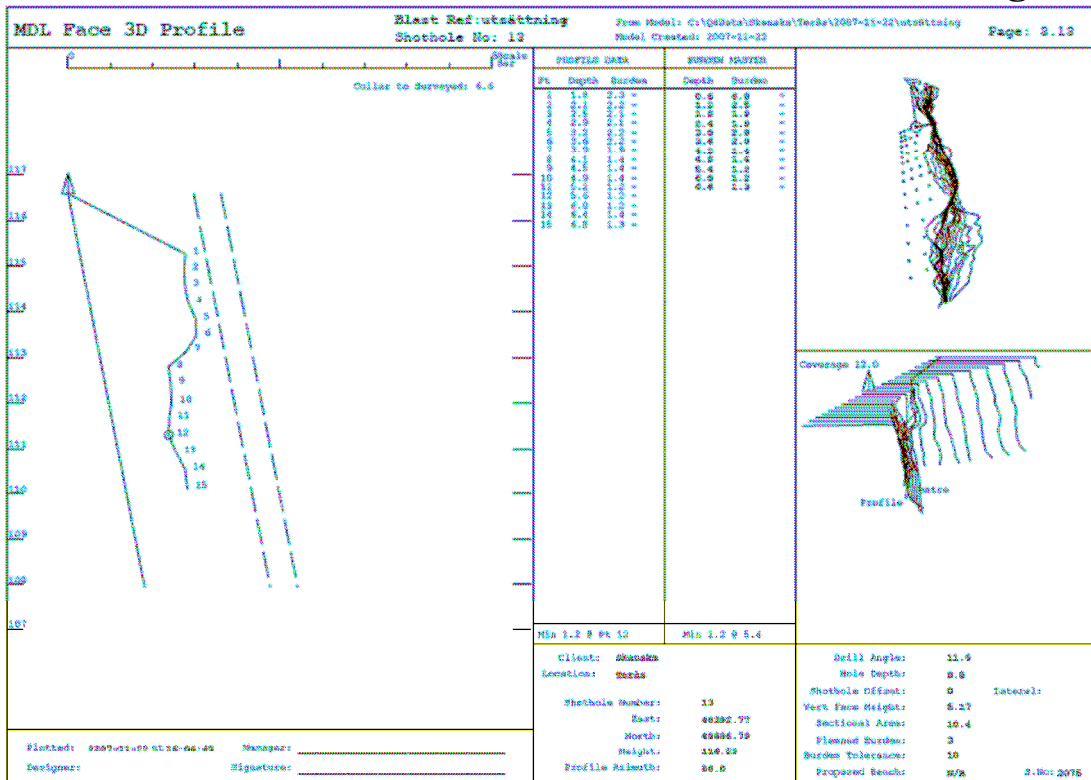












## Bilaga 2

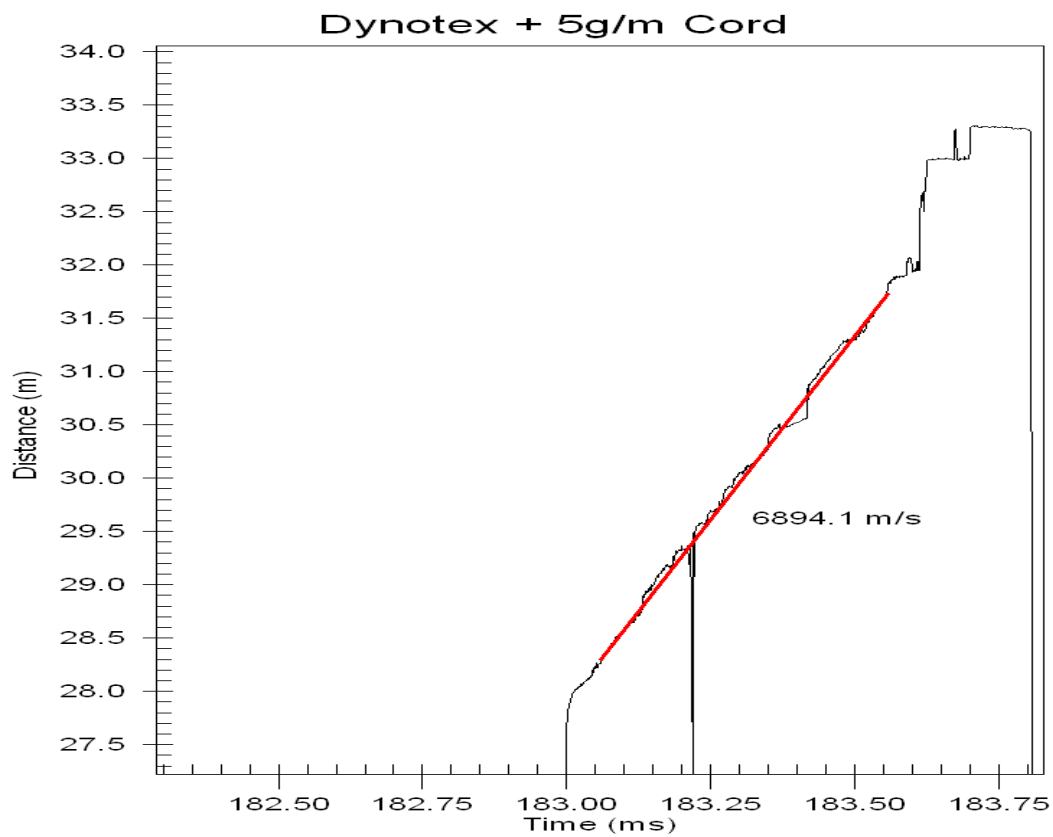
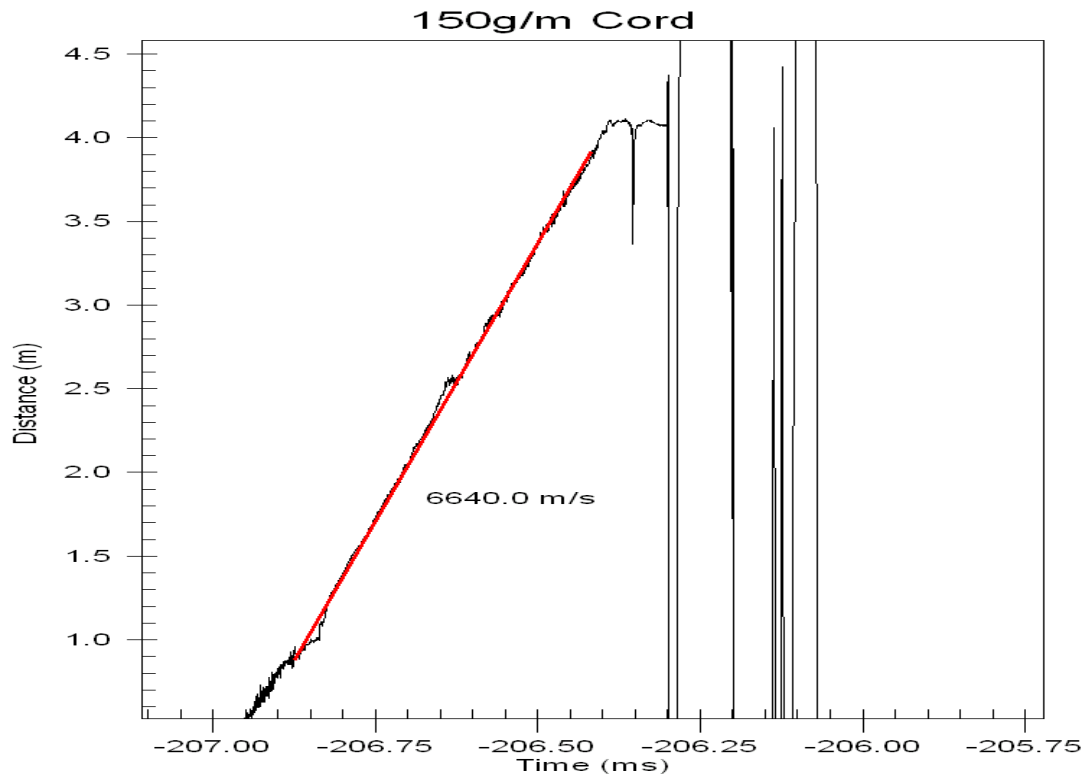
### Sammanställning av registrerad borrhjunktning för de borrhål som användes vid provsprängningarna

De gröna fälten visar borrhjunktning där byte av borrhjunktning utfördes. Vid dessa djup kan därför avvikelser i sjunkningshastighet förekomma. De första 0,5 m är markerat med blå text. Inom detta område har sjunkningshastigheten ännu inte stabiliserats. Allmänt utmärkande höga värden har även förtydligats med fet röd text.

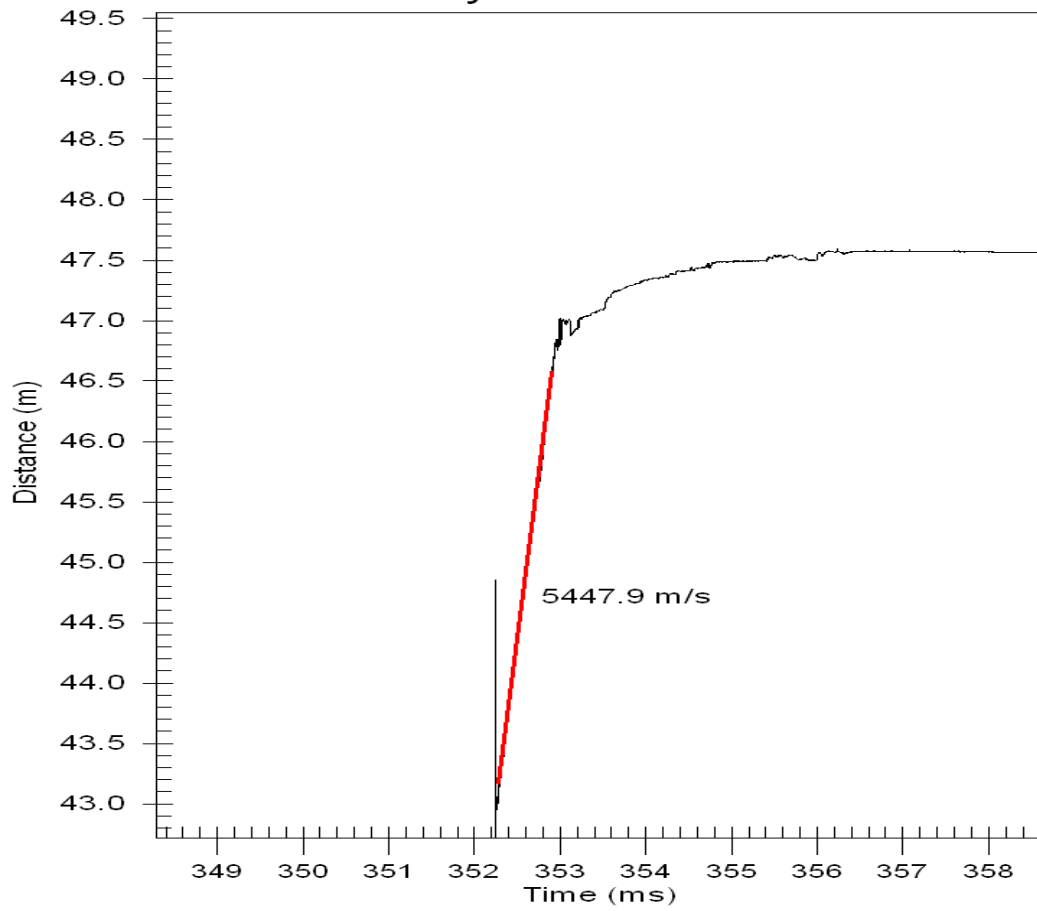
Djup [m]	Borrhjunktning, [m/min]														
	Hål 38	Hål 39	Hål 40	Hål 41	Hål 37	Hål 36	Hål 35	Hål 34	Hål 33	Hål 32	Hål 31	Hål 30	Hål 29	Hål 28	Hål 27
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.1	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.93	0.67	0.8	0.71	0.81	1.08	0.67	0.81	0.67	0.67
0.2	0.67	0.67	0.94	0.8	0.67	0.84	0.94	0.81	0.94	0.81	1.21	0.81	0.94	0.94	0.81
0.3	0.94	0.81	0.8	0.94	0.92	0.61	1.34	0.81	0.81	0.8	1.21	0.81	0.81	0.67	0.81
0.4	0.81	0.81	0.94	1.48	0.54	0.67	1.21	0.81	0.94	1.35	1.08	0.81	1.08	1.29	1.21
0.5	0.81	0.81	1.62	1.48	1.08	0.67	1.21	0.81	1.31	1.35	1.08	0.48	1.48	1.29	1.48
0.6	0.81	0.68	1.34	1.21	1.35	0.81	1.21	0.54	1.35	1.35	0.81	1.07	1.75	1.22	1.48
0.7	1.21	1.5	1.48	1.35	1.35	0.81	1.34	0.81	2.15	1.48	0.81	1.07	0.81	1.34	1.62
0.8	1.21	1.49	1.35	1.35	1.34	1.48	1.34	1.08	1.88	1.48	2.29	1.07	0.81	1.2	1.62
0.9	1.74	1.48	1.48	1.49	1.34	1.35	1.34	1.08	1.08	1.75	2.29	1.07	1.35	1.2	1.62
1	1.48	1.61	1.35	1.47	1.34	1.22	1.21	1.27	1.61	1.08	1.34	1.34	1.08	1.2	1.48
1.1	1.34	1.89	1.35	1.47	1.34	1.22	1.21	1.34	1.08	1.21	1.34	1.34	1.34	1.2	1.48
1.2	1.49	1.75	1.48	1.35	1.34	1.22	1.35	1.21	1.61	1.21	1.34	1.34	1.62	1.2	1.35
1.3	1.34	1.62	1.48	1.35	1.34	1.35	1.35	1.35	1.21	1.21	1.48	1.34	2.61	1.21	1.07
1.4	1.48	1.35	1.48	1.47	1.34	1.21	1.35	1.35	1.08	1.48	1.48	1.34	1.08	1.34	1.21
1.5	1.35	1.48	1.35	1.35	1.34	1.21	1.35	1.35	1.34	1.34	1.2	1.21	1.75	1.21	1.2
1.6	1.35	1.34	1.48	1.48	1.34	1.21	1.35	1.35	1.35	1.21	1.2	1.21	1.08	1.34	1.22
1.7	1.35	1.35	1.9	1.34	1.48	1.34	1.35	1.35	1.35	1.34	1.2	1.34	1.21	1.8	1.22
1.8	1.35	1.21	1.22	1.34	1.21	1.35	1.21	1.35	1.21	2.83	1.34	1.21	0.94	2.2	1.22
1.9	1.61	1.35	1.35	1.34	1.21	1.22	1.21	1.35	1.48	2.69	1.34	1.21	0.81	1.21	0.94
2	1.21	1.48	1.48	1.48	1.34	1.22	1.34	1.35	1.61	2	1.34	1.21	1.07	1.21	1.48
2.1	1.49	1.35	1.48	1.48	1.34	1.22	2.6	1.35	1.48	1.35	1.21	1.21	1.07	1.21	0.94
2.2	1.35	1.48	1.35	1.48	2.96	2.65	2.23	1.21	1.62	1.35	1.35	1.21	1.21	1.21	1.34
2.3	1.35	1.49	2.42	1.48	1.34	2.83	1.34	2.02	1.62	1.35	1.21	1.21	1.34	0.94	1.34
2.4	1.35	3.37	3.63	2.01	1.35	1.35	1.34	1.21	1.62	1.21	1.49	1.21	1.21	1.08	1.08
2.5	1.75	3.37	2.15	2.23	1.35	1.21	1.34	1.35	1.48	1.21	1.2	1.21	1.08	1.14	1.21
2.6	1.61	1.35	1.48	1.34	1.35	1.35	1.21	1.35	1.48	1.21	1.2	1.21	1.08	1.14	1.08
2.7	1.22	1.35	1.35	1.34	1.35	1.35	1.21	1.35	1.48	1.21	1.2	1.21	1.08	0.67	1.08
2.8	1.22	1.31	1.48	1.47	1.48	1.35	1.21	1.08	1.21	1.21	1.2	1.49	1.08	1.07	1.08
2.9	1.48	1.31	1.48	1.35	1.75	1.35	1.21	1.21	1.34	1.21	1.08	1.21	1.08	1.07	0.81
3	1.76	1.34	1.35	1.35	1.21	1.21	1.21	1.08	0.96	1.21	1.21	1.21	1.21	1.07	1.08
3.1	1.75	1.34	1.35	1.35	1.21	1.21	1.07	1.35	1.21	0.81	1.21	1.21	1.21	1.07	0.94
3.2	2.15	1.34	1.48	1.47	1.35	1.21	1.34	1.48	1.21	1.08	1.21	1.21	1.08	1.21	1.08
3.3	2.16	1.48	1.61	1.21	1.07	1.21	1.21	1.22	1.21	1.08	1.07	1.08	0.67	1.08	0.94
3.4	1.75	1.07	1.35	1.48	1.21	1.21	1.21	1.35	1.48	0.81	0.94	1.43	1.08	0.94	1.21
3.5	6.33	1.34	1.41	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.62	0.81	1.21	1.43	1.08	1.08	1.07
3.6	1.34	1.21	1.21	1.34	1.08	1.21	1.07	1.34	1.21	0.52	1.35	1.21	1.08	1.08	1.07
3.7	1.34	1.75	1.35	1.34	1.21	1.21	2.02	1.34	1.21	0.94	1.08	1.21	0.94	1.21	1.07
3.8	1.35	1.99	1.21	1.21	2.02	2.16	2.4	1.21	1.49	0.94	1.62	1.21	1.08	1.08	1.07
3.9	1.48	2.02	1.22	1.35	2.02	2.56	1.34	1.88	1.21	0.94	1.8	1.35	1.21	1.21	1.07
4	2.02	2.15	1.61	1.21	1.21	1.21	1.34	1.21	1.21	0.94	1.8	1.35	1.08	1.08	1.07
4.1	2.43	1.21	2.42	1.21	1.21	1.22	1.75	1.22	1.89	1.21	2.22	1.21	1.35	1.08	1.07
4.2	2.15	1.35	1.88	1.21	1.35	1.22	1.34	1.21	2.16	1.08	2.29	1.21	1.21	1.08	1.07
4.3	1.89	1.35	1.34	1.35	1.21	1.22	1.34	1.21	1.34	0.81	1.8	1.21	1.07	1.22	1.21
4.4	1.35	1.35	1.34	1.35	1.21	1.22	1.4	1.35	1.21	1.07	1.21	1.21	1.21	1.34	1.08
4.5	1.34	1.35	1.34	1.35	1.35	1.22	1.34	1.35	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.07
4.6	1.34	1.35	1.35	1.35	1.21	1.22	1.21	1.34	1.21	1.21	1.08	1.21	1.08	1.21	1.22
4.7	1.34	1.35	1.35	1.48	1.21	1.22	1.21	1.21	1.21	1.07	1.08	1.21	1.08	1.34	1.22
4.8	1.34	1.35	1.48	1.35	1.35	1.22	1.35	1.22	1.21	1.07	1.21	1.21	0.94	1.48	1.21
4.9	1.34	1.35	1.35	1.35	1.35	1.22	1.35	1.22	1.21	1.22	1.21	1.21	2.15	1.48	1.08
5	1.34	1.21	1.35	1.21	1.35	1.22	1.35	1.34	1.21	1.08	1.61	1.21	1.21	1.62	1.21
5.1	1.34	1.34	1.35	1.34	1.35	1.35	1.35	1.21	1.08	1.21	1.75	1.21	1.08	0.94	1.21
5.2	1.34	1.21	1.35	1.34	1.21	1.21	1.35	1.21	1.21	1.21	1.9	1.21	1.21	1.21	1.21
5.3	1.34	1.34	1.35	1.21	1.21	1.21	1.35	1.35	1.21	1.08	1.21	1.21	1.35	1.88	1.34
5.4	1.21	1.34	1.21	1.34	1.34	1.21	1.35	1.35	1.21	1.21	1.21	1.21	1.35	1.21	1.21
5.5	1.35	1.21	1.35	1.34	1.21	1.21	1.5	1.35	1.21	1.08	1.35	1.21	1.08	1.88	1.21
5.6	1.35	1.35	1.21	1.21	1.35	1.22	1.5	1.35	1.35	1.21	1.35	0.67	1.22	1.21	1.21
5.7	1.21	1.35	1.35	1.21	1.21	1.08	1.8	1.35	1.35	1.21	1.08	1.21	1.22	1.07	1.21
5.8	1.35	1.35	1.21	1.08	1.35	1.21	1.8	1.21	1.35	1.21	1.21	1.21	1.07	1.2	1.35
5.9	1.2	1.35	1.08	1.2	1.21	1.21	1.8	1.21	1.35	1.08	1.34	1.21	1.07	1.2	0.94
6	1.35	1.21	1.08	1.21	1.21	1.21	1.34	1.35	1.35	1.22	1.34	1.21	1.07	1.08	1.08
6.1	1.35	1.21	1.21	1.35	1.34	1.21	1.34	1.35	1.35	1.08	1.34	1.21	1.07	1.08	1.21
6.2	1.35	1.35	1.08	1.35	1.34	1.21	1.34	1.21	1.35	1.21	1.34	1.21	1.07	0.8	1.48
6.3	1.21	1.35	1.21	1.21	1.34	0.94	1.21	1.21	1.35	1.21	1.22	1.21	1.07	1.08	1.08
6.4	1.08	1.35	1.21	1.21	1.21	0.94	1.08	1.21	1.08	1.08	1.48	1.21	1.07	1.21	1.21
6.5	1.08	1.35	1.34	1.21	1.08	0.94	1.08	1.21	1.08	1.21	1.61	1.21	1.07	1.08	1.48
6.6	1.08	1.35	1.34	1.21	1.08	0.94	1.8	1.07	1.08	0.81	1.08	1.35	1.07	1.21	1.34
6.7	1.21	1.21	1.21	1.21	1.07	0.94	1.8	1.21	1.21	0.94	1.08	1.35	1.07	1.21	1.08
6.8	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.21	1.94	1.08	1.21	0.94	1.35	1.08	0.96	1.08	0.54
6.9	1.21	1.35	1.35	1.21	1.34	1.21	1.07	1.08	0.94	0.94	0.94	0.94	1.22	1.08	0.94
7	1.35	1.35	1.35	1.34	1.22	0.94	1.07	1.08	1.07	0.81	0.94	0.94	1.07	0.94	0.8
7.1	1.21	1.35	1.48	1.34	1.22	0.94	1.21	1.08	0.94	1.08	0.94	1.35	0.94	1.08	0.96
7.2	1.21	1.49	1.34												

## VOD-mätningar

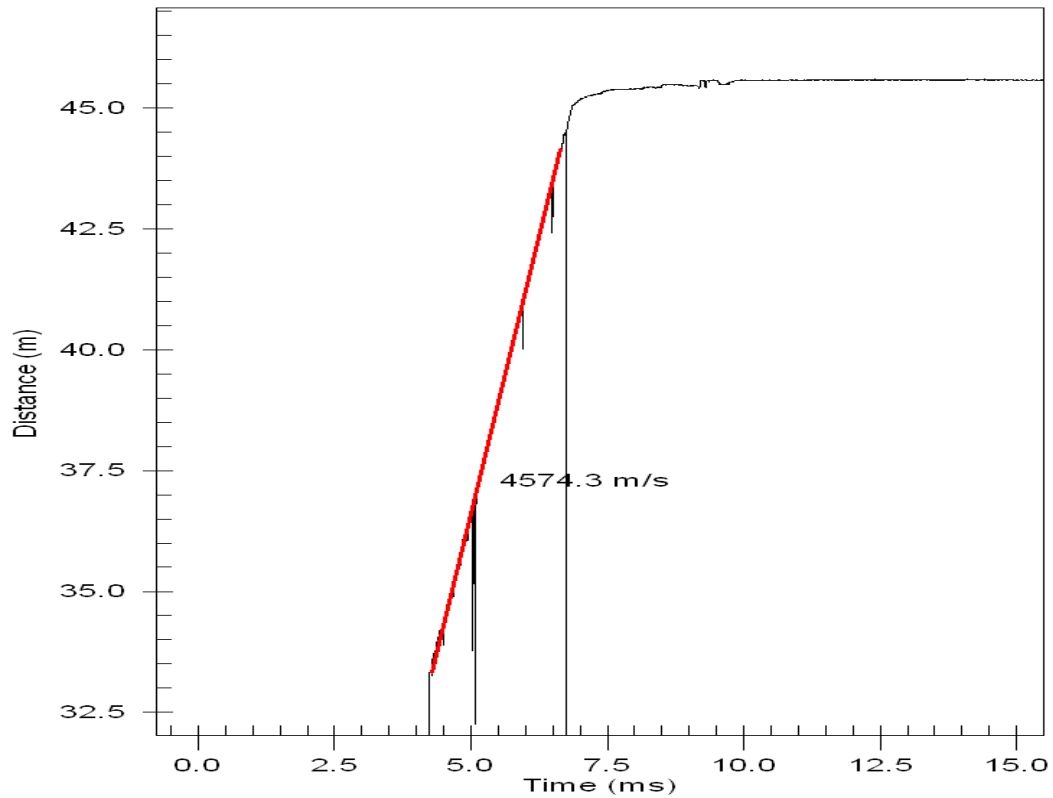
Resultat erhöles från Cord 150 g/m, Dynotex 22 mm, Fordyn 32 mm samt Nobelit.  
Den höga hastighet som Dynotex 22 mm uppvisade beror på att Cord 5 g/m användes i borrhålet för att säkerställa en säker upptändning.



Fordyn 32mm rör



Nobelit









Sprängjournaler

Sprängjournal		2008-02-06																		
Terås, Backamo																				
Sista radens borrhål, provsprängningshål																				
Borrhålsnr	Cord 80 g/m meter [antal]	Cord 150 g/m meter [antal]	Dynorex 22x1000 [antal]	Dynorex 25x1100 [antal]	Dynorex 29x1100 [antal]	Dynorex 32x1100 [antal]	Dynorex 39x1100 [antal]	Fordyn 43x560 [antal]	Fordyn 55x560 [antal]	Fordyn 65x560 [antal]	Nobelit 55x535 [antal]	Borrhåls-diameter [mm]	Forsättning V1 [m]	Färsättning Hålavstånd E1 [m]	Hål djup H [m]	Forrladdning h0 [m]	Volym [dm <sup>3</sup> ] [kg/hål]	Vikt [kg/hål]	Spec. laddn. q [kg/dm <sup>3</sup> ]	
27											11 <sup>0)</sup>	64	2.5	2.5	7.2	2.4	45.00	16.50	0.37	
28 Borrhåms											11 <sup>0)</sup>	64	2.5	2.45	6.8	2.25	41.65	16.50	0.40	
29 Borrhåms								8				64	2.5	2.5	6.3	2.2	39.38	15.20	0.39	
30								5 <sup>5)</sup>				64	2.5	2.55	5.1	2.3	32.51	9.50	0.29	
31								7 <sup>7)</sup>				64	1.9	2.2	5.3	1.75	22.15	7.70	0.35	
32								9)				64	1.9	1.9	5.4	9)	9)	9)	9)	
33 Borrhåms						3.5						64	1.3	1.6	5.2	1.35	10.82	4.06	0.38	
34						3.5						64	1.3	1.3	5.2	1.35	8.79	4.06	0.46	
35												64	0.8	1.05	5.2	1.2	4.37	1.48	0.34	
36 Borrhåms												64	0.8	0.8	5.4	1.4	3.46	1.48	0.43	
37												64	0.8	0.8	5.4	1.1	3.46	0.65	0.19	
38 Borrhåms		4.3										64	0.8	0.8	5.15	0.65	3.30	0.65	0.20	
39 Borrhåms		4.4										64	0.6	0.7	5.4	1.0	2.27	0.35	0.15	
40												64	0.6	0.6	5.5	1.1	1.98	0.35	0.18	
41												64	0.6	0.6	5.55	1.15	2.00	0.35	0.18	
<b>Totalt antal</b>	13.2	8.6	8			7		7	13								<b>SUMMA</b>	<b>221.12</b>	<b>78.83</b>	
<b>Viktst</b>	0.08	0.15	0.37			1.16		1.1	1.9											
<b>Total vikt [kg]</b>	1.06	1.29	2.95			8.12		7.7	24.7											<b>MEDEL 0.36</b>
<b>Verklig laddningskonc. [kg/m<sup>3</sup>]</b>	0.08	0.15	0.37			1.05		3.71	3.63											
<b>Frikoppling [%]</b>	96.5	94.5	88.0			75.0		26.2	2.0											
<p>4) = E-cord 5 g/m erfordras för att eliminera eventuell kanaleffekt</p> <p>6) = Kvarstående borrhål bör ej användas för karnborring då laddningslängden endast är ca 2.5 m. Använd i första hand hål nr 29 för karnborring.</p> <p>9) = Varje sling snittas och packas med laddad och kontrollsättning/protokollföring görs.</p> <p>7) = Laddningslängd endast 3.3 m (hål 31) resp 3.4 m (hål nr 32).</p> <p>8) = Laddningskoncentration då sprängmedlet komprimerats p.g.a. egenvikt eller packning.</p> <p>9) = Borrhål kunde inte laddas på grund av förslutning i borrhålet.</p> <p>Armrkning: Samtliga borrhål sändas upp till 2.5 m till nivå +110.5 m, dvs 1.0 m över teoretisk pallbotten. Minsta höjd att sända upp till är 2.5 m för att erhålla fri försättning. Höjs rivån blir laddningens längd &lt;3.4 m vilket förmodligen inte är bra ur sprickbreddssynpunkt då laddningens längd borde stå i proportion till sprickbreddningen för att undvika en diskussion om punkt-laddning.</p> <p>Armrkning: Hål 39-41 ländes momentant med hjälp av E-cord vid en enskild slötning</p> <p>Hål 37 och 38 ländes upp momentant med hjälp av E-cord</p> <p>Sävla 1 innefattade hål 33-38</p> <p>Sävla 2 innefattade hål 27-31</p>																				

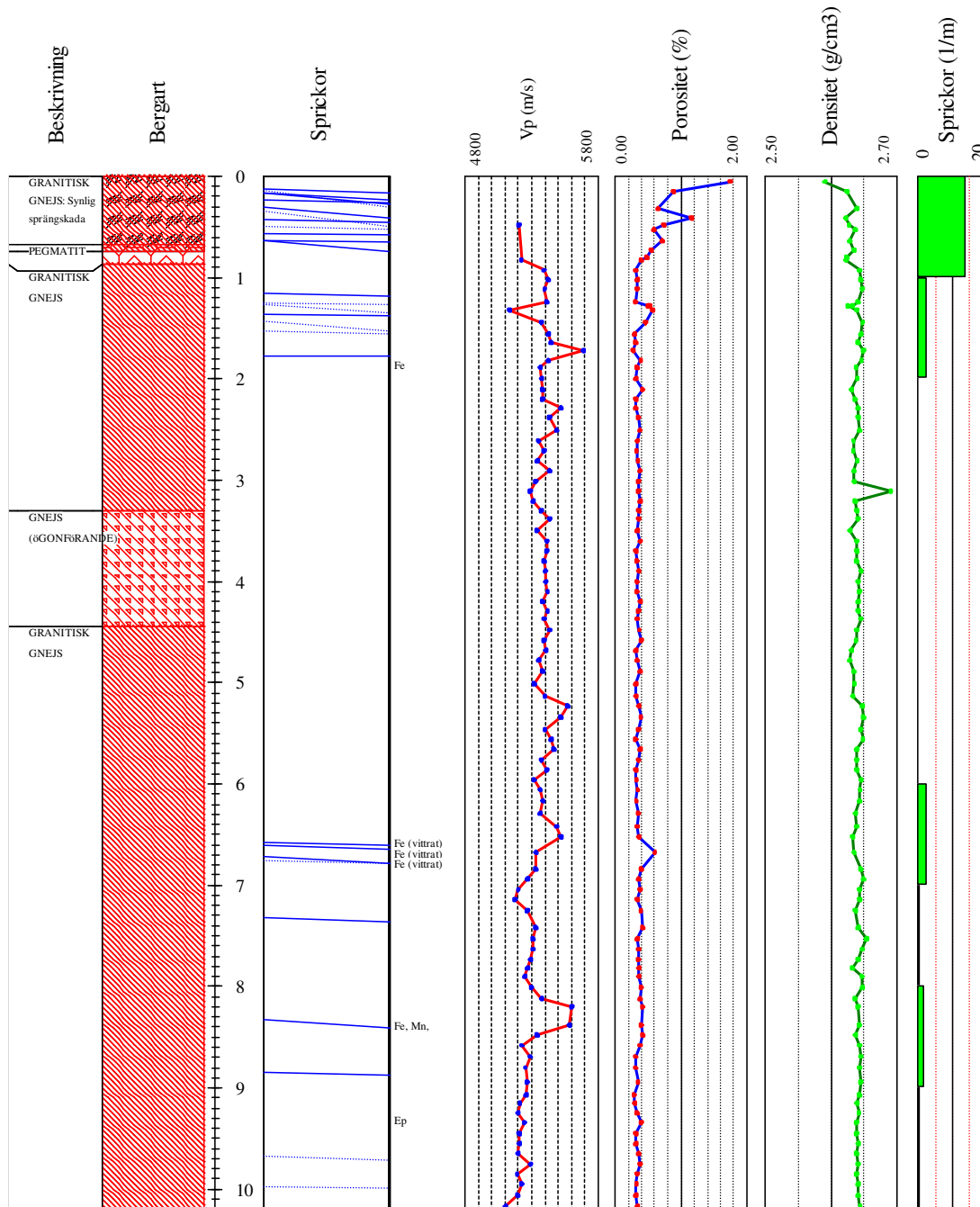


# Bilaga 5a

## Kärnloggar

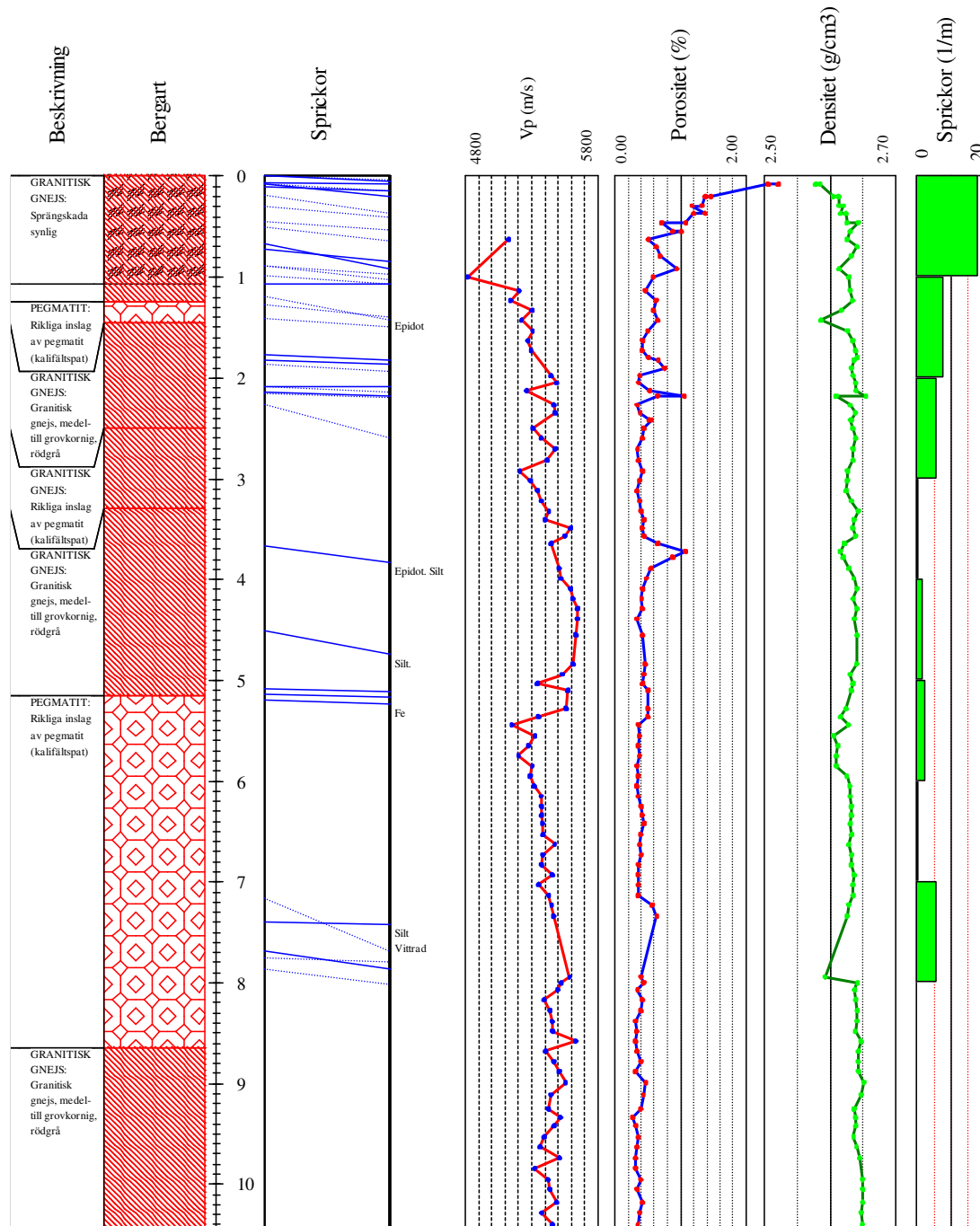
### CHALMERS GeoEngineering

Terås	Borrkärna 28, Nobelit	Kilebrant/ Norrgård
Längd borrkärna: 10.21 m	Höjd( Z): 113.24	Riktning/ Lutning: 80/ 20



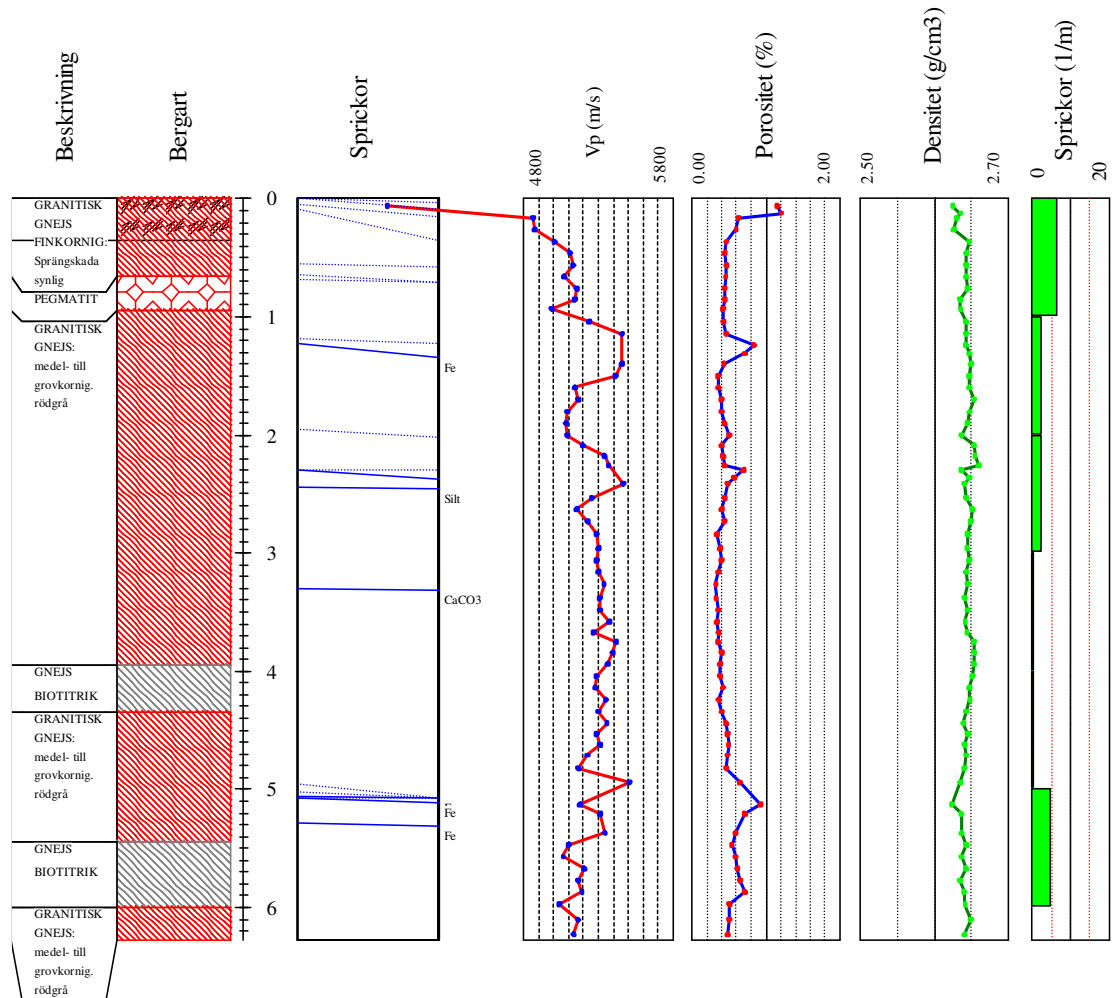
## CHALMERS GeoEngineering

Terås	Borrkärna 29, Fordyn 55	Kilebrant/ Norrgård
Längd borrkärna: 10.45 m	Höjd( Z): 113,28	Riktning/ Lutning: 80 / 20



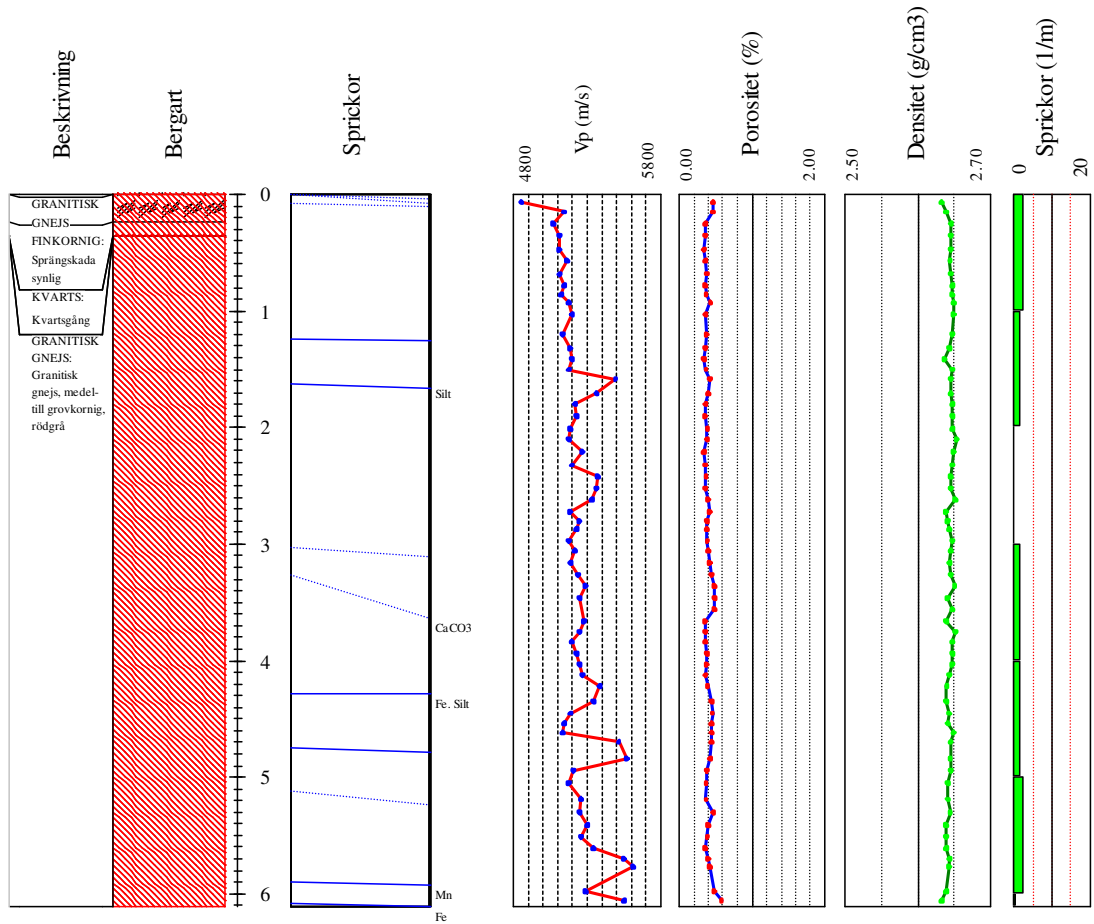
CHALMERS GeoEngineering

Terås	Borrkärna 33 Dynorex32	Kilebrant/ Norrgård
Längd borrkärna: 6.28 m	Höjd (Z): 113.8	Riktning/ Lutning: 80 / 20



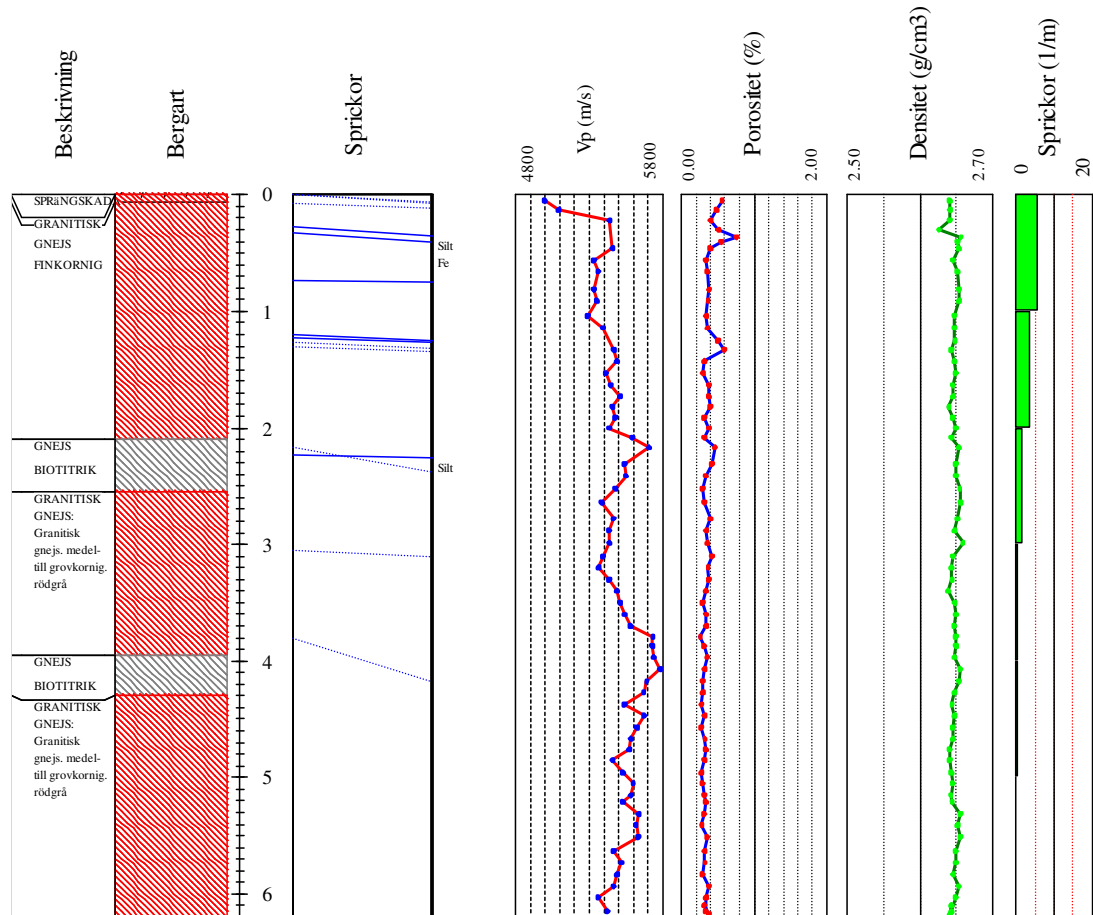
## CHALMERS GeoEngineering

Terås	Borrkärna 36 Dynotex 22	Kilebrant/ Norrgård
Längd borrkärna: 6.11 m	Höjd (Z): 113,83	Riktning/ Lutning: 80 / 20



## CHALMERS GeoEngineering

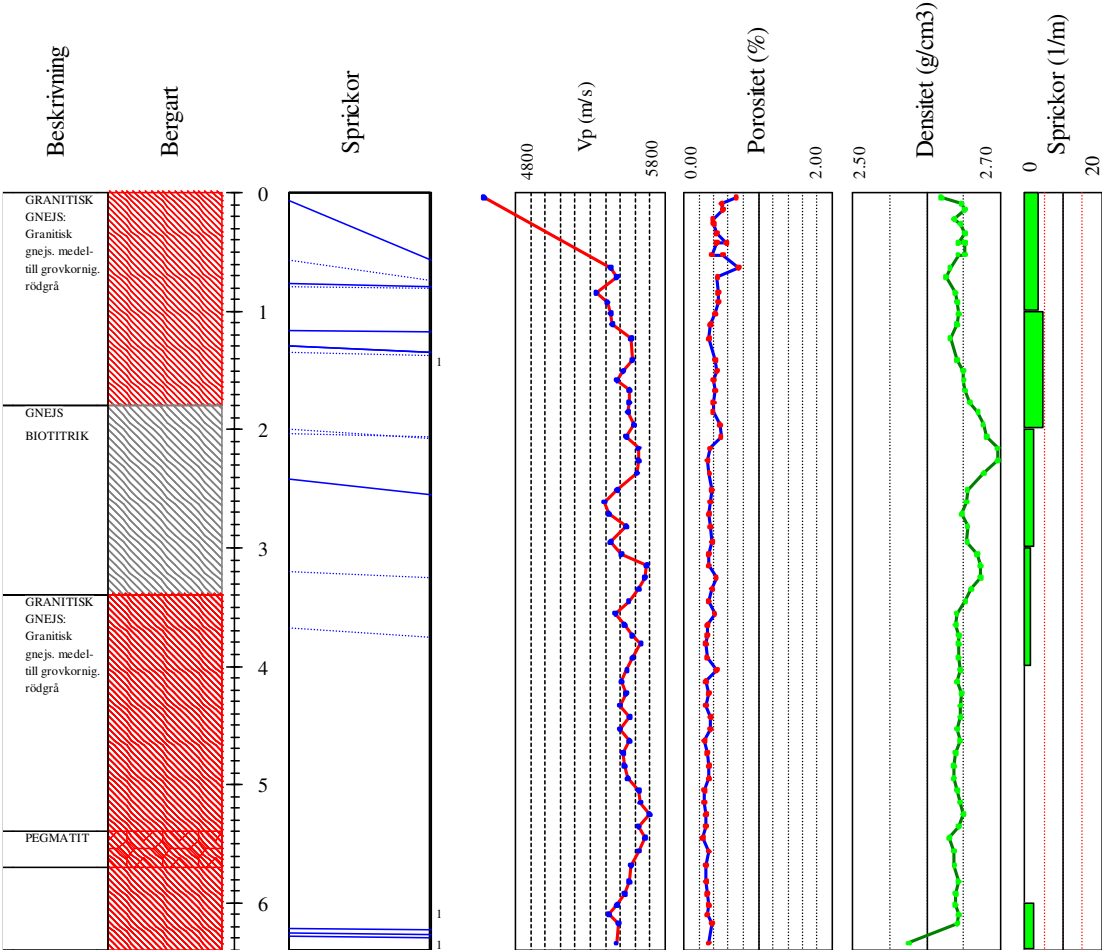
Terås	Borrkärna 38, Cord 150	Kilebrant/ Norrgård
Längd borrkärna: 6.2 m	Höjd( Z): 113.59	Riktning/ Lutning: 80 / 20



# Bilaga 5f

## CHALMERS GeoEngineering

Terås	Borrkärna 39, Cord 80	Kilebrant/ Norrgård
Längd borrkärna: 6.4 m	Höjd( Z): 113.55	Riktning/ Lutning: 80 / 20



### Tekniska data för använda sprängmedel

#### **Cord 80 g/m**

Densitet: Ingen uppgift  
Energi: Ingen uppgift  
Detonationshastighet: >6500 m/s  
Gasvolym: Ingen uppgift  
Viktstyrka: 150 % \*  
Tillverkare: Orica Mining Services  
Benämning: Riocord  
Tillverkningsdatum: 2005-04  
LOT nr: 7005A014  
N° Cat: 1064

#### **Cord 150 g/m**

Densitet: 1,05 kg/dm<sup>3</sup>  
Energi: 6,4 MJ/kg  
Detonationshastighet: 6000-7200 m/s  
Gasvolym: 800 l/kg  
Viktstyrka: 150 % \*  
Tillverkare: NORAB AB  
Benämning: Detonex  
Tillverkningsdatum: 2005-08-24  
LOT nr: 10201

#### **Dynotex $\phi$ 22 mm**

Densitet: 1,0 kg/dm<sup>3</sup>  
Energi: 3,4 MJ/kg  
Detonationshastighet: 2300 m/s  
Gasvolym: 930 l/kg  
Viktstyrka: 75 %  
Tillverkare: Orica Mining Services  
Benämning: Dynotex  
Tillverkningsdatum: 2007-09-12  
Referensnummer: 93389

#### **Dynorex $\phi$ 32 mm**

Densitet: 1,4 kg/dm<sup>3</sup>  
Energi: 4,4 MJ/kg  
Detonationshastighet: >4000 m/s  
Gasvolym: 885 l/kg  
Viktstyrka: 100 %  
Tillverkare: Orica Mining Services  
Benämning: Dynorex  
Tillverkningsdatum: 2007-11-23  
Referensnummer: 10044

## Bilaga 6b

### **Fordyn $\phi$ 55 mm**

Densitet: 1,45 – 1,55 kg/dm<sup>3</sup>

Energi: 4,3 MJ/kg

Detonationshastighet: 2500 - 6000 m/s

Gasvolym: 880 l/kg

Viktstyrka: 100 %

Tillverkare: Orica Mining Services

Benämning: Fordyn

Tillverkningsdatum: 2007-11-29

Referensnummer: 144424

### **Nobelit $\phi$ 55 mm**

Densitet: 1,2  $\pm$  0,1 kg/dm<sup>3</sup>

Energi: 3,2 MJ/kg

Detonationshastighet: 4200 m/s

Gasvolym: 929 l/kg

Viktstyrka: 71 %

Tillverkare: Orica Mining Services

Benämning: Nobelit EP

Tillverkningsdatum: 2007-12-10

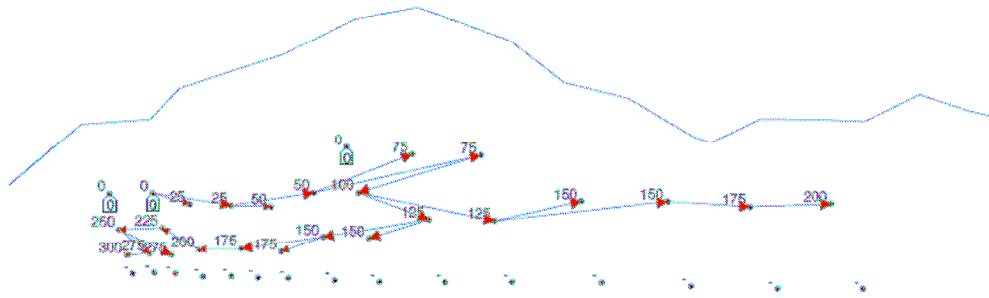
Referensnummer: 397761

\*Då det inte finns några uppgifter om sprängmedlets viktstyrka har ett antagande gjorts om sprängmedlets viktstyrka.

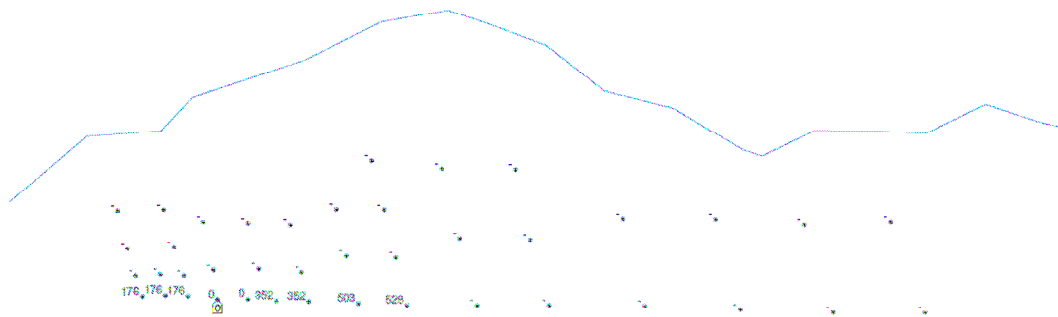


## Tändplaner

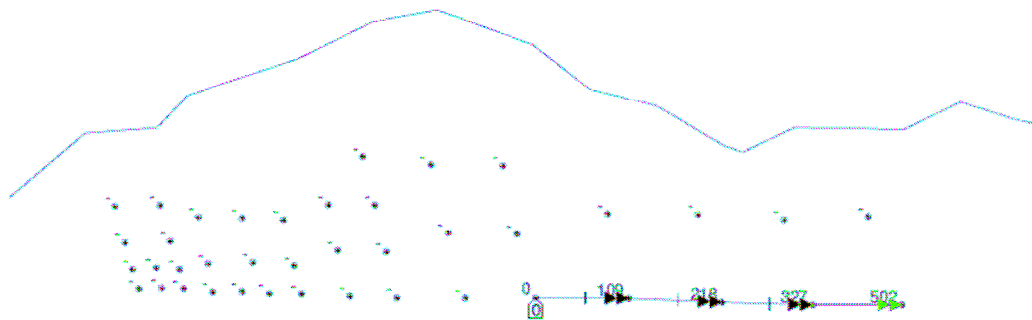
Figureerna visar kopplingsschema och intervalltider [ms] för sprängningarna.



*Tändplan tillredningssalva*



*Tändplan provsprängning – salva 1*



*Tändplan provsprängning – salva 2*

# Bilaga 8a

## Sammanställning av testresultat

Redovisning av resultat från ultrasonik, porositet- och densitetsmätningar.

### Kärna 28

Avstånd till ledning [m]	Längd [cm]	Tid [µs]	Hastighet [m/s]	Vikt torkad [g]	Vikt vattenmättad [g]	Differens [g]	Vikt i vatten [g]	Vikt undanträngt vatten [g]	Volym [m <sup>3</sup> ]	Porositet [%]	Densitet [kg/m <sup>3</sup> ]	Anmärkning
0.48	6.035	11.595	5205		252.90	0.71						
0.05				425.08	427.95	2.87	263.91	164.04	9.60E-05	0.74%	2627	Långsprickor, både längs och tvärs fol
0.15				516.48	518.23	1.75	321.46	196.77	1.64E-04	1.75%	2591	påse 17 bitar
0.32				436.74	437.82	1.08	272.35	165.47	1.97E-04	0.89%	2625	påse 6 bitar
0.41				185.18	186	0.82	115.40	70.60	1.65E-04	0.65%	2639	
0.53				192.27	192.7	0.43	119.79	72.91	7.08E-05	1.16%	2623	
0.64				207.17	207.73	0.56	128.92	78.81	7.29E-05	0.59%	2637	
0.73				109.61	109.84	0.23	68.24	41.60	7.88E-05	0.71%	2629	
0.8				294.16	294.7	0.54	182.60	112.10	4.16E-05	0.55%	2635	
0.83	8.721	16.7	5222	363.79	364.34	0.55			1.12E-04	0.40%	2623	Mycket tvilliga inslag av pegarmalt
0.93	7.03	13.044	5389	295.49	295.84	0.35			1.28E-04	0.31%	2643	
1.02	8.075	14.887	5424	339.66	340.10	0.44			1.30E-04	0.34%	2645	
1.11	8.156	15.107	5399	343.34	343.77	0.43			1.14E-04	0.31%	2640	Kort längs spricka vid kanten.
1.24	7.146	13.204	5412	300.09	300.44	0.35			2.79E-05	0.50%	2632	
1.28				73.38	73.52	0.14	45.64	27.88	3.95E-05	0.53%	2626	
1.28				103.66	103.87	0.21	64.39	39.48	1.19E-04	0.57%	2639	Långspricka, tvärs fol Tvärs spricka
1.32	7.456	14.523	5134	312.93	313.61	0.68			1.23E-04	0.46%	2648	2 längs sprickor, längs fol
1.44	7.732	14.387	5374	325.68	326.25	0.57			1.20E-04	0.30%	2645	Långspricka, längs fol
1.56	7.553	13.914	5428	317.79	318.15	0.36			1.15E-04	0.31%	2641	
1.64	7.234	13.284	5446	303.81	304.17	0.36			1.19E-04	0.28%	2649	
1.72	7.451	13.097	5689	313.96	314.29	0.33			1.03E-04	0.39%	2646	
1.82	6.465	11.917	5425	272.09	272.49	0.4			1.13E-04	0.34%	2638	
1.89	7.129	13.285	5366	299.10	299.48	0.38			1.48E-04	0.32%	2640	
2	9.2	17.11	5377	386.28	386.75	0.47			1.31E-04	0.41%	2631	
2.11	8.247	15.327	5381	345.14	345.68	0.54			1.15E-04	0.32%	2636	
2.2	7.222	13.419	5382	302.79	303.16	0.37			1.19E-04	0.31%	2641	
2.29	7.466	13.525	5520	313.57	313.94	0.37			1.35E-04	0.35%	2641	
2.38	8.47	15.59	5433	355.83	356.30	0.47			1.43E-04	0.37%	2643	
2.51	8.992	16.386	5488	377.95	378.48	0.53			1.51E-04	0.34%	2634	
2.61	9.5	17.765	5348	397.94	398.46	0.52			1.53E-04	0.33%	2634	
2.71	9.617	17.839	5391	402.83	403.33	0.5			1.50E-04	0.35%	2640	
2.81	9.414	17.817	5344	395.26	395.78	0.52			1.49E-04	0.37%	2635	
2.91	9.347	17.199	5435	391.75	392.30	0.55			1.48E-04	0.36%	2635	
3.01	9.374	17.593	5328	392.91	393.44	0.53			1.49E-04	0.36%	2635	
3.11	9.34	17.666	5287	399.67	400.20	0.53			1.50E-04	0.38%	2637	
3.21	9.44	17.765	5314	395.86	396.43	0.57			1.27E-04	0.36%	2639	
3.3	7.979	14.859	5370	334.95	335.41	0.46			1.18E-04	0.36%	2641	
3.38	7.437	13.677	5438	312.36	312.79	0.43			1.48E-04	0.34%	2629	
3.5	9.312	17.445	5338	389.40	389.90	0.5			1.52E-04	0.39%	2640	
3.6	9.563	17.696	5413	401.45	402.04	0.59			1.51E-04	0.32%	2639	
3.7	9.485	17.519	5414	398.10	398.58	0.48			1.49E-04	0.33%	2639	
3.8	9.332	17.346	5391	392.45	392.94	0.49			1.50E-04	0.37%	2646	
3.9	9.461	17.519	5400	398.16	398.71	0.55			1.53E-04	0.33%	2641	
4	9.594	17.74	5408	403.05	403.55	0.5			1.49E-04	0.33%	2643	
4.1	9.363	17.276	5420	393.56	394.05	0.49			1.53E-04	0.39%	2641	
4.2	9.605	17.845	5362	403.51	404.10	0.59			1.16E-04	0.35%	2641	
4.29	7.325	13.516	5420	307.73	308.14	0.41			1.11E-04	0.33%	2645	
4.37	6.987	12.959	5392	293.88	294.25	0.37			1.47E-04	0.37%	2639	
4.48	9.227	16.906	5439	387.28	387.82	0.54			1.56E-04	0.40%	2638	
4.58	9.784	18.144	5392	410.49	411.11	0.62			1.49E-04	0.32%	2631	
4.68	9.365	17.317	5408	391.91	392.39	0.48			1.50E-04	0.33%	2629	
4.78	9.418	17.593	5353	393.73	394.23	0.5			1.64E-04	0.39%	2634	
4.89	10.288	19.122	5380	431.00	431.63	0.63			1.57E-04	0.32%	2636	
5.01	9.865	18.545	5319	413.54	414.04	0.5			1.54E-04	0.32%	2634	
5.13	9.675	17.919	5399	405.23	405.73	0.5			1.47E-04	0.37%	2648	
5.23	9.266	16.64	5569	390.21	390.75	0.54			1.74E-04	0.39%	2649	
5.34	10.952	19.849	5518	461.45	462.13	0.68			1.49E-04	0.36%	2645	
5.46	9.377	17.367	5399	394.42	394.95	0.53			1.50E-04	0.31%	2649	
5.56	9.408	17.267	5449	396.29	396.75	0.46			1.51E-04	0.38%	2639	
5.66	9.478	17.342	5465	397.82	398.40	0.58			1.57E-04	0.35%	2638	
5.76	9.857	18.345	5373	413.63	414.18	0.55			1.51E-04	0.32%	2639	
5.86	9.467	17.493	5412	397.41	397.89	0.48			1.50E-04	0.33%	2646	
5.96	9.446	17.768	5316	397.54	398.03	0.49			1.50E-04	0.35%	2644	
6.06	9.427	17.568	5366	396.44	396.96	0.52			1.91E-04	0.33%	2643	
6.17	11.984	22.246	5387	503.75	504.37	0.62			1.77E-04	0.35%	2638	
6.29	11.119	20.731	5363	466.42	467.04	0.62			1.54E-04	0.34%	2639	
6.42	9.661	17.605	5488	405.49	406.01	0.52			1.53E-04	0.37%	2633	
6.52	9.623	17.434	5520	402.93	403.49	0.56			6.66E-05	0.60%	2635	Rik på Kallifatspat
6.68	4.187	7.848	5335	175.50	175.90	0.4			1.53E-04	0.40%	2645	
6.84	9.623	18.054	5330	404.80	405.41	0.61			1.45E-04	0.35%	2649	
6.94	9.087	17.238	5271	382.86	383.37	0.51			1.54E-04	0.38%	2643	
7.04	9.654	18.562	5201	405.88	406.46	0.58			1.47E-04	0.34%	2644	
7.14	9.244	17.871	5173	388.66	389.16	0.5			2.03E-04	0.39%	2637	Rik på Kallifatspat
7.25	12.753	24.208	5268	534.88	535.67	0.79			1.44E-04	0.42%	2641	Rik på Kallifatspat
7.42	9.075	17.027	5330	381.20	381.80	0.6			1.52E-04	0.34%	2654	
7.53	9.552	17.992	5309	403.20	403.72	0.52			1.52E-04	0.36%	2647	
7.63	9.559	17.995	5312	402.40	402.94	0.54			1.49E-04	0.35%	2641	
7.73	9.358	17.678	5294	393.10	393.62	0.52			1.15E-04	0.36%	2632	
7.82	7.239	13.731	5272	303.07	303.49	0.42			1.15E-04	0.37%	2646	
7.9	7.22	13.753	5250	303.89	304.31	0.42			1.48E-04	0.39%	2648	
8.01	9.333	17.622	5296	393.03	393.61	0.58			1.29E-04	0.38%	2636	
8.12	8.132	15.122	5378	340.92	341.41	0.49			1.14E-04	0.41%	2641	
8.2	7.179	12.822	5599	301.52	301.99	0.47			1.48E-04	0.39%	2643	
8.38	9.325	16.703	5583	391.93	392.51	0.58			1.48E-04	0.42%	2638	
8.48	9.178	17.193	5338	385.03	385.64	0.61			1.48E-04	0.38%	2643	
8.58	9.303	17.814	5222	391.01	391.57	0.56			1.62E-04	0.31%	2646	
8.69	10.179	19.258	5286	428.31	428.81	0.5			1.63E-04	0.31%	2644	
8.8	10.25	19.511	5253	430.96	431.46	0.5			1.75E-04	0.35%	2645	
8.94	11.031	20.953	5265	464.01	464.62	0.61			1.05E-04	0.29%	2643	
9.07	6.602	12.551	5260	277.51	277.81	0.3			1.03E-04	0.30%	2640	
9.15	6.464	12.403	5212	271.37	271.68	0.31			1.38E-04	0.33%	2642	
9.25	8.693	16.718	5200	365.29	365.75	0.46			1.29E-04	0.40%	2639	
9.34	8.097	15.44	5244	339.82	340.33	0.51			1.48E-04	0.32%	2638	
9.45	9.329	17.912	5208	391.45	391.92	0.47			1.50E-04	0.32%	2642	
9.55	9.42	18.077	5211	395.81	396.29	0.48			1.48E-04	0.36%	2638	
9.65	9.3	17.885	5200	390.26	390.79	0.53			1.50E-04	0.37%	2641	
9.75	9.438	17.83	5293	396.48	397.04	0.56			1.51E-04	0.34%	2639	
9.85	9.511	18.323	5191	399.13	399.64	0.51			1.53E-04	0.33%	2642	
9.95	9.642	18.46	5223	405.08	405.58	0.5			1.75E-04	0.32%	2641	
10.06	11.015	21.202	5195	462.67	463.23	0.56			1.13E-04	0.35%	2644	
10.17	7.1	13.906	5106	298.58	298.97	0.39						

Värden angivna kursivt representerar probitlar med oregelbunden form.

# Bilaga 8b

## Kärna 29

Avstånd till laddning [m]	Längd [cm]	Tid [s]	Hastighet [m/s]	Vikt torrkod [g]	Vikt vattenmättad [g]	Differens [g]	Vikt i vatten [g]	Vikt undanträngt vatten [g]	Volym [ml]	Porositet [%]	Densitet [kg/m <sup>3</sup> ]	Anmärkning
0.08				266.47	269.04	2.57	165.69	103.35	1.03E-04	2.49%	2578	löse 4 bitar
0.08				345.79	348.97	3.12	215.15	133.76	1.34E-04	2.33%	2585	löse 2 bitar
0.2				80.53	80.86	0.45	50.06	30.92	3.08E-05	1.46%	2604	
0.2				287.97	289.49	1.51	179.29	110.19	1.10E-04	1.37%	2613	
0.29				182.65	183.59	0.93	113.88	69.9	6.99E-05	1.33%	2613	
0.29				167.95	168.7	0.75	104.62	64.08	6.41E-05	1.17%	2621	
0.37				144.49	145.25	0.76	90.02	55.23	5.52E-05	1.38%	2616	
0.37				157.34	158.06	0.72	98.09	59.97	6.00E-05	1.20%	2624	
0.46				253.06	254.02	0.96	145.25	88.77	8.88E-05	1.08%	2625	
0.46				70.73	70.92	0.19	44.16	26.76	2.68E-05	0.71%	2643	
0.55				126.28	126.7	0.42	78.71	47.99	4.80E-05	0.88%	2631	
0.55				238.72	239.64	0.92	148.86	90.78	9.08E-05	1.01%	2630	
0.63	5.75	11.216	5127	240.11	240.58	0.47	149.62	90.15	9.14E-05	0.51%	2626	Flera långs sprickor, både längs och tvärs fol
0.7				366.24	367.11	0.87	228.48	138.63	1.38E-04	0.63%	2642	
0.79				368.32	369.28	0.96	229.37	139.91	1.40E-04	0.69%	2633	
0.92				153.32	154.48	1.16	114.14	70.34	7.03E-05	0.94%	2613	
1	10.716	22.245	4817	447.99	448.98	0.99	293.02	154.97	1.55E-04	0.58%	2629	Flera långs sprickor, både längs och tvärs fol
1.13	8.859	17.021	5202	370.65	371.30	0.65	231.30	140.04	1.41E-04	0.48%	2631	Längs spricka, längs fol
1.23	9.422	18.331	5140	394.88	395.62	0.74	245.62	143.22	1.43E-04	0.61%	2634	Längs spricka, längs fol
1.33	9.418	17.754	5305	392.02	392.90	0.88	245.90	143.01	1.43E-04	0.59%	2617	En långsprickad spricka (spridri), tvärs fol. Flera mindre långs sprickor längs fol. Mycket tvärs inslag av fallspat
1.43	9.578	18.342	5222	393.92	394.92	1.00	246.92	143.00	1.43E-04	0.68%	2586	Provet skadat i kärnan. En långsprickad spricka (spridri), tvärs fol. Längs spricka tvärs fol. Mycket tvärs inslag av fallspat
1.53	9.725	18.331	5305	408.26	407.03	0.77	247.03	143.00	1.43E-04	0.51%	2627	Längs spricka, tvärs fol
1.63	9.377	17.782	5273	392.92	393.55	0.63	243.55	143.00	1.43E-04	0.42%	2615	
1.73	9.74	18.395	5295	408.76	409.40	0.64	249.40	143.00	1.43E-04	0.41%	2619	
1.8				148.83	149.12	0.29	92.78	56.34	5.63E-05	0.51%	2642	
1.82				95.51	95.75	0.24	59.52	36.23	3.62E-05	0.69%	2638	
1.9				305.31	306.19	0.88	190.21	115.98	1.16E-04	0.78%	2632	
1.98	5.687	10.4	5449	237.54	237.89	0.35	143.89	89.94	9.01E-05	0.38%	2636	
2.05	6.205	11.304	5489	260.43	260.79	0.36	160.79	99.04	9.87E-05	0.38%	2639	
2.13	4.814	9.148	5262	202.11	202.52	0.41	122.52	70.00	7.06E-05	0.54%	2640	Längs spricka, längs fol
2.18				103.32	103.73	0.41	64.81	38.92	3.88E-05	1.05%	2655	
2.18				103.97	104.23	0.26	64.38	39.85	3.99E-05	0.65%	2609	
2.27	7.484	13.661	5464	312.23	312.64	0.41	119.23	70.00	1.19E-04	0.35%	2630	Längs tvärs spricka (kvallfallspat), tvärs fol
2.35	7.271	13.283	5474	305.07	305.52	0.45	116.52	68.00	1.16E-04	0.39%	2638	
2.42				129.98	130.24	0.26	80.88	49.36	4.94E-05	0.53%	2633	
2.42				127.15	127.42	0.27	79.1	48.32	4.83E-05	0.58%	2631	
2.5	9.4	17.707	5309	393.81	394.47	0.66	243.47	143.00	1.43E-04	0.44%	2634	Två inslag av pegmatit
2.6	9.615	17.908	5389	403.58	404.22	0.64	244.22	143.00	1.43E-04	0.42%	2639	Två inslag av pegmatit
2.7	9.595	17.525	5415	402.09	402.62	0.53	242.62	143.00	1.43E-04	0.35%	2635	Två inslag av pegmatit
2.82	9.782	18.02	5417	409.20	409.76	0.56	249.76	143.00	1.43E-04	0.36%	2636	Två inslag av pegmatit
2.92	9.59	18.402	5211	402.62	401.27	0.65	241.27	143.00	1.43E-04	0.43%	2627	Två inslag av pegmatit
3.02	9.652	18.24	5292	403.11	403.69	0.58	243.69	143.00	1.43E-04	0.38%	2626	Två inslag av pegmatit
3.12	9.53	17.828	5346	399.78	398.29	0.51	241.29	143.00	1.43E-04	0.34%	2624	Två inslag av pegmatit
3.22	9.43	17.549	5374	394.83	395.40	0.57	241.40	143.00	1.43E-04	0.38%	2633	Två inslag av pegmatit
3.32	9.353	17.225	5430	393.17	393.77	0.60	243.77	143.00	1.43E-04	0.40%	2643	
3.41	7.385	13.676	5400	309.61	310.13	0.52	117.13	68.00	1.17E-04	0.44%	2636	
3.49	7.911	14.141	5394	331.43	331.95	0.52	126.95	70.00	1.26E-04	0.41%	2634	
3.57	7.189	12.953	5350	301.71	302.22	0.51	114.22	68.00	1.14E-04	0.45%	2639	
3.64	4.819	8.477	5449	192.58	193.06	0.48	113.06	68.00	7.35E-05	0.65%	2621	
3.72				356.52	357.99	1.47	221.88	136.31	1.36E-04	1.08%	2616	
3.78				334.42	335.54	1.12	207.92	127.62	1.28E-04	0.88%	2620	
3.89	9.51	17.276	5305	397.56	398.39	0.83	241.39	143.00	1.43E-04	0.55%	2628	
3.99	9.658	17.504	5318	404.88	405.61	0.73	245.61	143.00	1.43E-04	0.48%	2636	
4.09	9.532	17.042	5383	400.39	401.03	0.64	241.03	143.00	1.43E-04	0.42%	2641	
4.19	9.382	16.69	5389	392.35	392.96	0.61	240.96	143.00	1.43E-04	0.41%	2635	
4.29	9.364	17.438	5485	413.35	414.00	0.65	241.00	143.00	1.43E-04	0.42%	2640	
4.39	9.153	16.227	5641	389.88	384.37	0.48	244.37	143.00	1.43E-04	0.34%	2637	
4.45	5.529	9.918	5631	222.24	222.81	0.57	132.81	79.00	8.78E-05	0.42%	2641	
4.84	9.337	16.639	5812	392.06	392.74	0.68	242.74	143.00	1.43E-04	0.48%	2640	
4.94	9.647	17.445	5530	403.64	404.31	0.67	244.31	143.00	1.43E-04	0.44%	2631	
5.03	6.485	12.138	5343	271.90	272.24	0.44	162.24	93.00	1.03E-04	0.43%	2635	
5.1	6.316	11.336	5572	264.43	264.94	0.51	164.94	93.00	1.00E-04	0.51%	2632	
5.28	7.888	13.828	5560	320.87	321.48	0.61	191.48	100.00	1.22E-04	0.50%	2624	Två inslag av pegmatit
5.36	7.552	14.111	5352	314.21	314.81	0.60	184.81	100.00	1.20E-04	0.50%	2616	Två inslag av pegmatit
5.44	6.21	12.058	5150	259.51	259.87	0.36	159.87	93.00	9.88E-05	0.38%	2628	Två inslag av pegmatit
5.55	9.467	17.776	5326	392.32	392.88	0.56	242.88	143.00	1.43E-04	0.37%	2606	Mycket tvärs inslag av pegmatit
5.65	9.493	17.996	5275	394.42	394.95	0.53	244.95	143.00	1.43E-04	0.35%	2612	Mycket tvärs inslag av pegmatit
5.75	9.671	18.595	5201	401.46	402.03	0.57	242.03	143.00	1.43E-04	0.37%	2610	Mycket tvärs inslag av pegmatit
5.85	9.376	17.674	5365	389.14	389.65	0.51	241.65	143.00	1.43E-04	0.34%	2610	Mycket tvärs inslag av pegmatit
5.95	9.689	18.319	5289	404.56	405.11	0.55	245.11	143.00	1.43E-04	0.38%	2625	Mycket tvärs inslag av pegmatit
6.05	9.609	18.065	5319	401.87	402.38	0.51	242.38	143.00	1.43E-04	0.33%	2630	Två inslag av pegmatit
6.15	9.582	17.812	5368	400.60	401.00	0.53	241.00	143.00	1.43E-04	0.35%	2631	Två inslag av pegmatit
6.25	9.277	17.259	5375	388.41	389.01	0.60	241.00	143.00	1.48E-04	0.41%	2632	
6.34	7.606	14.151	5375	318.39	318.89	0.50	198.89	100.00	1.21E-04	0.41%	2632	
6.42	7.788	14.478	5379	325.85	326.40	0.55	206.40	100.00	1.24E-04	0.44%	2631	
6.53	9.442	17.533	5385	395.41	396.00	0.59	246.00	143.00	1.50E-04	0.39%	2633	
6.63	9.289	16.939	5472	387.54	388.10	0.56	241.10	143.00	1.47E-04	0.38%	2629	
6.73	9.854	18.302	5384	412.72	413.36	0.64	243.36	143.00	1.47E-04	0.41%	2633	
6.83	9.415	17.517	5375	394.13	394.67	0.54	244.67	143.00	1.50E-04	0.38%	2632	
6.93	9.73	17.837	5455	408.00	408.54	0.54	248.54	143.00	1.53E-04	0.35%	2637	
7.03	9.218	17.228	5351	386.30	386.83	0.53	241.83	143.00	1.47E-04	0.36%	2635	
7.13	9.684	17.837	5429	405.93	406.48	0.55	246.48	143.00	1.54E-04	0.36%	2636	
7.23	9.478	17.388	5451	399.21	397.06	0.85	247.06	143.00	1.51E-04	0.50%	2628	Längs spricka, längs fol
7.34	11.555	21.155	5462	482.50	483.68	1.18	293.68	143.00	1.84E-04	0.64%	2626	Längs spricka, längs fol
7.94	6.97	12.477	5586	287.32	287.77	0.45	177.77	100.00	1.11E-04	0.41%	2592	Skada längs längsdan. Längs spricka, längs fol
8	5.429	9.831	5522	228.13	228.51	0.38	148.51	93.00	8.63E-05	0.44%	2642	
8.07	6.536	11.899	5493	274.16	274.52	0.36	164.52	93.00	1.04E-04	0.35%	2637	
8.17	7.11	13.182	5394	298.43	298.90	0.47	188.90	100.00	1.13E-04	0.42%	2639	
8.28	9.399	17.279	5440	394.91	395.50	0.59	245.50	143.00	1.49E-04	0.39%	2642	
8.38	9.467	17.365	5452	397.56	398.04	0.48	248.04	143.00	1.51E-04	0.32%	2640	
8.48	9.551	17.502	5457	400.71	401.21	0.50	241.21	143.00	1.52E-04	0.33%	2638	
8.58	9.408	16.711	5630	396.07	396.54	0.47	246.54	143.00	1.50E-04	0.31%	2647	
8.68	9.459	17.502	5465	397.67	398.18							

# Bilaga 8c

## Kärna 33

Avstånd till laddning [m]	Längd [cm]	Tid [µs]	Hastighet [m/s]	Vikt torkad [g]	Vikt vattenmättad [g]	Differens [g]	Vikt i vatten [g]	Vikt undanbrängt vatten [g]	Volym [m³]	Porositet [%]	Densitet [kg/m³]	Anmärkning	
0.06	9.494	24.388	3889	395.97	397.71	1.74			1.51E-04	1.15%	2625	Flera långsg sprickor, troligen språngskada. Chydlig signal vid ultrasoniken	
0.12				89.3	89.71	0.41	55.83	33.88		3.39E-05	1.21%	2636	
0.16	6.698	13.774	4863	280.26	280.93	0.67			1.07E-04	0.63%	2631	Flera långsg sprickor, troligen språngskada	
0.26	9.434	19.35	4875	394.13	395.03	0.9			1.50E-04	0.60%	2627	2 långsg sprickor, troligen språngskada	
0.36	9.606	19.197	5004	404.35	405.07	0.72			1.53E-04	0.47%	2647	2 långsg sprickor, troligen språngskada	
0.46	9.557	18.71	5108	401.87	402.55	0.68			1.52E-04	0.45%	2644		
0.56	9.585	18.688	5129	402.99	403.71	0.72			1.52E-04	0.47%	2644	Långsg spricka, tvärs fol	
0.66	9.564	18.686	5069	401.97	402.66	0.69			1.52E-04	0.45%	2643	2 långsg sprickor, tvärs fol. Tidliga inslag av pegmatit	
0.76	9.526	18.46	5155	400.67	401.34	0.67			1.52E-04	0.44%	2645	Tidliga inslag av pegmatit	
0.85	7.857	14.887	5143	320.88	321.42	0.54			1.22E-04	0.44%	2635	Tidliga inslag av pegmatit	
0.93	7.859	15.735	4988	329.45	329.97	0.52			1.25E-04	0.42%	2636	Tidliga inslag av pegmatit	
1.04	9.64	18.401	5239	405.17	405.83	0.66			1.53E-04	0.43%	2643		
1.14	9.559	17.506	5480	401.84	402.55	0.71			1.52E-04	0.47%	2643	Begränsad långsg spricka, tvärs fol.	
1.24				322.80	323.82	1.02	201.65	122.17		1.22E-04	0.83%	2642	
1.31				302.44	303.26	0.82	189.04	114.22		1.14E-04	0.72%	2648	
1.4	9.603	17.59	5459	404.74	405.4	0.66			1.53E-04	0.43%	2650		
1.5	9.538	17.618	5414	401.51	402.04	0.53			1.52E-04	0.35%	2647		
1.6	9.705	18.877	5141	408.71	409.27	0.56			1.54E-04	0.36%	2648		
1.7	9.537	18.457	5167	402.51	403.11	0.6			1.52E-04	0.40%	2654		
1.8	9.374	18.401	5094	394.82	395.41	0.59			1.49E-04	0.40%	2648		
1.9	9.372	18.429	5085	394.17	394.82	0.65			1.49E-04	0.44%	2644		
2	8.514	16.723	5091	357.08	357.76	0.68			1.35E-04	0.50%	2637	Långsg spricka, tvärs fol. Liten skada i homot.	
2.09	8.266	15.911	5195	348.94	349.47	0.53			1.31E-04	0.40%	2654		
2.18	8.196	15.352	5339	346.05	346.59	0.54			1.30E-04	0.41%	2655		
2.26	3.437	6.403	5368	145.44	145.68	0.24			5.47E-05	0.44%	2661		
2.3				181.19	181.67	0.48	112.94	68.73		6.87E-05	0.70%	2638	
2.36				222.80	223.28	0.48	139.11	84.17		8.42E-05	0.57%	2647	
2.41	5.886	10.406	5484	238.8	239.24	0.44			9.04E-05	0.49%	2641		
2.53	9.577	18.229	5254	402.04	403.32	0.68			1.52E-04	0.45%	2643		
2.63	9.622	18.694	5155	405.76	406.38	0.62			1.53E-04	0.41%	2651		
2.73	9.656	18.471	5228	406.85	407.52	0.67			1.54E-04	0.44%	2649		
2.84	11.506	21.767	5286	483.95	484.57	0.62			1.83E-04	0.34%	2645		
2.96	9.626	18.161	5300	404.83	405.42	0.59			1.53E-04	0.39%	2644		
3.06	9.771	18.479	5288	411.37	411.99	0.62			1.55E-04	0.40%	2647		
3.16	9.109	17.179	5302	382.97	383.49	0.52			1.45E-04	0.36%	2643		
3.26	9.262	17.356	5336	389.66	390.14	0.48			1.47E-04	0.33%	2645		
3.38	9.429	17.763	5308	396.14	396.63	0.49			1.50E-04	0.33%	2642		
3.48	9.563	18.001	5312	402.35	402.89	0.54			1.52E-04	0.36%	2645		
3.58	9.66	17.975	5374	405.92	406.44	0.52			1.54E-04	0.34%	2642		
3.67	7.583	14.394	5288	318.9	319.34	0.44			1.21E-04	0.36%	2644		
3.75	7.742	14.289	5418	326.72	327.15	0.43			1.23E-04	0.35%	2653		
3.84	8.421	15.599	5396	355.44	355.98	0.54			1.34E-04	0.40%	2654		
3.94	9.692	18.072	5363	409.04	409.63	0.59			1.54E-04	0.38%	2654		
4.04	9.601	18.164	5286	404.82	405.4	0.58			1.53E-04	0.38%	2651		
4.14	9.587	18.164	5278	403.62	404.25	0.63			1.52E-04	0.41%	2647		
4.24	9.627	18.003	5347	405.5	406.06	0.56			1.53E-04	0.37%	2648		
4.34	9.54	18.002	5299	401.08	401.7	0.62			1.52E-04	0.41%	2643		
4.44	9.559	17.842	5358	401.34	402.04	0.7			1.52E-04	0.46%	2640		
4.53	8.58	16.23	5287	361.04	361.7	0.66			1.36E-04	0.48%	2646		
4.62	8.506	16.012	5312	357.32	357.99	0.67			1.35E-04	0.50%	2641		
4.71	7.932	15.165	5230	333.55	334.15	0.6			1.26E-04	0.48%	2644		
4.82	10.038	19.432	5166	421.62	422.36	0.74			1.60E-04	0.46%	2641		
4.94	9.575	17.392	5505	401.37	402.35	0.98			1.52E-04	0.64%	2636	Lågt långsg spricka, tvärs fol	
5.13	7.171	13.85	5178	299.21	300.27	1.06			1.14E-04	0.93%	2624		
5.21	7.578	14.261	5314	317.71	318.57	0.86			1.21E-04	0.71%	2636		
5.37	9.676	18.101	5346	405.83	406.73	0.9			1.54E-04	0.58%	2637		
5.47	9.588	18.803	5099	403.09	403.91	0.82			1.52E-04	0.54%	2643		
5.57	9.572	18.896	5066	401.51	402.4	0.89			1.52E-04	0.58%	2637		
5.67	9.654	18.552	5204	405.77	406.72	0.95			1.54E-04	0.62%	2643	Långsg spricka, långsg fol	
5.77	9.535	18.458	5166	399.6	400.59	0.99			1.52E-04	0.65%	2635	Långsg spricka, långsg fol	
5.87	9.808	18.896	5191	411.83	412.94	1.11			1.56E-04	0.71%	2640	Långsg spricka, långsg fol	
5.97	11.431	22.691	5038	480.33	481.26	0.93			1.82E-04	0.51%	2642	Långsg spricka, långsg fol	
6.1	11.39	22.074	5160	479.93	480.84	0.91			1.81E-04	0.50%	2649		
6.23	9.039	17.594	5138	379.09	380.38	0.69			1.44E-04	0.48%	2641		

Värden angivna kursivt representerar provbitar med oregelbunden form.

# Bilaga 8d

## Kärna 36

Avstånd till löddning [m]	Längd [cm]	Tid [µs]	Hastighet [m/s]	Vikt torkad [g]	Vikt vattenmättad [g]	Differens [g]	Vikt i vatten [g]	Vikt undanbrängt vatten [g]	Volym [m <sup>3</sup> ]	Porositet [%]	Densitet [kg/m <sup>3</sup> ]	Anmärkning
0.07	9.251	19.049	4856	387.29	387.98	0.69			1.47E-04	0.47%	2632	Flera långsg sprickor, tvärs fol. Troligen sprängskada
0.15	9.538	18.532	5147	400.31	401.02	0.71			1.52E-04	0.47%	2639	Långsg spricka, tvärs fol. Troligen sprängskada
0.25	9.325	18.398	5068	392.42	392.96	0.54			1.48E-04	0.36%	2646	
0.35	9.533	18.645	5113	401.09	401.64	0.55			1.52E-04	0.36%	2645	
0.47	9.686	18.959	5109	407.42	407.95	0.53			1.54E-04	0.34%	2645	
0.57	9.918	19.206	5164	417.08	417.65	0.57			1.58E-04	0.36%	2644	
0.68	11.663	22.795	5116	490.63	491.33	0.7			1.85E-04	0.38%	2645	
0.78	8.192	15.922	5145	345	345.46	0.46			1.30E-04	0.35%	2648	
0.86	7.504	14.639	5126	315.93	316.37	0.44			1.19E-04	0.37%	2647	
0.93	6.857	13.246	5177	288.67	289.34	0.47			1.09E-04	0.43%	2649	
1.03	12.098	23.265	5200	509.63	510.33	0.7			1.92E-04	0.36%	2649	
1.2	12.844	23.852	5133	515.53	516.25	0.72			1.95E-04	0.37%	2647	
1.32	9.487	18.311	5181	398.67	399.41	0.54			1.51E-04	0.36%	2644	
1.41	8.147	15.677	5197	341.56	342	0.44			1.30E-04	0.34%	2638	
1.5	8.366	16.155	5179	352.21	352.7	0.49			1.33E-04	0.37%	2647	
1.58	7.595	13.828	5492	319.61	320.12	0.51			1.21E-04	0.42%	2646	
1.71	9.194	17.133	5366	386.71	387.29	0.58			1.46E-04	0.40%	2645	
1.8	9.102	17.434	5221	383.26	383.79	0.53			1.45E-04	0.37%	2648	
1.9	9.346	17.877	5228	393.57	394.09	0.52			1.49E-04	0.35%	2648	
2.01	8.737	16.851	5185	367.9	368.44	0.54			1.39E-04	0.39%	2648	
2.1	8.44	16.308	5175	356.11	356.63	0.52			1.34E-04	0.39%	2653	
2.21	7.75	14.72	5265	326.46	326.88	0.42			1.23E-04	0.34%	2649	
2.32	9.359	17.997	5200	394.12	394.65	0.53			1.49E-04	0.36%	2648	
2.42	9.579	17.837	5370	402.97	403.53	0.56			1.52E-04	0.37%	2645	
2.52	9.57	17.857	5359	402.69	403.24	0.55			1.52E-04	0.36%	2646	
2.62	9.597	17.999	5332	404.62	405.22	0.6			1.53E-04	0.39%	2651	
2.72	9.622	18.571	5181	403.7	404.33	0.63			1.53E-04	0.41%	2638	Tvåliga inslag av pegmatit.
2.8	6.286	11.988	5244	264.03	264.41	0.38			1.00E-04	0.38%	2641	
2.87	5.98	11.438	5228	251.38	251.74	0.36			9.51E-05	0.38%	2643	
2.97	9.533	18.412	5178	401.41	402	0.59			1.52E-04	0.39%	2648	
3.06	7.934	15.199	5220	333.73	334.23	0.5			1.26E-04	0.40%	2645	
3.16	9.575	18.461	5187	402.56	403.19	0.63			1.52E-04	0.41%	2643	
3.26	9.591	18.313	5237	403.6	404.28	0.68			1.53E-04	0.45%	2646	Långsg spricka, långsg fol.
3.36	9.511	17.993	5286	400.94	401.67	0.73			1.51E-04	0.48%	2651	Långsg spricka, långsg fol.
3.46	9.577	18.239	5251	402.24	402.98	0.74			1.52E-04	0.49%	2641	Långsg spricka, långsg fol.
3.56				397.77	398.49	0.72	248.24	150.25	1.50E-04	0.46%	2647	Sprucken, trasig
3.66	8.652	16.392	5278	363.18	363.66	0.48			1.38E-04	0.35%	2639	Liten skada i kanten.
3.75	8.643	16.466	5249	364.51	365.01	0.5			1.37E-04	0.36%	2652	
3.84	7.979	15.358	5195	335.96	336.41	0.45			1.27E-04	0.35%	2647	
3.94	8.83	16.885	5229	371.85	372.39	0.54			1.40E-04	0.38%	2648	
4.03	8.631	16.442	5249	363.39	363.9	0.51			1.37E-04	0.37%	2647	
4.12	8.05	15.284	5267	338.46	338.93	0.47			1.28E-04	0.37%	2644	
4.22	9.017	16.737	5387	378.59	379.15	0.56			1.43E-04	0.39%	2640	
4.35	9.495	17.771	5343	398.57	399.24	0.67			1.51E-04	0.44%	2639	
4.45	9.72	18.732	5189	408.49	409.19	0.7			1.55E-04	0.45%	2642	Långsg spricka, långsg fol.
4.54	7.595	14.762	5145	319.12	319.66	0.54			1.21E-04	0.45%	2642	Långsg spricka, långsg fol.
4.62	7.541	14.684	5136	317.66	318.2	0.54			1.20E-04	0.45%	2649	
4.7	8.215	14.899	5514	345.51	346.09	0.58			1.31E-04	0.44%	2644	
4.84	9.5	17.064	5567	399.52	400.16	0.64			1.51E-04	0.42%	2644	
4.94	9.634	18.496	5209	405.41	405.99	0.58			1.53E-04	0.38%	2646	
5.05	11.757	22.729	5173	493.91	494.6	0.69			1.87E-04	0.37%	2641	
5.19	9.925	18.881	5257	417	417.58	0.58			1.58E-04	0.37%	2642	
5.3	9.621	18.33	5249	404.61	405.33	0.72			1.53E-04	0.47%	2644	
5.41	9.685	18.232	5301	405.63	406.24	0.61			1.54E-04	0.40%	2639	
5.51	9.55	18.153	5261	400.99	401.48	0.59			1.52E-04	0.39%	2639	
5.61	9.655	18.075	5342	405.33	405.87	0.54			1.54E-04	0.35%	2640	
5.7	7.548	13.698	5545	317.23	317.7	0.47			1.20E-04	0.39%	2643	
5.77	6.487	11.524	5612	271.76	272.19	0.43			1.03E-04	0.42%	2642	
5.98	7.915	14.97	5287	332.21	332.81	0.6			1.28E-04	0.48%	2639	
6.06	6.635	12.313	5551	286.21	286.84	0.63			1.09E-04	0.58%	2633	

Värden angivna kursivt representerar provbitar med oregelbunden form.

# Bilaga 8e

## Kärna 38

Avstånd till baddning [m]	Längd [cm]	Tid [µs]	Hastighet [m/s]	Vikt förkast [g]	Vikt vattenmättad [g]	Differens [g]	Vikt i vatten [g]	Vikt undantäring vatten [g]	Volym [m³]	Porositet [%]	Densitet [kg/m³]	Anmärkning
0.05	7.436	14.86	4997.3	312.27	312.93	0.66			1.18E-04	0.56%	2640	Småsprickor, troligen sprängskada
0.13	7.333	14.399	5092.7	308.11	308.67	0.56			1.17E-04	0.48%	2642	Småsprickor, troligen sprängskada
0.22	8.913	16.386	5439.4	374.38	374.96	0.58			1.42E-04	0.41%	2641	Småsprickor, troligen sprängskada
0.3				178.72	179.07	0.35	111.02	88.05	8.61E-05	0.51%	2628	
0.38				235.05	235.72	0.67	447.25	88.47	8.86E-05	0.78%	2657	
0.4				192.13	192.53	0.40	128.06	72.47	7.25E-05	0.65%	2651	
0.46	9.347	17.117	5460.7	364.44	365.03	0.59			1.46E-04	0.40%	2653	
0.56	9.591	17.83	5328.7	369.74	400.24	0.50			1.51E-04	0.33%	2645	
0.66	10.498	19.59	5358.9	442.61	443.20	0.59			1.67E-04	0.35%	2651	
0.81	9.435	17.692	5332.9	368.21	368.79	0.58			1.56E-04	0.39%	2654	
0.91	10.952	20.464	5351.8	462.29	462.93	0.64			1.74E-04	0.37%	2654	
1.04	9.301	17.593	5286.8	391.62	392.13	0.51			1.48E-04	0.34%	2647	
1.14	10.133	18.792	5392.2	428.68	427.27	0.59			1.61E-04	0.37%	2648	
1.25				222.73	223.15	0.42	139.05	84.10	8.41E-05	0.50%	2649	
1.33	9.489	17.351	5468.8	398.06	399.75	0.89			1.51E-04	0.59%	2643	Spricka från ena kanten och 5 cm in
1.43	8.823	17.896	5489.9	413.61	414.11	0.50			1.56E-04	0.32%	2647	
1.53	8.578	17.69	5414.4	403.46	403.91	0.45			1.52E-04	0.30%	2649	
1.63	9.624	17.678	5444.1	404.78	405.35	0.57			1.53E-04	0.37%	2645	
1.73	9.476	17.194	5511.2	398.75	399.32	0.57			1.51E-04	0.38%	2646	
1.82	7.769	14.235	5457.7	328.19	328.66	0.49			1.24E-04	0.40%	2640	
1.91	8.017	14.646	5473.8	337.26	337.66	0.40			1.28E-04	0.31%	2645	
2	7.692	14.149	5436.4	324.19	324.66	0.47			1.22E-04	0.38%	2650	
2.08	7.452	13.332	5589.6	313.33	313.71	0.38			1.19E-04	0.32%	2644	Går in i bottgång dock enbart längs toppen på hela provet
2.17	8.716	15.276	5765.7	367.81	368.44	0.63			1.39E-04	0.45%	2653	Går in i bottgång dock enbart längs toppen på hela provet
2.31	9.611	17.359	5538.6	404.95	405.59	0.64			1.53E-04	0.42%	2649	Allmänt mycket brott och kvarts. En lätt spricka som går in i provet 6 cm
2.41	10.155	18.311	5545.6	427.83	428.38	0.53			1.62E-04	0.33%	2649	Går in i bottgång dock enbart längs toppen på hela provet
2.52	11.373	20.398	5471.5	471.75	472.27	0.52			1.78E-04	0.29%	2655	Går in i bottgång dock enbart längs toppen på hela provet
2.64	11.927	22.153	5383.8	503.89	504.49	0.60			1.95E-04	0.32%	2650	Går in i bottgång dock enbart längs toppen på hela provet
2.78	9.911	18.145	5482.1	417.92	418.56	0.64			1.58E-04	0.41%	2651	
2.88	9.84	17.747	5431.9	408.95	408.48	0.53			1.53E-04	0.35%	2648	
2.99	9.489	17.443	5440.0	401.28	401.82	0.54			1.51E-04	0.38%	2659	
3.1	9.224	17.105	5392.6	388.02	388.63	0.61			1.47E-04	0.42%	2645	Vilg lätt spricka. Ser inget i sletten
3.2	9.401	17.52	5385.9	385.20	385.75	0.55			1.50E-04	0.37%	2643	
3.3	9.689	17.832	5433.5	407.46	408.04	0.58			1.54E-04	0.38%	2644	
3.4	9.519	17.352	5485.8	399.47	399.97	0.50			1.51E-04	0.33%	2639	
3.5	9.648	17.507	5510.9	406.37	406.82	0.45			1.53E-04	0.29%	2648	
3.6	9.645	17.417	5537.7	406.49	407.02	0.53			1.53E-04	0.35%	2650	
3.7	9.472	16.976	5579.6	398.73	399.24	0.51			1.51E-04	0.34%	2647	
3.79	7.656	13.356	5732.3	322.59	322.91	0.32			1.22E-04	0.26%	2649	Längsgående lätt spricka
3.87	8.15	14.23	5727.3	343.51	343.91	0.40			1.30E-04	0.31%	2650	Längsgående lätt spricka
3.97	9.178	16.001	5735.9	388.49	387.00	0.51			1.46E-04	0.35%	2648	Längsgående lätt spricka. Mycket brott
4.07	9.663	16.715	5781.0	408.06	408.55	0.49			1.54E-04	0.32%	2655	Längsgående lätt spricka. Mycket brott
4.17	9.328	16.393	5690.2	393.73	394.16	0.43			1.48E-04	0.29%	2654	Mycket brott
4.27	9.573	16.883	5670.2	403.12	403.57	0.45			1.52E-04	0.30%	2648	Mycket brott
4.37	9.339	16.869	5536.2	392.73	393.15	0.42			1.49E-04	0.28%	2644	
4.47	9.478	16.715	5670.4	398.13	399.62	0.49			1.51E-04	0.33%	2648	
4.57	9.584	17.037	5625.4	403.20	403.61	0.41			1.52E-04	0.27%	2645	
4.67	8.484	15.19	5585.3	357.01	357.45	0.44			1.35E-04	0.33%	2646	
4.78	8.943	15.512	5571.8	362.94	363.49	0.46			1.37E-04	0.33%	2649	
4.85	8.248	15.106	5493.1	346.42	346.84	0.42			1.31E-04	0.32%	2641	
4.96	8.479	15.344	5525.9	358.35	358.72	0.37			1.35E-04	0.27%	2643	
5.05	8.596	15.388	5597.1	361.54	361.93	0.39			1.37E-04	0.29%	2645	
5.15	8.432	11.515	5585.8	270.28	270.60	0.32			1.02E-04	0.31%	2642	
5.21	8.445	11.86	5527.4	271.04	271.38	0.34			1.05E-04	0.33%	2644	
5.31	8.784	15.58	5638.0	370.94	371.37	0.43			1.40E-04	0.31%	2655	
5.41	9.527	16.958	5618.0	401.82	402.25	0.43			1.52E-04	0.28%	2652	
5.51	9.189	16.317	5631.5	388.11	388.62	0.51			1.46E-04	0.35%	2656	
5.63	9.354	17.119	5464.1	394.02	394.50	0.48			1.49E-04	0.32%	2649	
5.73	9.447	17.117	5519.1	398.11	398.60	0.49			1.50E-04	0.33%	2650	
5.83	9.455	17.229	5487.8	397.92	398.35	0.43			1.50E-04	0.29%	2646	
5.93	8.893	18.111	5462.4	417.41	418.00	0.59			1.57E-04	0.37%	2653	
6.03	9.626	17.966	5357.9	405.49	406.01	0.52			1.53E-04	0.34%	2649	
6.15	9.097	16.78	5421.3	382.42	382.90	0.48			1.45E-04	0.33%	2643	

Vården angivna kursivt representerar provlar med orege bunden form.

# Bilaga 8f

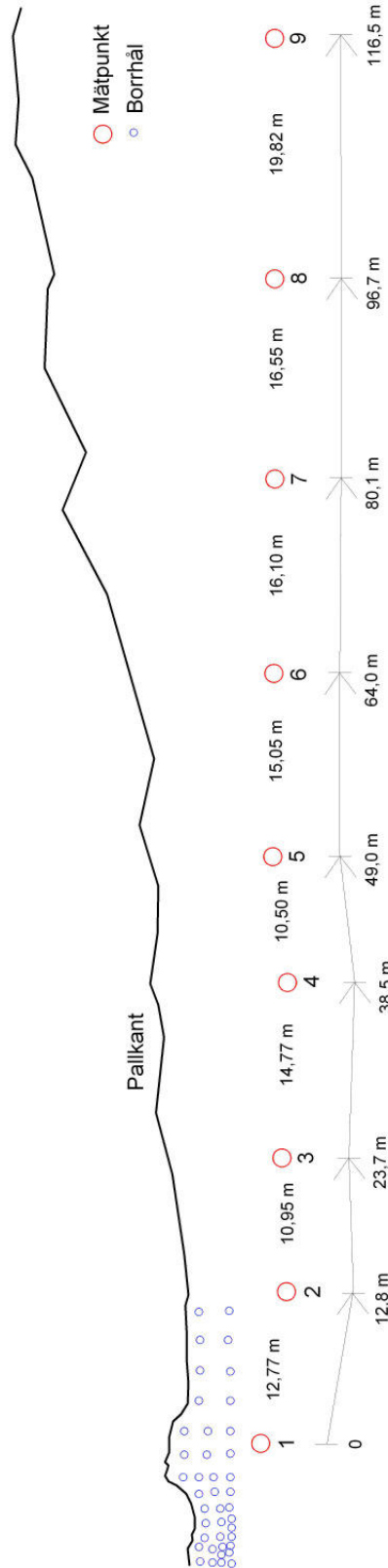
## Kärna 39

Avstånd till laddning [m]	Längd [cm]	Tid [µs]	Hastighet [m/s]	Vikt torkad [g]	Vikt vattenmättad [g]	Differens [g]	Vikt i vatten [g]	Vikt undanträngt vatten [g]	Volym [m <sup>3</sup> ]	Porositet [%]	Densitet [kg/m <sup>3</sup> ]	Anmärkning
0.04	4.368	9.519	4589	181.97	182.46	0.49			6.95E-05	0.71%	2619	Sprikkrik, troligen sprängskada
0.09				211.99	212.4	0.41	132.31	80.09	8.01E-05	0.51%	2647	
0.14				178.16	178.51	0.35	111.31	67.20	6.72E-05	0.52%	2651	
0.22				189.47	189.75	0.28	117.92	71.83	7.18E-05	0.39%	2638	
0.26				223.26	223.6	0.34	139.23	84.37	8.44E-05	0.40%	2646	
0.34				279.54	280	0.46	174.60	105.40	1.05E-04	0.44%	2652	
0.42				110.05	110.29	0.24	68.64	41.65	4.17E-05	0.58%	2642	
0.42				272.39	272.84	0.45	170.12	102.72	1.03E-04	0.44%	2652	
0.52				371.47	371.99	0.52	231.89	140.10	1.40E-04	0.37%	2651	
0.52				121.01	121.25	0.24	75.45	45.80	4.58E-05	0.52%	2642	
0.63	7.258	13.346	5438	303.78	304.63	0.85			1.15E-04	0.74%	2632	1 långsg spricka
0.71	9.173	16.753	5475	383.02	383.68	0.66			1.46E-04	0.45%	2625	1 långsg spricka, pegmatitrik
0.84	8.198	15.361	5337	343.98	344.58	0.60			1.30E-04	0.46%	2638	2 sprickor ca 1 cm i provet
0.92	7.738	14.303	5410	325.10	325.67	0.57			1.23E-04	0.46%	2642	
1.02	8.473	15.576	5440	356.14	356.70	0.56			1.35E-04	0.42%	2643	
1.11	8.63	15.836	5450	362.41	362.91	0.50			1.37E-04	0.36%	2640	
1.23	12.344	22.146	5574	516.65	517.32	0.67			1.96E-04	0.34%	2632	
1.41	8.595	15.402	5580	360.98	361.56	0.58			1.37E-04	0.42%	2641	
1.5	7.55	13.672	5522	318.16	318.70	0.54			1.20E-04	0.45%	2650	
1.58	7.553	13.789	5478	318.39	318.87	0.48			1.20E-04	0.40%	2650	
1.67	8.672	15.591	5562	365.82	366.40	0.58			1.38E-04	0.42%	2652	
1.77	7.359	13.238	5559	311.09	311.55	0.46			1.17E-04	0.39%	2658	
1.85	8.054	14.502	5554	341.93	342.43	0.50			1.28E-04	0.39%	2669	Mycket glimmer, biotitgång 1 cm bred
1.96	9.703	17.361	5589	412.93	413.67	0.74			1.54E-04	0.48%	2676	1 långsg spricka, pegmatitrik
2.06	9.526	17.19	5542	406.14	406.89	0.75			1.52E-04	0.50%	2661	Mycket glimmer, 1 hvirglände läkt spricka
2.16	9.554	17.003	5619	409.51	410.04	0.53			1.52E-04	0.35%	2695	Valdigt mycket glimmer
2.26	9.667	17.201	5620	414.55	415.05	0.50			1.54E-04	0.35%	2696	Valdigt mycket glimmer
2.37	10.507	18.735	5608	447.42	448.00	0.58			1.67E-04	0.35%	2677	Fortfarande glimmer, men minsokande
2.51	9.827	17.927	5462	414.92	415.50	0.58			1.56E-04	0.37%	2655	Glimmerik, dock mestadels i ytterkant
2.61	9.536	17.893	5391	402.56	403.11	0.55			1.52E-04	0.36%	2654	Glimmerik, dock mestadels i ytterkant
2.71	9.422	17.374	5423	396.80	397.31	0.51			1.50E-04	0.34%	2648	Glimmerik, dock mestadels i ytterkant
2.82	12.502	22.559	5542	527.86	528.58	0.72			1.99E-04	0.36%	2655	Glimmerik, dock mestadels i ytterkant
2.95	9.616	17.681	5439	406.00	406.59	0.59			1.53E-04	0.39%	2655	Glimmerik, dock mestadels i ytterkant
3.05	9.624	17.473	5508	408.34	408.85	0.51			1.53E-04	0.33%	2668	Glimmerik, dock mestadels i ytterkant
3.15	9.584	16.88	5678	407.38	407.88	0.50			1.52E-04	0.33%	2673	Glimmerik, dock mestadels i ytterkant
3.25	9.602	16.957	5663	408.21	408.87	0.66			1.53E-04	0.43%	2673	Glimmerik, dock mestadels i ytterkant
3.35	9.761	17.358	5623	413.01	413.61	0.60			1.55E-04	0.39%	2660	Glimmerik, dock mestadels i ytterkant
3.45	9.379	16.882	5556	395.68	396.18	0.50			1.49E-04	0.34%	2653	
3.55	9.323	17.045	5470	391.45	392.06	0.61			1.48E-04	0.41%	2640	
3.65	9.746	17.634	5527	409.19	409.69	0.50			1.55E-04	0.32%	2640	
3.74	6.917	12.403	5577	290.84	291.18	0.34			1.10E-04	0.31%	2644	
3.81	6.88	12.202	5638	289.17	289.49	0.32			1.09E-04	0.29%	2643	
3.93	9.42	16.877	5582	395.87	396.33	0.46			1.50E-04	0.31%	2642	
4.03	9.624	17.357	5545	404.94	405.61	0.67			1.53E-04	0.44%	2646	
4.13	9.513	17.277	5506	399.65	400.09	0.44			1.51E-04	0.29%	2641	
4.23	9.612	17.357	5538	404.69	405.20	0.51			1.53E-04	0.33%	2647	
4.33	9.655	17.566	5496	406.34	406.79	0.45			1.54E-04	0.29%	2646	
4.43	9.595	17.245	5564	403.81	404.37	0.56			1.53E-04	0.37%	2646	
4.53	9.586	17.438	5497	402.71	403.26	0.55			1.52E-04	0.36%	2641	
4.63	9.58	17.229	5560	402.93	403.36	0.43			1.52E-04	0.28%	2645	
4.73	10.65	19.289	5521	447.00	447.53	0.53			1.69E-04	0.31%	2639	
4.84	8.17	14.778	5528	342.57	343.01	0.44			1.30E-04	0.34%	2636	
4.95	9.458	17.035	5552	396.52	397.03	0.5			1.50E-04	0.34%	2636	
5.05	9.658	17.175	5623	405.75	406.18	0.4			1.54E-04	0.28%	2642	
5.15	9.56	16.957	5638	402.23	402.65	0.4			1.52E-04	0.28%	2645	
5.25	9.465	16.62	5695	398.96	399.41	0.5			1.51E-04	0.30%	2650	
5.35	9.678	17.226	5618	406.85	407.30	0.4			1.54E-04	0.29%	2643	
5.45	9.608	16.954	5667	402.04	402.43	0.4			1.53E-04	0.26%	2631	Långsg kalifaltpatgång, knappt 1 cm bred
5.56	10.707	19.036	5625	448.99	449.55	0.6			1.70E-04	0.33%	2637	Långsg kalifaltpatgång, knappt 1 cm bred
5.68	11.236	20.157	5574	471.39	471.92	0.5			1.79E-04	0.30%	2638	Långsg kalifaltpatgång, knappt 1 cm bred
5.82	9.38	16.87	5560	394.20	394.65	0.4			1.49E-04	0.30%	2642	
5.92	9.649	17.441	5532	405.05	405.53	0.5			1.53E-04	0.31%	2639	
6.02	9.603	17.524	5480	402.92	403.43	0.5			1.53E-04	0.33%	2638	
6.1	7.155	13.195	5423	300.71	301.06	0.4			1.14E-04	0.31%	2643	
6.17	6.496	11.845	5484	272.94	273.33	0.4			1.03E-04	0.38%	2642	
6.34	9.926	18.139	5472	406.68	407.20	0.5			1.58E-04	0.33%	2576	

Värden angivna kursivt representerar provbitar med orege/bunden form.

## Mätlinje för vibrationsmätning

Figuren visar placeringar av borrhål och mätpunkter. Även avstånd mellan mätpunkterna och mätpunktsnummer kan ses i figuren.





Bergkärnor

Kärna 28 - låda 1



Kärna 28 - låda 2



Kärna 29 - låda 1





Kärna 29 – låda 2



Kärna 33



Kärna 36



# Bilaga 10c

## Kärna 38



## Kärna 39

