



BORRHÅLSAVVIKELSER VID SPRÄNGNING AV SLÄNTER **Erfarenheter från inmätningar i Södertälje**

Finn Ouchterlony

**BORRHÅLSAVVIKELSER VID SPRÄNGNING
AV SLÄNTER**
Erfarenheter från inmätningar i Södertälje

**Drill hole deviations in a road cut perimeter,
experiences from measurements at Södertälje**

Finn Ouchterlony

SveBeFo Rapport 53

Stockholm 2002

ISSN 1104-1773

ISRN SVEBEFO-R--53--SE

FÖRORD

Borringstekniken i samband med bergarbeten är under ständig utveckling, där tillverkarna satsar på förbättrad produktivitet genom högre borrsjunkning och samtidigt bättre precision för att borra raka hål i avsett läge. Det finns naturliga motsättningar i dessa utvecklingsarbeten, det kan vara svårt att kombinera en hög inträngning med god kontroll över hålriktningen.

Både vid undersökningsborring, injektering och borring för sprängning är kontroll över hålriktningar och lägen viktiga. Vid skonsam sprängning väljer man exempelvis sprängämnen och tändningsföljder utifrån en borrrplan, där en förutsättning för ett gott resultat är att planerad försättning och hålavstånd kan följas.

Olika undersökningar har gjorts kring hålavvikelser i laboratorier och i fält, man har till exempel studerat beroendet av geologi och bergstruktur och hur man borrhningstekniskt kan påverka raketeten hos hålen med olika borrhkronor, med hjälp av styrrör mm.

I föreliggande rapport redovisas resultat från en mera ingående inmätning av sprängborrhål i samband med ett fältarbete inom ramen för SveBeFos EU-finansierade projekt om slitsade borrhål. Man fick då tillfälle att mera detaljerat undersöka vad som är möjligt eller rimligt att åstadkomma med normal produktionsutrustning vid pallborring av en vägslänt i relativt bra berg.

Sammanställda och analyserade resultat relateras till de faktiska möjligheterna för en borrhare att med aktuell utrustning nå den kvalitet på borrhningen som förutsätts i olika borrhklasser enligt gällande regelverk och bygghandlingar.

Slutsatserna i rapporten är tänkvärda med hänsyn till de krav som rutinmässigt ställs på borring för sprängning och möjligheterna att till fullo kombinera sprängteknikens olika moment för bästa resultat. Det gäller framförallt vägslänter, där skonsam sprängning är en viktig del i arbetet för att minska framtida underhållskostnader, men betydelsen av kontrollerad borring vid pallsprängning är stor i en mängd andra tillämpningar, exempelvis i bergtäkter eller vid grundläggningsarbeten i stadsmiljö.

Undersökningen har genomförts av Finn Ouchterlony med stöd av en referensgrupp. För värdefulla synpunkter i samband med slutrapporteringen ska särskilt nämnas Sven-Olof Båvik, Vägverket Produktion, och Gunnar Nord, Atlas Copco.

Stockholm i november 2002

Tomas Franzén

INNEHÅLLSFÖRTECKNING	Sida
SAMMANFATTNING	1
1 INLEDNING OCH SYFTE MED MÄTNINGARNA	3
2 FÖRUTSÄTTNINGAR	5
2.1 Förutsättningar	5
2.2 Försöksplats	8
2.3 Beställarens krav och arbetets utförande	10
2.4 Sprängningsresultaten	14
3 MÄTRESULTAT	19
3.1 Definition av storheter	19
3.2 Mätdata	26
4 ANALYS AV BORRHÅLSAVVIKELSER	27
4.1 Ansättningsfelet och hålavståndet på ytan	27
4.2 Riktningfelet och dess komponenter i tipp- och svängled	31
4.3 Skillnaden i djup mellan närliggande hålbottnar och hållängdsfelet	35
4.4 Totalfelet i botten och böjningsfelet	38
4.5 Avståndet från vägg och inbördes hålavstånd i botten	40
4.6 Bornoggrannheten i tipp- & svängled jämfört med riggens instrumentering	42
4.7 Synpunkter på erforderlig noggrannhet vid mätning av hålriktning	44
4.8 En jämförelse av kraven i MarkAMA 83 och AnläggningsAMA 98	46
5 SLUTSATSER	49
ERKÄNNANDEN	52
REFERENSER	52
BILAGOR	54
1: Koordinater för kanthålens planerade och uppmätta påhuggs- och bottenlägen.	55
2: Koordinater för kanthålens påhuggsvinklar, mätmetod A-C, samt riktningfelsdata.	59
3: Påhuggskoordinater, vinkelmätdata A och feldata för hjälparhålen.	63
4: Beräknade borrhålsavvikelser och sprängtekniska storheter för kanthålen.	66

SAMMANFATTNING

Under 1998 gjorde SveBeFo försökssprängningar vid Moraberg/Jakobsdal trafikplats på E4/E20 vid Södertälje. Försöksplatsen ställdes till förfogande av Vägverket Produktion Mitt för ett EU-projekt om skonsam kontursprängning med slitsade hål. För att eliminera borringens inverkan på sprängningsresultaten lades särskild vikt vid att göra borringen så 'bra som möjligt' men utan att särskilda hjälpmedel användes.

Sprängningarna omfattade kanthålen och två rader hjälparhål i den 5-12 m höga syd-slänten i en vägskäring. Denna indelades i 13 provsträckor där olika typer av skonsam sprängning användes. Totalt borrades 144 kanthål varav 134 med planerat hålavstånd på 0,8 m. I första hjälparraden borrades 113 hål med ett hålavstånd om 1,05 m och till ett avstånd till kanthålen om 0,8 m.

Alla hålen utom 26 kanthål i sträckorna 7-9 hade \varnothing 64 mm diameter. De borrades med en borrhög ROC 612 HC-01 med en COP 1238 bormaskin med T38 borrsträng och Retrackronor. Den var utrustad med ett instrument EAS 700 för inställning av bommens bäring och matarens tippvinkel.

Alla upptänkliga åtgärder för en bra borring vidtogs

- individuell utsättning av påhuggspunkterna
 - borrarerna betalades inte per bormeter
 - han fick uppgift om önskade hållängder och hålen lodades
 - inmätning av hålens påhugg och riktning vid påhugg
 - inmätning av kanthålens bottnar och halvpipor efter sprängning samt av släntens yta.
- Arbetets syfte var att visa hur bra normal borring utan särskild utrustning kan göras.

Rapporten beskriver borrhögs- och mätningsarbetet. Den ger mätdata i bilagor, sträckvis statistik för borrhögsavvikelsena och en grafisk presentation av dem i form av spridningsdiagram och histogram. Analysen visar att många av felkomponenterna återges rätt väl av normalfördelningar. Likaså verkligt hålavstånd på pallytan och i botten, liksom skillnaden i håldjup. Däremot finns alltid några utliggare i fördelningarna även sedan onormala mätdata rensats ut. Hänsyn tas till detta vid beräkning av spridningsmått.

Analysen visar också att borringen blivit bättre i den relativt sprickfria gnejsen som finns längs större delen av slänten än där gnejsen är sprickigare eller där utsättningen och borringen gjordes under tidspress.

Borrningsprecisionen uppfyller inte alla kraven i borringstolerans 1 (ansättningsfel inom 0,04 m, riktningsfel inom 0,02 m/m och närliggande hålbottnar inom 0,2 m djup). Ansättnings- och riktningsfelens gränser överskrids, trots att riggen hade utrustning för inställning av matarens tippvinkel. Kravet på skillnad i djup mellan närliggande hål uppfylls däremot i huvudsak. Kraven i borringstolerans 2 (inom 0,1 m, 0,05 m/m och 0,2 m respektive) uppfylls däremot i allmänhet för alla tre storheterna. Ändå har borrhögskvalitén i våra försök sannolikt varit mycket bättre än normalt.

Tre olika enkla metoder användes för att beräkna riktningsfelet. Ingen av dessa gav värden med en tillräcklig noggrannhet för att man skall kunna bedöma om riktningsfelet

ligger inom borringstoleransens gränser. För bedömningen av riktningsfelet används i rapporten kanthålens inmätta påhuggs- och bottenlägen.

Matarens tippvinkel kunde ställas in med en total noggrannhet av $\pm 0,5^\circ$. Felet i kanthålens tippvinkel är avrundat $0,0^\circ \pm 1,0^\circ$, dvs. inget systematiskt fel och en spridning om $1,0^\circ$ som är dubbelt så stor som noggrannheten hos inställningen av mataren. Skillnaden beror sannolikt på glapp i utrustning, borrkroneslitage och påhuggets utförande.

Matarens svängvinkel ställdes in manuellt. Motsvarande fel i kanthålens svängvinkel är avrundat $0,3^\circ \pm 1,6^\circ$ relativt skjutriktningen. Detta tyder på noggrant arbete av borrarerna. Med ett instrument så kunde han troligen åstadkomma felet $0,0^\circ \pm 1,0^\circ$ även för svängvinkeln men inte ens detta bedöms klara kraven i borringstolerans 1.

För att klara detta behöver borrarerna ha tillgång till ytterligare hjälpmedel, men det är emellertid inte heller säkert att det räcker. Sannolikt bör riggen även förses med hållängdsmätare med laser och automatstopp. När pallhöjden ökar så ökar också behovet att välja borrsträng med t.ex. styrrör som ger minimalt bidrag till totalfelet.

Sammantaget är dessa åtgärder dyra. Därför bör frågan också ställas om och när man kan begränsa kraven på borrhingsprecision utan att det äventyrar släntens funktion. För att kunna svara på detta bör man undersöka vilka följder det haft för en slänts underhåll att beställaren godkänt en borring av kanthålen som inte uppfyllt kraven i borrhingsstolerans 1, trots att handlingarna innehållit detta krav.

Mätning av framförallt hållriktning ställer stora krav på mätutrustningen. Sannolikt bör noggrannheten vara bättre än $\pm 0,5^\circ$ för att man skall kunna bedöma om borringstolerans 1 uppfylls av borringen till en slätsprängning och dubbelt så höga för en förspräckning.

Sättet att spränga kan vara avgörande för slänten i en vägs kärning. Om sprängningen är dåligt planerad hjälper det inte hur bra borrhingsprecisionen än är. Därför kan kraven på borrhingsutförandet inte ställas utan att kraven på sprängningens utförande och uppföljningen av detta beaktas. En rätt konstruerad sprängplan som följs och en kompetent beställare som kan bedöma effekten av nödvändiga ändringar är viktiga komponenter.

I AnläggningsAMA 98 ställs inte några detaljkrav på själva borringen utan effekten av borring, sprängning och rensning läggs ihop i ett krav på schaktad bergkontur. Bergschaktningstolerans 1, som är tillämplig för skonsam sprängning, kräver att den schaktade bergkonturen har ett största avstånd till teoretisk kontur om 0,1 m.

Analysen av våra kanthålsdata visar att bergschaktningstolerans 1 ställer väsentligt större krav på kanthålsborringen än borringstolerans 1 enligt MarkAMA 83. Sömborringen i Jakobsdal/Moraberg klarar inte ens bergschaktningstolerans 2.

Dessutom finns en oklarhet i AnläggningsAMA 98 om vad som skall mätas och hur stor upplösningen skall vara. Vidare sägs inte om kraven är absoluta eller innefattar en given gränsandel, likt de 5/6 i borringstolerans 1. Om kraven är absoluta blir bergschaktningstolerans 1 sannolikt omöjlig att klara i praktiken.

1 INLEDNING OCH SYFTE MED MÄTNINGARNA

Borrningsprecisionen är avgörande för sprängningsresultaten, såväl tekniskt som ekonomiskt. Borrhålsavvikelser tas med redan vid beräkning av borrplanerna, se Olofsson (1991 & 1999). Ju större avvikelser desto mindre försättning och följaktligen desto högre kostnader för borringen och sprängningen.

Vid höga pallhöjder H kan skillnaden mellan teoretisk och praktisk försättning bli avsevärd. Olofsson (1991) anger felborringen som

$$E = d/1000 + 0,03 \cdot H,$$

vilken beror av ansättningsfelet d (mm) och riktningsfelet som antagits vara 0,03 m/m. På en 15 m pall blir den uppskattade felborringen minst ca 0,5 m. För t.ex. Emulite 100 i Ø 64 mm hål måste man alltså minska försättningen från maximalt 3 m till 2,5 m.

Vägverkets handbok i sprängteknik (1991) anger t.ex. att vid vanlig borring utan hjälpmedel har ett genomsnittligt riktningsfel på 0,07 m/m uppmäts men att med lutningsmätare kan felet begränsas till ca. 0,01 m/m utan att inställningstiden ökar.

Till ansättnings- och riktningsfelen kommer böjningsfelet i borrhålet som bl.a. påverkas av bergets struktur (Sinkala 1986 & 1988). Vid normal pallborring verkar böjningsfelet för Ø 89 mm borrhål vara någorlunda litet om pallhöjden understiger 12-13 m (Bakken, 1994). Med klenare borrsträng eller högre pallhöjd ökar det snabbt. För Ø 76 mm borrhål uppmätte Bakken (1994) t.ex. avvikelser på upp till 2 m för 15 m långa hål, alltså betydligt mer än det teoretiska värdet 0,5 m ovan.

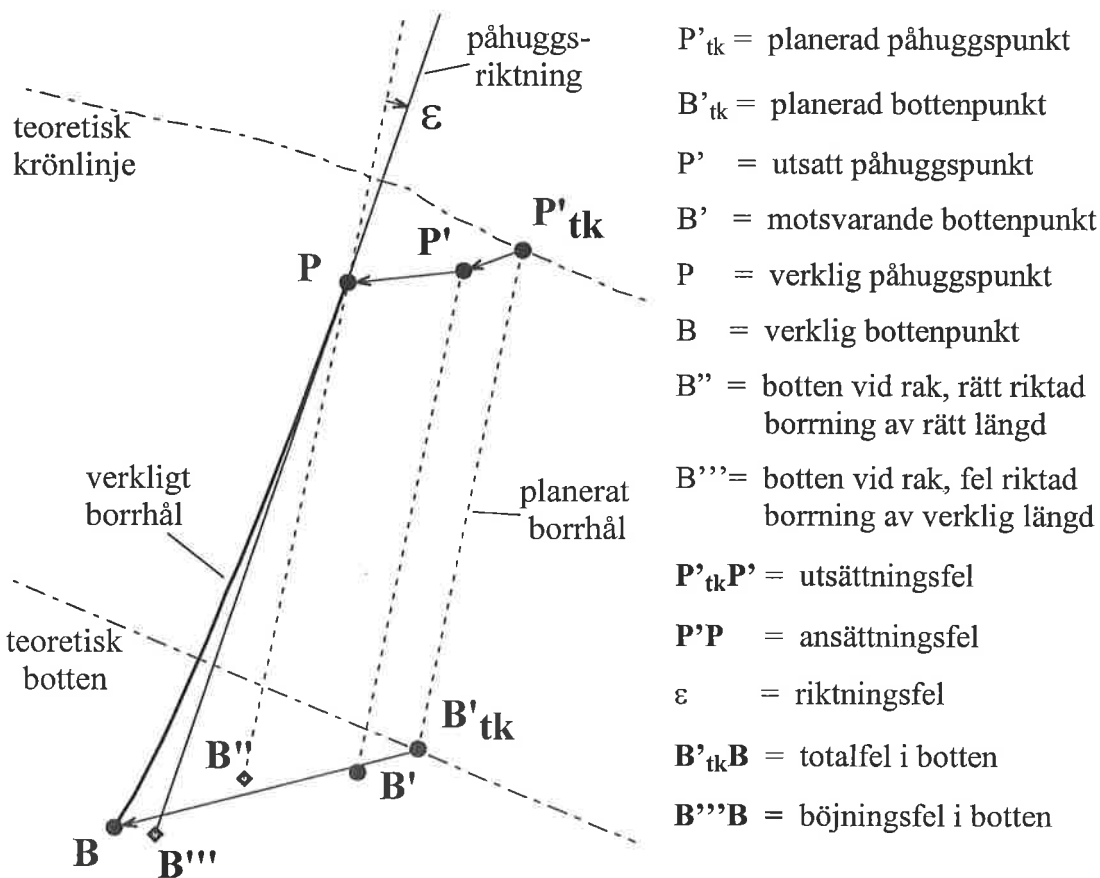
Även Vägverkets rapport '*Borring av raka hål*' (1985) belyser böjningsfelets kraftiga ökning med ökande håldjup. Bidraget är här betydande redan vid 7 m långa hål. Man finner också att borring med Ø 51 krona och borrsträng i allmänhet ger större borrhålsavvikelser än borring med Ø 64-76 mm krona och borrsträng. Dessa resultat diskuteras av Backlund, Severinsson och Wennerström (2000).

Karlsson (1997) visar att vid pallborring så är riktningsfelet helt dominerande jämfört med böjningsfelet för hål i längdintervallet 9-14 m. Ett riktningsfel på ca 0,04-0,05 m/m mättes upp på två mätplatser. Han hänför riktningsfelet mindre till själva påhuggsriktningen än till borrarrens justering av mataren efteråt för att borrstången skall vara rak. Boman (1994) anger en ännu större medelavvikelse från planerad hållutning, 0,06 m/m.

Totalfelet är alltså ofta betydligt större än de värden som ansatts vid borrplaneberäkningen. I värsta fall leder felborringen till att försättningen i första raden blir så liten att bottenladdningen slår ut en krater mot den fria ytan med avsevärt stenkast som följd (Bakken, 1994). Om försättningen är så stor att maximal försättning överskrids kan en salva skjuta fast. I undantagsfall kan hålbottarna i närliggande rader byta plats. Det är sannolikt vanligare att grannborrhål i samma rad korsar varandra, se tex. Amundsen (1994) och Eriksson (1999), figur på sida 51.

Inuti en salva blir den relativa borrhålsavvikelsen mellan närliggande hål avgörande för salvans funktion. Vid skjutning mot kvarstående bergvägg, t.ex. slänten i en vägskärning, är kraven på borrhålsprecisionen större och absoluta eftersom den nu också jämförs med teoretisk kontur. Vägverket (1991) anger t.ex. siffran max 0,02 m/m för riktningselet och även absolut- eller totalfelet är av intresse. I VÄG 94 (1994) anges i stället att: 'Hållavvikelsen i kanthålen får inte vara större än 0,3 m i någon del av kanthålen', vilket ställer större krav på inriktningen av djupa hål.

Förutom de relativa avvikelserna tillkommer i konturen ett utsättningsfel, dvs. den utsatta påhuggspunktens avvikelse från teoretisk kontur. Se Figur 1 med definitioner.



Figur 1: Borrhålsavvikelser och definitioner av felkomponenter

I MarkAMA 83 (1983), kapitel B6, anges särskilda toleransklasser för borrhålsprecisionen vid bergschakt. Dessa toleransklasser anges ofta som beställarkrav. I den högsta klassen i Tabell 1, klass 1, anges t.ex. ansättning högst 0,1 m utanför teoretisk kontur, dvs. ett ensidigt utsättningsfel om högst 0,1 m. Ansättningsfelet relativt utsättningspunkten anges till högst 0,04 m och största riktningsfelet till 0,02 m/m i fem fall av sex.

Totalfelet i borrhålstoleransklass 1 anges till ett största stickmått om 0,2 m vid borrhålsbotten och en största differens mellan närliggande borrhålsbotten om högst 0,2 m i fem fall av sex.

Tabell 1: Tabell B6/1. Borrningstoleranser ur MarkAMA 83 (1983).

Borrnings-tolerans	Avsett konturhålmönster i förhållande till teoretisk kontur	Tillåtna måttavvikelser från avsett konturhålmönster i 5 fall av 6
1	<p>Vid ansättning mot bergyta, högst 0,1 m utanför teoretisk kontur.</p> <p>Stickmått högst 0,2 m vid borrhålsbotten.</p> <p>Vid borrning med ståndare, underborrning högst 0,3-försättning, dock inte mindre än 0,2 m.</p>	<p><i>Absoluta mått</i></p> <p>Vid ansättning mot bergyta, högst 40 mm och högst 20 mm/m (0,02 m/m) borrhål utefter hålets längd.</p> <p>Vid borrning av förspräckningshål längre än 4 m, dock högst 10 mm/m utefter hela hålets längd.</p> <p>Vid underborrning, differens mellan närliggande borrhåls bottnar högst 0,2 m.</p>
2	<p>Utanför teoretisk konturlinje.</p> <p>Stickmått högst 0,2 m vid borrhålsbotten.</p> <p>Vid borrning med ståndare, underborrning högst 0,3-försättning, dock inte mindre än 0,2 m.</p>	<p><i>Relativa mått</i></p> <p>Vid ansättning mot bergyta, högst 0,1 m och högst 50 mm/m borrhål utefter hålets längd.</p> <p>Vid underborrning, differens mellan närliggande borrhåls bottnar högst 0,2 m.</p>
3	Utanför teoretisk konturlinje	

En viktig fråga är om kraven i borrningstoleransklass 1 kan uppfyllas utan särskild styrutrustning. En annan sammanhängande fråga hur bra normal borrning kan göras. Denna rapport är ett försök att svara på dessa frågor med utgångspunkt från erfarenheterna vid försökssprängningar i en vägslänt vid Moraberg/Jakobsdals trafikplats vid Södertälje (Ouchterlony & Olsson 1998 samt Ouchterlony, Olsson & Båvik 1999).

2 FÖRUTSÄTTNINGAR

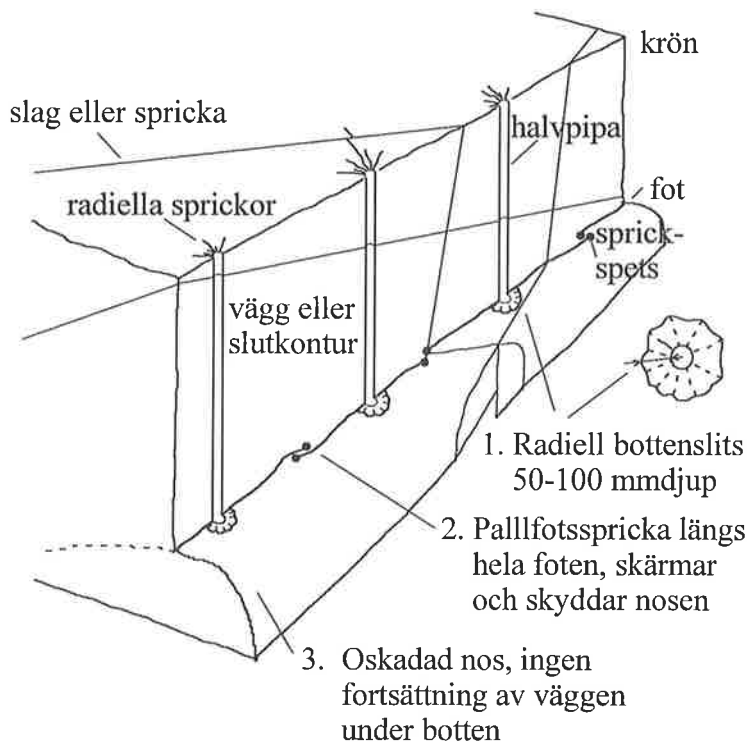
2.1 Förutsättningar

Under 1998 genomförde SveBeFo försökssprängningar i en vägsärning vid Moraberg/Jakobsdals trafikplats på E4/E20 vid Södertälje. Försöksplatsen ställdes till förfogande av Vägverket Produktion Mitt som ansvarade för totalentreprenaden. Platschef var Alireza Arami. Hans mätlag under ledning av P-O Norman och Stefan Sävenstrand gjorde utsättningen av hålen i försökssprängningarna. Anders Thörn från Vägverket Produktion gjorde inmätningen av påhuggspunkter, av hålriktning vid påhugg samt av hålbottenlägen och hålpipor med hjälp av SveBeFo:s personal.

Försöken ingick i ett EU-projekt, BE95-1671 med titeln: 'Downhole abrasive jet cutting operations in quarrying, mining and civil engineering', vilket avslutades under året (Ouchterlony & Olsson 2000). Förutom SveBeFo deltog Conjet AB i projektet. Även Vägverket och Dyno Nobel ställde resurser till projektets förfogande. För SveBeFo gick projektet ut på att utveckla en ny kontursprängningsteknik med slitsade hål som gör det möjligt att förlänga intervallen mellan dyra underhållsåtgärder i t.ex. vägskärningar.

Södertäljeförsökens huvudsyfte var att visa att denna teknik skulle fungera under produktionsförhållanden i svenskt berg och ge bättre resultat än slätsprängning. Den nya tekniken utnyttjar hål med bottenlitsar, se Figur 2. Laddningarna i konturhålen tänds samtidigt med hjälp av sprängkapslar med elektroniska fördröjningselement, s.k. elektronikkapslar. Varken underborrning eller bottenladdning i konturhålen behövs. Sprängskadorna i väggen minskar något och i botten blir de avsevärt mindre (Ouchterlony, Olsson & Båvik 2000). Härigenom blir bergslänten mindre känslig för frostsprängning och vibrationer varför förutsättningarna för längre underhållsintervall torde finnas.

Den nya kontursprängningstekniken ställer emellertid rätt stora krav på kvalitén hos borrnings- och slitsningsarbetena (Ouchterlony, Olsson & Båvik 1998). Baserat på tidigare försök hade följande preliminära krav ställts för att den eftersträvarvärda samverkan mellan de slitsade hålen skulle uppnås, se Tabell 2. De innebär en skärpning av kraven på differensen mellan närliggande borrhålsbottnar från högst 0,2 m till ca $2 \cdot \emptyset$, dvs. ca. 0,13 m för $\emptyset = 64$ mm borrhål.



Figur 2: Principskiss av pallvägg efter skonsam sprängning med slitsade hål

Tabell 2: Preliminära krav på borrning/slitsning i den nya kontursprängningstekniken.

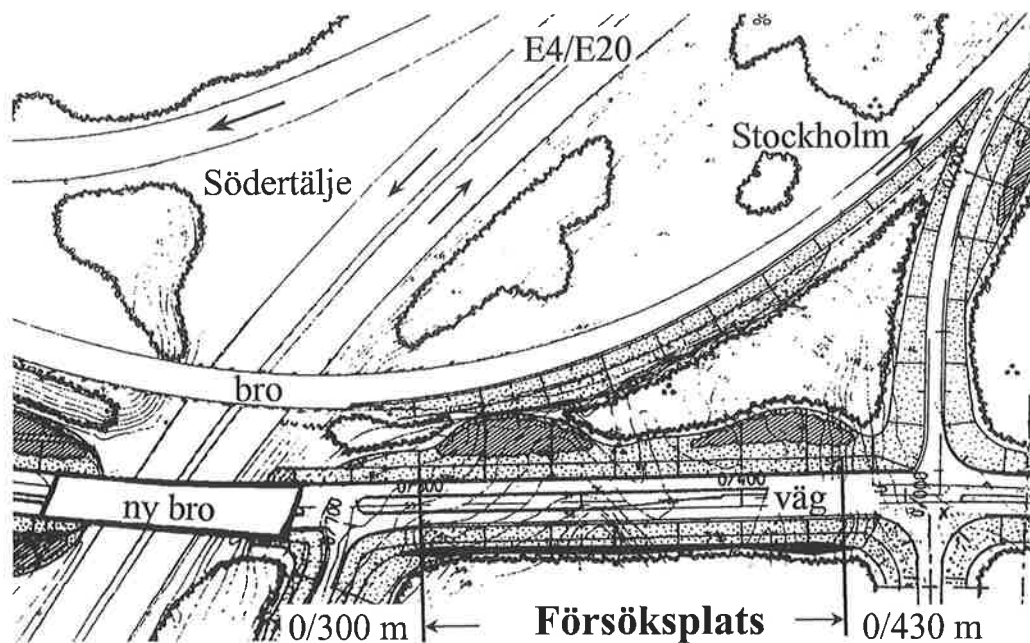
Storhet	Krav
- slitsplacering relativt borrhålsbotten	$< \emptyset/4$
- slitsplacering relativt teoretisk bottenhöjd	$< \pm \emptyset$
- slitsdjup	$> \emptyset$

Vi var följaktligen angelägna att ha borrhålsavvikelserna under kontroll. Samtidigt framförde S-O Båvik (1998) värdet av att ta reda på hur bra normal borrning kan göras. Ett bra försöksunderlag för detta saknas. Därför bestämdes under planeringen av Södertäljeförsöken att lägga ner mer resurser på borrningen än EU-projektet i sig motiveerade. Omfattande mätningar gjordes. Dessa mätningar och utvärderingen av dem har till övervägande del betalats av SveBeFo:s forskningsprogram.

För att borrningen skulle bli så bra som möjligt bestämdes att borrarerna inte skulle betalas per bormeter och

- att de viktigaste borrhålen i konturen och den första hjälpparraden skulle sättas ut och numreras individuellt,
- att borrarerna skulle ha ett protokoll där önskat hålnummer och hållängd angetts,
- att alla borrhål skulle lodas under borrningen och för grunda hål göras djupare,
- att påhuggspunkternas lägen och pipornas riktning vid påhugg skulle mätas och
- att kvarstående pipor i slänten och synliga slitsar skulle mätas in.

I syfte att kvantifiera släntytans ojämnhet och för att om möjligt kunna separera effekten av borrning och sprängning på ytans utseende gjordes också inmätning av hela slänten med totalstation i ett kvadratisk mönster med sidan 0,2·0,2 m. Dessa data kom på grund av resursbrist inte att utvärderas helt och finns därför bara till liten del med i rapporten.



Figur 3: Försöksplatsen, södra slänten i vägsärning mellan 0/300 till 0/430 m.

2.2 Försöksplats

Försöksplatsen visas i Figur 3 ovan. Vägskärningen ligger öster om E4/E20 och går i nästan öst-västlig riktning. Området hade utmejslats kraftigt av inlandsisen vilket givit upphov till flacka slag eller bankningsplan som stupar 15-20° mot N och har stora skollor ovanpå, se Figur 4.



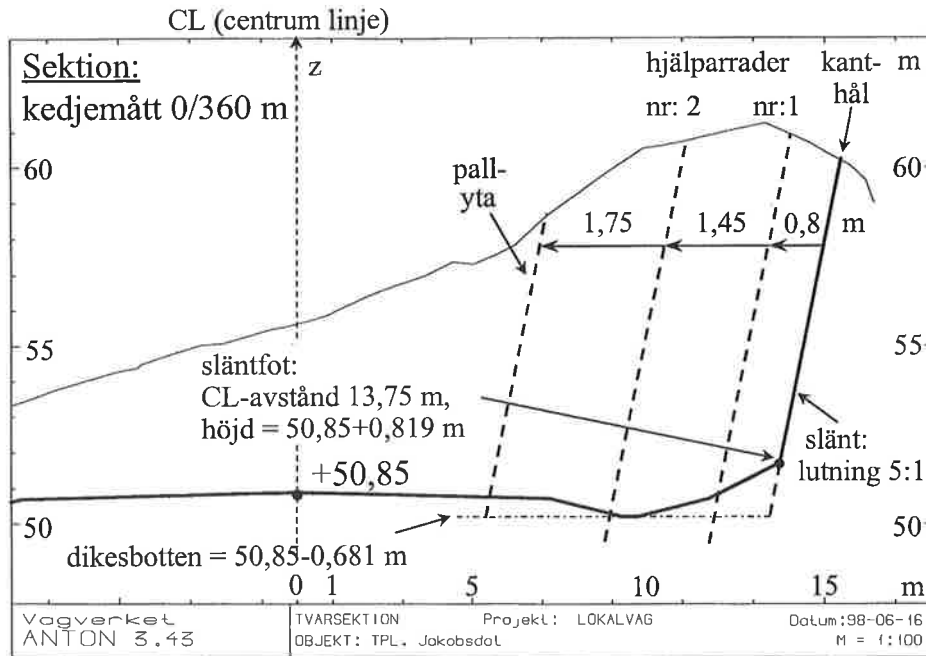
Figur 4: Avtäckt bergyta på försöksplatsens västra sida, vy mot väster.

Berget består av en frisk grå medelkornig gnejs, ställvis biotitrik men relativt tät. Mindre sliror av pegmatit förekommer liksom kalcit på en del sprickplan. Gnejsens strykning är ca 315° och dess stupning mestadels nära vertikal. Två huvudsprickriktningar observerades utöver bankningsplanen, en nära vertikal som stryker mot NNV och en som stupar 60° och stryker mot SV. Vissa större slag följer dessa riktningar.

Arbetet planerades så att de inre livhålen och den norra slänten hade skjutits ut innan försöken började. Livet sköts i 6 salvor under sommaren 1998. Enligt planen skulle det stå kvar ca 4 m berg framför skärningens södra vägg. Väggen var, utom i ett par lägre partier, 5-12 m hög, längden ca 130 m och bergvolymen kan uppskattas till ca 3300 m³. Berget togs ut i två salvor med vardera tre rader med hål, kontur plus 2 hjälpparrader.

För att underlätta arbetet beslöts att använda 0,8 m försättning för alla kanthålen i sömmen samt 1,45 m respektive 1,75 m försättning för hålen i de två raderna med yttre livhål (hjälparrad 1 och 2). Hålavstånden skulle i stället regleras så att lämplig specifik laddning erhöles. Kanthålens lutning längs hela skärningen bestämdes till 5:1 eller 11,31° efter en diskussion med beställaren. Ett tvärsnitt genom vägen visas i Figur 5.

För våra sprängförsök delades hela försökssträckan, som ligger mellan sektionerna 0/301 och 0/429 m, in i 13 provsträckor med olika kombinationer av håldiameter, slit-sar, hålavstånd, laddning och upptändningssätt, se Figur 6. En första uppdelning i sträcka 1 till 13 gjordes efter en okulär bedömning av bergkvalitén. Sträcka 8, som var kraftigt vittrad, föll sedan bort till största delen och ett parti innan sträcka 1, som vi kallat sträcka 0, tillkom. Sträckvis statistik för alla håldata ges i denna rapport.



Figur 5: Tvärsnitt genom vägen med kanthål och hjälpparrader

2.3 Beställarens krav och arbetets utförande

Beställarens krav: I kompletterande anvisningar till ATB angav beställaren följande krav för bergskärningar:

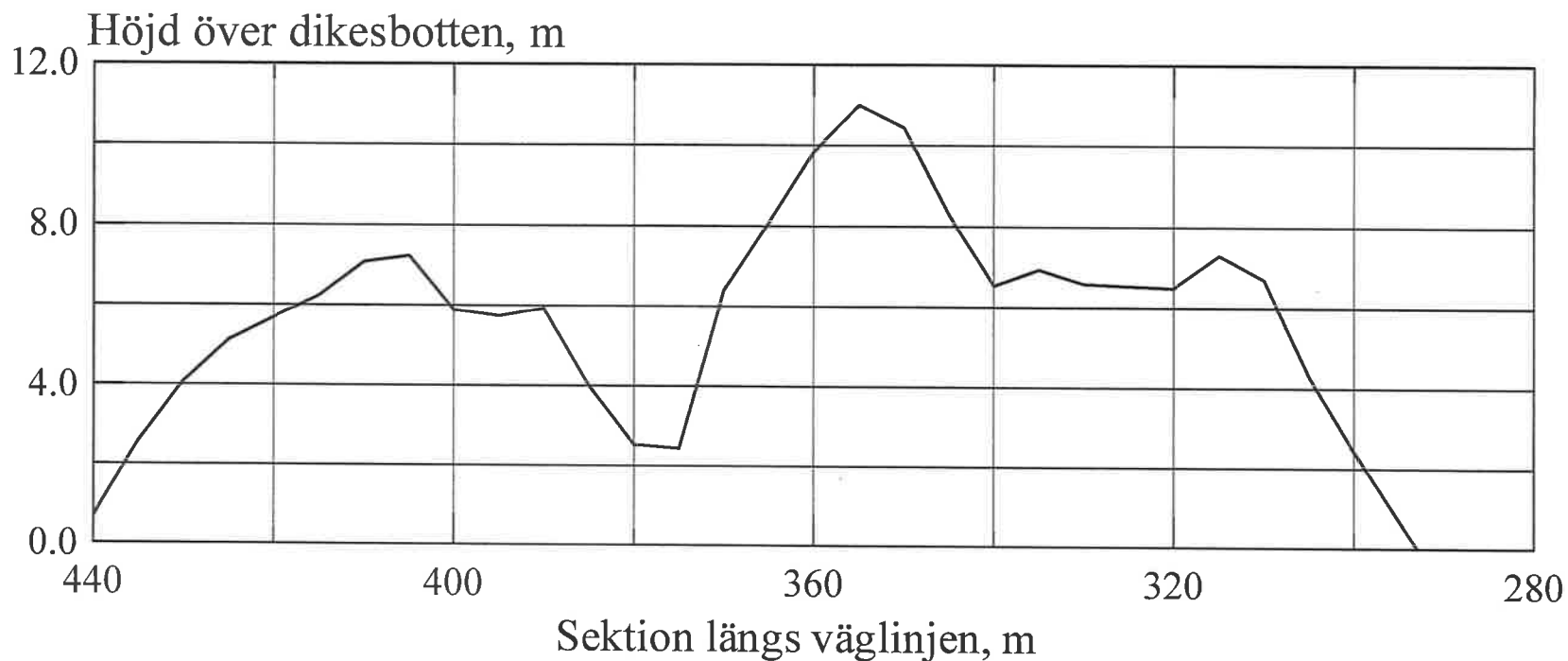
- max. skadezonsdjup 0,3 m i väggar och 1,1 m i bottnar
- hålavstånd max. 0,5 m
- borrhningstolerans 1, enligt MarkAMA 83, kapitel B6
- bergrensningsklass 1, enligt MarkAMA 83, kapitel B6.

Vidare angavs att 'entreprenören skall utarbeta förslag för slutlig utformning av bergskärningar för att uppnå låg underhållskostnad', vilket stämde väl med EU-projektets syfte för SveBeFo:s del.

Efter diskussioner med beställaren kom vi överens om att vi fick använda 0,8 m hålavstånd i konturen.

Utsättning: Hålen i konturen och första hjälpparraden sattes ut individuellt med hjälp av totalstation, Leica TCA 1100 laserteodolit och prismastavar. Utsättningen gjordes med en nominell noggrannhet om bättre än 1 cm. Utsättningsfelet kan därför antas vara näst intill försumbart. Ansättnings- eller påhuggspunkterna markerades med sprayfärg i form av ett kors plus ett nummer som angav sträcka och hålnummer, t.ex. 6-09.

Utsättningen utgick från hålavståndet 0,8 m i konturen, utom sträcka 12 där planerat hålavstånd var 1,2 m då hålen hade längsgående slitsar. I första hjälpparraden var teoretiskt hålavstånd 1,05 m. Hålen i den andra hjälpparraden sattes ut från en hjälplinje på berget som målats 1,45 m framför den första hjälpparraden. För dragning av hjälplinjen användes tumstock liksom för utplacering av de enskilda hålen med avståndet 1,05 m.



	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	<i>Provsträckor</i>
P = PETN	P	±0	±0	±0	±0	ramp	±6	P	P	P	P	P	±0	<i>Kontur, kanthål</i>
U = Unidet	±0	U	U	±0	±0		U	U	U	U	U	U	U	<i>Hjälparrad 1</i>
Unidet i alla														<i>Hjälparrad 2</i>
±0 =elektronik	<i>bottenslitsar</i>		<i>1 - Vånga - 2</i>				<i>referens</i>		<i>bottenslitsar</i>					
	<i>+längsgående i 12</i>													

Figur 6: Försökssträckans höjdprofil samt indelning i provsträckor med olika kontursprängningsteknik.

I sträcka 0 gjordes ingen utsättning med totalstation då den tillkom efteråt. Den sattes ut för hand eller med korg- och fluktmetoden (Vägverket, 1991) och under tidspress.

Borrning: Merparten av borrhningen gjordes av med en Atlas Copco ROC 612HC-01 borrhigg med vikbom och en COP 1238 bormaskin med T38 borrhsträng och Uniroc Re-trac-kronor. De flesta hålen hade en nominell diameter om \varnothing 64 mm, utom kontur- eller kanthålen i sträckorna 7-9 som var \varnothing 51 mm och borrhades med en annan borrhsträng.

Riggen var väl använd och utrustad med ett instrument EAS 700, för inställning av matarens vinkel från lodlinjen, tippvinkeln, men inte med hållängdsmätare eller instrument för matarens svängvinkel. Ingen styrutrustning användes i borrhsträngen. Pallens ovanyta var bitvis ganska kuperad och ojämn, se Figur 7.



Figur 7: Borrning längs provsträcka 3.

En del hål i främst andra hjälpparraden i salva 1 borrhades av en annan borrhare med en likadan borrhigg.

Borrharen fick ett protokoll med angiven längd för varje hål. Längden baserades på inmätt påhuggspunkt, vägens dikesbotten, se Figur 5, samt planerad underborrning. För beräkningen användes utsättningsprogrammets angivelse av Δz -höjd, se ekvation 12 nedan. Programmet fanns lagrat i en handhållen Husky PC som var direkt ansluten till totalstationen.

Alla hål med bottenslitsar skulle nominellt borrh till dikesbotten. Konturhål utan bottenslitsar gavs underborrningen 0,3 m. Hålen i första hjälpparraden gavs underborrningen 0,8 m. Planerade borrhnings- och laddningsdata för varje provsträcka ges i Tabell 3.

Totalt borrhades 2550 m hål. De 144 kant-hålen hade en sammanlagd längd av 1010 m, varav 175 m för de 26 hålen med \varnothing 51 mm. De 113 hålen i den första hjälpparraden svarade för 830 m. Hålproduktionen var i medel 150 m per 8 timmars skift. Den specifika borrhningen blev ca $0,75 \text{ bm/m}^3$.

Hållängden mättes med stålmåttband och protokollfördes, se Figur 8. Om hålen var mer än 15-20 cm för korta borrhades de om. Detta skedde i enstaka fall.

Mätning av påhuggspunkt och hållriktning: Dessa mätningar gjordes också med en totalstation, Leica TC 1100 med prismastav. För inmätning av påhuggspunkten placerades ett plastlock med ett litet hål i borrhålsmyrningen. Stavens spets placerades sedan i det lilla hålet och positionen registrerades med instrumentet.

Tabell 3: Detaljerade försöksdata uppdelat på provsträckor.

Provsträcka	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	
Salva	2	2	2	2	2	ramp	1	1	1	1	1	1	1	1	
Sektion 0/...	429,4	423	411	403	395	387	374,4	364	352	340,8	331,2	322,4	316,8	306,4	300,8
-längd, m	6,4	12	8	8	8	13	10,4	12	11,2	9,6	8,8	5,6	10,4	5,6	
-provtyp	ny idé	avstånd	grund 1b	EPD i H1	Vå 1		Vå 2	referens	referens	PETN-init.	PETN-init.	PETN-init.	grund 1a	referens	
-berg	dåligt	bra	bra	bra	bra	-	bra	bra	bra-vittrat	vittrat	vittrat	bra	bra	bra	
-bottenslitsar	H1	+längs	ja	ja	-	-	-	-	-	ja	ja	ja	ja	-	

Kanthål Försättning 0,8 m och avladdning 1,0 m

-antal hål	9	10	10	10	10	4	13	15	14	12	11	7	13	7
-håldiameter, mm	64	64	64	64	51	51	51	64	64	64	64	64	64	64
-hålavstånd, m	0,8	1,2	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
-underborring, m	0,3	0	0	0	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0	0	0	0	0,3
-pipladdning	Gu 22	Gu 22	Gu 22	Gu 22	Gu 17	Gu 17	Gu 17	Gu 17	80 g/m	Gu 22	Gu 22	Gu 22	Gu 22	80 g/m
-bottenladdning	NP32	NP17	NP17	NP17	NP17	NP17	NP32	½Dx43	½Dx43	NP17	NP17	NP17	NP17	½Dx43
-upptändning	10 g/m	EPD±0	EPD±0	EPD±0	EPD±0	EPD±0	EPD±6	10 g/m	10 g/m	10 g/m	10 g/m	10 g/m	EPD±0	10 g/m

Hjälparrad 1 (H1) Försättning 1,45 m och förladdning 1,5 m

-antal hål	6	12	7	8	7	4	8	12	10	9	9	5	10	6
-håldiameter, mm	64	64	64	64	64	-	64	64	64	64	64	64	64	64
-hålavstånd, m	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
-underborring, m	0	0,8	0,8	0,8	0,8	-	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
-pipladdning	Em25	Em25	Em25	Em25	Em25	-	Em25	Em25	Em25	Em25	Em25	Em25	Em25	Em25
-bottenladdning	NP22	½Dx43	½Dx43	½Dx43	½Dx43	-	½Dx43	½Dx43	½Dx43	½Dx43	½Dx43	½Dx43	½Dx43	½Dx43
-upptändning	EPD±0	Unidet	Unidet	EPD±0	EPD±0	-	Unidet	Unidet	Unidet	Unidet	Unidet	Unidet	Unidet	Unidet

Hjälparrad 2 Försättning 1,75 m och förladdning 1,5 m. Enstaka hålläge ändrat m.h.t. avstånd till pallfront

-antal hål	0	10	7	8	8	0	4	9	11	8	9	5	6	4
-håldiameter, mm	64	64	64	64	64	-	64	64	64	64	64	64	64	64
-hålavstånd, m	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
-underborring, m	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	-	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
-pipladdning	Em25	Em25	Em25	Em25	Em25	-	Em25	Em25	Em25	Em25	Em25	Em25	Em25	Em25
-bottenladdning	½Dx43	½Dx43	½Dx43	½Dx43	½Dx43	-	½Dx43	½Dx43	½Dx43	½Dx43	½Dx43	½Dx43	½Dx43	½Dx43
-upptändning	Unidet	Unidet	Unidet	Unidet	Unidet	-	Unidet	Unidet	Unidet	Unidet	Unidet	Unidet	Unidet	Unidet

SKÄRNINGEN I JAKOBSDAL, 98-09-08
Sömmen, hålavstånd 0,8 m och försättning 0,8 m

Sträcka	Längd-	Borrad	Önskad	Sträcka	Längd-	Önskad	Verklig
-hål	sektion	längd	längd	-hål	sektion	längd	längd
nr	0/m	m	m	nr	0/m	m	2 m
7-13	373,6	6,16		5-08	346,4	8,46	8,32
7-12	372,8	6,36		5-07	345,6	7,91	7,85
7-11	372,0	6,43		5-06	344,8	7,77	7,74
7-10	371,2	6,66		5-05	344,0	7,53	7,45
7-09	370,4	6,96		5-04	343,2	7,36	7,40
7-08	369,6	6,90		5-03	342,4	7,21	7,21
7-07	368,8	6,73		5-02	341,6	6,63	6,60
7-06	368,0	6,97		5-01	340,8	6,37	6,40
7-05	367,2	7,39					27,39
7-04	366,4	8,00					73,31
7-03	365,6	8,31					28,29
7-02	364,8	8,71					27,2
7-01	364,0	9,10					117,60
6-15	363,2	10,19	10,0				4,77
6-14	362,4	9,76	9,90				4,98
6-13	361,6	9,86	9,70				5,40
6-12	360,8	10,23	9,90				126,72
6-11	360,0	10,38	10,42				
6-10	359,2	10,64	10,52				
6-09	358,4	10,97	10,80				
6-08	357,6	11,26	11,20				
6-07	356,8	11,47	11,62				
6-06	356,0	11,83	11,90				
6-05	355,2	11,21	11,80				
6-04	354,4	11,82	11,84				
6-03	353,6	12,02	12,12				
6-02	352,8	11,85	12,00				
6-01	352,0	11,30	11,30				
5-14	351,2	11,24	11,30				
5-13	350,4	11,07	11,07				
5-12	349,6	10,88	10,89				
5-11	348,8	9,27	9,39				
5-10	348,0	9,36	9,40				
5-09	347,2	8,51	8,55				27,34
						Bormeter, totalt	380,0

Utsöisao
mät 18,9

mkt ration

29

Figur 8: Protokoll med önskad och lodad hållängd.

avsnitt 4.2. Skälet var att vi räknade med att de flesta halvpiporna i konturen skulle stå kvar efter sprängningen och kunna användas för att beräkna påhuggsriktningen.

Inmätning av hålbotten och halvpipor: Även dessa mättes in med hjälp av en totalstation, Leica TC 1100. Hålbottnarnas lägen mättes in med hjälp av en prismastav. I de allra flesta fall syntes de efter utlastningen. Av de 73 kanthålen med bottenslits hade t.ex. 8 inte brutit helt ner till botten. För många av dem kunde hålet grävas rent från krossat berg och staven placeras i hålbotten. Det gick även att göra för flera av de kanthålen utan bottenslits som inte brutit loss berget helt ner till hålbotten. När gadden blev för stor kunde staven inte placeras i hålbotten. Det noterades. Likaledes hade i några fall sprickor och slag gjort att hålbottarna försvunnit helt.

För inmätning av halvpiporna utnyttjades laserstrålens reflex direkt mot berget. Teodoliten riktades in mot halvpipans botten och ett antal punkter med någon meters avstånd registrerades för varje pipa, från krönet ner till lägsta mätbara punkt längs pipan.

Inmätning av bergytan: Även dessa mätningar gjordes med hjälp av en Leica TC 1100 med ny programvara som tillät stationen att automatiskt svepa över ett i förväg inställt område med angiven noggrannhet. Mätpunkterna ligger i ett rutnät med storleken 0,2·0,2 m. Avsikten var att kunna ge ett mått på slätens ojämnheter efter sprängning och att kunna relatera denna till använd kontursprängningsteknik sedan borrhårens inverkan rensats bort. Tiden medgav inte mer än en mycket ytlig analys av dessa data.

Direkt efter denna mätning placerades ett plaströr i hålmynningen. En borrhålsplugg användes som muff för att styra upp röret när det tryckts ner en bit i hålet tills det slutade vicka. I rörets yttre ända sattes sedan plastlocket och dess läge mättes.

Två olika plaströr användes, ett för Ø 64 mm hålen och ett för dem med Ø 51 mm. Avståndet mellan rörets yttre ändyta och hålmynningen var i medel 1,1 m och 0,75 m för respektive håldiameter.

Noggrannheten i denna mätning bestäms av hur väl plaströret styrs upp. Detta kommenteras vidare nedan. Någon särskild vinkelmätutrustning användes ej även om denna skulle givit noggrannare vinkelvärden. Se

2.4 Sprängningsresultaten.

Bilder av sprängningsresultaten visas i Figur 9-14. I Figur 11 jämförs bl.a. lägsta mätbara punkt längs hålet med teoretisk dikesbotten. Sträckorna 5-7 mellan 0/340,8 m och 0/374,4 m och sträcka 9 mellan 0/387 m och 0/395 m, alla med 0,3 m underborring syns tydligt. Figur 11 visar att lossbrytningen fungerat väl, sånär som på enstaka gaddar. Dessa har sin förklaring (Ouchterlony, Olsson och Båvik, 1999 & 2000).



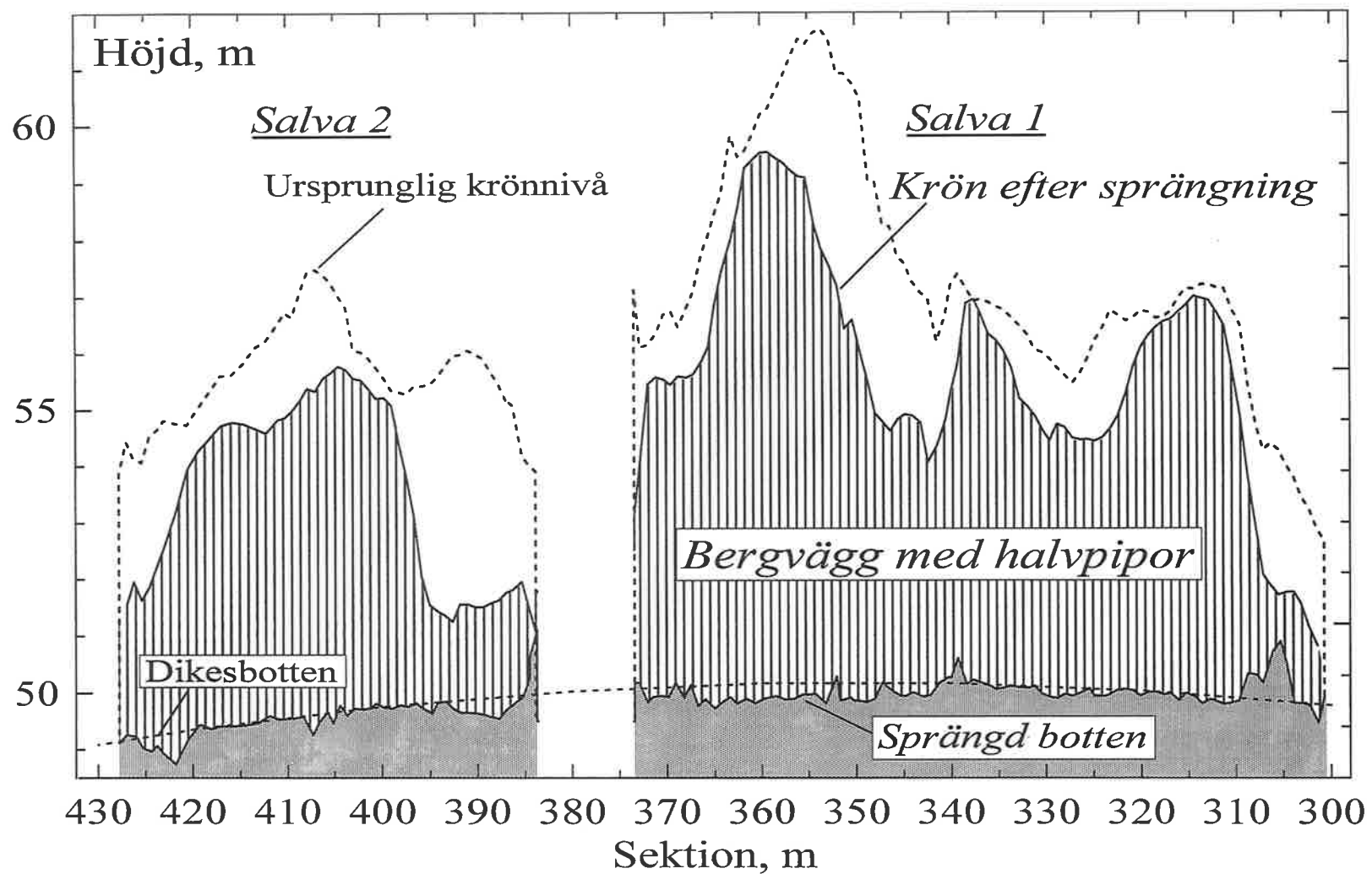
Figur 9: Foto av bergväggen längs sträckorna 3-0 (vänster till höger) efter sprängning.



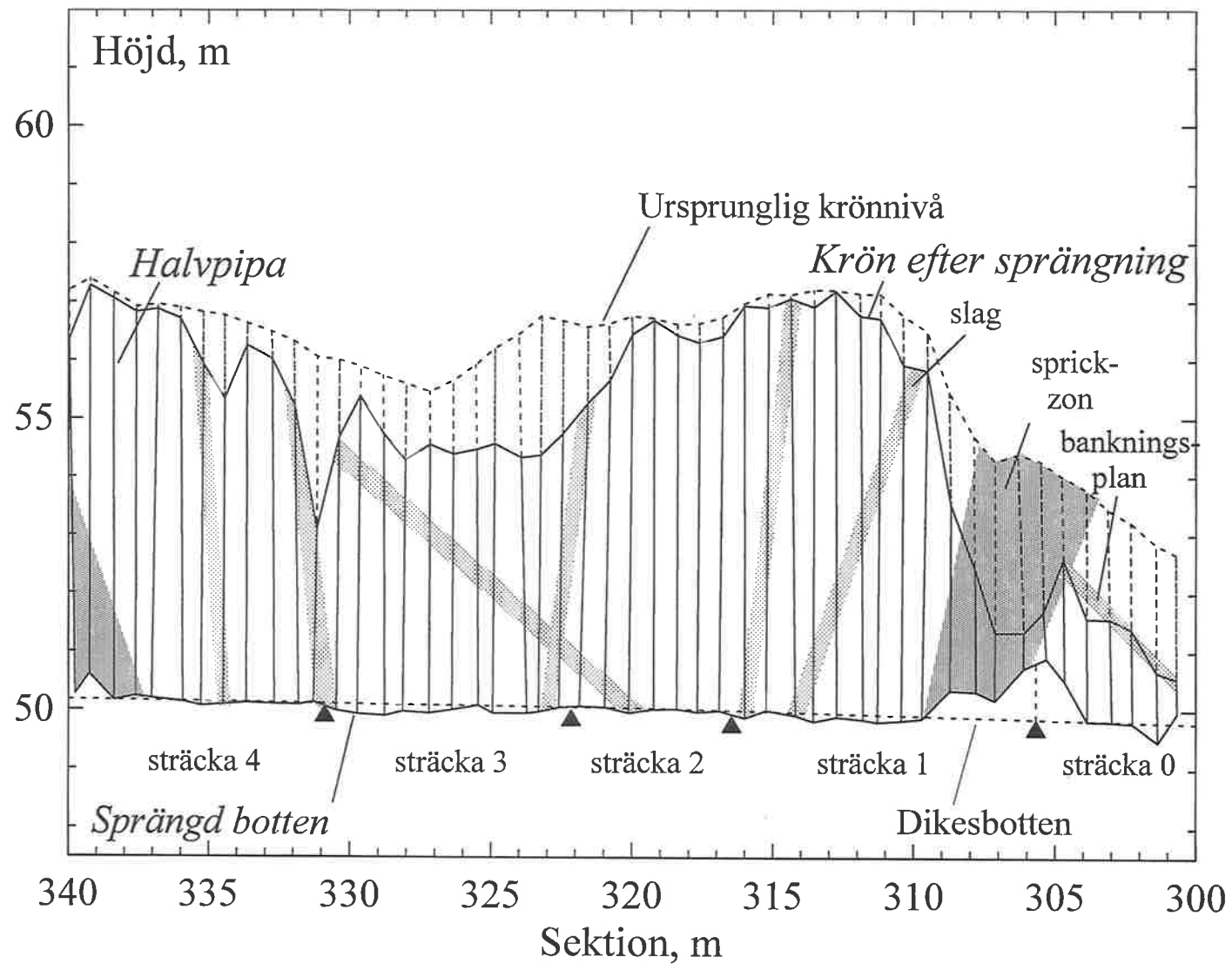
Figur 10: Foto av väggen längs sträckorna 13-9 (vänster till höger) efter sprängning

Likaledes syns i Figur 11 hur stor del av pallkrönet som försvunnit efter den rensning som gjorde efter sprängningen. Krönförlusterna bestäms till stor del av skollor och andra slag. De är inte ett mått på hur bra sprängningarna utförts, kanthålen hade t.ex. alla en avladdning om 1,5 m.

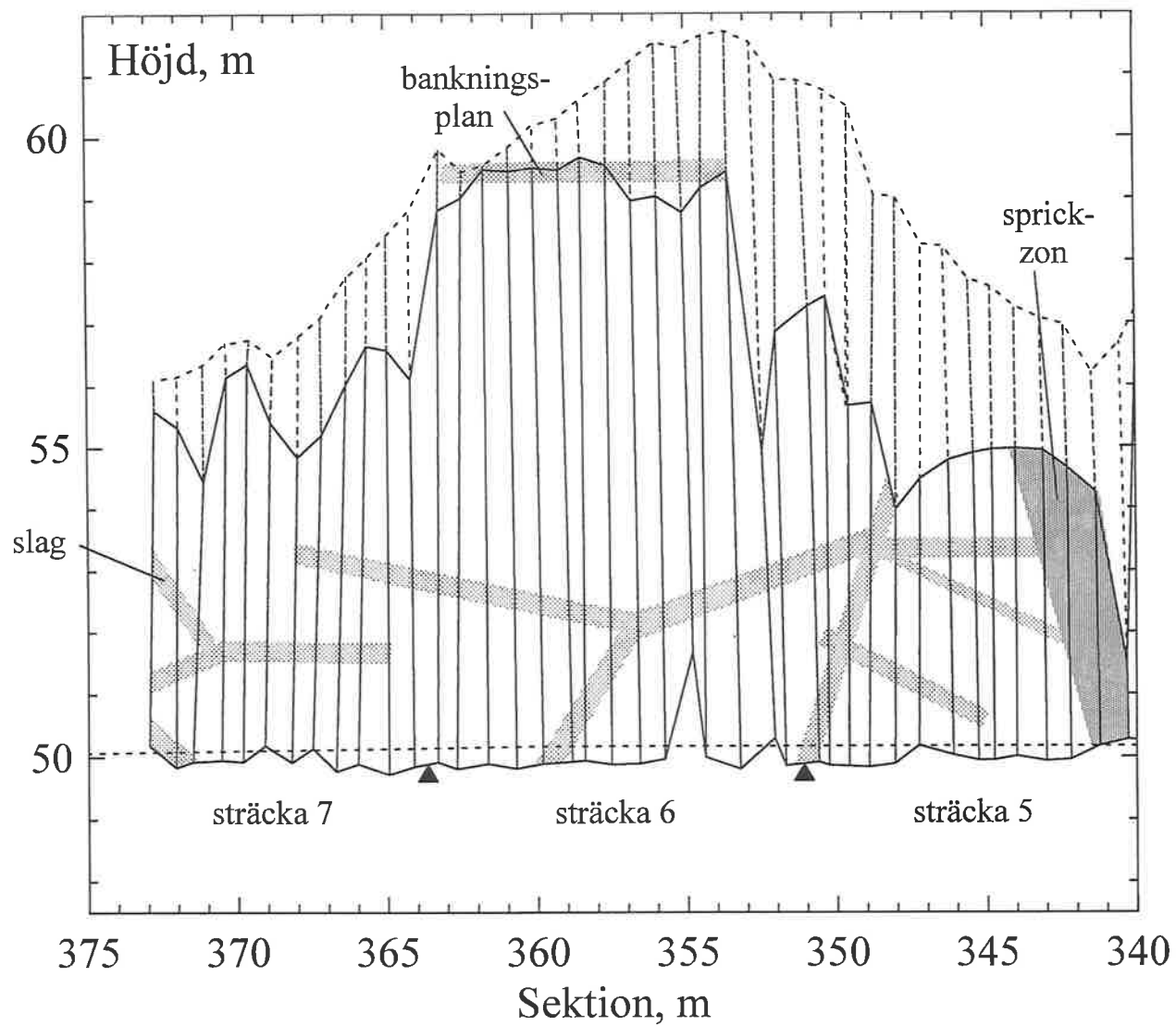
I Figur 12-14 har halvpipornas lägen ritats in som räta linjer mellan mätt påhuggspunkt, mätt krönpunkt efter sprängning och rensning samt lägsta mätbara punkt längs hålet. Upplösningen är tillräckligt god för att de stora hålavvikelserna ska synas.



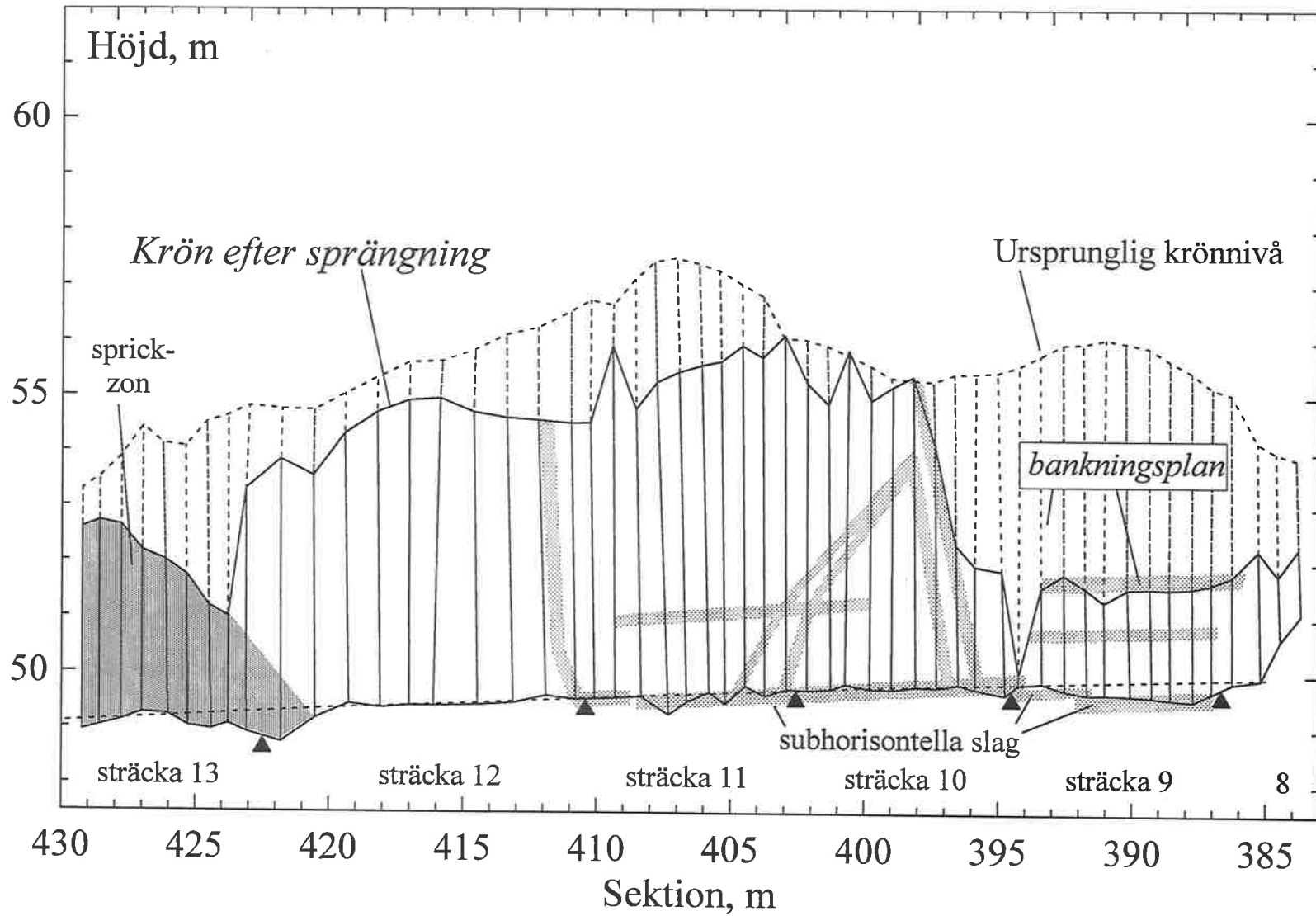
Figur 11: Bergväggen i slänten efter sprängning, sträckorna 13-0 (vänster till höger), med dikesbotten och krönnivåer inlagda.



Figur 12: Bergväggen i slänten längs sträckorna 4-0 med verkliga halvpipelägen, krön- och bottennivåer samt slag etc.



Figur 13: Bergväggen i slänten längs sträckorna 7-5 med verkliga halvpipelägen, krön- och bottennivåer samt slag etc.

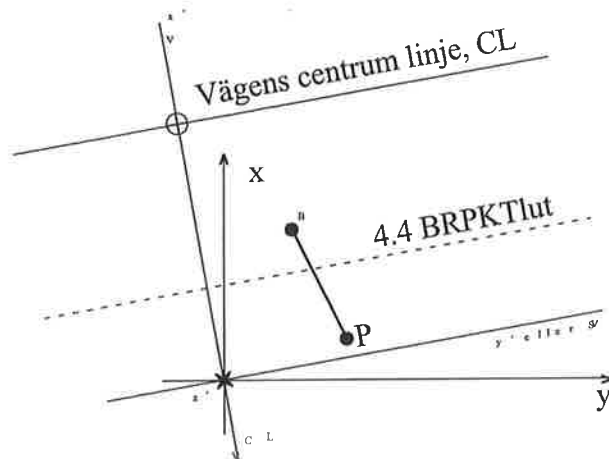


Figur 14: Bergväggen i slänten längs sträckorna 13-8 med verkliga halvpipelägen, krön- och bottennivåer samt slag etc.

3 MÄTRESULTAT

3.1 Definition av storheter

I detta kapitel definieras använda storheter i avsnitt 3.1 och mätdata i avsnitt 3.2 i sådan detalj att läsaren i princip kan följa beräkningarna hål för hål. Den som är förtrogen med definitionerna och beräkningarna och endast vill ha en översiktlig bild av resultaten kan fortsätta läsningen i kapitel 4, sidan 27, efter ett studium av figurena 16 och 19.



Om något blir oklart då kan läsaren gå tillbaka till sid. 26-27 där storheterna i bilagorna ges och definierande ekvationer i avsnitt 3.1 ges.

Vägsträckningen i Figur 3 är rak, men som Figur 11-14 visar varierar vägytans läge i höjddled. Sträckningen går $2,609984^\circ$ N från rakt östlig. Koordinatsystemet (x,y,z) i utsättningen definierar y-axeln som rakt i ost, x-axeln som rakt i nord och z som vertikal uppåt. Detta system är ett vänstersystem.

Figur 15: Definition av koordinatsystem.

Vid räkningarna har använts 2 lokala koordinatsystem, dels (x', y', z') och $(CL, \text{kedjemått}, z')$. Se Figur 15. Det första ges av systemet (x,y,z) som roterats med vinkeln $\varphi = 2,609984^\circ$ eller $0,045553$ radianer runt z-axeln så att y' ligger i vägens sträckning och x' vinkelrätt däremot. Av x' - och y' -värdena har bara de siffror som varierar behållits. Koordinatsystemet är alltså ett relativt vänstersystem. I nedanstående räkningar har inte z-koordinaten transformerats. Alltså gäller

$$z' \equiv z. \quad (1)$$

I det andra systemet är CL en punkts avstånd till vägens centrumlinje (CL) och alltså motriktad x' . Se Figur 15. Kedjemåttet eller sektionen $S = 0/nnn$ sammanfaller med y' så när som på en konstant. Det är således ett relativt högersystem. De flesta mätpunkters läge redovisas i denna rapport som taltrippeln (CL, S, z) uttryckt i m.

I utsättningsprogrammet kallas väggens eller släntens fot i sektionen för den färdiga vägen för 4.4 BRPKTlut och dess koordinater ges relativt vägens centrumlinje av

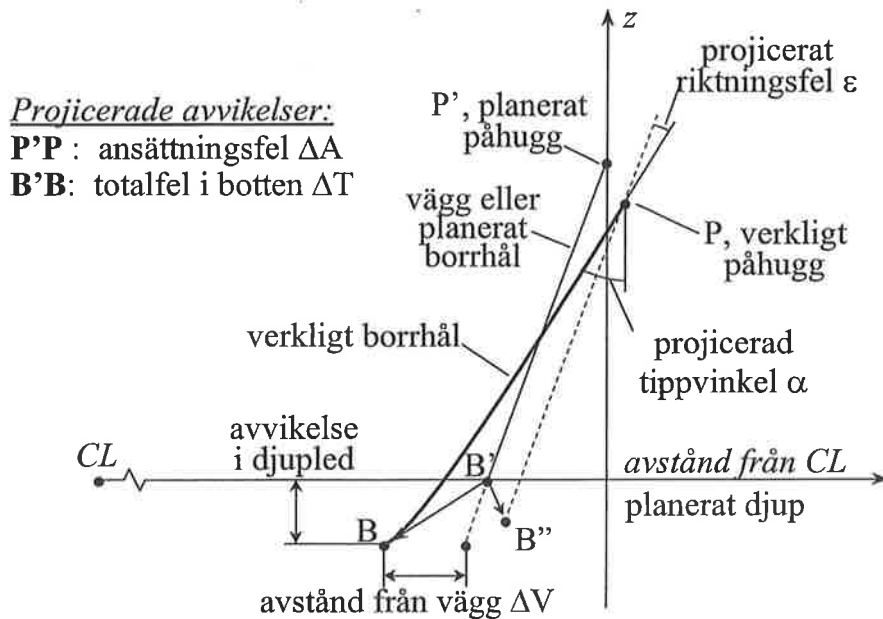
$$CL = 13,75 \text{ m och } \Delta z = +0,819 \text{ m.} \quad (2)$$

Se Figur 5. Dikesbotten ges på liknande sätt av punkterna 4.1 och 4.2 med CL inom intervallet 9.25-9.75 m och $\Delta z = -0,681$ m. Höjdskillnaden mellan släntfot och dikesbotten är $0,819+0,681 = 1,5$ m.

Volymen mellan dikesbotten och slänt utgörs av fyllnadsmassor. Vi utsprängningen borrades enligt ovan kanthålen ner till dikesbottens nivå. Denna punkts läge ges, eftersom borrhålen lutar 5:1, av

$$CL = 13,75 - (0,819 + 0,681)/5 = 13,45 \text{ m och } \Delta z = -0,681 \text{ m.} \quad (3)$$

Med utgångspunkt från Figur 1 och 16-18 definieras ett antal storheter. De första storheterna har sprängtekniskt intresse, de senare storheterna är mer direkt relaterade till det vanliga sättet att ange felborrningens komponenter.



Figur 16: Vertikalprojektion vinkelrätt slänten med borrhål och termer.

Låt P i Figur 1 och 16 ange den verkliga eller mätta påhuggspunkten och index P motsvarande koordinater. P'_{tk} anger på samma sätt den teoretiska eller planerade påhuggspunkten liksom B anger den mätta bottenpunkten och B'_{tk} den planerade. I vår undersökning, där utsättningen gjordes med totalstation, så kan vi försumma utsättningsfelet varför P'_{tk} sammanfaller med P' och B'_{tk} med B'. I fortsättningen kommer P' och B' därför lite slarvigt att kallas de planerade påhuggs- respektive bottenpunkterna.

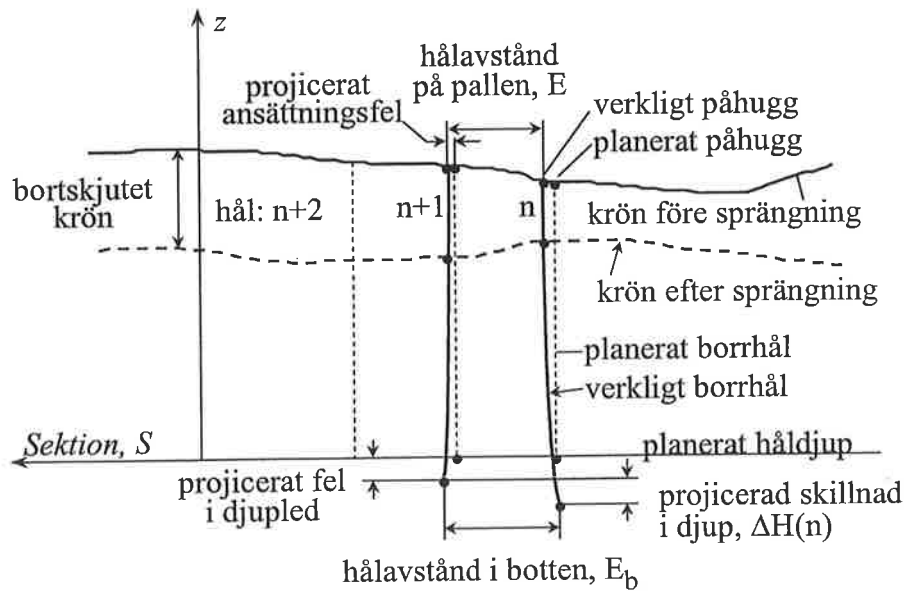
Den planerade bottenpunktens koordinater ges av ekvation 2 om underborrningen U i z-led är noll. Annars gäller

$$CL_{B'} = 13,45 - U/5 \text{ och } \Delta z_{B'} = -0,681 - U \quad (4)$$

Låt F ange släntfoten vars koordinater ges av ekvation 2. Låt ett andra index n ange numret i en håll serie som i Figur 17.

Hållavståndet på pallan E; definieras i Figur 17 som skillnaden i sektionsvärde för två grannhåls påhuggspunkter på pallens yta. E beräknas direkt ur mätdata för både kant- och hjälparhål.

$$E(n) = S_{P,n+1} - S_{P,n} \quad (5)$$



Figur 17: Vertikalprojektion av vägg med borrhål och definition av termer.

Hållängd vid botten E_b ; definieras i Figur 17 som skillnaden i sektionsvärde för två grannhål. För kanthålen beräknas E_b ur mätdata. För hjälparraderna uppskattas E_b ur läges- och riktningssdata för påhuggspunkterna. För kanthålen kan dessa beräkningssätt jämföras för att ge en uppfattning om osäkerheten i hålriktningsmätningarna. För kanthålen ges E_b av

$$E_b(n) = S_{B,n+1} - S_{B,n} \quad (6)$$

Hålbottens avstånd från väggen ΔV ; definieras som skillnaden i CL-värde mellan hålbotten och en linje längs den planerade väggen. Se Figur 16. Då följer att

$$\Delta V = CL_B - CL_{B'} - (z_{B'} - z_B)/5. \quad (7)$$

Lika gärna som absolutvärdena för z kan skillnaden Δz relativt en referenspunkt användas.

Håldjupet H ; definieras som skillnaden i z -värde mellan de mätta påhuggs- och bottenpunkterna. Se Figur 16. Dvs.

$$H = z_P - z_B \quad (8)$$

Skillnad i djup mellan närliggande hål ΔH ; definieras i Figur 17 som skillnad i z -värde mellan botten hos två grannhål och ges av

$$\Delta H(n) = z_{B,n+1} - z_{B,n} \quad (9)$$

Planerad hållängd L'; definieras i Figur 16 som avståndet mellan de planerade påhuggs- och bottenpunkterna för hålet, alltså

$$L' = \sqrt{[(CL_{P'} - CL_{B'})^2 + (S_{P'} - S_{B'})^2 + (Z_{P'} - Z_{B'})^2]}. \quad (10)$$

En alternativ definition baseras på Δz -värdet relativt släntfoten B'' som är utdata från utsättningsprogrammet. Sätt

$$\Delta z^{BR} = Z_{P'} - Z_{B''}. \quad (11)$$

Då följer att hållängden också kan skrivas

$$L' = (\Delta z^{BR} + 1,5 + \text{underborring}) \cdot \sqrt{26/5}. \quad (12)$$

Verklig hållängd L; definieras i Figur 16 som kortaste avståndet mellan påhuggs- och bottenpunkterna för hålet, alltså

$$L = \sqrt{[(CL_P - CL_B)^2 + (S_P - S_B)^2 + (Z_P - Z_B)^2]}. \quad (13)$$

Så länge som hålböjningen är liten kommer denna approximation att vara tillräckligt bra.

Hållängdsfelet ΔL ; definieras följdriktigt som

$$\Delta L = L - L'. \quad (14)$$

Ansättningsfelet ΔA ; definieras i denna rapport som avståndet mellan mätt och planerad påhuggspunkt i horisontalplanet. Det ges av

$$\Delta A = \sqrt{[(CL_P - CL_{P'})^2 + (S_P - S_{P'})^2]}. \quad (15)$$

Bidraget från skillnaden i punkternas höjd z är i de flesta fall försumbart eftersom pallytan oftast var relativt plan.

Totalfelet i botten ΔT ; definieras som avståndet mellan mätta och planerade lägen för hålbottenarna, B respektive B' i Figur 16. Det ges av

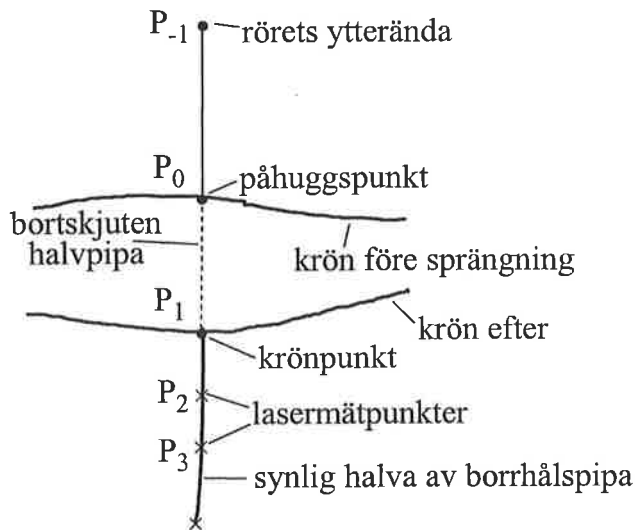
$$\Delta T = \sqrt{[(CL_B - CL_{B'})^2 + (S_B - S_{B'})^2 + (Z_B - Z_{B'})^2]}. \quad (16)$$

För en uppdelning av totalfelet i sina komponenter

- ansättningsfelet där ekvation 15 ger det ungefärliga beloppet ΔA ,
 - ett vinkelfelbidrag som ges av inriktningsfelet och hållängden L för vilken ekvation 13 ger storleken och
 - böjningsfelet,
- behöver några vinkelkomponenter definieras.

För att relatera vinkelkomponenterna till mätningarna görs en indelning enligt Figur 18.

- $P_0 \equiv P$ är den verkliga eller mätta påhuggspunkten,
- P_{-1} är det mätta läget för rörets ytterända,
- P_1 är det mätta läget för halvpipans på krönet efter sprängning och rensning inklusive en korrektion i CL för hålets radie,
- P_2 är nästa korrigerade mätpunkt i halvpipans läge osv.



Figur 18: Definition av punkter relaterade till mätningen av borrhålsriktningen.

Avstånden mellan ett par närliggande mätpunkter eller hålsegment ges av

$$\Delta R_m = \sqrt{[(CL_{P_m} - CL_{P_{m-1}})^2 + (S_{P_m} - S_{P_{m-1}})^2 + (z_{P_m} - z_{P_{m-1}})^2]}. \quad (17)$$

Där $m = 0$ ger avståndet mellan påhuggspunkten och rörets ytterända, $m = 1$ ger avståndet mellan påhuggspunkten och krönet samt $m = 2$ ger avståndet mellan de två första mätpunkterna i halvpipans osv. Motsvarande projicerade avstånd i ett horisontalplan ges av

$$\Delta r_m = \sqrt{[(CL_{P_m} - CL_{P_{m-1}})^2 + (S_{P_m} - S_{P_{m-1}})^2]}. \quad (18)$$

Hålets tippvinkel eller vinkel mot lodlinjen i påhuggspunkten α ; definieras i ett plan som bildas av lodlinjen genom påhuggspunkten och sträckan med beloppet L , den verkliga hållängden i ekvation . α beräknas ur

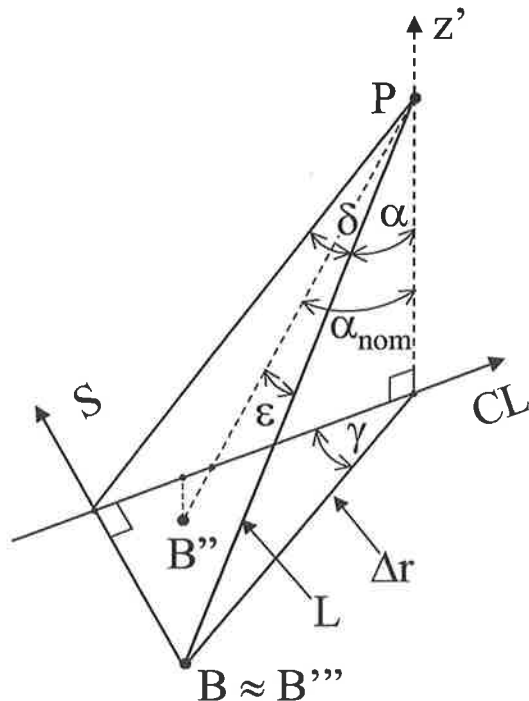
$$\alpha = \sin^{-1}(\Delta r/L) \text{ där } \Delta r = \sqrt{[(CL_P - CL_B)^2 + (S_P - S_B)^2]}. \quad (19)$$

Motsvarande vinkel för ett hålsegment i Figur 18 ges av

$$\alpha_m = \sin^{-1}(\Delta r_m/\Delta R_m). \quad (19')$$

Detta ger den ena vinkelkomponenten, se projektionen i Figur 16. α motsvaras av komplementvinkeln till stupningen och svarar mot matarens tippvinkel.

Värdet på α kan emellertid inte användas för att beräkna inriktningsfelet genom att subtrahera det planerade värdet för lutningen 5:1, dvs. $\alpha_{\text{nom}} = 11,31^\circ$. Skälet är att α och α_{nom} ligger i olika plan. Se Figur 19.



Planet för α definieras av lodlinjen genom den mätta påhuggspunkten och sträckan L, eventuellt förflyttad till påhugget. Planet för α_{nom} definieras av lodlinjen genom påhuggspunkten och linjen eller sträckan P'B' förflyttad till påhuggspunkten. Den senare sträckan har bottenpunkten B'' i Figur 19 och blir alltså sträckan PB''. Den senare ligger i ett plan som är vinkelrätt mot släntens riktning, dvs. i CL-z planet.

Den andra vinkelkomponenten som behövs för att beskriva hålets inriktning kan beskrivas på flera sätt. Se Figur 19. Man kan välja hålets vridningsvinkel runt en lodlinje genom påhuggspunkten och relativt skjutriktningen. Denna pekar tvärs slänten in mot livet, dvs. i negativ CL-led. Vridningsvinkeln eller bäringen svarar mot bommens vridning eller snedställning.

Figur 19: Vinkeldefinitioner

Hålets bäring relativt skjutriktningen γ definieras i ett horisontalplan och ges av vinkeln mellan planet för α och planet för α_{nom} med positiv riktning moturs. Den ges av

$$\gamma = \sin^{-1}[(S_B - S_P)/\Delta r]. \quad (20)$$

Motsvarande vinkel för ett hålsegment i Figur 18 ges av

$$\gamma_m = \sin^{-1}[(S_{P_m} - S_{P_{m-1}})/\Delta r_m]. \quad (20')$$

För korrekt borring så är $\gamma = \gamma_m = 0$. Fördelningen för γ kommer att vara starkt beroende på släntens lutning. Om hålen är vertikala kan man vänta sig γ -värden inom hela intervallet -180° till $+180^\circ$. Ju flackare lutning desto mindre spridning i värdena även om borrningsprecisionen är den samma.

Därför kan, beroende på vad som styrs och mäts på borrvagnen, en väl så intressant storhet vara borrhålets vridnings- eller svängvinkel längs slänten runt en linje genom påhuggspunkten. Denna vinkel svarar mest direkt mot en svängvinkel eller snedställning hos mataren.

Hålets svängvinkel längs slänten δ ; definieras i ett plan som innehåller sträckan PB och stryker längs slänten

$$\delta = \sin^{-1}[\Delta r/L \cdot \sin\gamma] = \sin^{-1}[\sin\alpha \cdot \sin\gamma]. \quad (21)$$

Motsvarande vinkel för ett hålsegment i Figur 18 ges av

$$\delta_m = \sin^{-1}[\Delta r_m / \Delta R_m \cdot \sin\gamma_m] = \sin^{-1}[\sin\alpha_m \cdot \sin\gamma_m]. \quad (21')$$

För korrekt borring så är $\delta = \delta_m = 0$. Fördelningen för δ kommer inte på samma sätt att vara beroende på släntens lutning.

Ingen av dessa storheter leder emellertid direkt till inriktningsfelet ε_0 . Den direkta beräkningen kan t.ex. utgå från definitionen av skalärprodukt mellan två vektorer. Låt sträckan PB definiera en vektor \mathbf{PB}'' med tillhörande belopp och riktning. Låt påhuggsriktningen definiera en annan vektor, t.ex. $\mathbf{P}_{-1} \mathbf{P}_0$. Skalärprodukten ges av

$$\mathbf{P}_{-1} \mathbf{P}_0 \cdot \mathbf{PB}'' = |\mathbf{P}_{-1} \mathbf{P}_0| \cdot |\mathbf{PB}''| \cdot \cos\varepsilon_0 = \Delta R_0 \cdot L \cdot \cos\varepsilon_0 \quad (22)$$

eftersom absolutbeloppen i högerledet ges av ΔR_0 i ekvation 17 och L i ekvation 13. De normaliserade vektorerna kan skrivas som taltripplarna

$$\mathbf{PB}''/L = (-\sin\alpha_{\text{nom}}, 0, -\cos\alpha_{\text{nom}}) \text{ och} \quad (23)$$

$$\mathbf{P}_{-1} \mathbf{P}_0 / \Delta R_0 = (CL_{P_0} - CL_{P_{-1}}, S_{P_0} - S_{P_{-1}}, z_{P_0} - z_{P_{-1}}) / \Delta R_0.$$

Multiplikationen ger

$$\varepsilon_0 = \cos^{-1}[-(CL_{P_0} - CL_{P_{-1}}) \cdot \sin\alpha_{\text{nom}} - (z_{P_0} - z_{P_{-1}}) \cdot \cos\alpha_{\text{nom}}] / \Delta R_0. \quad (24)$$

Med de andra riktningsmåttan kan naturligtvis ε_0 generaliseras till ε_m med $m = 0, 1, 2$ på samma sätt som ΔR_m .

Riktningfelet ε ; definieras som vinkeln mellan mått påhuggsriktning och den planerade hålriktningen. Beroende på måttet på påhuggsvinklen kan ε t.ex. beräknas ur

$$\varepsilon = \cos^{-1}[-(CL_B - CL_P) \cdot \sin\alpha_{\text{nom}} - (z_B - z_P) \cdot \cos\alpha_{\text{nom}}] / L. \quad (25)$$

Motsvarande vinkel för ett hålsegment i Figur 18 ges av

$$\varepsilon_m = \cos^{-1}[-(CL_{P_m} - CL_{P_{m-1}}) \cdot \sin\alpha_{\text{nom}} - (z_{P_m} - z_{P_{m-1}}) \cdot \cos\alpha_{\text{nom}}] / \Delta R_m. \quad (25')$$

För en fullständig definition av riktningfelet behöver man också beräkna i vilket plan som vinkeln ε_m ligger. Det görs inte i denna rapport men bifogade data ger en möjlighet att göra den beräkningen.

Böjningsfelet i hålet $\Delta R_{böj}$; definieras som avståndet mellan mätt hålbottenläge och läget på den punkt som en rät linje med längden L, den verkliga hållängden, i mätt hålriktning genererar. Denna sträcka ges av BB''' i Figur 1 och följaktligen av

$$\Delta R_{böj} = \sqrt{[(CL_B - CL_{B'''})^2 + (S_B - S_{B'''})^2 + (z_B - z_{B'''})^2]}. \quad (26)$$

Punkten B''' läge kan beräknas mha. någon uppsättning av de koordinater som används för att beräkna riktningsfelet, t.ex. läget för rörets ytterända. Proportionalitet kräver att

$$CL_{B'''} = CL_{P_0} - (CL_{P_{-1}} - CL_{P_0}) \cdot L / \Delta R_0. \quad (27)$$

Analogt gäller för $S_{B'''}$ och $z_{B'''}$. Även här saknas riktningsvärden. För att felberäkningarna skall bli fullständiga och data skall kunna presenteras på sedvanligt sätt i polära spridningsdiagram och liknande. Severinsson (2000) har utnyttjat våra data för sådana beräkningar och presentationer.

3.2 Mätdata

En komprimerad sammanställning av enskilda mätdata och beräknade värden enligt ovan ges i Bilagorna 1 till 4. Bilaga 1 innehåller följande koordinater (CL, S, z) för kanthålen

- planerad påhuggspunkt P',
- planerat hålbottenläge B',
- mätt påhuggspunkt P, även betecknad P_0 och
- mätt hålbottenläge B.

Bilaga 2 innehåller följande koordinater för kanthålen

- mätta läget P_{-1} för rörets ytterända vid mätning av påhuggsriktning
- mätta läget P_1 för halvpipans på krönet efter sprängning och rensning inklusive en korrektion i CL för hålets radie och
- mätta läget för nästa korrigerade mätpunkt i halvpipans läge.

Efter varje mätt läge har även motsvarande värden för riktningsfelen beräknats enligt ekvation 25 och för tippvinkeln enligt ekvation 19 med $m = 0, 1$ och 2 .

För några försökssektioner i Bilaga 2 saknas krön- och halvpipedata efter sprängning nästan helt, sträckorna 0, 5, 8 och 13. Den främsta orsaken är att sprängningsresultaten för dessa sträckor inte bedömdes ge något bidrag till undersökningen och att mätningarna därför aldrig gjordes.

För enstaka hål längs de andra sträckorna saknas också data efter sprängning, t.ex. 1-03 och 7-02. Mätdata kan ha försvunnit eller bedömts var grovt felaktiga. Där riktningsfelsdata saknas beror detta på att mätpunkterna suttit närmare varandra än 0,2 m och följaktligen att vinkelberäkningen bedömts vara otillförlitlig.

Bilaga 3 innehåller följande koordinater (CL, S, z) för hålen i den först hjälparraden

- planerad påhuggspunkt P',
- planerat hålbottenläge B' och
- mätt påhuggspunkt P, även betecknad P₀.

Då hålbottenlägena sköts bort kunde dessa inte mätas in efter sprängning. I stället innehåller Bilaga 3 kolumner med värden för hållängdsfelet, ansättningsfelet, riktningsfelet och hålavståndet på ytan för hålen i den första hjälparraden.

Bilaga 4 innehåller följande beräknade storheter för kanthålen

- planerad hållängd L' enligt ekvation 10,
- mätt hållängd L jämför ekvation 11,
- hålavståndet på pallytan enligt ekvation 5,
- hålavståndet i botten enligt ekvation 6,
- hålets tippvinkel eller påhuggsvinkel mot lodlinjen enligt ekvation 19, beräknad som om böjningsfelet vore försumbart, dvs. baserat på mätta påhuggs- och bottenlägen,
- hålets svängvinkel längs slänten enligt ekvation 21, förutsatt försumbart böjningsfel,
- hålets bäring relativt skjutriktningen enligt ekvation 20, förutsatt försumbart böjningsfel,
- hålbottens avstånd från vägg enligt ekvation 7,
- ansättningsfelet enligt ekvation 15,
- riktningsfelet enligt ekvation 25 förutsatt försumbart böjningsfel,
- skillnaden i djup för närliggande hålbottnar enligt ekvation 9,
- totalfelets storlek enligt ekvation 16 och
- böjningsfelets storlek enligt ekvation 26.

Bilagorna 1 till 4 innehåller också sträckvis statistik för många av storheterna, dvs. medelvärde och standardavvikelse.

4 ANALYS AV BORRHÅLSAVVIKELSER

En sammanställning av den sträckvisa statistiken för borrhålsdata görs i Tabell 4-7 nedan. Där har även relevant totalstatistik för sträckorna sammanställts, tillsammans med en jämförelse mellan beräknade borrhålsavvikelser och kraven enligt borrhålstolerans 1. Där texten nedan hänvisar till hjälparhål gäller det hålen i hjälparrad 1. Likaledes gäller vid jämförelsen med kraven hos borrhålstolerans 1 det att gränsvärdena måste underskridas i 5 fall av 6, se Tabell 1.

Av 147 utsatta kanthål kunde 145 stycken borrar någorlunda enligt plan. Hål 13-11 föll bort helt och 13-10 blev alldeles för kort pga. av den dåliga bergkvalitén. För hål 7-13 kunde hållängden efter borrhåll mätas men inte påhugg mm. efter skjutning och rensning. Detta ger som mest 144 kanthål som underlag för felborrningsstatistiken. För några hål kunde sedan de verkliga hålbottenlägena inte mätas då för mycket berg stod kvar.

För värden som bygger på differensen för värdena mellan olika hål, t.ex. hålavståndet, faller ytterligare 2 stycken bort, t.ex. de sista hålen i varje salva. Om något värde inne i en salva är felaktigt försvinner 2 differenser. Ett exempel är hål 6-05. Detta gör att antalet användbara hål kommer för statistiken kommer att variera från storhet till storhet. I

analysen nedan sorteras även andra hål bort om t.ex. ett stort systematiskt fel bedöms inverka. Ett exempel på det senare är sträcka 0.

Av 114 utsatta hål i hjälparrad 1 kunde 113 borras någorlunda enligt plan. Hål 13-07 föll bort pga. av den dåliga bergkvalitén. För hål 3-02 och 3-03 kunde påhugg mm. inte mätas pga. den brant stupande pallytan.

Tabell 4: Statistik för borrningsdata hos kanthålen.

Sträcka nr	Antal hål	Borrad hållängd m	Hållängdsfel cm	Hålavstånd pallytan m	Hålavstånd botten m	Hålets tippvinkel grader	Hålets svängvinkel grader	Avstånd från vägg cm
0	7	4,0 ± 0,6	-3,9 ± 6,1	0,80 ± 0,07	0,78 ± 0,10	10,5 ± 1,3	1,4 ± 1,1	27,4 ± 9,1
1	13	6,5 ± 1,1	-2,6 ± 4,9	0,81 ± 0,05	0,83 ± 0,16	10,8 ± 1,0	0,3 ± 1,2	15,0 ± 13,5
2	7	6,7 ± 0,1	-4,7 ± 3,3	0,80 ± 0,04	0,81 ± 0,07	11,1 ± 0,7	-1,0 ± 0,9	9,2 ± 6,8
3	11	6,1 ± 0,4	4,7 ± 4,8	0,79 ± 0,05	0,79 ± 0,22	11,1 ± 0,7	-0,3 ± 1,2	7,5 ± 8,1
4	12	6,8 ± 0,4	0,5 ± 3,1	0,78 ± 0,08	0,75 ± 0,30	11,3 ± 0,6	-0,5 ± 1,1	3,4 ± 7,4
5	14	8,6 ± 1,6	3,5 ± 15,6	0,82 ± 0,07	0,82 ± 0,34	11,0 ± 1,0	0,6 ± 1,9	9,9 ± 16,9
6	15	11,0 ± 0,9	-4,0 ± 14,2	0,82 ± 0,07	0,83 ± 0,26	10,3 ± 0,6	0,9 ± 1,3	22,7 ± 9,8
7	12	7,2 ± 0,9	-12,6 ± 20,4	0,78 ± 0,08	0,80 ± 0,14	11,0 ± 1,1	-2,0 ± 1,2	5,2 ± 15,8
8	4	4,5 ± 0,7	-23,9 ± 19,9	0,78 ± 0,14	0,83 ± 0,16	12,5 ± 0,7	2,0 ± 1,3	-7,9 ± 9,8
9	10	6,2 ± 0,3	-1,0 ± 5,7	0,81 ± 0,04	0,77 ± 0,14	11,8 ± 0,6	0,5 ± 0,7	-4,3 ± 6,5
10	10	5,9 ± 0,3	2,1 ± 8,1	0,80 ± 0,04	0,82 ± 0,16	11,6 ± 0,7	0,8 ± 1,1	1,5 ± 8,0
11	10	7,5 ± 0,5	2,0 ± 16,5	0,80 ± 0,05	0,79 ± 0,13	12,4 ± 1,2	1,8 ± 1,1	-9,4 ± 18,1
12	10	6,3 ± 0,5	5,6 ± 18,1	1,20 ± 0,03	1,23 ± 0,19	11,1 ± 1,1	0,8 ± 1,6	6,1 ± 12,4
13	9	5,2 ± 0,5	-13,9 ± 15,5	0,78 ± 0,06	0,78 ± 0,13	12,0 ± 0,5	0,7 ± 1,2	1,1 ± 4,5
Σ	144	7,0 ± 1,9	-1,6 ± 13,8	0,80 ± 0,06	0,80 ± 0,20	11,2 ± 1,0	0,3 ± 1,6	5,8 ± 14,0
Baserat på	134 hål		130	132	130	140	142	130

Tabell 5: Statistik för borrhålsavvikelser hos kanthålen.

Sträcka nr	Antal hål	Ansättningsfel cm	Riktningssfel grader	Djupskillnad närliggande hål cm	Totalfel cm	Böjningsfel cm	Antal hål utom toleransgräns		
							påhugg	vinkel	djup
0	7	22,2 ± 3,2	2,0 ± 1,7	11,0 ± 35,9	67 ± 40	55 ± 45	7	5	4
1	13	11,1 ± 5,2	1,4 ± 1,1	-5,7 ± 22,1	33 ± 26	37 ± 25	12	5	2
2	7	7,2 ± 2,3	1,3 ± 0,7	0,8 ± 5,2	17 ± 8	19 ± 9	7	3	0
3	11	6,0 ± 1,9	1,2 ± 0,7	0,8 ± 8,1	20 ± 5	14 ± 6	9	5	0
4	12	4,7 ± 2,0	1,1 ± 0,8	1,2 ± 19,6	18 ± 20	19 ± 14	8	4	2
5	14	7,7 ± 8,5	1,9 ± 1,1	-3,0 ± 12,8	37 ± 24	43 ± 30	10	11	2
6	15	6,2 ± 3,1	1,8 ± 0,8	0,1 ± 20,5	35 ± 18	27 ± 24	11	11	2
7	12	9,3 ± 6,9	2,4 ± 1,2	3,1 ± 22,7	35 ± 16	29 ± 19	10	9	5
8	4	7,4 ± 2,7	2,5 ± 0,8	-35,4 ± 28,8	77 ± 55	13	3	4	2
9	10	4,1 ± 1,8	1,0 ± 0,4	-0,6 ± 9,8	17 ± 7	17 ± 11	5	5	0
10	10	5,8 ± 1,4	1,3 ± 0,8	0,9 ± 6,7	15 ± 7	16 ± 11	9	6	0
11	10	5,6 ± 2,6	2,4 ± 1,1	-2,0 ± 16,4	32 ± 17	21 ± 10	7	8	2
12	10	4,9 ± 2,4	1,7 ± 1,1	-6,1 ± 17,8	26 ± 15	16 ± 15	5	6	2
13	9	4,6 ± 5,1	1,5 ± 0,8	3,5 ± 13,5	24 ± 10	22 ± 11	3	4	1
Σ	144	6,4 ± 4,5	1,6 ± 1,0	-0,6 ± 15,2	26 ± 16	24 ± 19	96	79	17
Baserat på	134 hål		130	124	126	125	134	130	124

Tabell 6: Statistik för borrhålsavvikelser hos kanthålen.

Sträcka nr	Antal hål	Riktning- fel A grader	Tippvinkel A grader	Riktning- fel B grader	Tippvinkel B grader	Riktning- fel C grader	Tippvinkel C grader	Antal hål utom toleransgräns		
								A	B	C
0	7	3,1 ± 0,9	9,6 ± 1,3					7		
1	13	1,8 ± 0,8	11,5 ± 1,3	5,1 ± 3,2	8,6 ± 2,8	1,9 ± 3,2	10,4 ± 0,9	9	9	9
2	7	1,7 ± 1,2	11,3 ± 1,1	5,0 ± 3,6	8,2 ± 2,8	2,0 ± 3,6	10,6 ± 1,2	4	4	6
3	11	1,1 ± 0,7	10,9 ± 0,9	2,9 ± 0,7	8,8 ± 0,8	1,5 ± 0,7	10,3 ± 0,9	5	11	8
4	12	1,7 ± 1,7	12,3 ± 12,3	2,8 ± 2,8	8,9 ± 8,9	1,4 ± 2,8	10,9 ± 10,9	9	6	5
5	14	2,3 ± 1,3	12,1 ± 1,9					12		
6	15	1,6 ± 0,9	11,0 ± 1,1	2,4 ± 1,8	11,7 ± 2,1	1,7 ± 1,8	9,9 ± 1,1	10	10	11
7	12	6,3 ± 2,0	5,3 ± 1,8	2,7 ± 1,9	9,9 ± 2,2	3,1 ± 1,9	12,2 ± 1,7	12	8	11
8	4	4,1 ± 1,1	7,6 ± 0,9					4		
9	10	4,1 ± 0,4	7,6 ± 0,5	1,0 ± 0,4	12,1 ± 0,5	2,9 ± 0,4	12,4 ± 1,2	10	3	6
10	10	3,3 ± 1,2	10,9 ± 1,6	2,6 ± 1,1	12,5 ± 1,3	1,7 ± 1,1	11,1 ± 1,1	10	6	7
11	10	2,3 ± 1,1	10,4 ± 1,4	2,6 ± 0,9	12,6 ± 1,5	2,4 ± 0,9	12,8 ± 1,4	9	8	8
12	10	2,1 ± 0,5	10,0 ± 0,9	6,1 ± 2,7	17,1 ± 2,5	2,4 ± 2,7	11,6 ± 1,6	10	10	8
13	9	2,4 ± 1,3	11,8 ± 1,7	6,7 ± 0,0	16,8 ± 0,0	2,0 ± 0,0	13,3 ± 0,0	8	1	1
Σ	144	2,0 ± 1,1	11,3 ± 1,5	3,2 ± 2,4	11,3 ± 3,2	2,1 ± 2,4	11,2 ± 1,5	86	77	82
	Baserat på	111 hål	111	94	94	111	111	111	94	111

Tabell 7: Statistik för borrhålsdata och borrhålsavvikelser hos hjälparhålen.

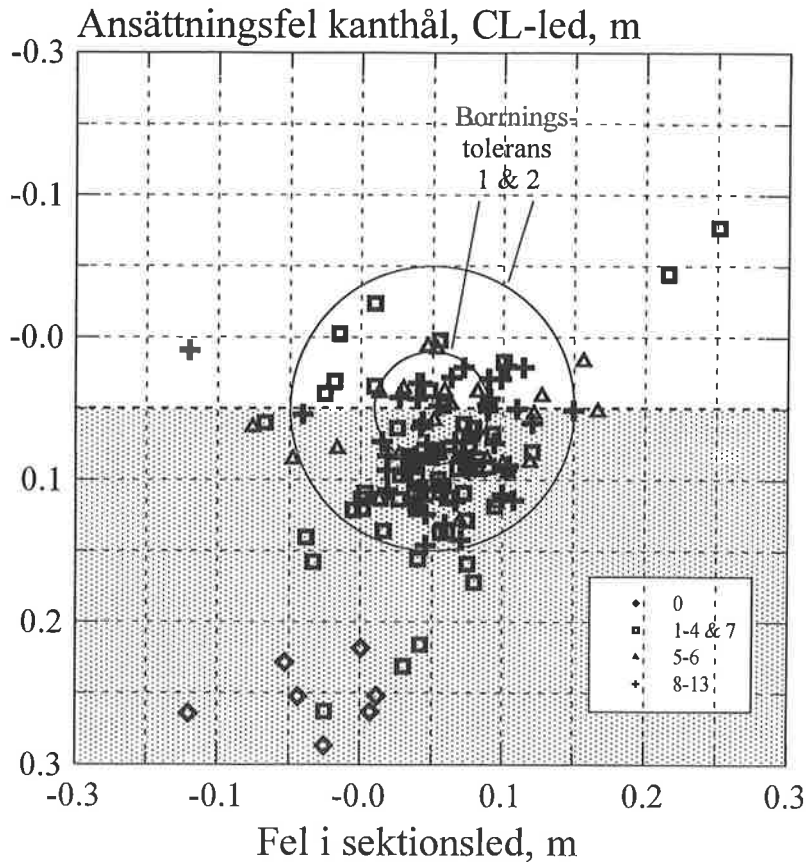
Sträcka nr	Antal hål	Borr- längd m	Hållängds- fel cm	Hålavstånd pallytan m	Ansättnings- fel cm	Riktning- fel A grader	Tippvinkel A grader	Antal hål utom gräns	
								påhugg	vinkel
0	6	3,8 ± 0,7	-1,4 ± 8,8	1,06 ± 0,06	22,5 ± 4,6	3,8 ± 1,3	9,9 ± 1,2	6	6
1	10	6,9 ± 1,3	-12,5 ± 24,7	1,06 ± 0,06	14,5 ± 6,2	1,8 ± 1,4	10,3 ± 1,4	9	6
2	5	7,3 ± 0,1	0,4 ± 5,3	1,05 ± 0,05	6,6 ± 2,2	1,6 ± 0,7	10,7 ± 1,0	5	4
3	9	6,4 ± 0,3	-2,8 ± 4,5	1,04 ± 0,03	7,5 ± 4,7	2,8 ± 1,4	12,7 ± 2,3	6	6
4	9	7,3 ± 0,4	-1,1 ± 6,9	1,05 ± 0,15	8,1 ± 7,8	3,3 ± 1,2	13,7 ± 0,8	7	9
5	10	8,6 ± 1,5	-14,0 ± 21,8	1,05 ± 0,09	11,5 ± 16,2	3,6 ± 1,5	12,9 ± 2,3	9	10
6	12	11,8 ± 0,9	4,8 ± 11,2	1,05 ± 0,14	9,2 ± 9,7	4,1 ± 3,0	8,6 ± 3,5	8	9
7	8	7,9 ± 1,2	-2,6 ± 7,3	1,04 ± 0,09	6,0 ± 5,6	5,2 ± 1,4	7,2 ± 1,5	3	7
8	4	5,4 ± 0,5	-5,3 ± 9,4	1,00 ± 0,03	3,6 ± 2,5	2,0 ± 1,0	11,1 ± 1,4	1	3
9	7	6,0 ± 1,8	-7,5 ± 8,6	1,06 ± 0,03	5,5 ± 1,9	2,5 ± 1,0	11,2 ± 1,2	6	7
10	8	6,5 ± 0,3	-8,3 ± 8,9	1,05 ± 0,02	3,7 ± 1,9	1,9 ± 0,6	10,2 ± 1,0	4	7
11	7	8,2 ± 0,3	-12,0 ± 4,8	1,06 ± 0,12	5,8 ± 2,1	2,3 ± 0,6	10,5 ± 1,0	5	7
12	12	6,9 ± 0,4	-6,8 ± 6,6	1,04 ± 0,07	4,6 ± 3,1	2,0 ± 1,5	10,9 ± 1,9	6	7
13	6	5,1 ± 0,8	20,4 ± 48,2	1,05 ± 0,12	9,3 ± 6,6	1,8 ± 1,1	10,8 ± 1,0	5	3
Σ	113	7,3 ± 2,1	-5,4 ± 13,3	1,05 ± 0,08	7,8 ± 7,7	2,5 ± 1,4	11,3 ± 1,9	74	75
	Baserat på	112 hål	106	108	103	91	91	103	91

4.1 Ansättningsfelet och inbördes hålavstånd på ytan

Medelvärdet för inbördes kanthålsavstånd på ytan i provsträckorna varierar mellan 0,78 och 0,82 m, utom för sträcka 12 där medelavståndet var 1,20 m. Se Tabell 4. Värdet 1,20 m för denna sträcka överensstämmer med det planerade värdet. De totala medelvärdet för övriga slänten är 0,80 m såsom planerat. Den totala standardavvikelsen är ±6 cm om hål 5-01, där berget var mycket dåligt, undantas. Totalt kunde 132 hål av 144 användas för beräkningarna.

Motsvarande medelvärde för hjälparhålsavstånden är 1,05 m, hål 4-09 och 6-03 undantagna. Standardavvikelsen är ± 8 cm. Räkningarna baseras på 108 hål av 113, se tabell 7.

Ansättningsfelen är relativt lika för alla sträckor utom sträckorna 0 och kanske 1. En trolig orsak till det stora felet för sträcka 0 är att utsättningen gjordes med korg- och fluktmetoden under tidspress. Sträckvärdena $0,22 \pm 0,03$ cm för kanthålen och $0,23 \pm 0,05$ m för hjälparhålen tyder på ett relativt stort systematiskt ansättningsfel i sträcka 0. Därför har dessa värden inte tagits med i beräkningen av totalstatistiken. Likaså har hål 5-09 och 8-09 undantagits därför att påhuggsytan var för ojämn.

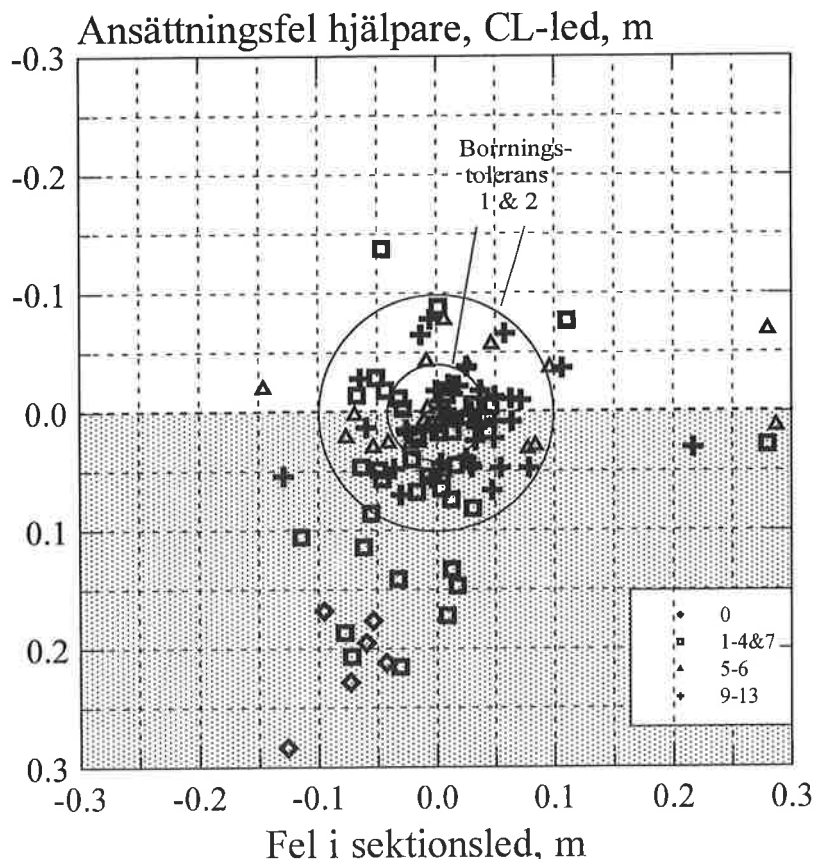


Figur 20: Spridningsdiagram för kanthålens ansättningsfel.

Figur 20-21 visar spridningsdiagram för ansättningsfelet i kant- och hjälparraderna. Den undre, skuggade delen av diagrammen visar berget utanför teoretisk kontur, dvs. fel i positiv CL-led. De systematiska felen för hålen i sträcka 0 syns väl. Även borrningstoleransernas gränser 4 och 10 cm är inlagda i figurerna.

Ansättningsfelen blir i medel för de hål som satts ut med laserteodolit 6,4 cm för kanthålen och 7,8 cm för hjälparhålen. Det kan visas (Ouchterlony m.fl., 1989) att ansättningsfelets medelvärde är lika stort som standardavvikelsen i hålavståndsvärdena, förutsatt att ansättningsfelet är slumpmässigt. Detta är med god noggrannhet fallet här, jämför 6,4 cm med 6,1 cm och 7,8 cm med 8,4 cm. Alltså borde de uppmätta ansättningsfelet kunna beskrivas som slumpmässigt, dvs. punktsvärmarna i Figur 20-21 borde vara centrerade kring origo.

En närmare analys av ansättningsfelets komponenter visar emellertid att medelfelet i CL-led är ca 3 cm för kanthålen och ca 2 cm för hjälparhålen. Detta syns också vid en närmare granskning av Figur 20-21. Medelfelen i sektions- och z-led är alla mindre än 1 cm. Om medelfelet i CL-led subtraheras innan ansättningsfelet beräknas ändras emellertid inte medelvärdena 6,4 cm och 7,8 cm ovan nämnvärt.

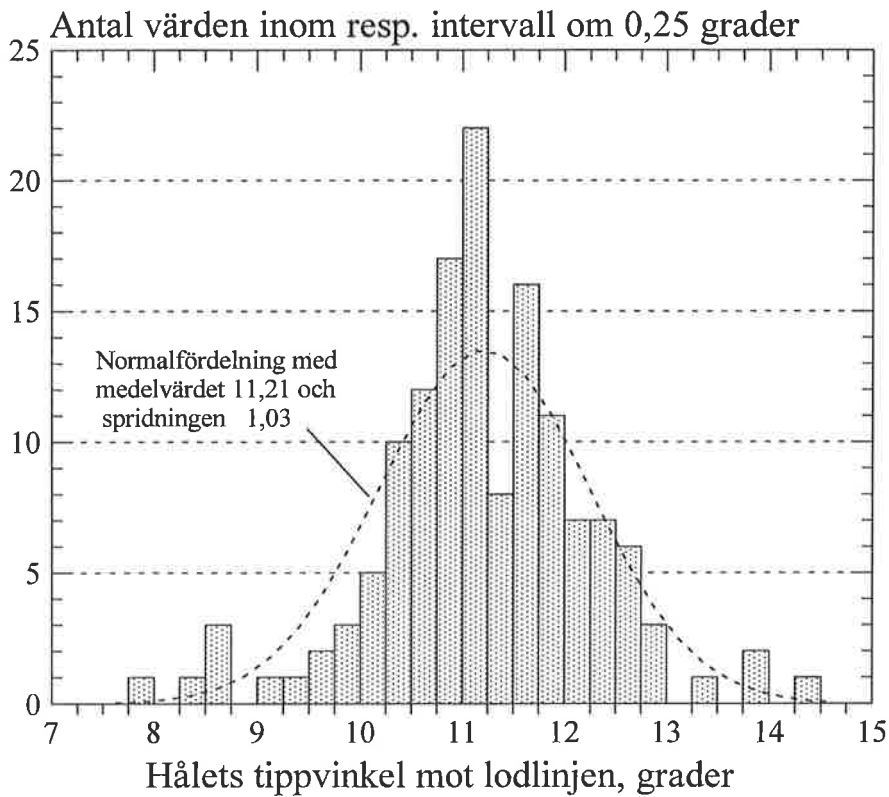


Figur 21: Spridningsdiagram för hjälparhålens ansättningsfel.

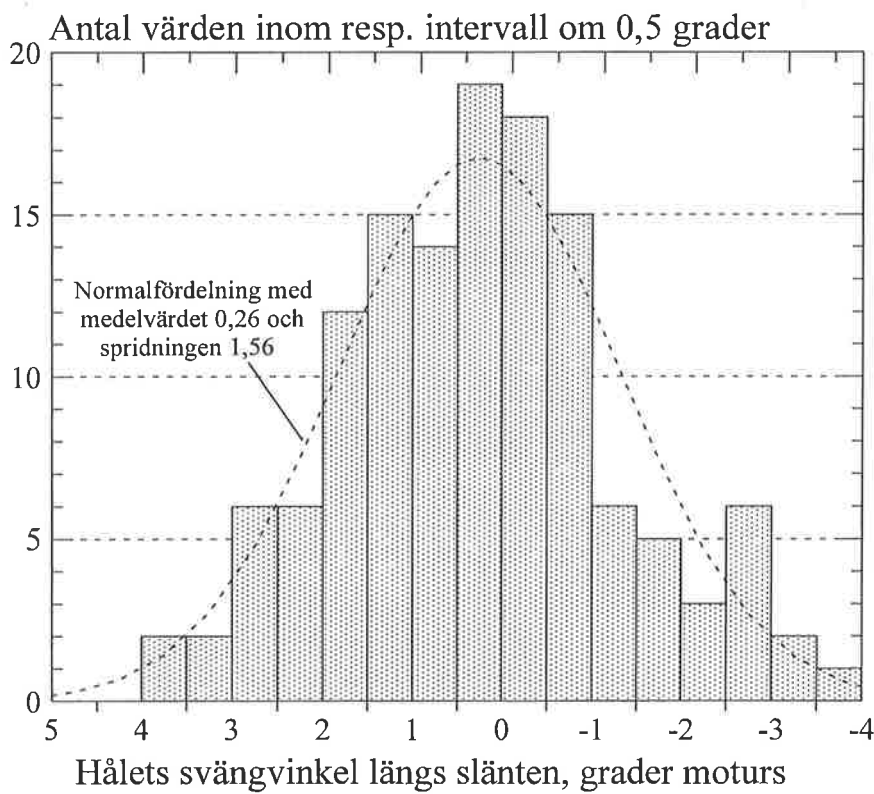
Tabell 5 och 7 visar att 96 av 134 kanthål och 74 av 103 hjälparhål faller utanför den gräns på 4 cm som borrningstolerans 1 kräver. Mer än 7/10 av alla hål faller alltså utanför gränsen! Borrningstolerans 2 anger gränsvärdet 10 cm. En analys av data visar att $15+21 = 36$ av 237, dvs. 15,1 % faller utanför denna gräns. Detta utgör mindre än tillåtarna 1/6 och följaktligen är borrhningen godkänd enligt borrningstolerans 2.

4.2 Riktningssfelet och dess komponenter i tipp- och svängled

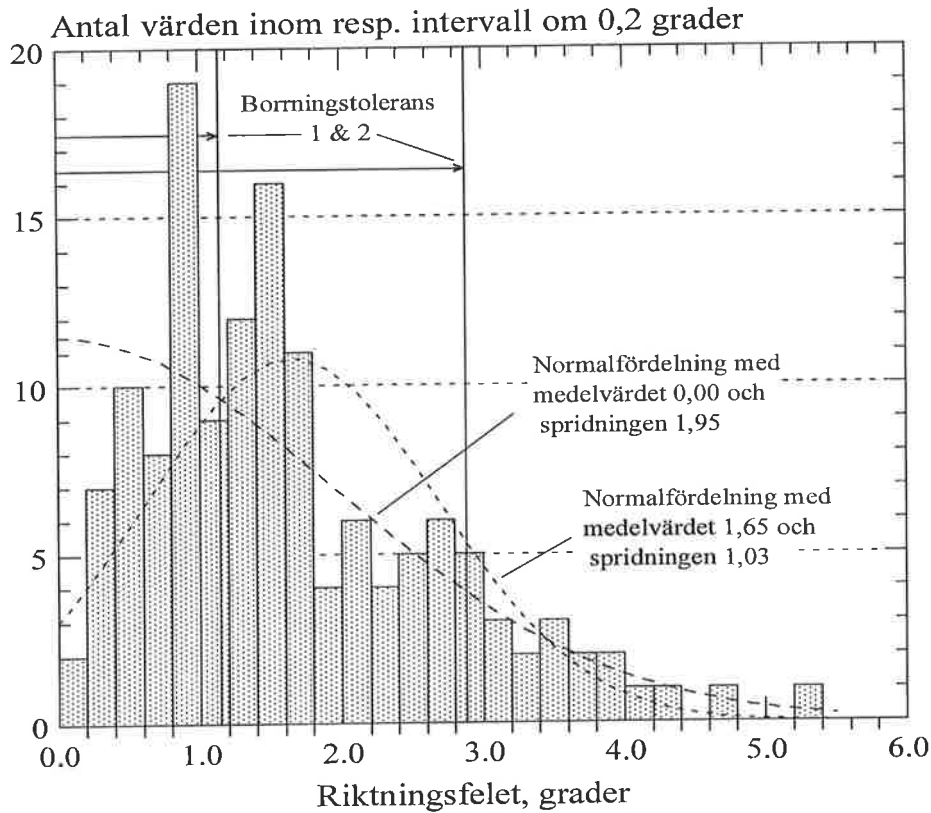
I Tabell 4 ges hålens tippvinkel och svängvinkel längs slänten under antagandet att böjningsfelet är försumbart, i Tabell 5 motsvarande riktningssfel. Vinkelvärdena har alltså beräknats ur ekvation 19, 21 och 25 baserat på de mätta påhuggs- och bottenlägena, P respektive B i Figur 19. Skälen till detta är dels att halvpiporna på bergväggen verkar vara mycket raka, dels att noggrannheten i dessa punkters lägen är större än noggrannheten i våra vinkelvärden som beräknats ur skillnaden mellan punkter på betydligt närmare avstånd än hållängden.



Figur 22: Histogram över kanthålens tippvinkel.



Figur 23: Histogram över kanthålens svängvinkel.



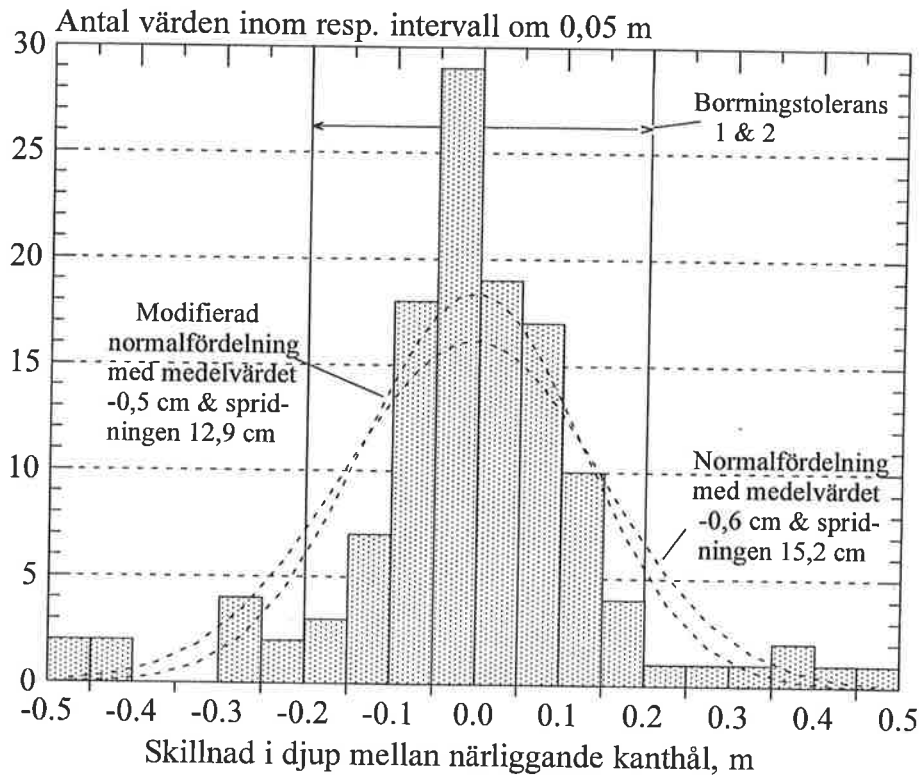
Figur 24: Histogram över kanthålens riktningssfel.

Histogram för tippvinkeln, svängvinkeln och riktningssfelet visas i Figur 22-24. Figureerna innehåller normalfördelningar baserade på beräknade medel- och spridningsvärden. Figur 24 visar även gränsvärdena för borrningstoleranserna 1 och 2. Normalfördelningarna återger tippvinkelns och svängvinkelns variationer i Figur 22-23 rätt väl men knappast riktningssfelets variationer i Figur 24, åtminstone inte för felvärden nära noll.

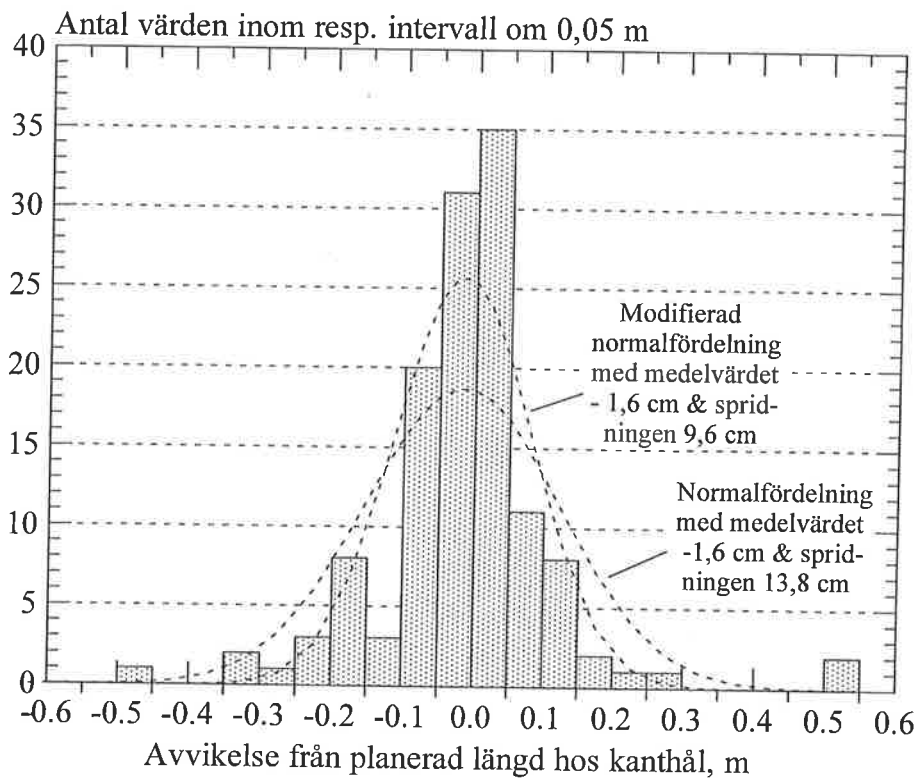
Tippvinkeln mot lodlinjen sammanfattas för 140 av 144 kanthål av statistiken $11,21^\circ \pm 1,03^\circ$. Medelvärdet ligger mycket nära det planerade värdet $11,31^\circ$ för lutningen 5:1. Svängvinkeln längs slänten sammanfattas på samma sätt av statistiken $0,34^\circ \pm 1,57^\circ$ för 140 hål. Om hål 0-01 till 1-03 undantas så blir statistiken i stället $0,26^\circ \pm 1,56^\circ$ för 132 hål. Motsvarande tippvinkelvärden blir $11,28^\circ \pm 0,98^\circ$, eller om avvikelser från det nominella värdet beaktas $-0,03^\circ \pm 0,98^\circ$. Hålen är alltså i medel marginellt brantare än planerat.

Motsvarande statistik för riktningssfelet är $1,6^\circ \pm 1,0^\circ$. Borrningstolerans 1 kräver att 5 hål av 6 har ett riktningssfel som är mindre än 2 cm/m då vår kontursprängning inte är en förspräckning. Det motsvarar $1,15^\circ$. Tabell 5 visar att 79 av 130 hål, dvs. mer än 3/5, faller utanför denna gräns, vilket är avsevärt fler än tillåtna 1/6.

För borrningstolerans 2 är gränsvärdet för riktningssfelet 5 cm/m eller $2,86^\circ$. Bara 16 kanthål, dvs. mindre än 1/8, faller utanför gränsen. Se Figur 24. Slutsatsen blir att riktningssfelet baserat på hålbottenlägena inte klarar borrningstolerans 1 men väl tolerans 2.



Figur 26: Histogram över skillnaden i djup mellan närliggande kanthål.



Figur 27: Histogram över hållängdsfelet hos kanthålen.

i början av salva 2 där berget var dåligt och av hål 13-07 till 13-09 i slutet av salva 2 där bergförhållandena var mycket besvärliga. Till detta kommer två skillnadsvärden för hål 6-05 vars riktiga bottenläge inte kunde mätas in.

Standardavvikelsen för djupskillnaden är 15 cm. Figur 26 och Tabell 5 visar att 17 hål av 124, dvs. något färre än 1/7, har djupskillnader som överskrider 20 cm. Alltså klarar kanthållsborrningen borrningstolerans 1 och 2 detta avseende. Figur 26 visar också att data är mera spridda än normalfördelningen anger, trots att extremt dåligt borrade hål redan undantagits.

En statistisk teknik som används för att uppskatta spridningen i den centrala delen av fördelningen är att ta bort ett eller flera par extremvärden. Om de två högsta och de två lägsta värdena tas bort blir statistiken för djupskillnaden $-0,5 \pm 12,9$ cm, baserat på 120 värden. Medelvärde har knappt förändrats alls medan spridningsvärdet minskat något. Den nya, modifierade normalfördelningen återger också data i mitten av Figur 26 något bättre än förut.

Data för kanthållens längdfel ges också i Tabell 4 och ett histogram visas i Figur 27. Totalstatistiken är $-1,6 \pm 13,8$ cm för 130 hål när sträckorna 0 och 8 undantas, dvs. kanthålen var i medel 2 cm kortare än planerat. På samma sätt visar Tabell 7 att hjälparhålen var 5 cm kortare än planerat. Detta torde vara ett bra resultat då borrhjullen saknade hållängdsmätare, även om ett par hål fördjupades efter lodningen.

När de två högsta och de två lägsta värdena tas bort blir statistiken för längdfelet i stället $-1,6 \pm 9,6$ cm, baserat på 126 värden. Den modifierade normalfördelningen återger data i mitten av Figur 27 betydligt bättre än förut.

Även om den ursprungliga totalstatistiken för hållängdsfelet och skillnaden i håldjup är relativt lika så kan man inte utan vidare dra slutsatsen att de innehåller samma information. Först har ju sträckorna 0 och 8 undantagits. För sträcka 8 visar Tabell 4 och 5 att medelvärdena för båda är mycket stora och att borrningen varit dålig. För sträcka 0 däremot så är längdfelet inte iögonfallande stort medan håldjupsskillnaderna är det. Det är sannolikt det systematiska felet i påhuggspunkternas läge som slår igenom här.

Totalstatistiken för kanthålen i Tabell 4 och 5 gäller resterande sträckor. För dem kan felen kanske vara i huvudsak slumpmässiga, jämför med Figur 26-27. Avvikelsen från planerad längd innehåller två fel, det vertikala påhuggsfelet (z-led) och borrhjullsbidraget. Det första ges av $0,3 \pm 7,4$ cm och deras sammanlagda effekt av $-1,6 \pm 13,8$ cm enligt ovan. Mätfelet är sannolikt försumbart vid en jämförelse. Borrhjullsbidraget blir då $\sqrt{(13,8^2 - 7,4^2)} \approx 11,6$ cm vilket är något mindre än den sammanlagda effekten.

Å andra sidan så borde felen adderas kvadratisk (s.k. RMS-summering) vid en skillnadsberäkning, dvs. om en slumpmässig fördelning gäller för hållängden så borde skillnaden i håldjup mellan närliggande hål ha ett spridningsvärde som är ungefär $\sqrt{2} \approx 1,41$ gånger större än avvikelsen i längd. För de ursprungliga spridningsvärdena 13,8 respektive 15,2 cm gäller detta uppenbarligen inte. För de modifierade värdena 9,6 och 12,9 cm är förhållandet 1,34 vilket ligger betydligt närmare 1,41 men proceduren att ta bort extremvärdena innan beräkningen riskerar att göra totalstatistiken självuppfyllande.

Slutsatsen av jämförelsen blir att värdena inte är helt enkla att tolka och att man inte kan använda längdfelet, som relativt enkelt kan mätas från ytan, för att avgöra om håldjupskillnaden uppfyller kraven i borringstolerans 1 och 2.

Jämfört med andras data så är ett längdfel på -1,6 cm på 7,3 m, dvs. ca 0,2 % grundare, mycket lågt. Boman (1994) anger tex. att han mätt 0,7 % djupare för borrhigar med hållängdslaser och ca 3 % djupare när man använt fluktmetoden och borrharen inte visste om att mätningen skulle göras.

4.4 Totalfelet i botten och böjningsfelet

Tabell 4 visar att totalmedelvärdet för totalfelet i kanthålens botten är 26 cm. Då har sträckorna 0 och 8 undantagits pga. de systematiska ansättningsfelen respektive de stora håldjupskillnaderna. Totalmedelvärdet för böjningsfelet hos kanthålen är 24 cm. Beräkningen av böjningsfelet bygger på ekvation 26 och 27 och hålriktningens data från rörmätningarna, dvs. metod A ovan.

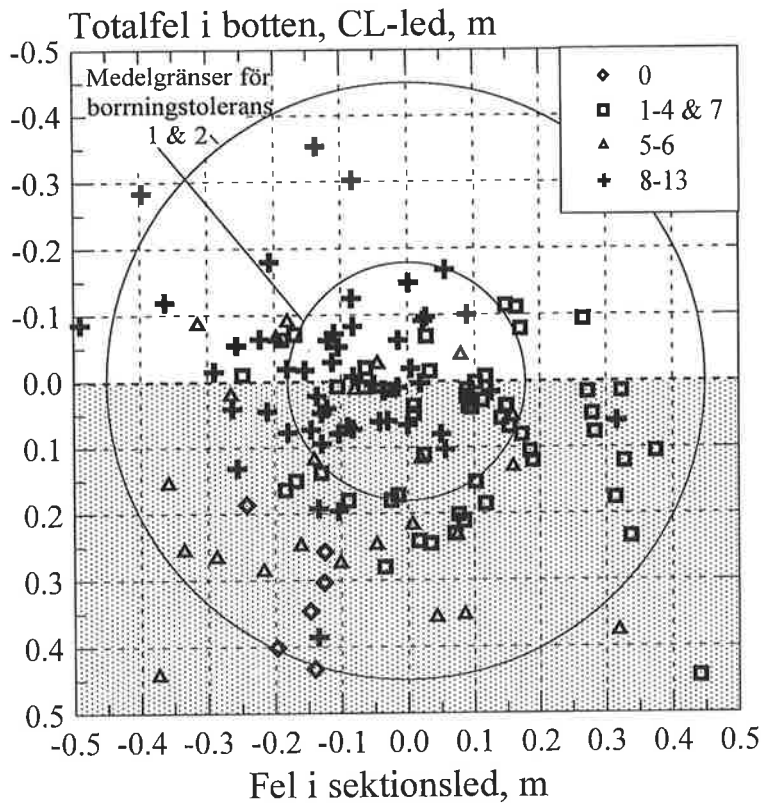
Enligt Ouchterlony m.fl. (1989) ges positionsfelet, dvs. skillnaden mellan totalfelet och böjningsfelet i horisontalplanet, i botten ungefär av en RMS-ssummering av ansättningsfelet och lodlinjevinkelfelets bidrag vid borrat djup. Lodlinjefelet ges här av spridningsvärdet eller standardavvikelsen s_{α} för storheten α_m enligt metod A och borrat djup uppskattas mha. medelhållängden. Följaktligen bör positionsfelets totalmedelvärde för kanthålen ges ungefär av

$$\sqrt{[\Delta A^2 + L_{medel}^2 \cdot s_{\alpha}^2]} \approx \sqrt{[6,4^2 + 700^2 \cdot \tan(1,5^\circ)^2]} = 19,4 \approx 20 \text{ cm.} \quad (28)$$

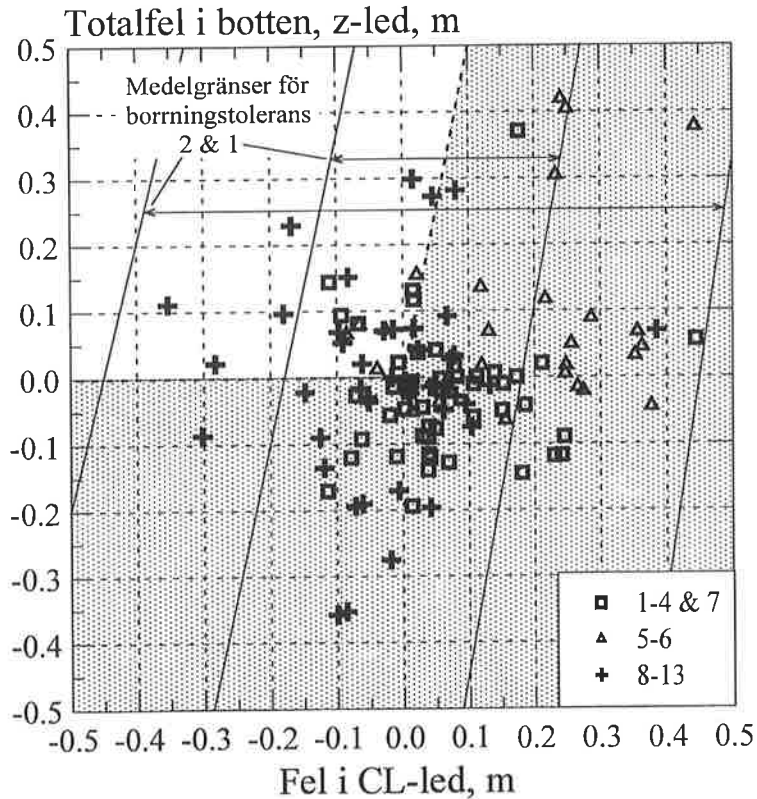
Kombinationen av ett positionsfel om ca 20 cm och ett böjningsfel om ca 24 cm går inte ihop med ett totalfel om 26 cm om inte felvektorerne har väldigt olika riktning. Längd- eller djupfelen är emellertid inte tillräckligt stora för detta. Sannolikt är det åter vinkel-mätmetodens stora slumpmässiga fel som inverkar.

Följaktligen är inte uppskattningarna av kanthålens böjningsfel tillförlitliga medan totalfelsvärdena är betydligt tillförlitligare då de bygger på mätning av hålbottenlägen. Borringstoleransen i Tabell 1 har inga krav på totalfelet men Figur B6/1 i MarkAMA 83 (1983) visar en stympad kon runt den planerade påhuggspunkten som gränsen för tillåtet område för borrhålen. För medelborrlängden blir konens basradie vid planerat djup $4 \text{ cm} + 2 \text{ cm/m} \cdot 7 \text{ m} = 18 \text{ cm}$ för borringstolerans 1 och $10 \text{ cm} + 5 \text{ cm/m} \cdot 7 \text{ m} = 45 \text{ cm}$ för borringstolerans 2.

I Figur 28-29 visas totalfelets komponenter i botten av kanthålen i form av spridningsdiagram i två snitt, horisontellt och vertikalt tvärs slänten. De ungefärliga gränserna för borringstolerans 1 och 2 enligt ovan har ritats in. Notera att i vertikalsnittet så utgör gränserna de stympade konernas generatriser. Figureerna åskådliggör ändå rätt väl den tidiga slutsatsen att borringen inte klarar borringstolerans 1 men väl borringstolerans 2.



Figur 28: Spridningsdiagram över kanthålens totalfel i botten, horisontalsektion.



Figur 29: Spridningsdiagram över kanthålens totalfel i botten, vertikalsektion.

Det framgår mycket tydligt i Figur 28-29 att kravet på att avvikelserna skall hålla sig inom gränsvärdet 0,3 m från VÄG 94 (1994) inte är uppfyllt. Data i Bilaga 4 visar att i botten så är totalfelet större än 0,3 m i 49 fall av 140 kanthål. Om hål 0-01 till 1-03 samt sträcka 8 och 13 undantas så överskrider 34 hål av 120 gränsvärdet.

Felet varierar starkt från sträcka till sträcka. Sammanlagt 39 bottnar mellan hål 1-05 och hål 4-10 ligger t.ex. alla inom gränsvärdet. Av 43 bottnar mellan hål 4-11 och hål 7-12 ligger 23 st. utanför gränsvärdet. Sträckorna 5-7 var de högsta och mest kuperade i salva 1. Av 20 hål i sträcka 9-10 överskrider bara 2 bottnar gränsvärdet 0,3 m osv. Se även avsnitt 4.5.

4.5 Avståndet från vägg och inbördes hålavstånd i botten.

Hålbottens avstånd från vägg enligt ekvation 7 definieras som positivt när hålbotten ligger utanför den planerade väggen som utgör den teoretiska konturen. Detta avstånd är naturligtvis främst relaterat till hålets vinkel mot lodlinjen, analogt resonemanget för ekvation 28.

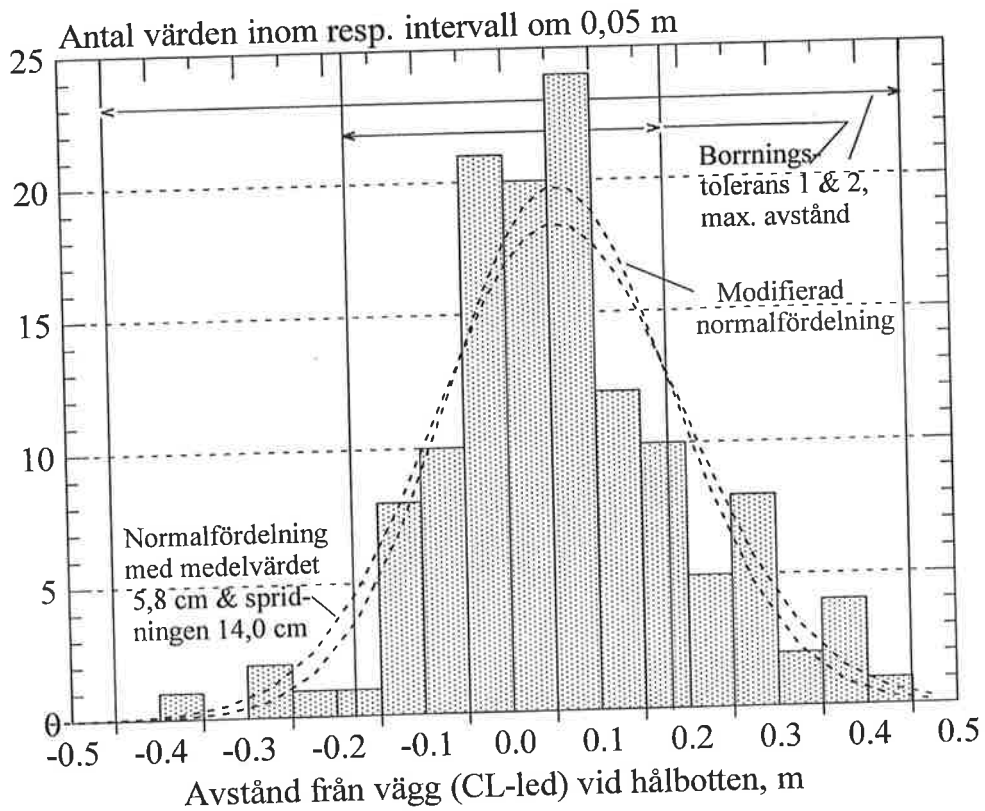
För kanthålen har hålbotten i medel hamnat ca 6 cm utanför den planerade väggen enligt Tabell 4. I detta värde har inte sträcka 0 med sitt systematiska ansättningsfel räknats in. Sambandet med hålets vinkel mot lodlinjen framgår av värdena för sträcka 6. Medelvärde för vinkeln är här $10,3^\circ$, dvs. ca. 1° brantare än det planerade värdet. På en hållmedellängd av 11,0 m ger detta ett bidrag av $11 \cdot [0,2 - \tan(10,3^\circ)] \approx 0,20$ m. Detta förklarar det mesta av medelavståndet från vägg i sträcka 6 som är 22,7 cm.

Att bottarna för hålen i sträcka 5-6 hamnat långt innanför tänkt position syns också i Figur 28. Hålbottens avstånd till väggen kan emellertid inte utläsas exakt ur Figur 28 eftersom väggen lutar. Avståndsvärdena tar hänsyn till detta. För ett hål som borrar djupare än planerat så blir avståndet till vägg i CL-led något mindre än totalfelet i CL-led.

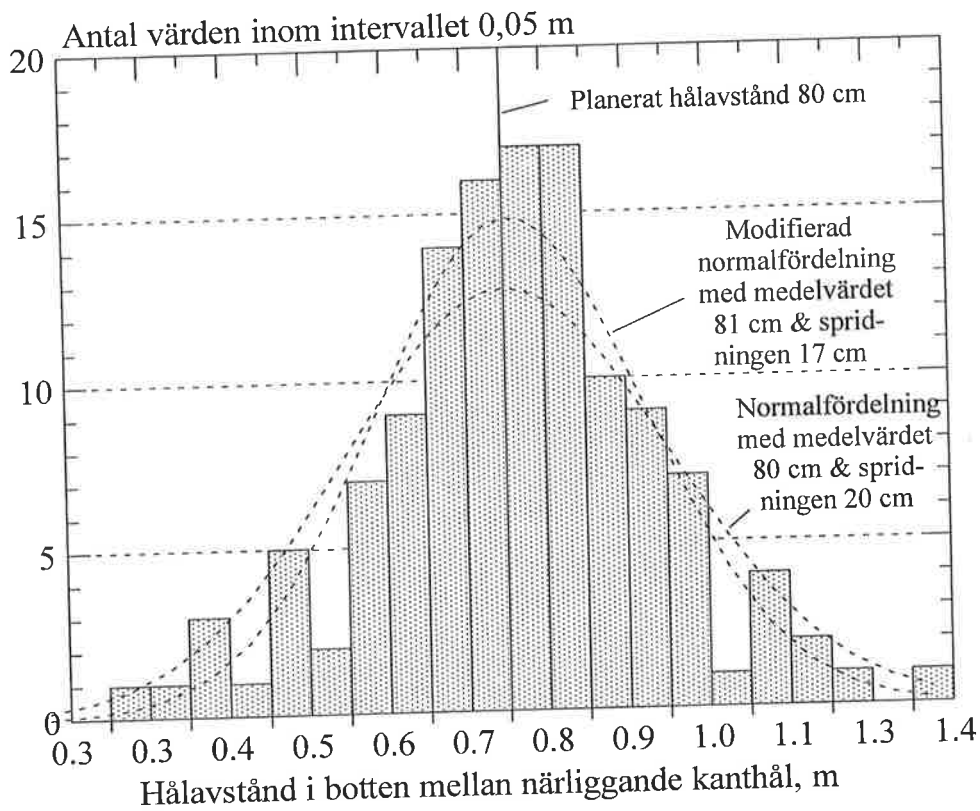
Ett histogram för avståndet från väggen visas i Figur 30 med såväl ursprungliga och modifierade normalfördelningar. Skillnaden mellan fördelningarna är denna gång inte stor. Spridningen har minskat från 14,0 till 12,6 cm.

Avståndet från vägg är synonymt med ett stickmått. I borrhålstolerans 1 och 2 anges att avsett eller planerat konturhålmönster inte får ange borrhålsbottnar som sticker ut mer än 20 cm utanför påhuggspunkterna. Tillämpa, något oegentligt, detta gränsvärde på det mätta avståndet från vägg. Då visar värdena i Bilaga 4 och i Tabell 4, sträcka 0 undantagen, att 22 av 132 bottnar för kanthålen, dvs. exakt 1/6 av hålen, ligger mer än 20 cm från väggen. Sträcka 6 med sina 15 hål svarar för 9 av dessa hål.

Som en jämförelse visas avslutningsvis ett histogram över hålavståndet i botten mellan kanthålen i Figur 31. Data omfattar alla hålpar utom dem i sträcka 12. Totalstatistiken i Tabell 4 ger värdena $0,800 \pm 0,203$ m baserat på 130 hålpar. Effekten av riktnings-, böjnings- och längdfelsbidragen till totalfelet har alltså blivit en ökning av standardavvikelsen från ca 6 cm till 20 cm.



Figur 30: Histogram över kanthålsbottens avstånd till teoretisk kontur.



Figur 31: Histogram över bottenavståndet mellan kanthålen längs slänten.

Detta räckte som påvisats i avsnitt 4.2 emellertid inte till att borringen skulle klara borringstolerans 1, dvs. att högst 5 hål av 6 avvek mer än 2 cm/m eller 1,15° från den planerade riktningen.

Om nu borrhvagnen hade haft ett instrument även för inställning av matarens svängvinkel, t.ex. EAS 710 eller någon modernare utrustning, så är det rimligt att tro att vinkelfelet i svängled hade kunnat göras lika litet som i tipped, dvs. $0,0^\circ \pm 1,0^\circ$. Frågan är om detta skulle räcka för att klara borringstolerans 1?

Om vinkelfördelningen antas var normalfördelad $N(\mu, \sigma^2)$ med medelvärdet $\mu = 0^\circ$ och spridningen $\sigma = 1^\circ$, så krävs alltså att motsvarande kumulativa fördelningsfunktion

$$F(x = 1,15^\circ) \geq 0,5 \cdot 5/6 = 0,417. \quad (30)$$

Då $F(1,15) = 0,375$ är detta inte uppfyllt. Det skulle alltså inte räcka med en standardavvikelse i borrhålvinkelvärdena om $\pm 1,0^\circ$ för att klara borringstolerans 1. För att klara detta skulle standardavvikelsen behöva vara

$$\sigma = 1,15^\circ / F^{-1}(0,417) = 1,15^\circ / 1,385 \approx 0,83^\circ. \quad (31)$$

Om vi antar att felet i hålriktningvärdena består av två slumpmässiga bidrag, ett relaterat till instrumentnoggrannheten $\leq 0,5^\circ$ och ett bidrag relaterat till övriga fel enligt ovan och att deras sammanlagda fel är 1° , så följer av RMS-ssummering att bidraget från övriga fel blir $\sqrt{[1 - 0,5^2]} \geq 0,87^\circ$.

Eftersom detta värde är större än värdet i ekvation 31 så hjälper det inte hur noggrant instrumentet är. Om inte bidraget från övriga fel kan minskas så verkar borringstolerans 1 inte kunna uppnås.

4.7 Synpunkter på erforderlig mätnoggrannhet vid mätning av hålriktning

Ju längre ett hål är, desto restriktivare för riktningsfelet är ett stickmått med givet absolutvärde. Ett riktningsfel om 20 mm/m enligt borringstolerans 1 motsvarar 1,15°. För en 10 m hög slänt med 0,3 m underborring blir hålen ca. 10,5 m långa. För dessa betyder 20 mm/m en maximal stickning om 22 cm men bara ungefär hälften för en 5 m hög slänt.

Ju starkare restriktionerna är för riktningsfelet, desto noggrannare måste instrumenten som mäter hålriktningen vara. T.ex. anger Transtronic att man med ett nytt instrument för nedåtriktade hål i prisklassen 60-70.000 kr mäter riktningsvinklarna med en noggrannhet av $\pm 1^\circ$. Atlas Copco anger att ett Transtronic-instrument med noggrannheten $\pm 0,1^\circ$ monterat på rigg kostar ca 150.000 kr. Det nya företaget ReflexIT anger att man med en ny instrumentserie SmartTool i prisklassen 200-250.000 kr mäter stupningen inom $\pm 0,2^\circ$ och strykningen inom $\pm 0,3^\circ$. Instrument med högre noggrannhet kan också fås.

En viktig fråga blir, hur stor måste noggrannheten $\pm\varphi^\circ$ hos mätinstrumentet vara för att man skall vara säker på att mätvärdena uppfyller en given borringstolerans $\pm\Phi^\circ$. Det sanna värdet bakom ett mätvärde som ligger precis på toleransgränsen ligger ju med minst 50 % sannolikhet utanför gränsen.

Anta först att noggrannheten har en likformig symmetrisk fördelningsfunktion och att denna kan transformeras till en linjär fördelning inom intervallen $-(\Phi+\varphi)$ till $-(\Phi-\varphi)$ och $(\Phi-\varphi)$ till $(\Phi+\varphi)$. Då kan vi uppskatta sannolikheten för att ett mätvärde som ligger inom toleransgränsen motsvarar ett sant värde som ligger inom denna gräns. Sätts kravet till att minst 5/6 av de sanna värdena måste ligga innanför toleransgränsen, dvs. högst 1/6 får ligga utanför, så blir resultatet att instrumentnoggrannheten måste vara

$$\varphi \leq 0,5 \cdot \Phi = 0,57^\circ, \quad (32)$$

om man tar hänsyn till att utfallsområdet är tvådimensionellt och sätter in värdet för borringstolerans 1, $\Phi = 1,15^\circ$.

Om fördelningsfunktionen för φ inte är likformig utan symmetrisk och avtar med avvikelser från det sanna värdet så kommer ekvation 32 att vara en undre gräns. Detta betyder troligen att ett vinkelmätningssinstrument med noggrannheten $\pm 1^\circ$ inte är tillräckligt för att avgöra om mätvärdena uppfyller borringstolerans 1 men att ett instrument med noggrannheten $\pm 0,5^\circ$ är det.

Om fördelningen av någon anledning inte är symmetrisk och har sitt maximum någon annanstans än vid det sanna värdet, då kan uppskattningen i ekvation 32 inte användas.

Ett annat kvalitativt sätt att se på frågeställningen är följande. För att instrumentets noggrannhet inte skall ge något nämnvärt bidrag till spridningen i de mätta vinkelvärdena måste noggrannheten sannolikt vara avsevärt mindre än spridningen i mätvärdena. För Södertäljeförsöken har vi beräknat kanthålets riktningsfel, baserat på mätta påhuggs- och hålbottenlägen och antagandet om ett försumbart böjningsfel. Statistiken är $1,6^\circ \pm 1,0^\circ$ för 130 hål men hela 79 st. faller utanför gränsen.

Eftersom mätningarna innehåller ett systematiskt fel kan vi inte använda dessa för jämförelsen utan frågor i stället hur stor spridningen i helt slumpmässiga mätvärden högst kan vara för att uppfylla borringstolerans 1. Enligt ekvation 31 är den största acceptabla spridningen $0,83^\circ$.

Om RMS-ssummering av två slumpmässiga felkomponenter antas gälla och kravet på instrumentnoggrannhetens bidrag sätts till mindre än $p = 10\%$ så blir det

$$\varphi < 0,83^\circ \cdot \sqrt{[p/(1-p)]} = 0,83^\circ/3 \approx 0,28^\circ. \quad (33)$$

Jämför detta värde med värdet i ekvation 32. Även om förutsättningarna för resonemangen är olika så stämmer resultaten någorlunda väl. Den instrumentnoggrannhet som behövs för att avgöra om riktningsfelet uppfyller borringstolerans 1 bör alltså troligen vara bättre än 0,5 %.

Om kontursprängningen skulle utföras som en förspräckning så är kraven på riktningsfelet i borringstolerans 1 dubbelt så höga, 10 mm/m. Kraven på instrumentnoggrannheten blir också dubbelt så höga.

4.8 En jämförelse av kraven i MarkAMA 83 och AnläggningsAMA 98

I AnläggningsAMA 98 (1999) finns inte längre några detaljspecifikationer för borringen likt borringstoleransklasserna i MarkAMA 83. I avsnitt CBC i tabell och figur CBC/1 talas i stället om bergschaktningstoleranser. Se Figur 33-34. Generellt anges att: *'Borrhål skall ansättas utanför teoretisk sektion, i regelbundet mönster och med konstanta avstånd'*. Kompletterande råd och anvisningar finns i RA 98 Anläggning (1999).

Bergschaktningstoleranser och teoretisk skadezon

Borrhål skall ansättas utanför teoretisk sektion, i regelbundet mönster och med konstanta avstånd. Schaktad bergkontur och teoretisk skadezons utbredning enligt figur CBC/1 skall för öppen sprängning uppfylla krav enligt angiven bergschaktningstolerans i tabell CBC/1.

Tabell CBC/1. Bergschaktningstoleranser och teoretisk skadezons utbredning för öppen sprängning

Bergschaktningstolerans	Största tillåtna mått (a) för schaktad bergkontur i förhållande till teoretisk bergkontur enligt figur CBC/1	Största tillåtna mått (b) för teoretisk skadezons utbredning enligt figur CBC/1
1	Slänt/vägg 0,10 m Botten 0,30 m (skonsam sprängning)	Slänt/vägg 0,2 m Botten 0,5 m (skonsam sprängning)
2	Slänt/vägg 0,30 m Botten 0,40 m	Slänt/vägg 0,3 m Botten 0,7 m
3	Slänt/vägg 0,60 m Botten 0,70 m	Slänt/vägg 0,5 m Botten 1,1 m
4	Slänt/vägg 0,80 m Botten 1,00 m	Slänt/vägg 1,1 m Botten 1,7 m
5	Schaktad bergkontur skall ligga utanför teoretisk bergkontur	

Laddningskoncentrationen skall vara högst enligt tabell CBC/2 för angiven teoretisk skadezon.

Skadezonen från golv- och hjälparhål skall inte överskrida skadezonen från konturraden.

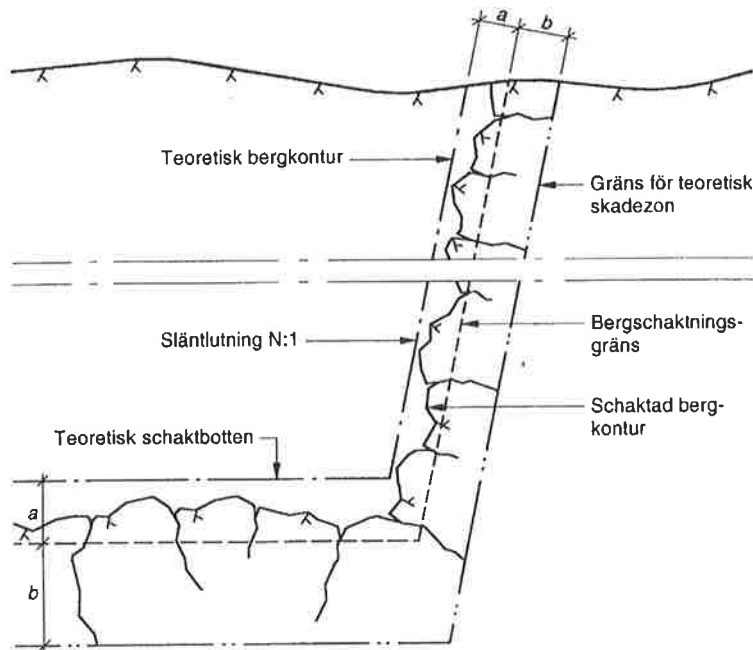
Figur 33: Tabell CBC/1 i AnläggningsAMA 98.

Bergschaktningstoleransen anger största tillåtna mått för schaktad bergkontur i förhållande till teoretisk bergkontur, dvs. bergytans största tillåtna avstånd utanför denna kontur. Schaktad bergkontur innebär att effekten av borring, sprängning och rensning läggs ihop. För bergschakt för vägar finns samma krav på underborring under teoretisk schaktbotten som i MarkAMA 83, minst 0,2 m och högst 0,3-försättningen.

För skonsam sprängning gäller bergschaktningstolerans 1 som ger de största tillåtna avstånden till 0,1 m i slänt/vägg och 0,3 m i botten. Anvisningarna i RA 98 gäller t.ex.

- eventuellt krav på borring med avseende på riktningsavvikelser i mm/m utefter hålets längd

- om riktinstrument skall användas vid borrning
- om restriktioner för borrning av de ytor som skall utföras som slätsprängning och förspräckning; som håldimension, styrkronor, hållängd, hålavstånd och försättning
- osv.



a = Bergschaktningstolerans, dvs avstånd mellan teoretisk bergkontur och schaktad bergkontur i m
b = Teoretisk skadezons utbredning

Figur CBC/1. Bergschaktningstolerans och teoretisk skadezons utbredning för öppen sprängning.

Figur 34: Figur CBC/1 i AnläggningsAMA 98.

Borrhålen kan uppenbarligen inte ligga utanför det största tillåtna avståndet 0,1 m. Om specifikationerna i AnläggningsAMA 98 tolkas som att borrhålen måste hållas inom intervallet 0 till 10 cm från vägg i CL-led så ger Figur 28 och 30 en möjlighet att bedöma vilken av toleranserna som ställer störst krav på borrningen i vårt fall, borrningstolerans 1 enligt MarkAMA 83 eller bergschaktningstolerans 1 enligt AnläggningsAMA 98.

I Figur 28 visar den inre cirkeln med radien 18 cm medelgränsen för borrningstolerans 1. Av 130 kanthål faller botten hos 62 st. innanför gränsen. Innanför gränserna 0-0,1 m i CL-led i Figur 30 finns bara 44 st. hålbottenar.

Bergschaktningstolerans 1 ställer alltså i vårt fall väsentligt större krav på borrningen än borrningstolerans 1. Man är med största sannolikhet tvungen att tillgripa alla tillgängli-

ga åtgärder som riktningsinstrument, krav på riktningsavvikelser och borrhingsrestriktioner enligt RA 98 för att klara en tillräckligt noggrann borrhning. Jfr. kapitel 12 hos Backlund, Severinsson och Wennerström (2000).

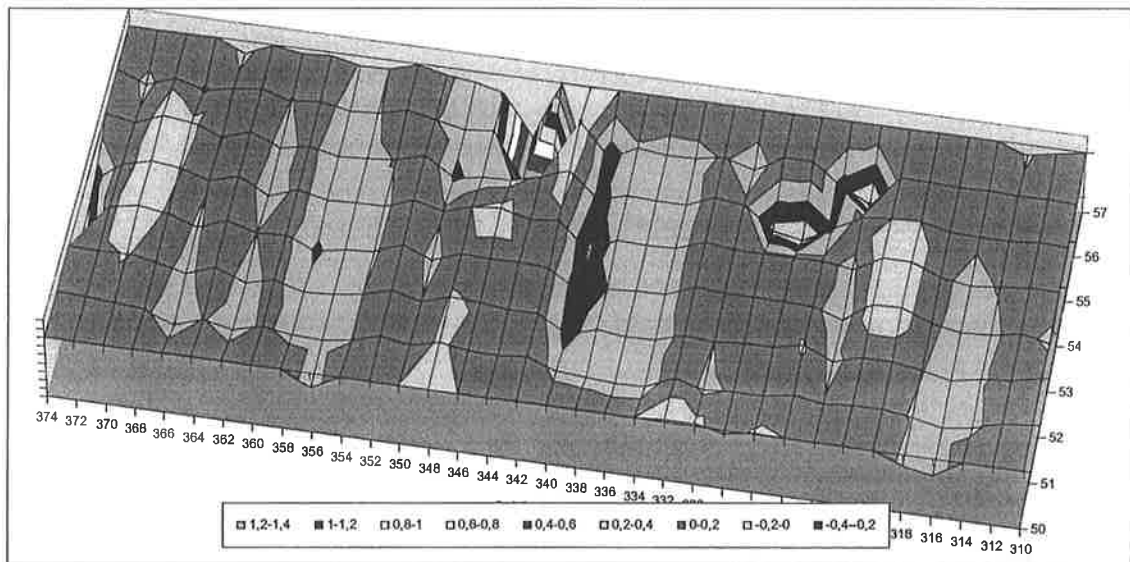
Tillåtet intervall för bergschaktningstolerans 2 är 0-0,3 m, se Figur 33. Figur 30 visar att bara 79 hål av 130 st, dvs. ca. 60 % av hålbotten hamnar innanför gränserna. Inte ens om alla hålbotten som hamnar utanför teoretisk bergkontur tas med, 86 st. eller ca. 2/3, så nås den minsta andel om 5/6 som krävs i borrhningstoleranserna.

Till dessa krav kommer kraven på bergytan mellan hålen. Varken AnläggningsAMA 98 eller RA 98 specificerar hur eventuell mätning och redovisning av bergschaktningresultat skall gå till. RA 98 nämner bara angivelse av

- typ av mätning och redovisning samt om mätning skall utföras i närvaro av beställaren
- när mätresultat skall redovisas av beställaren.

Några olika typer av mätningar är tänkbara. En är inmätning av kanthålens påhugg och halvpipor i enlighet med vad vi gjort i Södertälje. Mätvärdena för halvpiporna presenteras i bilaga 3 hos Backlund, Severinsson och Wennerström (2000). De påvisar att halvpipemätningarna inte är riktigt tolkningsbara i relation till riktningsdata. Orsaken är de stora mätfelen i vinkelmätmetoderna A-C, vilket diskuterades i avsnitt 4.2 ovan.

En annan mätning är den inmätning av släntytan i ett ruttmönster om 0,2·0,2 m som nämns i avsnitt 2.3 ovan. Figur 35 visar en konturkarta för de nedersta 7 m av släntytan längs sträcka 1-7. Någon annan bearbetning av dessa data har inte gjorts men data finns tillgängliga för vidare analys. Mätningarna är tidskrävande i dag och kräver utvärderingsprogramvara som ännu inte finns tillgänglig i vanliga utsättningsprogram.



Figur 35: Konturkarta över slänten längs sträcka 7-1 räknat från vänster.

Vidare måste frågan om gränsen i bergschaktningstolerans 1 är absolut eller inte diskuteras. Om den är absolut räcker det med ett enstaka utfall vid ett slag för att tolerans-

gränsen skall överskridas lokalt. Då är bergschaktningstolerans 1 sannolikt omöjlig att klara i praktiken, annat än för mycket små specialobjekt i särskilt bra berg.

Om gränsen i bergschaktningstolerans 1 inte är absolut;

- Skall en eventuell ytandel underskrida ett gränsvärde?
- Hur stor skall gränsandelen i så fall vara, 5/6?
- Ställs krav på upplösningen i mätningen?

I våra mätningar var upplösningen 0,2·0,2 m. Denna siffra måste ställas i relation till bl.a. sprickavståndet i bergmassan och till kanthålavståndet. Det senare är ofta 0,5 m. I vårt fall var hålavståndet 0,8 m utom i sträcka 12 där det var 1,2 m. Upplösningen bör vara betydligt bättre än detta. Annars kommer ytmätningen inte att kunna återge släntytans variationer mellan borrhålen.

Kraven på utförandet av borrhning av kanthål och mätningarna för att verifiera om kraven möts verkar inte ha blivit mindre i och med att AnläggningsAMA 98 kommit. Om något har de blivit större.

5 SLUTSATSER

Analysen av mätdata i avsnitt 4 visar att många av de beräknade komponenterna i borrhålsavvikelseerna kan återges rätt väl av normalfördelningar. Samma sak gäller relativmått som hålavstånd eller skillnad i borrhålsdjup. Utöver normalfördelningen tillkommer enstaka hål med stora avvikelser, sk. utliggare, även sedan onormala förhållanden beaktats. Det betyder att standardavvikelsen beräknad på hela hålunderlaget överskattar spridningen hos den centrala delen av mätdata och att ett bättre spridningsmått erhålls om data för utliggarna räknas bort.

Berget på försöksplatsen var en relativt sprickfri gnejs. Där det var särskilt sprucket blev borrhningsprecisionen väsentligt sämre. Den blev också betydligt sämre där utsättningen gjorts med korg- och fluktmetoden under tidspress. Båda dessa förhållanden betraktas som 'onormala' i denna undersökning och erhållna data har oftast utelämnats i analysen.

Borrhningsprecisionen vid Södertäljeförsöken uppfyller inte kraven i borrhningstolerans 1. Varken kraven för ansättningsfelet eller för riktningsfelet uppfylls, trots att borrhigen var utrustad med hålriktningstrustning. Kravet på skillnad i djup mellan närliggande hål uppfylls däremot om två av provsträckorna, nr 0 och 8, undantas. Skälet till att undanta dem är att sträcka 0 sattes ut och borrhades under tidspress. Sträcka 8 innehöll 4 hål i anslutning till en krosszon.

Kraven i borrhningstolerans 2 uppfylls däremot i allmänhet för alla tre storheterna.

Tre olika metoder användes för att beräkna riktningsfelet; A) beräkning grundad på mätning av påhuggspunkten och ytterändan på ett rör instucket i hålmynningen, B) beräkning grundad på mätning av påhuggspunkten och kvarstående halvpipa vid krönet efter sprängning samt C) beräkning grundad på krönpunkten och en punkt i halvpipan nedanför krönet.

Ingen av dessa praktiska metoder gav tillräckligt noggranna värden för att man skall kunna bedöma om riktningsfelet ligger inom borringstoleransens gränser. För denna bedömning användes i stället riktningsvärden som beräknats med utgångspunkt från mätta påhuggs- och hålbottenlägen.

När data från Södertäljeförsöken bedöms bör hänsyn tas till följande faktorer

- att borrhjulen var relativt gammal och slitna men försedd med vinkelmätutrustning,
- att påhuggslägena sattes ut med hjälp av laserteodolit och märktes ut på pallen,
- att borrhjulen försågs med ett protokoll där alla planerade hållängder angavs,
- att hållängden lodades direkt efter borring och att korta hål fördjupades samt
- att borrhjulen var motiverade att göra ett bra arbete.

Detta betyder att borrhjulkvaliteten i Södertäljeförsöken har varit betydligt bättre än vad som är normalt, vilket också uttrycktes av personalen på arbetsplatsen.

Borring utförd enligt borringstolerans 1 har varit en vanlig föreskrift vid nya vägskärningar. Våra mätningar visar att kraven är mycket svåra att klara till och med för så låga slänter som 5-12 m. Svårigheterna accentueras vid högre slänter där böjningsfelet ger ett större bidrag. Mycket talar för att även borringstolerans 2 är svår att uppnå om borringen görs på ett slentrianmässigt sätt.

Hållriktningsutrustningen på riggen, EAS 700, omfattar sikte för bäring och instrument för inställning av matarens tippvinkel med en total noggrannhet av $\pm 0,5^\circ$. Felet i kanthålens tippvinkel är avrundat $0,0^\circ \pm 1,0^\circ$, dvs. inget systematiskt fel och en spridning, egentligen standardavvikelse, om $1,0^\circ$. Spridningen är alltså dubbelt så stor som noggrannheten hos inställningen av bommen. Skillnaden beror sannolikt på glapp i utrustning, borrhjulkronans slitage och påhuggets utförande.

Matarens svängvinkel ställdes in manuellt. Motsvarande fel i kanthålens svängvinkel är avrundat $0,3^\circ \pm 1,6^\circ$ moturs relativt salvans skjutriktning. Mot bakgrund av svårigheten att sikta tyder detta på noggrant arbete av borrhjulen. Om han hade haft tillgång till ett instrument så är det rimligt att tro att han kunnat åstadkomma $0,0^\circ \pm 1,0^\circ$. Detta bedöms emellertid inte räcka till för att klara kraven i borringstolerans 1.

För att klara borringstolerans 1 behöver borrhjulen ha tillgång till hjälpmedel. Utsättningen måste vara noggrann och borrhjulen förses med hållängdsdata. Borrhjulen måste vara motiverade och riggen måste vara i bra skick. Den måste vara utrustad med hållriktningsmätare för att hålla påhuggsfelet inom $1,15^\circ$ (2 cm/m) och påhugget måste också göras mjukt så att inte kronans påhugg blir snett när pallytan lutar. Som denna undersökning visar är det emellertid inte säkert att allt detta räcker.

Sannolikt bör riggen även förses med hållängdsmätare eller bättre hållängdsautomatik. Med dagens borrhjulkmaskiner är det annars snart gjort att hamna 10-20 cm fel i längd när borrhjulkningen är 2 m/min eller 3,3 cm/s. Till detta fel kommer spridningen i vertikallängd hos påhuggspunkten, vilken ökar ju ojämnare och trasigare pallytan är.

När pallythöjden ökar så ökar också behovet att välja krona och borrhjulksträng som ger minimalt bidrag till totalfelet. Styrör gör tex. borrhjulksträngen styvare och minskar böjningsfe-

let. Valet av krona är inte betydelselöst heller. En krona med lång kjol av typen Retrac minskar borrhålsavvikelserna.

Sammantaget kostar alla dessa åtgärder mycket pengar. Därför bör frågan också ställas om och när man kan begränsa kraven på borrhingsprecision utan att det äventyrar släntens funktion.

Mycket talar för att borrhare inte kunnat uppfylla kraven i de flesta fall där beställaren krävt en borrhning av kanthålen som uppfyller borrhningstolerans 1. Borrhingsnoggrannheten har inte mätts men borrhningen har godkänts ändå. Vilka följder detta får för tex. slänters behov av framtida underhåll finns det lite data om.

Mätning av framförallt hålriktning ställer rätt stora krav på mätutrustningen. Sannolikt bör noggrannheten vara bättre än $\pm 0,5^\circ$ om sprängningen utförs som en slätsprängning och dubbelt så höga om den utförs som en förspräckning. Detta betyder idag mätutrustning för ca 100.000 kr och uppåt. Instrument i prisklassen under 100.000 kr får emellertid allt bättre noggrannhet och kan i framtiden komma att bli användbara.

Sättet att spränga kan vara avgörande för slänten i en vägskärning. Det framgår med all önskvärd tydlighet av ett nytt examensarbete (Eriksson, 1999). Om borrhningen är bra finns det förutsättningar att göra en bra kontursprängning (Ouchterlony och Olsson, 1999) men om sprängningen är dåligt planerad hjälper det inte hur bra borrhningsprecisionen än är.

Därför kan kraven på borrhningsutförandet inte ställas utan att kraven på sprängningens utförande och uppföljningen av detta beaktas. En rätt konstruerad sprängplan som följs och en kompetent beställare som kan bedöma effekten av nödvändiga ändringar är viktiga komponenter. Tyvärr ligger det i sprängningsarbetens natur att de hårda bevisen för hur borrhning och laddning verkligen utfördes oftast skjuts bort.

I AnläggningsAMA 98 ställs inte några detaljkrav på själva borrhningen utan effekten av borrhning, sprängning och rensning läggs ihop i ett krav på schaktad bergkontur. Bergschaktningstolerans 1, som är tillämplig för skonsam sprängning, kräver att den schaktade bergkonturen har ett största avstånd utanför teoretisk kontur om 0,1 m.

Analysen av våra kanthålsdata visar att bergschaktningstolerans 1 ställer väsentligt större krav på kanthålsborrhningen än borrhningstolerans 1 enligt MarkAMA. Sömborrhningen i Jakobsdal/Moraberg klarar inte ens bergschaktningstolerans 2.

Dessutom finns vissa oklarheter om i) vad som skall mätas, ii) hur stor upplösningen i mätningarna skall vara och iii) om kraven är absoluta eller innefattar en given gränsandel, likt de 5/6 i borrhningstolerans 1. Om kraven är absoluta blir bergschaktningstolerans 1 sannolikt omöjlig att klara i praktiken.

ERKÄNNANDEN

Många personer förtjänar tack för att mätningarna vid Morabergs trafikplats i Södertälje blev av och gjordes bra. Främst är det S-O Båvik på Vägverket som hela tiden stöttat arbetet och liksom Gunnar Nord manat på. Sedan är det platschef Alireza Arami som gav oss tillgång till arbetsplatsen och hans mättekniker P-O Norman och Stefan Sävenstrand som gjorde utsättningsarbetet efter ordinarie arbetstid. Anders Thörn på Vägverket hjälpte min arbetskamrat Mats Olsson och mig med alla övriga inmätningar mitt i vintern.

Jag har tyvärr inte hunnit analysera alla mätdata, men de finns tillgängliga för den som så önskar. Johan Severinsson tog sig an en del i sitt examensarbete, se referenslistan. För analysen har jag diskuterat med Henrik Ronquist och Lars Erik Karlsson på Atlas Copco. Eric Boman på Atlas Copco och Mats Birkeståhl på Transtronic har kommenterat rapporten i manus. Jag är emellertid ensam ansvarig för fel och brister i den.

REFERENSER

- AnläggningsAMA 98 (1999). *Allmän material och arbetsbeskrivning för anläggningsarbeten*. AB Svensk Byggtjänst, Stockholm.
- Amundsen, Johan (1994). *Retningskontroll av borehull*. Sprängtekniskt seminarium, Lanzarote 10-17 januari, flik 2, 5 sidor plus bilder. Nitro Nobel, Gyttorp.
- Backlund, Leif, Johan Severinsson och Stefan Wennerström (2000). *Praktiska försök med pallsprängning*. Examensarbete 2000:5, institutionen för geoteknik, Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg.
- Bakken, Ragnar (1994). *Produksjonssprängning i dagbrudd*. Sprängtekniskt seminarium, Lanzarote 10-17 januari, flik 10, 8 sidor plus bilder. Nitro Nobel, Gyttorp.
- Boman, Eric (1994). *Hållkvalitet*. Sprängtekniskt seminarium, Lanzarote 10-17 januari, flik 4, 3 sidor plus bilder. Nitro Nobel, Gyttorp.
- Båvik, S-O (1998). Muntlig uppgift.
- Eriksson, Catrin (1999). *Bergmekanisk tillståndsbedömning av bergslänter för olika sprängningsmetoder*. Examensarbete 1999:303 CIV, inst. för väg- och vattenbyggnad, Luleå Tekniska Universitet, Luleå.
- Karlsson, Fredrik (1997). *Bättre borrhningskvalitet i bergtäkter*. Examensarbete 1997:105 CIV, inst. för väg- och vattenbyggnad, Luleå Tekniska Universitet, Luleå.
- MarkAMA 83 (1983). *Allmän material och arbetsbeskrivning för markarbeten*. AB Svensk Byggtjänst, Stockholm.
- Olofsson, Stig (1991). *Applied explosives technology for construction and mining*. Applex, Årila.

- Olofsson, Stig (1999). *Modern bergsprängningsteknik*. Applex, Ärla.
- Ouchterlony, Finn och Mats Olsson (1998). *Skonsam sprängning med slits runt hålbotten i stället för bottenladdning, delresultat från ett EU-projekt*. Bergsprängningskommitténs diskussionsmöte BK-98, sid. 153-184. BK.
- Ouchterlony, Finn och Mats Olsson (2000). *Field tests on perimeter blasting with holes with radial bottom slots, 130 m road cut in gneiss at Södertälje*. SveBeFo rapport S16. Slutrapport i Brite Euram projekt BE95-1671.
- Ouchterlony, Finn, Lena Karlsson och Monika Wistedt (1989). *Felborrningen och dess sprängtekniska konsekvenser- ett utkast till datorstödd utvärdering*. SveDeFo rapport DS 1989:2. Stiftelsen svensk Detonikforskning, Stockholm.
- Ouchterlony, Finn, Mats Olsson och S-O Båvik (1999). *Skonsam sprängning med slits runt hålbotten i stället för bottenladdning, resultat från 130 m vägsärning vid Södertälje*. Bergsprängningskommitténs diskussionsmöte BK-99, sid. 137-169. BK.
- Ouchterlony, Finn, Mats Olsson och S-O Båvik (2000). *Perimeter blasting in a 130 m road cut in gneiss with holes with radial bottom slots*. i Proc. 1st World Conference on Explosives & Blasting Technique, sid. 225-234, Roger Holmberg redaktör, Balkema, Rotterdam.
- RA 98 Anläggning (1999). *Råd och anvisningar till AnläggningsAMA 98*. AB Svensk Byggtjänst, Stockholm.
- Sinkala, Thomson (1986). *Phenomena of rock dependent drill hole deviations*. Licentiatavhandling 1986:07L, Högskolan i Luleå, Luleå.
- Sinkala, Thomson (1988). *Drill hole deviations governed by the rock structure, how – why – what to do*. Rapport BeFo-projekt 141:1/88.
- Vägverket (1984). *Borrning av raka hål*. Avdelning DDa-rapport 1985-02-27. Vägverket.
- Vägverket (1991). *Handbok i sprängteknik ovan jord*. Sven Hällerstrand projektledare. Vägverket, Borlänge.
- VÄG 94 (1994). *Allmän teknisk beskrivning för vägkonstruktioner*. Publikation 1994:2, Vägverket, Borlänge.

BILAGOR TILL SVEBEFO RAPPORT 53:

BORRHÅLSAVVIKELSER VID SPRÄNGNING AV SLÄNTER. ERFARENHETER FRÅN INMÄTNINGAR I SÖDERTÄLJE

Bilaga 1: Koordinater för kanthålens planerade och uppmätta påhuggs- och bottenlägen.

Bilaga 2: Koordinater för kanthålens påhuggsvinklar, mätmetod A-C, samt riktningsfelsdata.

Bilaga 3: Påhuggskoordinater, vinkelmätdata A och feldata för hjälparhålen.

Bilaga 4: Beräknade borrhålsavvikelser och sprängtekniska storheter för kanthålen.

Bilaga 1-1: Koordinater för kanthålens planerade och uppmätta påhuggs- och bottenlägen.

Sträcka -hål nr	Planerad påhuggspunkt			Planerad bottenpunkt			Mätt påhuggspunkt			Mätt bottenpunkt		
	CL m	S 0/m	z' m	CL m	S 0/m	z' m	CL m	S m	z' m	CL m	S m	z' m
0-01	14,04	300,80	52,73	13,39	300,80	49,49	14,24	300,71	52,68	13,69	300,67	49,95
0-02	14,07	301,60	52,89	13,39	301,60	49,50	14,28	301,43	52,85	13,58	301,36	49,47
0-03	14,14	302,40	53,25	13,39	302,40	49,51	14,37	302,32	53,23	13,74	302,25	49,78
0-04	14,19	303,18	53,51	13,39	303,18	49,52	14,40	303,14	53,45	13,79	302,98	49,81
0-05	14,25	303,99	53,81	13,39	303,99	49,54	14,42	303,89	53,78	13,65	303,87	49,82
0-06	14,29	304,80	54,04	13,39	304,80	49,55	14,49	304,76	54,02	13,82	304,66	50,51
0-07	14,34	305,56	54,32	13,39	305,56	49,55	14,51	305,51	54,27	14,07	305,30	50,73
		<i>medel</i>	<i>53,5</i>			<i>49,5</i>			<i>53,5</i>			<i>50,0</i>
		<i>stdav</i>	<i>0,6</i>			<i>0,0</i>			<i>0,6</i>			<i>0,4</i>
1-01	14,36	306,40	54,41	13,45	306,40	49,86	14,57	306,32	54,40	14,06	306,11	50,73
1-02	14,38	307,16	54,51	13,45	307,16	49,87	14,45	307,11	54,27	13,73	307,13	50,17
1-03	14,45	307,98	54,87	13,45	307,98	49,88	14,46	307,86	54,71	13,61	307,80	50,32
1-04	14,61	308,80	55,67	13,45	308,80	49,89	14,59	308,73	55,47	13,63	308,71	50,35
1-05	14,76	309,60	56,46	13,45	309,60	49,91	14,85	309,51	56,50	13,45	309,70	49,86
1-06	14,83	310,39	56,79	13,45	310,39	49,91	15,01	310,37	56,78	13,70	310,42	49,83
1-07	14,89	311,18	57,13	13,45	311,18	49,93	14,94	311,17	57,13	13,49	311,28	49,81
1-08	14,90	311,98	57,20	13,45	311,98	49,93	15,01	311,90	57,15	13,39	311,79	49,84
1-09	14,91	312,79	57,23	13,45	312,79	49,94	14,94	312,78	57,20	13,43	312,73	49,89
1-10	14,91	313,59	57,25	13,45	313,59	49,96	14,98	313,53	57,21	13,63	313,57	49,81
1-11	14,88	314,37	57,13	13,45	314,37	49,96	14,97	314,38	57,13	13,60	314,20	49,91
1-12	14,88	315,16	57,14	13,45	315,16	49,98	14,99	315,18	57,14	13,66	315,24	50,00
1-13	14,85	315,99	56,97	13,45	315,99	49,99	14,97	316,02	56,97	13,69	316,01	49,87
		<i>medel</i>	<i>56,4</i>			<i>49,9</i>			<i>56,3</i>			<i>50,0</i>
		<i>stdav</i>	<i>1,1</i>			<i>0,0</i>			<i>1,2</i>			<i>0,3</i>
2-01	14,79	316,80	56,68	13,45	316,80	50,00	14,89	316,79	56,74	13,60	316,90	49,99
2-02	14,77	317,57	56,59	13,45	317,57	50,01	14,78	317,61	56,63	13,64	317,69	49,97
2-03	14,76	318,39	56,59	13,45	318,39	50,02	14,83	318,38	56,62	13,56	318,41	50,02
2-04	14,79	319,20	56,71	13,45	319,20	50,03	14,87	319,21	56,72	13,44	319,23	50,02
2-05	14,78	319,99	56,71	13,45	319,99	50,04	14,83	319,99	56,75	13,48	320,10	49,95
2-06	14,76	320,79	56,59	13,45	320,79	50,05	14,81	320,80	56,63	13,53	320,96	50,05
2-07	14,74	321,58	56,51	13,45	321,58	50,05	14,83	321,55	56,57	13,53	321,86	50,07
		<i>medel</i>	<i>56,6</i>			<i>50,0</i>			<i>56,7</i>			<i>50,0</i>
		<i>stdav</i>	<i>0,1</i>			<i>0,0</i>			<i>0,1</i>			<i>0,0</i>
3-01	14,76	322,40	56,60	13,45	322,40	50,06	14,84	322,42	56,68	13,56	322,59	50,05
3-02	14,79	323,16	56,75	13,45	323,16	50,06	14,81	323,19	56,76	13,49	323,31	49,97
3-03	14,71	323,98	56,37	13,45	323,98	50,06	14,75	324,01	56,45	13,44	323,73	49,95
3-04	14,69	324,79	56,25	13,45	324,79	50,07	14,72	324,86	56,22	13,52	324,94	49,94
3-05	14,62	325,59	55,90	13,45	325,59	50,07	14,68	325,54	55,92	13,59	325,46	50,08
3-06	14,56	326,39	55,62	13,45	326,39	50,08	14,62	326,34	55,66	13,50	326,40	50,00
3-07	14,52	327,19	55,44	13,45	327,19	50,09	14,57	327,17	55,47	13,49	327,20	49,95
3-08	14,54	327,98	55,54	13,45	327,98	50,09	14,60	328,00	55,61	13,49	328,13	49,98
3-09	14,58	328,80	55,76	13,45	328,80	50,10	14,59	328,82	55,74	13,46	328,77	49,90
3-10	14,60	329,59	55,84	13,45	329,59	50,10	14,64	329,61	55,91	13,34	329,74	49,93
3-11	14,63	330,40	56,03	13,45	330,40	50,11	14,70	330,36	56,01	13,68	330,47	49,99
		<i>medel</i>	<i>56,0</i>			<i>50,1</i>			<i>56,0</i>			<i>50,0</i>
		<i>stdav</i>	<i>0,4</i>			<i>0,0</i>			<i>0,4</i>			<i>0,1</i>

Bilaga 1-2: Koordinater för kanthålens planerade och uppmätta påhuggs- och bottenlägen.

Sträcka -hål nr	Planerad påhuggspunkt			Planerad bottenpunkt			Mätt påhuggspunkt			Mätt bottenpunkt		
	CL m	S 0/m	z' m	CL m	S 0/m	z' m	CL m	S m	z' m	CL m	S m	z' m
4-01	14,63	331,16	56,02	13,45	331,16	50,11	14,66	331,14	56,07	13,44	331,28	50,14
4-02	14,69	331,97	56,29	13,45	331,97	50,12	14,74	331,96	56,33	13,38	331,80	50,09
4-03	14,72	332,77	56,46	13,45	332,77	50,12	14,76	332,76	56,49	13,46	332,67	50,10
4-04	14,74	333,58	56,59	13,45	333,58	50,13	14,78	333,62	56,64	13,46	333,67	50,12
4-05	14,77	334,40	56,72	13,45	334,40	50,13	14,80	334,43	56,77	13,48	334,50	50,09
4-06	14,78	335,18	56,79	13,45	335,18	50,14	14,84	335,19	56,83	13,49	335,27	50,07
4-07	14,79	335,99	56,83	13,45	335,99	50,14	14,79	336,00	56,90	13,46	335,93	50,14
4-08	14,80	336,76	56,92	13,45	336,76	50,15	14,82	336,79	56,96	13,50	337,04	50,19
4-09	14,79	337,58	56,88	13,45	337,58	50,15	14,81	337,56	56,92	13,38	337,61	50,24
4-10	14,85	338,39	57,14	13,45	338,39	50,16	14,91	338,37	57,16	13,62	338,38	50,16
4-11	14,89	339,18	57,35	13,45	339,18	50,16	14,96	339,22	57,40	13,65	339,26	50,61
4-12	14,86	339,97	57,22	13,45	339,97	50,16	14,81	339,97	57,20	13,57	340,30	50,18
		medel	56,8			50,1			56,8			50,2
		stdav	0,4			0,0			0,4			0,1
5-01	14,64	340,79	56,13	13,39	340,79	49,87	14,88	340,53	56,69	13,64	340,28	50,28
5-02	14,69	341,58	56,38	13,39	341,58	49,87	14,70	341,45	56,21	13,83	341,21	50,25
5-03	14,80	342,39	56,94	13,39	342,39	49,87	14,76	342,39	56,97	13,32	342,19	49,95
5-04	14,83	343,19	57,09	13,39	343,19	49,87	14,87	343,17	57,08	13,30	343,01	49,93
5-05	14,87	343,98	57,26	13,39	343,98	49,87	14,93	344,03	57,26	13,51	344,00	50,01
5-06	14,91	344,80	57,50	13,39	344,80	49,87	14,96	344,83	57,58	13,36	344,76	49,95
5-07	14,94	345,60	57,64	13,39	345,60	49,87	14,93	345,56	57,70	13,31	345,29	49,94
5-08	15,05	346,39	58,17	13,39	346,39	49,87	15,06	346,39	58,23	13,41	346,13	50,03
5-09	15,06	347,20	58,22	13,39	347,20	49,87	15,09	347,13	58,26	13,62	347,27	50,18
5-10	15,23	347,99	59,06	13,39	347,99	49,87	15,27	347,97	59,03	13,35	348,07	49,89
5-11	15,21	348,77	58,97	13,39	348,77	49,87	15,24	348,67	59,05	13,44	348,93	49,84
5-12	15,52	349,56	60,54	13,39	349,56	49,87	15,51	349,54	60,49	13,65	350,27	49,86
5-13	15,56	350,37	60,73	13,39	350,37	49,87	15,59	350,35	60,75	13,66	350,27	49,85
5-14	15,59	351,20	60,90	13,39	351,20	49,87	15,65	351,20	60,91	13,75	350,60	49,92
		medel	58,3			49,9			58,3			50,0
		stdav	1,6			0,0			1,5			0,1
6-01	15,61	352,00	60,95	13,39	352,00	49,87	15,67	351,96	60,92	13,66	351,71	49,86
6-02	15,71	352,78	61,49	13,39	352,78	49,87	15,67	352,78	61,52	13,63	352,08	50,29
6-03	15,75	353,59	61,66	13,39	353,59	49,87	15,74	353,62	61,70	13,55	353,23	49,81
6-04	15,73	354,40	61,57	13,39	354,40	49,87	15,72	354,41	61,63	13,61	354,41	49,99
6-05	15,69	355,18	61,36	13,39	355,18	49,87	15,72	355,25	61,43	14,03	354,83	51,67
6-06	15,71	355,98	61,48	13,39	355,98	49,87	15,74	355,98	61,52	13,68	355,76	49,96
6-07	15,66	356,76	61,22	13,39	356,76	49,87	15,70	356,81	61,21	13,64	356,60	49,89
6-08	15,60	357,59	60,92	13,39	357,59	49,87	15,68	357,61	60,89	13,64	357,54	49,88
6-09	15,54	358,39	60,63	13,39	358,39	49,87	15,54	358,51	60,59	13,75	358,43	49,94
6-10	15,48	359,19	60,31	13,39	359,19	49,87	15,52	359,24	60,30	13,65	358,86	49,92
6-11	15,46	359,98	60,25	13,39	359,98	49,87	15,47	360,05	60,19	13,51	359,84	49,89
6-12	15,40	360,80	59,90	13,39	360,80	49,87	15,39	360,88	59,84	13,40	360,72	49,82
6-13	15,32	361,58	59,53	13,39	361,58	49,86	15,29	361,69	59,55	13,74	361,67	49,90
6-14	15,30	362,38	59,43	13,39	362,38	49,86	15,34	362,42	59,45	13,77	362,70	49,81
6-15	15,39	363,18	59,84	13,39	363,18	49,85	15,39	363,19	59,81	13,52	363,34	49,92
		medel	60,7			49,9			60,7			50,1
		stdav	0,8			0,0			0,8			0,5

Bilaga 1-3: Koordinater för kanthålens planerade och uppmätta påhuggs- och bottenlägen.

Sträcka -hål nr	Planerad påhuggspunkt			Planerad bottenpunkt			Mätt påhuggspunkt			Mätt bottenpunkt		
	CL m	S 0/m	z' m	CL m	S 0/m	z' m	CL m	S m	z' m	CL m	S m	z' m
7-01	15,18	363,99	58,77	13,39	363,99	49,85	15,05	364,19	58,81	13,45	364,13	49,84
7-02	15,10	364,80	58,38	13,39	364,80	49,84	15,00	364,97	58,42	13,31	364,97	49,72
7-03	15,02	365,56	57,98	13,39	365,56	49,83	14,99	365,61	58,06	13,83	366,00	49,89
7-04	14,96	366,36	57,67	13,39	366,36	49,83	14,91	366,29	57,75	13,50	366,74	49,77
7-05	14,84	367,18	57,07	13,39	367,18	49,82	14,90	367,19	57,09	13,62	367,52	50,14
7-06	14,76	367,96	56,65	13,39	367,96	49,82	14,68	367,92	56,81	13,30	368,23	49,91
7-07	14,71	368,79	56,41	13,39	368,79	49,81	14,74	368,79	56,47	13,57	369,10	50,18
7-08	14,74	369,57	56,57	13,39	369,57	49,81	14,91	369,56	56,75	13,41	369,84	49,92
7-09	14,76	370,38	56,63	13,39	370,38	49,80	14,74	370,34	56,69	13,28	370,54	49,95
7-10	14,70	371,19	56,32	13,39	371,19	49,79	14,69	371,11	56,35	13,41	371,51	49,93
7-11	14,65	371,98	56,09	13,39	371,98	49,79	14,64	371,98	56,16	13,41	372,07	49,83
7-12	14,64	372,77	56,02	13,39	372,77	49,78	14,71	372,76	56,11	13,51	372,96	50,18
7-13	14,60	373,59			373,59							
		<i>medel</i>	<i>57,0</i>			<i>49,8</i>			<i>57,1</i>			<i>49,9</i>
		<i>stdav</i>	<i>0,9</i>			<i>0,0</i>			<i>0,9</i>			<i>0,2</i>
8-13	14,23	383,80	53,87	13,39	383,80	49,68	14,20	383,86	53,91	13,59	383,70	51,11
8-14	14,25	384,60	53,96	13,39	384,60	49,67	14,28	384,62	54,02	13,58	384,47	50,64
8-15	14,32	385,40	54,31	13,39	385,40	49,66	14,32	385,31	54,20	13,44	385,19	49,94
8-16	14,46	386,20	55,01	13,39	386,20	49,64	14,47	386,30	55,08	13,22	386,26	49,87
		<i>medel</i>	<i>54,3</i>			<i>49,7</i>			<i>54,3</i>			<i>50,4</i>
		<i>stdav</i>	<i>0,5</i>			<i>0,0</i>			<i>0,5</i>			<i>0,6</i>
9-01	14,49	387,00	55,14	13,39	387,00	49,64	14,48	386,99	55,18	13,30	387,02	49,69
9-02	14,55	387,80	55,41	13,39	387,80	49,63	14,59	387,77	55,46	13,27	387,72	49,54
9-03	14,59	388,60	55,62	13,39	388,60	49,62	14,64	388,58	55,68	13,45	388,56	49,57
9-04	14,64	389,40	55,86	13,39	389,40	49,61	14,63	389,38	55,91	13,37	389,25	49,61
9-05	14,66	390,20	55,95	13,39	390,20	49,60	14,70	390,25	56,00	13,41	390,06	49,64
9-06	14,67	391,00	56,00	13,39	391,00	49,59	14,73	391,00	56,06	13,29	391,03	49,65
9-07	14,66	391,80	55,93	13,39	391,80	49,58	14,66	391,84	55,98	13,36	391,69	49,65
9-08	14,65	392,60	55,89	13,39	392,60	49,57	14,64	392,59	55,96	13,31	392,52	49,72
9-09	14,63	393,40	55,74	13,39	393,40	49,55	14,61	393,45	55,75	13,41	393,36	49,85
9-10	14,58	394,20	55,50	13,39	394,20	49,54	14,61	394,22	55,57	13,47	394,25	49,82
		<i>medel</i>	<i>55,7</i>			<i>49,6</i>			<i>55,8</i>			<i>49,7</i>
		<i>stdav</i>	<i>0,3</i>			<i>0,0</i>			<i>0,3</i>			<i>0,1</i>
10-01	14,58	395,00	55,48	13,45	395,00	49,83	14,58	395,04	55,45	13,49	394,74	49,63
10-02	14,57	395,80	55,41	13,45	395,80	49,81	14,61	395,85	55,43	13,55	395,86	49,74
10-03	14,56	396,60	55,38	13,45	396,60	49,81	14,53	396,65	55,42	13,39	396,48	49,83
10-04	14,54	397,40	55,25	13,45	397,40	49,80	14,58	397,42	55,29	13,40	397,30	49,76
10-05	14,55	398,20	55,29	13,45	398,20	49,78	14,59	398,22	55,32	13,50	398,07	49,78
10-06	14,56	399,00	55,32	13,45	399,00	49,77	14,62	398,99	55,35	13,51	398,97	49,73
10-07	14,61	399,80	55,56	13,45	399,80	49,76	14,63	399,76	55,57	13,30	399,80	49,74
10-08	14,65	400,60	55,72	13,45	400,60	49,74	14,71	400,65	55,76	13,47	400,73	49,82
10-09	14,68	401,40	55,89	13,45	401,40	49,73	14,75	401,42	55,92	13,52	401,26	49,73
10-10	14,71	402,20	56,00	13,45	402,20	49,72	14,77	402,19	56,03	13,46	402,15	49,71
		<i>medel</i>	<i>55,5</i>			<i>49,8</i>			<i>55,6</i>			<i>49,7</i>
		<i>stdav</i>	<i>0,3</i>			<i>0,0</i>			<i>0,3</i>			<i>0,1</i>

Bilaga 1-4: Koordinater för kanthålens planerade och uppmätta påhuggs- och bottenlägen.

Sträcka -hål nr	Planerad påhuggspunkt			Planerad bottenpunkt			Mätt påhuggspunkt			Mätt bottenpunkt		
	CL m	S 0/m	z' m	CL m	S 0/m	z' m	CL m	S m	z' m	CL m	S m	z' m
11-01	14,72	403,00	56,04	13,45	403,00	49,70	14,81	403,02	56,07	13,52	402,92	49,73
11-02	14,87	403,80	56,80	13,45	403,80	49,68	14,93	403,79	56,82	13,15	403,72	49,60
11-03	14,93	404,60	57,06	13,45	404,60	49,67	14,94	404,59	57,03	13,10	404,46	49,78
11-04	14,97	405,40	57,26	13,45	405,40	49,66	14,96	405,44	57,27	13,27	405,19	49,75
11-05	15,00	406,20	57,40	13,45	406,20	49,64	15,03	406,21	57,40	13,17	405,80	49,67
11-06	15,02	407,00	57,49	13,45	407,00	49,63	15,02	407,06	57,49	13,33	406,64	49,49
11-07	15,01	407,80	57,43	13,45	407,80	49,61	15,02	407,87	57,43	13,36	407,31	49,26
11-08	14,95	408,60	57,08	13,45	408,60	49,59	15,02	408,60	57,11	13,58	408,34	49,58
11-09	14,87	409,40	56,69	13,45	409,40	49,57	14,90	409,42	56,65	13,52	409,31	49,56
11-10	14,88	410,20	56,71	13,45	410,20	49,56	14,94	410,26	56,73	13,49	410,08	49,54
		<i>medel</i>	<i>57,0</i>			<i>49,6</i>			<i>57,0</i>			<i>49,6</i>
		<i>stdav</i>	<i>0,4</i>			<i>0,0</i>			<i>0,4</i>			<i>0,2</i>
12-01	14,85	411,00	56,53	13,45	411,00	49,54	14,94	411,00	56,54	13,39	410,78	49,53
12-02	14,81	412,20	56,31	13,45	412,20	49,52	14,79	412,24	56,23	13,44	411,91	49,59
12-03	14,77	413,40	56,12	13,45	413,40	49,50	14,75	413,42	56,11	13,40	413,14	49,47
12-04	14,72	414,60	55,82	13,45	414,60	49,47	14,75	414,60	55,83	13,54	414,47	49,43
12-05	14,68	415,80	55,61	13,45	415,80	49,44	14,66	415,81	55,63	13,51	416,12	49,41
12-06	14,68	417,00	55,59	13,45	417,00	49,42	14,70	417,03	55,61	13,45	417,02	49,41
12-07	14,63	418,20	55,31	13,45	418,20	49,40	14,66	418,20	55,33	13,53	418,10	49,37
12-08	14,58	419,40	55,03	13,45	419,40	49,37	14,66	419,41	55,04	13,84	419,27	49,44
12-09	14,52	420,60	54,71	13,45	420,60	49,34	14,56	420,57	54,74	13,44	420,52	49,18
12-10	14,53	421,80	54,71	13,45	421,80	49,31	14,59	421,77	54,76	13,43	421,81	48,74
		<i>medel</i>	<i>55,6</i>			<i>49,4</i>			<i>55,6</i>			<i>49,4</i>
		<i>stdav</i>	<i>0,6</i>			<i>0,1</i>			<i>0,6</i>			<i>0,2</i>
13-01	14,55	423,00	55,10	13,39	423,00	49,28	14,59	423,00	54,81	13,29	423,09	48,92
13-02	14,53	423,80	54,96	13,39	423,80	49,26	14,54	423,79	54,64	13,33	423,79	49,07
13-03	14,51	424,60	54,82	13,39	424,60	49,24	14,50	424,60	54,52	13,37	424,42	48,97
13-04	14,42	425,40	54,37	13,39	425,40	49,22	14,45	425,40	54,07	13,32	425,29	49,02
13-05	14,44	426,20	54,47	13,39	426,20	49,20	14,47	426,24	54,13	13,47	426,02	49,23
13-06	14,50	427,00	54,72	13,39	427,00	49,17	14,48	426,99	54,43	13,46	427,00	49,26
13-07	14,40	427,80	54,18	13,39	427,80	49,15	14,43	427,79	53,89	13,40	427,79	49,13
13-08	14,32	428,60			428,60		14,38	428,59	53,51			
13-09	14,28	429,40			429,40		14,24	429,23	53,30			
		<i>medel</i>	<i>54,7</i>			<i>49,2</i>			<i>54,1</i>			<i>49,1</i>
		<i>stdav</i>	<i>0,3</i>			<i>0,0</i>			<i>0,5</i>			<i>0,1</i>

Bilaga 2-1: Koordinater för kanthållens påhuggsvinklar, mätmetod A-C, samt riktningsfelsdata.

Sträcka -hål nr	Rörets ytterända			Rikt- fel A grader	Tipp- vinkel grader	Mätt ny krönpunkt			Rikt- fel B grader	Tipp- vinkel grader	Mätpunkt under krönet			Rikt- fel C grader	Tipp- vinkel grader
	CL. m	S m	z' m			CL. m	S m	z' m			CL. m	S m	z' m		
0-01	14,38	300,70	53,56	2,69	8,7			50,54							
0-02	14,42	301,47	53,65	3,06	10,0			50,66							
0-03	14,50	302,37	53,90	4,01	11,3			51,40							
0-04	14,61	303,21	54,58	3,74	10,9			51,57							
0-05	14,57	303,91	54,72	2,44	9,2			51,58							
0-06	14,65	304,76	54,94	1,61	9,7			52,59							
0-07	14,63	305,52	55,24	4,15	7,2			51,69							
			<i>medel</i>	<i>3,1</i>	<i>9,6</i>										
			<i>stdav</i>	<i>0,9</i>	<i>1,3</i>										
1-01	14,72	306,35	55,40	3,27	8,7	14,20	306,10	51,35	6,04	8,1	14,11	306,07	50,82	3,72	10,6
1-02	14,62	307,07	55,29	2,54	10,0	14,01	307,11	51,34	2,81	8,5	13,92	307,10	50,86	1,77	10,3
1-03	14,67	307,84	55,66	1,86	12,6			52,43							
1-04	14,83	308,71	56,51	2,28	13,4	14,29	308,68	53,53	3,02	8,9	14,16	308,70	52,73	2,52	9,4
1-05	15,04	309,48	57,33	2,30	12,6	14,75	309,51	55,83	2,40	9,0	14,39	309,54	53,98	1,13	10,8
1-06	15,19	310,36	57,80	1,35	10,2	14,87	310,35	55,93	2,51	9,2	14,79	310,35	55,42	2,10	9,4
1-07	15,13	311,14	58,05	1,68	12,0	14,89	311,16	56,72	5,47	6,1	14,75	311,15	56,00	0,90	11,4
1-08	15,18	311,91	57,94	0,89	11,8	14,92	311,88	56,76	3,31	14,1	14,81	311,85	56,07	3,23	9,4
1-09	15,13	312,77	58,08	0,85	12,1	14,97	312,76	57,19			14,79	312,75	56,27	1,24	10,8
1-10	15,15	313,52	58,02	1,22	12,0	14,97	313,52	56,92	9,92	3,6	14,79	313,51	55,96	1,01	10,6
1-11	15,11	314,38	57,85	0,76	10,8	14,98	314,36	57,06			14,84	314,34	56,20	2,31	9,6
1-12	15,20	315,13	58,17	2,77	11,7	14,97	315,15	56,91	10,66	10,2	14,81	315,15	55,98	1,32	10,0
1-13	15,16	316,00	57,90	1,09	11,9	15,00	316,01	56,94			14,85	315,99	56,26	1,81	12,5
			<i>medel</i>	<i>1,8</i>	<i>11,5</i>				<i>5,1</i>	<i>8,6</i>				<i>1,9</i>	<i>10,4</i>
			<i>stdav</i>	<i>0,8</i>	<i>1,3</i>				<i>3,2</i>	<i>2,8</i>				<i>0,9</i>	<i>0,9</i>
2-01	15,02	316,78	57,56	2,21	9,2	14,86	316,77	56,41	7,73	6,7	14,76	316,77	55,83	1,62	9,8
2-02	14,96	317,60	57,51	1,11	11,7	14,77	317,59	56,31	9,53	4,2	14,63	317,61	55,51	1,32	10,3
2-03	14,99	318,38	57,45	0,49	10,8	14,82	318,37	56,43			14,65	318,37	55,50	1,07	10,2
2-04	15,04	319,21	57,54	0,35	11,5	14,89	319,21	56,68			14,69	319,19	55,84	2,23	13,1
2-05	15,00	319,98	57,62	1,22	11,0	14,78	319,98	56,45	4,05	9,6	14,63	319,99	55,57	1,23	10,3
2-06	15,00	320,76	57,51	2,69	12,3	14,66	320,76	55,66	3,34	9,2	14,57	320,77	55,17	1,73	10,5
2-07	15,00	321,49	57,40	3,53	12,3	14,57	321,56	55,27	0,54	11,3	14,46	321,61	54,59	4,72	9,6
			<i>medel</i>	<i>1,7</i>	<i>11,3</i>				<i>5,0</i>	<i>8,2</i>				<i>2,0</i>	<i>10,6</i>
			<i>stdav</i>	<i>1,2</i>	<i>1,1</i>				<i>3,6</i>	<i>2,8</i>				<i>1,3</i>	<i>1,2</i>
3-01	14,98	322,41	57,51	2,14	9,6	14,52	322,44	54,75	1,91	9,5	14,34	322,47	53,78	2,23	10,3
3-02	14,98	323,19	57,60	0,41	11,0	14,41	323,23	54,38	1,99	9,6	14,22	323,25	53,35	1,31	10,9
3-03	14,92	324,02	57,31	0,59	10,8	14,39	323,93	54,34	2,85	9,9	14,24	323,91	53,54	1,43	10,9
3-04	14,87	324,86	57,07	0,99	10,4	14,46	324,87	54,57	2,60	8,7	14,38	324,87	54,06	1,58	9,7
3-05	14,84	325,56	56,80	1,26	10,8	14,44	325,51	54,48	2,52	9,2	14,29	325,51	53,56	1,60	9,7
3-06	14,79	326,34	56,55	0,31	11,0	14,42	326,35	54,40	2,41	8,9	14,22	326,35	53,30	0,94	10,4
3-07	14,73	327,18	56,34	1,03	10,8	14,46	327,16	54,56	4,23	7,1	14,27	327,17	53,61	0,57	11,3
3-08	14,75	328,01	56,41	0,36	11,1	14,40	328,03	54,29	3,02	8,7	14,34	328,04	53,91	2,34	9,0
3-09	14,79	328,84	56,66	1,29	11,7	14,45	328,80	54,74	3,19	8,5	14,18	328,78	53,29	1,19	10,6
3-10	14,83	329,60	56,73	1,69	13,0	14,56	329,63	55,39	3,53	8,5	14,36	329,64	54,37	0,63	11,4
3-11	14,86	330,33	56,92	2,39	10,0	14,51	330,37	54,68	3,37	8,0	14,35	330,40	53,59	3,08	8,6
			<i>medel</i>	<i>1,1</i>	<i>10,9</i>				<i>2,9</i>	<i>8,8</i>				<i>1,5</i>	<i>10,3</i>
			<i>stdav</i>	<i>0,7</i>	<i>0,9</i>				<i>0,7</i>	<i>0,8</i>				<i>0,8</i>	<i>0,9</i>

Bilaga 2-2: Koordinater för kanthåleens påhuggsvinklar, mätmetod A-C, samt riktningsfelsdata.

Sträcka -hål nr	Rörets ytterända			Riktn- fel A grader	Tipp- vinkel grader	Mätt ny krönpunkt			Riktn- fel B grader	Tipp- vinkel grader	Mätpunkt under krönet			Riktn- fel C grader	Tipp- vinkel grader
	CL. m	S m	z' m			CL. m	S m	z' m			CL. m	S m	z' m		
4-01	14,87	331,15	56,94	1,94	13,2	14,05	331,16	53,10	0,43	11,7	13,63	331,27	50,84	2,99	11,0
4-02	14,97	332,00	57,22	3,83	14,5	14,55	331,94	55,23	1,77	9,8	14,33	331,91	54,25	2,30	13,0
4-03	14,96	332,78	57,34	2,15	13,1	14,70	332,74	56,03	4,98	7,0	14,61	332,74	55,57	0,53	11,6
4-04	14,99	333,64	57,51	2,07	13,2	14,73	333,63	56,26	4,51	7,4	14,59	333,64	55,54	0,40	11,6
4-05	14,99	334,43	57,62	1,19	12,4	14,57	334,43	55,34	2,11	9,2	14,35	334,45	54,24	0,83	11,2
4-06	15,01	335,18	57,64	0,64	11,8	14,72	335,20	55,95	3,74	7,7	14,55	335,21	55,07	0,79	11,1
4-07	14,98	336,04	57,74	3,32	13,3	14,79	336,01	56,72			14,56	336,00	55,43	1,20	10,1
4-08	14,98	336,79	57,79	0,11	11,3	14,85	336,81	56,88			14,70	336,81	56,14	0,35	11,6
4-09	14,97	337,58	57,78	1,80	10,7	14,82	337,58	56,83			14,67	337,58	56,08	0,28	11,6
4-10	15,07	338,39	58,05	1,80	10,6	14,89	338,39	57,06			14,81	338,37	56,42	4,12	7,6
4-11	15,12	339,22	58,25	0,57	10,8	14,98	339,23	57,28			14,75	339,21	56,12	0,77	11,2
4-12	15,02	339,97	58,13	1,34	12,7	14,67	339,97	56,36	1,88	9,5	13,66	340,03	50,44	1,71	9,7
			<i>medel</i>	<i>1,7</i>	<i>12,3</i>				<i>2,8</i>	<i>8,9</i>				<i>1,4</i>	<i>10,9</i>
			<i>stdav</i>	<i>1,1</i>	<i>1,2</i>				<i>1,7</i>	<i>1,6</i>				<i>1,2</i>	<i>1,3</i>
5-01	15,01	340,55	57,49	2,36	9,9			<i>51,51</i>							
5-02	14,86	341,47	57,05	1,30	10,4			<i>54,26</i>							
5-03	14,93	342,38	57,75	1,03	12,3			<i>54,66</i>							
5-04	15,09	343,18	58,04	1,33	12,6			<i>54,94</i>							
5-05	15,14	344,04	58,19	1,44	12,6			<i>54,97</i>							
5-06	15,16	344,82	58,34	3,59	14,8			<i>54,95</i>							
5-07	15,17	345,60	58,55	4,96	15,7			<i>54,90</i>							
5-08	15,23	346,42	59,03	1,87	12,2			<i>54,78</i>							
5-09	15,28	347,13	59,17	0,87	12,2			<i>54,47</i>							
5-10	15,47	347,96	59,91	1,82	12,9			<i>53,98</i>							
5-11	15,43	348,61	59,88	4,26	13,4			<i>55,71</i>							
5-12	15,70	349,58	61,42	2,38	11,6			<i>55,68</i>							
5-13	15,76	350,37	61,63	1,46	10,5			<i>57,43</i>							
5-14	15,78	351,20	61,79	3,14	8,2			<i>57,28</i>							
			<i>medel</i>	<i>2,3</i>	<i>12,1</i>										
			<i>stdav</i>	<i>1,3</i>	<i>1,9</i>										
6-01	15,89	351,99	62,25	2,07	9,7	14,89	351,99	56,87	0,62	10,9	14,59	351,96	55,26	1,48	10,7
6-02	15,94	352,81	62,86	1,25	11,5	14,39	352,47	54,94	2,69	11,3	14,36	352,46	54,68	5,74	6,6
6-03	16,02	353,65	62,98	1,50	12,4	15,30	353,58	59,45	1,09	11,0	15,10	353,58	58,39	0,41	11,0
6-04	16,00	354,40	62,91	1,20	12,5	15,27	354,45	59,18	1,36	10,3	15,05	354,47	58,01	1,30	10,7
6-05	15,96	355,23	62,65	1,00	11,1	15,24	355,09	58,78	3,53	10,9	15,13	355,08	58,14	2,00	9,8
6-06	15,97	356,03	62,81	2,28	10,1	15,33	355,94	59,05	2,03	9,6	15,08	355,92	57,63	1,79	9,8
6-07	15,94	356,80	62,48	0,67	10,7	15,29	356,79	58,97	0,95	10,5	15,16	356,79	58,28	0,95	10,6
6-08	15,92	357,63	62,16	1,01	10,6	15,42	357,62	59,54	0,79	10,7	15,26	357,62	58,57	1,88	9,4
6-09	15,76	358,44	61,94	3,68	9,5	15,36	358,47	59,68	2,48	11,8	15,18	358,47	58,63	1,50	9,8
6-10	15,74	359,20	61,56	2,57	10,0	15,36	359,20	59,47	2,85	11,2	15,17	359,19	58,39	1,40	10,2
6-11	15,72	360,06	61,48	0,43	11,2	15,31	360,06	59,50	1,59	12,8	15,10	360,07	58,35	1,20	10,3
6-12	15,66	360,92	61,11	2,17	12,3	15,30	360,85	59,46	3,78	13,3	15,04	360,86	58,11	0,19	11,1
6-13	15,54	361,68	60,82	0,34	11,1	15,27	361,70	59,48			15,12	361,70	58,63	1,62	9,7
6-14	15,57	362,40	60,71	1,39	10,3	15,21	362,46	59,02	7,74	18,1	14,98	362,51	57,48	3,67	8,5
6-15	15,69	363,16	61,16	2,00	12,7	15,17	363,23	58,82	1,99	12,1	14,99	363,24	57,82	0,92	10,6
			<i>medel</i>	<i>1,6</i>	<i>11,0</i>				<i>2,4</i>	<i>11,7</i>				<i>1,7</i>	<i>9,9</i>
			<i>stdav</i>	<i>0,9</i>	<i>1,1</i>				<i>1,8</i>	<i>2,1</i>				<i>1,4</i>	<i>1,1</i>

Bilaga 2-3: Koordinater för kanthålens påhuggsvinklar, mätmetod A-C, samt riktningsfelsdata.

Sträcka -hål nr	Rörets ytterända			Riktn- fel A grader	Tipp- vinkel grader	Mätt ny krönpunkt			Riktn- fel B grader	Tipp- vinkel grader	Mätpunkt under krönet			Riktn- fel C grader	Tipp- vinkel grader
	CL. m	S m	z' m			CL. m	S m	z' m			CL. m	S m	z' m		
7-01	15,09	364,21	59,50	7,90	4,0	14,53	364,19	56,11	0,47	10,9	14,20	364,23	54,35	1,39	10,9
7-02	15,02	364,98	59,12	9,84	1,8			56,58							
7-03	15,01	365,59	58,73	9,70	2,4	14,78	365,65	56,58	3,57	8,3	14,43	365,80	54,29	4,53	9,2
7-04	14,98	366,26	58,56	6,18	5,9	14,73	366,35	56,65	3,40	9,6	14,54	366,41	55,72	3,85	12,0
7-05	14,97	367,19	57,87	6,20	5,1	14,72	367,17	56,02	1,80	9,9	14,45	367,25	54,69	3,17	11,5
7-06	14,74	367,91	57,52	6,84	4,7	14,37	367,99	55,20	2,41	11,2	14,16	368,04	54,18	3,05	12,0
7-07	14,81	368,79	57,20	6,08	5,2	14,44	368,88	54,84	3,13	10,7	14,25	368,93	53,92	3,29	12,0
7-08	15,01	369,57	57,50	3,40	7,9	14,61	369,64	55,42	3,41	12,9	14,36	369,69	54,35	3,20	13,5
7-09	14,83	370,34	57,43	4,74	6,6	14,69	370,33	56,36	2,77	9,3	14,56	370,34	55,91	4,81	16,0
7-10	14,77	371,10	57,09	5,14	6,3	14,67	371,11	56,15	7,08	4,3	14,51	371,13	55,46	2,12	13,2
7-11	14,72	372,01	56,90	5,42	6,7	14,30	371,97	54,44	0,30	11,1	14,02	371,99	53,13	1,18	12,2
7-12	14,79	372,75	56,83	4,67	6,7	14,56	372,75	55,34	1,02	10,9	14,36	372,80	54,35	3,24	11,9
7-13						14,63	373,45	55,61			14,51	373,42	54,86	2,59	9,3
			<i>medel</i>	<i>6,3</i>	<i>5,3</i>				<i>2,7</i>	<i>9,9</i>				<i>3,1</i>	<i>12,2</i>
			<i>stdav</i>	<i>2,0</i>	<i>1,8</i>				<i>1,9</i>	<i>2,2</i>				<i>1,1</i>	<i>1,7</i>
8-13	14,30	383,90	54,81	5,54	6,6			52,30							
8-14	14,40	384,63	54,81	3,00	8,3			51,79							
8-15	14,43	385,31	55,05	4,32	7,0			52,25							
8-16	14,57	386,28	55,80	3,55	8,5	13,75	386,27	51,78	1,16	12,3	13,60	386,26	51,13	1,42	12,6
			<i>mean</i>	<i>4,1</i>	<i>7,6</i>				<i>1,2</i>	<i>12,3</i>				<i>1,4</i>	<i>12,6</i>
			<i>std dev</i>	<i>1,1</i>	<i>0,9</i>										
9-01	14,58	386,98	55,95	4,04	7,4	13,72	387,05	51,64	1,31	12,2	13,58	387,08	51,07	3,82	14,3
9-02	14,69	387,78	56,20	3,52	7,9	13,72	387,76	51,57	1,35	12,6	13,56	387,78	50,89	2,88	13,4
9-03	14,73	388,57	56,45	4,37	7,1	13,82	388,61	51,54	0,45	11,1	13,69	388,61	50,87	0,40	11,3
9-04	14,72	389,38	56,65	4,66	6,7	13,73	389,35	51,56	0,62	11,8	13,60	389,34	50,95	0,74	11,6
9-05	14,79	390,26	56,74	4,25	7,1	13,76	390,19	51,54	1,06	12,0	13,63	390,17	50,95	1,91	12,2
9-06	14,82	391,01	56,73	3,51	8,0	13,65	391,06	51,31	1,67	12,8	13,41	391,07	50,33	2,85	14,1
9-07	14,76	391,87	56,69	3,93	8,3	13,73	391,77	51,57	1,09	11,9	13,61	391,76	50,96	0,71	11,2
9-08	14,73	392,62	56,67	4,59	7,9	13,74	392,57	51,80	0,93	12,2	13,57	392,56	51,02	0,92	12,1
9-09	14,71	393,47	56,47	3,90	7,8	13,72	393,41	51,56	0,82	11,9	13,57	393,39	50,76	1,49	11,1
9-10	14,70	394,24	56,31	3,92	7,8	13,47	394,31	50,14			13,44	394,25	49,82	12,91	12,6
			<i>medel</i>	<i>4,1</i>	<i>7,6</i>				<i>1,0</i>	<i>12,1</i>				<i>2,9</i>	<i>12,4</i>
			<i>stdav</i>	<i>0,4</i>	<i>0,5</i>				<i>0,4</i>	<i>0,5</i>				<i>3,7</i>	<i>1,2</i>
10-01	14,87	395,00	56,79	1,88	12,3	13,87	394,88	51,86	2,51	11,5	13,75	394,85	51,24	2,70	11,3
10-02	14,84	395,74	56,79	4,97	10,7	13,92	395,88	51,95	0,38	11,3	13,79	395,87	51,27	0,66	10,9
10-03	14,84	396,61	56,76	2,46	13,1	13,90	396,54	52,35	2,10	11,8	13,74	396,52	51,53	1,41	11,4
10-04	14,89	397,32	56,61	4,81	13,7	14,34	397,36	54,13	3,27	12,2	14,21	397,35	53,50	1,01	11,8
10-05	14,80	398,23	56,64	2,34	9,1	14,59	398,17	55,37			14,46	398,16	54,72	0,86	11,3
10-06	14,84	398,97	56,70	2,55	9,1	14,59	398,94	55,19			14,37	398,96	54,19	1,74	12,5
10-07	14,88	399,70	56,90	2,89	11,0	14,47	399,75	54,94	3,70	14,9	14,37	399,74	54,35	2,20	9,3
10-08	14,96	400,57	57,11	3,20	11,0	14,72	400,59	55,84			14,51	400,63	54,88	2,53	12,3
10-09	14,96	401,37	57,27	3,02	9,2	14,53	401,36	54,87	2,92	12,0	14,41	401,35	54,13	2,06	9,5
10-10	14,99	402,08	57,36	4,99	10,2	14,59	402,16	55,25	3,33	13,8	14,46	402,17	54,55	1,55	10,3
			<i>medel</i>	<i>3,3</i>	<i>10,9</i>				<i>2,6</i>	<i>12,5</i>				<i>1,7</i>	<i>11,1</i>
			<i>stdav</i>	<i>1,2</i>	<i>1,6</i>				<i>1,1</i>	<i>1,3</i>				<i>0,7</i>	<i>1,1</i>

Bilaga 2-4: Koordinater för kanthålens påhuggsvinklar, mätmetod A-C, samt riktningsfelsdata.

Sträcka -hål nr	Rörets ytterända			Rikt- fel A grader	Tipp- vinkel grader	Mätt ny krönpunkt			Rikt- fel B grader	Tipp- vinkel grader	Mätpunkt under krönet			Rikt- fel C grader	Tipp- vinkel grader
	CL m	S m	z' m			CL m	S m	z' m			CL m	S m	z' m		
11-01	15,01	403,01	57,41	2,99	8,4	14,80	403,00	56,12			14,61	403,00	55,04	0,87	10,5
11-02	15,19	403,77	58,12	1,04	11,2	14,66	403,82	55,71	2,71	13,7	14,51	403,84	55,04	1,91	12,6
11-03	15,21	404,55	58,34	1,99	11,7	14,66	404,58	55,92	2,90	14,1	14,40	404,59	54,93	3,44	14,7
11-04	15,22	405,36	58,60	3,54	11,3	14,65	405,37	55,63	2,36	10,9	14,48	405,37	54,87	1,91	13,1
11-05	15,31	406,17	58,72	1,66	12,2	14,65	406,10	55,57	3,20	12,1	14,40	406,06	54,56	3,61	14,4
11-06	15,30	407,02	58,85	1,52	11,6	14,64	406,95	55,44	3,16	10,9	14,42	406,92	54,47	2,40	13,2
11-07	15,27	407,88	58,79	1,28	10,2	14,58	407,78	55,25	2,39	11,8	14,31	407,69	54,15	4,91	14,2
11-08	15,22	408,66	58,44	4,05	8,8	14,54	408,56	54,77	1,06	11,8	14,43	408,53	54,21	2,52	11,5
11-09	15,10	409,45	58,02	3,21	8,6	14,69	409,43	55,90	4,16	15,4	14,48	409,40	54,91	1,49	12,2
11-10	15,17	410,25	58,04	1,49	9,8	14,44	410,26	54,52	1,57	12,9	14,24	410,24	53,52	1,13	11,5
			<i>medel</i>	<i>2,3</i>	<i>10,4</i>				<i>2,6</i>	<i>12,6</i>				<i>2,4</i>	<i>12,8</i>
			<i>stdav</i>	<i>1,1</i>	<i>1,4</i>				<i>0,9</i>	<i>1,5</i>				<i>1,3</i>	<i>1,4</i>
12-01	15,15	411,02	57,89	2,73	8,8	14,42	410,98	54,51	3,11	14,4	14,20	410,98	53,55	2,08	13,3
12-02	15,03	412,28	57,57	2,07	10,2	14,39	412,23	54,57	2,33	13,6	14,27	412,18	53,97	3,91	11,7
12-03	15,02	413,46	57,45	1,77	11,7	14,37	413,39	54,61	2,80	13,9	14,21	413,35	53,81	3,15	11,9
12-04	14,97	414,56	57,14	2,41	9,8	14,44	414,64	54,70	4,29	15,3	14,28	414,63	53,91	0,52	11,5
12-05	14,90	415,78	56,89	1,58	10,6	14,45	415,89	54,96	8,20	18,0	14,28	415,92	54,12	2,22	11,8
12-06	14,93	417,01	56,95	1,86	9,8	14,44	417,04	54,92	9,23	20,5	14,28	417,05	54,04	1,38	10,3
12-07	14,89	418,21	56,67	1,73	9,6	14,45	418,24	54,70	8,30	19,2	14,29	418,22	53,88	1,37	10,9
12-08	14,87	419,41	56,39	2,80	8,5	14,42	419,44	54,31	7,58	18,7	14,28	419,42	53,33	3,13	8,5
12-09	14,80	420,62	56,08	2,36	10,4	14,17	420,60	53,55	7,06	18,3	14,03	420,59	52,90	1,11	11,8
12-10	14,83	421,75	56,09	1,30	10,2	14,27	421,83	53,84	8,40	19,2	14,04	421,76	52,91	4,81	14,5
			<i>medel</i>	<i>2,1</i>	<i>10,0</i>				<i>6,1</i>	<i>17,1</i>				<i>2,4</i>	<i>11,6</i>
			<i>stdav</i>	<i>0,5</i>	<i>0,9</i>				<i>2,7</i>	<i>2,5</i>				<i>1,4</i>	<i>1,6</i>
13-01	14,89	422,98	56,14	1,81	12,9	14,15	423,13	53,31	6,75	16,8	13,93	423,14	52,36	2,03	13,3
13-02	14,83	423,83	55,94	2,14	12,6			51,00							
13-03	14,77	424,60	55,83	0,27	11,4			51,19							
13-04	14,72	425,44	55,42	1,69	11,5			51,74							
13-05	14,74	426,35	55,48	4,23	12,2			52,00							
13-06	14,79	427,02	55,69	2,79	13,8			52,18							
13-07	14,70	427,83	55,21	1,84	11,6			52,64							
13-08	14,67	428,63	54,83	2,22	12,7										
13-09	14,41	429,28	54,64	4,46	7,8										
13-10															
13-11															
			<i>medel</i>	<i>2,4</i>	<i>11,8</i>				<i>6,7</i>	<i>16,8</i>				<i>2,0</i>	<i>13,3</i>
			<i>stdav</i>	<i>1,3</i>	<i>1,7</i>										

Bilaga 3-1: Påhuggskoordinater, vinkelmätdata A och feldata för hjälparhålen.

Sträcka -hål nr	Planerad påhuggspunkt			Mätt påhuggspunkt			Rörets ytterända			Längd-	Ansättn-	Rikt-	Hål-
	CL m	S 0/m	z' m	CL m	S 0/m	z' m	CL m	S 0/m	z' m	fel m	fel m	fel deg	avstånd m
0-01	13,04	300,38	51,84	13,33	300,25	51,84	13,48	300,28	52,72	0,00	0,31	2,36	1,16
0-02	13,09	301,46	52,02	13,30	301,42	52,02	13,42	301,48	52,83	0,00	0,22	5,47	0,98
0-03	13,16	302,49	52,40	13,33	302,39	52,38	13,46	302,45	53,19	0,03	0,19	4,43	1,10
0-04	13,28	303,56	53,00	13,48	303,50	52,97	13,60	303,52	53,79	0,04	0,20	3,26	1,05
0-05	13,37	304,60	53,48	13,55	304,55	53,49	13,73	304,63	54,40	0,04	0,18	4,85	1,05
0-06	13,42	305,67	53,72	13,65	305,60	53,78	13,79	305,58	54,61	-0,19	0,24	2,31	1,03
		<i>medel</i>	<i>52,7</i>			<i>52,7</i>			<i>53,6</i>	<i>-0,01</i>	<i>0,22</i>	<i>3,8</i>	<i>1,06</i>
		<i>stdav</i>	<i>0,8</i>			<i>0,8</i>			<i>0,8</i>	<i>0,09</i>	<i>0,05</i>	<i>1,3</i>	<i>0,06</i>
1-01	13,47	306,70	53,96	13,67	306,63	53,96	13,89	306,65	54,94	-0,18	0,22	1,82	1,03
1-02	13,55	307,73	54,39	13,74	307,65	54,36	13,86	307,67	55,25	-0,80	0,20	3,26	1,12
1-03	13,67	308,80	54,99	13,88	308,77	54,96	14,03	308,71	56,06	0,00	0,22	4,83	0,96
1-04	13,95	309,84	56,41	14,05	309,73	56,08	14,23	309,71	56,98	-0,08	0,16	0,96	1,17
1-05	14,03	310,91	56,84	14,05	310,89	56,50	14,22	310,88	57,31	0,00	0,03	0,95	1,00
1-06	14,05	311,96	56,93	14,16	311,90	56,99	14,33	311,89	57,87	-0,13	0,13	0,54	1,12
1-07	14,04	313,00	56,90	14,18	313,02	56,97	14,35	313,00	57,86	-0,04	0,15	1,24	1,03
1-08	13,99	314,06	56,66	14,05	314,04	56,73	14,22	314,04	57,60	-0,05	0,07	0,46	1,03
1-09	14,00	315,11	56,76	14,15	315,08	56,85	14,28	315,07	57,66	0,04	0,14	2,11	1,10
1-10	13,97	316,16	56,59	14,10	316,17	56,64	14,25	316,20	57,47	0,00	0,13	1,93	1,03
		<i>medel</i>	<i>56,0</i>			<i>56,0</i>			<i>56,9</i>	<i>-0,13</i>	<i>0,14</i>	<i>1,8</i>	<i>1,06</i>
		<i>stdav</i>	<i>1,1</i>			<i>1,1</i>			<i>1,1</i>	<i>0,25</i>	<i>0,06</i>	<i>1,4</i>	<i>0,06</i>
2-01	13,92	317,19	56,38	14,00	317,20	56,43	14,25	317,19	57,63	0,00	0,08	1,18	1,07
2-02	13,93	318,27	56,41	13,98	318,27	56,48	14,14	318,25	57,33	-0,08	0,05	1,66	0,99
2-03	13,93	319,32	56,43	14,01	319,26	56,48	14,15	319,29	57,30	0,00	0,10	2,55	1,11
2-04	13,92	320,33	56,41	13,94	320,37	56,45	14,09	320,38	57,28	0,06	0,05	0,72	1,02
2-05	13,87	321,40	56,15	13,92	321,39	56,16	14,07	321,40	57,01	0,05	0,05	1,65	1,08
		<i>medel</i>	<i>56,4</i>			<i>56,4</i>			<i>57,3</i>	<i>0,00</i>	<i>0,07</i>	<i>1,6</i>	<i>1,05</i>
		<i>stdav</i>	<i>0,1</i>			<i>0,1</i>			<i>0,2</i>	<i>0,05</i>	<i>0,02</i>	<i>0,7</i>	<i>0,05</i>
3-01	13,84	322,46	56,04	14,02	322,47	56,20	14,18	322,45	57,05	-0,08	0,17	1,59	1,05
3-02	13,77	323,49	55,70							0,03			1,05
3-03	13,70	324,55	55,34							0,00			1,05
3-04	13,71	325,60	55,38	13,77	325,60	55,47	13,90	325,60	56,27	-0,04	0,06	2,20	1,00
3-05	13,70	326,65	55,34	13,67	326,60	55,34	13,85	326,60	56,19	-0,06	0,06	0,67	1,04
3-06	13,68	327,69	55,24	13,73	327,64	55,37	13,92	327,70	56,17	0,00	0,07	4,61	1,10
3-07	13,71	328,76	55,41	13,73	328,74	55,48	13,95	328,74	56,29	0,00	0,03	3,90	1,07
3-08	13,77	329,78	55,74	13,86	329,81	55,73	14,04	329,85	56,59	0,00	0,09	2,93	1,00
3-09	13,79	330,85	55,82	13,77	330,81	55,81	13,99	330,83	56,66	-0,10	0,05	3,82	1,02
		<i>medel</i>	<i>55,6</i>			<i>55,6</i>			<i>56,5</i>	<i>-0,03</i>	<i>0,07</i>	<i>2,8</i>	<i>1,04</i>
		<i>stdav</i>	<i>0,3</i>			<i>0,3</i>			<i>0,3</i>	<i>0,04</i>	<i>0,05</i>	<i>1,4</i>	<i>0,03</i>
4-01	13,80	331,89	55,86	13,84	331,83	55,91	14,07	331,85	56,76	-0,05	0,08	3,95	1,06
4-02	13,87	332,95	56,22	13,85	332,88	56,22	14,06	332,88	57,08	0,00	0,07	2,35	1,09
4-03	13,93	334,00	56,56	13,92	333,97	56,62	14,14	334,03	57,53	0,04	0,03	4,36	1,04
4-04	13,98	335,05	56,80	14,04	335,00	56,86	14,23	335,01	57,71	-0,11	0,07	1,58	1,10
4-05	13,98	336,10	56,83	14,00	336,10	56,92	14,19	336,12	57,73	0,08	0,02	2,41	1,04
4-06	13,98	337,14	56,83	13,89	337,14	56,81	14,11	337,15	57,63	-0,07	0,09	3,45	1,04
4-07	13,98	338,20	56,80	14,02	338,18	56,86	14,20	338,23	57,69	-0,10	0,05	3,42	1,10
4-08	14,00	339,23	56,93	14,00	339,28	56,97	14,19	339,30	57,76	0,07	0,05	2,70	1,29
4-09	13,83	340,29	49,38	13,85	340,57	56,03	14,04	340,65	56,88	0,04	0,28	5,59	0,73
		<i>medel</i>	<i>55,8</i>			<i>56,6</i>			<i>57,4</i>	<i>-0,01</i>	<i>0,08</i>	<i>3,3</i>	<i>1,05</i>
		<i>stdav</i>	<i>2,4</i>			<i>0,4</i>			<i>0,4</i>	<i>0,07</i>	<i>0,08</i>	<i>1,2</i>	<i>0,15</i>

Bilaga 3-2: Påhuggskoordinater, vinkelmätdata A och feldata för hjälparhålen.

Sträcka -hål nr	Planerad påhuggspunkt			Mätt påhuggspunkt			Rörets ytterända			Längd- fel m	Ansättn- fel m	Rikt- fel deg	Häl- avstånd m
	CL m	S 0/m	z' m	CL m	S 0/m	z' m	CL m	S 0/m	z' m				
5-01	13,85	341,35	56,16	13,88	341,30	56,23	14,10	341,34	56,99	-0,10	0,06	6,01	1,12
5-02	13,92	342,41	56,52	13,84	342,42	56,43	14,06	342,43	57,30	0,02	0,08	2,98	0,98
5-03	13,96	343,46	56,71	13,96	343,39	56,75	14,23	343,46	57,74	0,03	0,07	5,85	1,03
5-04	14,01	344,50	56,97	14,03	344,42	56,98	14,30	344,51	58,18	-0,49	0,08	4,43	0,98
5-05	14,06	345,55	57,25	14,04	345,40	57,22	14,22	345,45	58,06	-0,52	0,15	2,80	1,24
5-06	14,36	346,60	58,73	14,35	346,64	58,79	14,52	346,69	59,68	0,04	0,04	2,92	1,02
5-07	14,40	347,65	58,96	14,46	347,66	59,00	14,61	347,72	59,84	0,04	0,05	4,44	1,00
5-08	14,38	348,70	58,81	14,40	348,66	58,84	14,56	348,68	59,69	0,00	0,05	1,35	
5-09	14,34	349,75	58,64	14,56	349,23	58,71	14,71	349,19	59,60	-0,29	0,56	2,78	
5-10	14,70	350,81	60,44	14,71	350,80	60,53	14,88	350,83	61,26	-0,13	0,01	2,51	1,05
		<i>medel</i>	<i>57,9</i>			<i>57,9</i>			<i>58,8</i>	<i>-0,14</i>	<i>0,12</i>	<i>3,6</i>	<i>1,05</i>
		<i>stdav</i>	<i>1,4</i>			<i>1,4</i>			<i>1,4</i>	<i>0,22</i>	<i>0,16</i>	<i>1,5</i>	<i>0,09</i>
6-01	14,75	351,86	60,71	14,71	351,85	60,66	14,96	351,87	61,87	0,12	0,04	1,07	1,05
6-02	14,94	352,91	61,62	14,94	352,90	61,63	15,22	352,91	62,99	0,14	0,01	0,61	1,34
6-03	14,96	353,95	61,72	14,97	354,24	61,74	15,24	354,21	63,11	0,16	0,29	1,33	0,86
6-04	14,96	355,00	61,73	14,92	355,10	61,72	15,15	355,07	63,09	0,15	0,10	2,21	1,22
6-05	14,94	356,04	61,63	14,87	356,32	61,62	15,13	356,35	62,98	0,09	0,29	1,14	0,85
6-06	14,88	357,09	61,35	14,91	357,17	61,28	15,23	357,15	62,62	0,10	0,08	2,04	1,00
6-07	14,84	358,14	61,11	14,80	358,17	61,04	15,05	358,28	62,49	0,04	0,05	4,48	1,02
6-08	14,77	359,20	60,77	14,77	359,19	60,67	14,83	359,22	61,64	0,01	0,01	7,98	1,13
6-09	14,73	360,23	60,59	14,76	360,31	60,49	14,83	360,35	61,41	0,01	0,09	7,09	1,02
6-10	14,63	361,29	60,07	14,57	361,34	60,02	14,64	361,34	60,92	-0,20	0,07	6,80	1,05
6-11	14,55	362,35	59,69	14,56	362,38	59,69	14,63	362,43	60,62	0,08	0,03	7,86	0,99
6-12	14,48	363,39	59,33	14,51	363,37	59,32	14,58	363,39	60,22	-0,12	0,03	6,91	1,10
		<i>medel</i>	<i>60,9</i>			<i>60,8</i>			<i>62,0</i>	<i>0,05</i>	<i>0,09</i>	<i>4,1</i>	<i>1,05</i>
		<i>stdav</i>	<i>0,8</i>			<i>0,8</i>			<i>1,0</i>	<i>0,11</i>	<i>0,10</i>	<i>3,0</i>	<i>0,14</i>
7-01	14,39	364,45	58,86	14,41	364,46	58,80	14,50	364,51	59,71	0,00	0,02	6,59	1,06
7-02	14,30	365,51	58,41	14,35	365,53	58,34	14,45	365,57	59,27	0,00	0,05	5,78	1,03
7-03	14,17	366,56	57,72	14,18	366,56	57,70	14,30	366,55	58,65	0,00	0,01	3,71	1,01
7-04	13,91	367,6	56,44	13,91	367,57	56,45	13,98	367,55	57,35	0,05	0,03	6,87	1,12
7-05	13,92	368,66	56,45	13,91	368,69	56,47	14,04	368,71	57,53	-0,17	0,03	4,57	1,12
7-06	13,83	369,70	56,01	13,75	369,81	55,96	13,92	369,79	57,14	-0,08	0,13	3,22	0,88
7-07	13,79	370,74	55,83	13,66	370,69	55,64	13,78	370,77	56,49	0,00	0,14	5,68	
		<i>medel</i>	<i>57,1</i>			<i>57,1</i>			<i>58,0</i>	<i>-0,03</i>	<i>0,06</i>	<i>5,2</i>	<i>1,04</i>
		<i>stdav</i>	<i>1,2</i>			<i>1,2</i>			<i>1,2</i>	<i>0,07</i>	<i>0,06</i>	<i>1,4</i>	<i>0,09</i>
8-09	13,45	383,25	54,00	13,57	383,85	53,89	13,79	383,89	55,26	-0,12		2,75	0,96
8-10	13,49	384,75	54,17	13,48	384,81	53,82	13,75	384,79	55,14	0,06	0,06	1,06	1,01
8-11	13,65	385,80	54,95	13,62	385,82	54,96	13,92	385,75	56,32	-0,01	0,03	2,90	1,05
8-12	13,64	386,85	54,90	13,65	386,86	54,89	13,92	386,89	56,27	-0,14	0,01	1,17	1,01
		<i>medel</i>	<i>54,5</i>			<i>54,4</i>			<i>55,7</i>	<i>-0,05</i>	<i>0,04</i>	<i>2,0</i>	<i>1,00</i>
		<i>stdav</i>	<i>0,5</i>			<i>0,6</i>			<i>0,6</i>	<i>0,09</i>	<i>0,03</i>	<i>1,0</i>	<i>0,03</i>
9-01	13,72	387,90	55,30	13,79	387,87	55,30	14,03	387,79	56,58	-0,14	0,08	3,46	1,07
9-02	13,80	388,95	55,65	13,73	388,94	55,67	13,97	388,87	57,05	-0,06	0,07	3,26	1,08
9-03	13,85	390,00	55,90	13,83	390,01	55,90	14,08	389,96	57,30	0,03	0,03	2,44	1,07
9-04	13,86	391,05	55,95	13,88	391,08	55,95	14,16	391,11	57,32	-0,07	0,04	1,19	1,07
9-05	13,85	392,10	55,87	13,86	392,15	55,87	14,12	392,18	57,24	-0,20	0,05	1,43	1,05
9-06	13,82	393,15	55,74	13,81	393,20	55,70	14,13	393,28	57,05	0,00	0,05	3,82	1,00
9-07	13,78	394,20	55,52	13,71	394,19	55,49	13,96	394,24	56,86		0,08	1,93	1,08
		<i>medel</i>	<i>55,7</i>			<i>55,7</i>			<i>57,1</i>	<i>-0,07</i>	<i>0,06</i>	<i>2,5</i>	<i>1,06</i>
		<i>stdav</i>	<i>0,2</i>			<i>0,2</i>			<i>0,3</i>	<i>0,09</i>	<i>0,02</i>	<i>1,0</i>	<i>0,03</i>

Bilaga 3-3: Påhuggskoordinater, vinkelmätdata A och feldata för hjälparhålen.

Sträcka -hål nr	Planerad påhuggspunkt			Mätt påhuggspunkt			Rörets ytterända			Längd-	Ansättn-	Rikt-	Hål-
	CL m	S 0/m	z' m	CL m	S 0/m	z' m	CL m	S 0/m	z' m	fel m	fel m	fel deg	avstånd m
10-01	13,74	395,25	55,30	13,70	395,28	55,25	13,93	395,28	56,63	-0,13	0,05	1,90	1,09
10-02	13,76	396,30	55,35	13,76	396,36	55,37	14,01	396,31	56,74	-0,06	0,06	2,26	1,02
10-03	13,74	397,35	55,25	13,74	397,38	55,26	14,01	397,36	56,63	0,00	0,03	0,79	1,02
10-04	13,75	398,40	55,28	13,74	398,40	55,19	14,03	398,38	56,54	-0,27	0,01	1,41	1,06
10-05	13,76	399,45	55,34	13,74	399,46	55,34	13,96	399,45	56,72	0,00	0,03	2,16	1,04
10-06	13,80	400,50	55,52	13,86	400,50	55,54	14,09	400,47	56,90	-0,07	0,06	2,20	1,07
10-07	13,83	401,55	55,66	13,82	401,56	55,66	14,06	401,51	57,03	-0,07	0,02	2,62	1,04
10-08	13,86	402,60	55,79	13,91	402,60	55,81	14,14	402,61	57,18	-0,06	0,04	1,71	1,05
		<i>medel</i>	<i>55,4</i>			<i>55,4</i>			<i>56,8</i>	<i>-0,08</i>	<i>0,04</i>	<i>1,9</i>	<i>1,05</i>
		<i>stdav</i>	<i>0,2</i>			<i>0,2</i>			<i>0,2</i>	<i>0,09</i>	<i>0,02</i>	<i>0,6</i>	<i>0,02</i>
11-01	14,05	403,65	56,70	14,05	403,65	56,71	14,28	403,64	58,06	-0,05	0,00	1,63	1,08
11-02	14,12	404,70	57,02	14,12	404,73	57,03	14,36	404,71	58,39	-0,05	0,03	1,69	0,89
11-03	14,16	405,75	57,23	14,22	405,62	57,24	14,45	405,58	58,59	-0,13	0,14	2,43	1,21
11-04	14,20	406,80	57,41	14,25	406,83	57,39	14,52	406,78	58,73	-0,39	0,05	2,05	1,05
11-05	14,20	407,85	57,38	14,24	407,87	57,38	14,48	407,84	58,73	-0,06	0,05	2,00	0,99
11-06	14,11	408,90	56,89	14,16	408,86	56,85	14,42	408,94	58,16	-0,05	0,06	3,08	1,02
11-07	14,02	409,95	56,44	13,99	409,89	56,44	14,21	409,94	57,74	-0,11	0,07	3,17	1,22
		<i>medel</i>	<i>57,0</i>			<i>57,0</i>			<i>58,3</i>	<i>-0,12</i>	<i>0,06</i>	<i>2,3</i>	<i>1,06</i>
		<i>stdav</i>	<i>0,4</i>			<i>0,4</i>			<i>0,4</i>	<i>0,12</i>	<i>0,04</i>	<i>0,6</i>	<i>0,12</i>
12-01	13,99	411,00	56,23	13,95	411,11	56,20	14,13	411,18	57,53	-0,05	0,11	4,81	0,97
12-02	13,96	412,05	56,10	14,01	412,08	56,07	14,30	412,08	57,33	-0,07	0,06	1,66	1,04
12-03	13,92	413,10	55,87	13,93	413,12	55,81	14,12	413,08	57,15	0,05	0,02	3,54	1,01
12-04	13,92	414,15	55,85	13,94	414,13	55,85	14,19	414,14	57,18	-0,04	0,03	1,08	1,07
12-05	13,88	415,20	55,64	13,87	415,20	55,59	14,12	415,20	56,91	-0,06	0,02	0,51	0,99
12-06	13,83	416,25	55,37	13,85	416,19	55,38	14,09	416,19	56,71	-0,02	0,06	1,04	1,16
12-07	13,86	417,30	55,46	13,90	417,35	55,48	14,17	417,36	56,80	-0,12	0,07	0,17	0,97
12-08	13,87	418,35	55,49	13,88	418,32	55,47	14,06	418,26	56,76	-0,12	0,03	4,19	1,13
12-09	13,81	419,40	55,18	13,83	419,45	55,15	14,12	419,43	56,38	-0,22	0,05	2,24	1,01
12-10	13,79	420,45	55,05	13,79	420,46	55,03	14,11	420,51	56,34	-0,05	0,01	3,05	1,11
12-11	13,76	421,50	54,86	13,75	421,57	54,82	14,03	421,60	56,15	-0,11	0,07	1,41	0,98
12-12	13,74	422,55	54,78	13,76	422,55	54,72	14,01	422,57	56,03	-0,02	0,02	0,83	1,08
		<i>medel</i>	<i>55,5</i>			<i>55,5</i>			<i>56,8</i>	<i>-0,07</i>	<i>0,05</i>	<i>2,0</i>	<i>1,04</i>
		<i>stdav</i>	<i>0,5</i>			<i>0,5</i>			<i>0,5</i>	<i>0,07</i>	<i>0,03</i>	<i>1,5</i>	<i>0,07</i>
13-01	13,73	423,60	53,88	13,74	423,63	54,67	13,98	423,65	55,93	0,94	0,04	1,06	1,09
13-02	13,67	424,65	53,53	13,71	424,73	54,31	13,97	424,78	55,64	-0,11	0,09	2,13	1,03
13-03	13,64	425,70	54,15	13,57	425,76	54,08	13,84	425,74	55,47	-0,17	0,09	0,90	1,21
13-04	13,62	426,75	54,01	13,65	426,97	54,11	13,90	426,96	55,35	0,67	0,22	0,59	0,87
13-05	13,57	427,80	53,75	13,55	427,84	53,73	13,81	427,90	55,05	-0,16	0,04	2,51	1,06
13-06	13,48	428,85	53,29	13,55	428,90	53,26	13,75	428,95	54,58	0,05	0,08	3,47	
		<i>medel</i>	<i>53,8</i>			<i>54,0</i>			<i>55,3</i>	<i>0,20</i>	<i>0,09</i>	<i>1,8</i>	<i>1,05</i>
		<i>stdav</i>	<i>0,3</i>			<i>0,5</i>			<i>0,5</i>	<i>0,48</i>	<i>0,07</i>	<i>1,1</i>	<i>0,12</i>

Bilaga 4-1: Beräknade borrhålsavvikelser och sprängtekniska storheter för kanthålen.

Sträcka -hål nr	Plan- längd m	Mätt längd m	Avstånd ytan m	Avstånd botten m	Tipp- vinkel grader	Sväng- vinkel grader	Bäring rel. -CL grader	Avstånd fr. vägg m	Ansättn- fel m	Riktn- fel grader	Skillnad håldjup m	Total- fel m	Böjn- fel m
0-01	3,30	3,20	0,72	0,68	11,4	0,13	0,66	0,21	0,22	0,66	-0,49	0,57	0,45
0-02	3,45	3,45	0,89	0,89	11,8	1,19	5,82	0,19	0,27	1,27	0,32	0,31	0,15
0-03	3,81	3,81	0,81	0,73	10,6	1,17	6,40	0,29	0,25	1,43	0,03	0,46	0,35
0-04	4,06	3,95	0,75	0,88	9,8	2,40	14,21	0,34	0,22	3,00	0,01	0,53	0,28
0-05	4,36	4,27	0,88	0,80	11,1	0,31	1,62	0,20	0,21	0,38	0,68	0,40	0,28
0-06	4,58	4,57	0,75	0,64	10,9	1,63	8,66	0,24	0,21	1,72	0,23	1,06	1,01
0-07	4,86	4,90	0,81	0,81	7,9	3,31	24,96	0,44	0,18	5,32	-0,01	1,38	1,34
<i>medel</i>	<i>4,1</i>	<i>4,0</i>	<i>0,80</i>	<i>0,78</i>	<i>10,5</i>	<i>1,4</i>	<i>8,9</i>	<i>0,27</i>	<i>0,22</i>	<i>2,0</i>	<i>0,11</i>	<i>0,67</i>	<i>0,55</i>
<i>stdav</i>	<i>0,6</i>	<i>0,6</i>	<i>0,07</i>	<i>0,10</i>	<i>1,3</i>	<i>1,1</i>	<i>8,4</i>	<i>0,09</i>	<i>0,03</i>	<i>1,7</i>	<i>0,36</i>	<i>0,40</i>	<i>0,45</i>
1-01	4,64	4,60	0,79	1,02	8,6	3,32	22,77	0,44	0,23	4,72	-0,56	1,10	0,89
1-02	4,73	4,60	0,75	0,67	9,9	-0,19	-1,10	0,22	0,09	1,41	0,15	0,41	0,45
1-03	5,09	5,09	0,87	0,92	10,9	0,85	4,50	0,08	0,12	0,95	0,02	0,50	0,67
1-04	5,89	5,89	0,78	0,99	10,6	0,23	1,23	0,09	0,07	0,76	-0,49	0,50	0,71
1-05	6,69	6,69	0,86	0,72	12,0	-1,61	-7,76	0,01	0,13	1,72	-0,03	0,11	0,18
1-06	7,02	7,02	0,80	0,85	10,7	-0,44	-2,35	0,26	0,18	0,76	-0,02	0,26	0,23
1-07	7,35	7,26	0,73	0,51	11,2	-0,82	-4,22	0,06	0,05	0,83	0,04	0,16	0,31
1-08	7,41	7,33	0,88	0,94	12,6	0,81	3,72	-0,04	0,14	1,47	0,05	0,22	0,51
1-09	7,43	7,49	0,76	0,84	11,7	0,40	1,95	-0,01	0,04	0,55	-0,08	0,09	0,16
1-10	7,43	7,43	0,84	0,64	10,3	-0,23	-1,29	0,21	0,09	1,00	0,10	0,23	0,16
1-11	7,31	7,27	0,81	1,04	10,8	1,36	7,23	0,16	0,09	1,46	0,08	0,23	0,18
1-12	7,30	7,28	0,83	0,76	10,6	-0,47	-2,55	0,21	0,11	0,90	-0,13	0,23	0,07
1-13	7,12	7,12	0,77	0,90	10,2	0,11	0,61	0,26	0,13	1,11	0,12	0,27	0,35
<i>medel</i>	<i>6,6</i>	<i>6,5</i>	<i>0,81</i>	<i>0,83</i>	<i>10,8</i>	<i>0,3</i>	<i>1,7</i>	<i>0,15</i>	<i>0,11</i>	<i>1,4</i>	<i>-0,06</i>	<i>0,33</i>	<i>0,37</i>
<i>stdav</i>	<i>1,1</i>	<i>1,1</i>	<i>0,05</i>	<i>0,16</i>	<i>1,0</i>	<i>1,2</i>	<i>7,4</i>	<i>0,13</i>	<i>0,05</i>	<i>1,1</i>	<i>0,22</i>	<i>0,26</i>	<i>0,25</i>
2-01	6,81	6,81	0,82	0,79	10,9	-0,93	-4,96	0,15	0,11	1,06	-0,02	0,18	0,14
2-02	6,71	6,61	0,77	0,73	9,8	-0,63	-3,70	0,19	0,05	1,66	0,05	0,22	0,17
2-03	6,70	6,68	0,83	0,82	10,9	-0,30	-1,61	0,11	0,07	0,51	0,00	0,11	0,09
2-04	6,82	6,78	0,78	0,87	12,1	-0,19	-0,90	-0,01	0,09	0,81	-0,06	0,04	0,23
2-05	6,80	6,73	0,80	0,86	11,3	-0,89	-4,56	0,05	0,05	0,89	0,09	0,15	0,24
2-06	6,67	6,63	0,75	0,90	11,1	-1,40	-7,30	0,08	0,05	1,43	0,02	0,19	0,11
2-07	6,58	6,52	0,88	0,72	11,6	-2,74	-13,71	0,07	0,09	2,74	-0,02	0,29	0,35
<i>medel</i>	<i>6,7</i>	<i>6,7</i>	<i>0,80</i>	<i>0,81</i>	<i>11,1</i>	<i>-1,0</i>	<i>-5,2</i>	<i>0,09</i>	<i>0,07</i>	<i>1,3</i>	<i>0,01</i>	<i>0,17</i>	<i>0,19</i>
<i>stdav</i>	<i>0,1</i>	<i>0,1</i>	<i>0,04</i>	<i>0,07</i>	<i>0,7</i>	<i>0,9</i>	<i>4,3</i>	<i>0,07</i>	<i>0,02</i>	<i>0,7</i>	<i>0,05</i>	<i>0,08</i>	<i>0,09</i>
3-01	6,67	6,67	0,76	0,72	11,0	-1,36	-7,15	0,11	0,08	1,42	-0,08	0,21	0,14
3-02	6,82	6,82	0,83	0,42	11,1	-1,02	-5,29	0,05	0,04	1,05	-0,03	0,18	0,10
3-03	6,43	6,53	0,85	1,21	11,7	2,41	12,00	0,01	0,05	2,41	0,00	0,28	0,18
3-04	6,30	6,37	0,68	0,52	10,8	-0,74	-3,95	0,09	0,08	0,89	0,14	0,21	0,16
3-05	5,94	5,92	0,80	0,94	10,6	0,80	4,36	0,14	0,08	1,11	-0,08	0,19	0,10
3-06	5,64	5,68	0,83	0,80	11,2	-0,58	-3,00	0,06	0,08	0,59	-0,06	0,09	0,12
3-07	5,46	5,55	0,83	0,93	11,1	-0,32	-1,67	0,06	0,05	0,39	0,03	0,14	0,08
3-08	5,55	5,57	0,82	0,65	11,2	-1,26	-6,48	0,06	0,06	1,27	-0,07	0,19	0,27
3-09	5,78	5,89	0,79	0,96	11,0	0,47	2,48	0,05	0,02	0,59	0,03	0,20	0,09
3-10	5,85	5,95	0,76	0,73	12,4	-1,22	-5,71	-0,08	0,05	1,57	0,06	0,25	0,20
3-11	6,04	6,07	0,78	0,81	9,6	-0,99	-5,95	0,25	0,07	2,42	0,15	0,27	0,12
<i>medel</i>	<i>6,0</i>	<i>6,1</i>	<i>0,79</i>	<i>0,79</i>	<i>11,1</i>	<i>-0,3</i>	<i>-1,8</i>	<i>0,07</i>	<i>0,06</i>	<i>1,2</i>	<i>0,01</i>	<i>0,20</i>	<i>0,14</i>
<i>stdav</i>	<i>0,5</i>	<i>0,4</i>	<i>0,05</i>	<i>0,22</i>	<i>0,7</i>	<i>1,2</i>	<i>5,9</i>	<i>0,08</i>	<i>0,02</i>	<i>0,7</i>	<i>0,08</i>	<i>0,05</i>	<i>0,06</i>

Bilaga 4-2: Beräknade borrhålsavvikelser och sprängtekniska storheter för kanthålen.

Sträcka -hål nr	Plan- längd m	Mätt längd m	Avstånd ytan m	Avstånd botten m	Tipp- vinkel grader	Sväng- vinkel grader	Bäring rel. -CL grader	Avstånd fr. vägg m	Ansättn- fel m	Riktn- fel grader	Skilnad håldjup m	Total- fel m	Böjn- fel m
4-01	6,02	6,02	0,82	0,52	11,7	-1,27	-6,25	-0,01	0,04	1,31	-0,05	0,12	0,21
4-02	6,30	6,33	0,80	0,86	12,4	1,40	6,54	-0,07	0,06	1,74	0,01	0,19	0,09
4-03	6,47	6,47	0,86	1,00	11,5	0,81	4,07	0,01	0,04	0,84	0,02	0,11	0,06
4-04	6,58	6,58	0,81	0,83	11,5	-0,43	-2,15	0,01	0,06	0,45	-0,03	0,09	0,07
4-05	6,72	6,74	0,75	0,77	11,2	-0,54	-2,80	0,04	0,05	0,55	-0,02	0,11	0,08
4-06	6,78	6,82	0,81	0,65	11,3	-0,71	-3,62	0,05	0,06	0,71	0,07	0,12	0,08
4-07	6,82	6,82	0,79	1,11	11,1	0,60	3,14	0,01	0,01	0,64	0,06	0,07	0,14
4-08	6,91	6,88	0,77	0,57	11,2	-2,08	-10,73	0,04	0,03	2,09	0,04	0,29	0,28
4-09	6,86	6,80	0,81	0,77	12,0	-0,44	-2,11	-0,08	0,03	0,85	-0,08	0,11	0,08
4-10	7,12	7,12	0,86	0,88	10,4	-0,07	-0,38	0,17	0,07	0,89	0,45	0,17	0,41
4-11	7,33	7,33	0,75	1,04	10,9	-0,26	-1,39	0,11	0,08	0,50	-0,43	0,50	0,44
4-12	7,19	7,26	0,55	-0,02	10,4	-2,59	-14,55	0,12	0,05	2,89	0,10	0,35	0,29
medel	6,8	6,8	0,78	0,75	11,3	-0,5	-2,5	0,03	0,05	1,12	0,0	0,18	0,19
stdav	0,4	0,4	0,08	0,30	0,6	1,1	6,0	0,07	0,02	0,75	0,2	0,13	0,14
5-01	6,37	6,90	0,93	0,93	11,1	2,17	11,31	0,17	0,35	2,20	-0,03	0,70	0,40
5-02	6,63	6,60	0,93	0,99	8,6	2,35	15,84	0,37	0,13	3,80	-0,30	0,69	0,64
5-03	7,21	7,21	0,79	0,82	11,7	1,55	7,67	-0,08	0,04	1,57	-0,02	0,22	0,26
5-04	7,36	7,40	0,85	0,99	12,5	1,28	5,92	-0,10	0,04	1,69	0,08	0,21	0,16
5-05	7,53	7,45	0,81	0,75	11,1	0,20	1,02	0,09	0,08	0,28	-0,06	0,18	0,21
5-06	7,77	7,74	0,73	0,53	11,8	0,57	2,80	-0,04	0,05	0,75	-0,01	0,09	0,46
5-07	7,91	7,85	0,83	0,84	12,0	1,99	9,63	-0,10	0,04	2,06	0,09	0,33	0,52
5-08	8,46	8,32	0,74	1,15	11,5	1,82	9,18	-0,01	0,01	1,82	0,15	0,31	0,12
5-09	8,51	8,55	0,84	0,80	10,3	-0,98	-5,48	0,17	0,07	1,43	-0,29	0,39	0,45
5-10	9,36	9,40	0,70	0,86	11,9	-0,59	-2,89	-0,04	0,04	0,79	-0,05	0,09	0,19
5-11	9,27	9,39	0,87	1,34	11,2	-1,57	-8,12	0,06	0,10	1,59	0,03	0,17	0,48
5-12	10,88	10,89	0,81	0,00	10,7	-3,87	-21,40	0,26	0,02	4,10	-0,01	0,75	1,21
5-13	11,07	11,07	0,86	0,33	10,1	0,40	2,31	0,28	0,04	1,33	0,07	0,29	0,17
5-14	11,24	11,32	0,76	1,11	10,3	3,10	17,67	0,35	0,05	3,45	-0,06	0,70	0,78
medel	8,5	8,6	0,82	0,82	11,0	0,6	3,2	0,10	0,08	1,9	-0,03	0,37	0,43
stdav	1,6	1,6	0,07	0,34	1,0	1,9	10,3	0,17	0,09	1,1	0,13	0,24	0,30
6-01	11,30	11,30	0,82	0,36	10,4	1,27	7,08	0,27	0,07	1,62	0,43	0,39	0,08
6-02	11,85	12,00	0,84	1,16	10,9	3,54	19,09	0,16	0,04	3,68	-0,48	0,85	1,03
6-03	12,02	12,12	0,79	1,17	10,6	1,85	10,09	0,17	0,03	2,04	0,18	0,40	0,36
6-04	11,92	11,84	0,84	0,42	10,3	0,01	0,04	0,19	0,02	1,04		0,25	0,24
6-05	11,71	11,80	0,74	0,94	10,2	2,45	14,02	0,28	0,08	2,84			
6-06	11,83	11,90	0,82	0,84	10,2	1,08	6,13	0,27	0,03	1,60	-0,07	0,37	0,17
6-07	11,57	11,62	0,80	0,94	10,4	1,05	5,84	0,24	0,06	1,45	-0,01	0,30	0,17
6-08	11,26	11,20	0,90	0,89	10,5	0,34	1,87	0,25	0,08	0,88	0,06	0,25	0,23
6-09	10,97	10,80	0,74	0,42	9,6	0,39	2,35	0,34	0,12	1,77	-0,02	0,36	0,13
6-10	10,64	10,59	0,81	0,98	10,5	2,11	11,70	0,25	0,07	2,36	-0,03	0,42	0,23
6-11	10,58	10,42	0,82	0,88	10,8	1,16	6,17	0,12	0,07	1,28	-0,07	0,18	0,34
6-12	10,23	9,90	0,81	0,94	11,2	0,88	4,50	0,02	0,08	0,88	0,08	0,10	0,35
6-13	9,86	9,70	0,73	1,03	9,1	0,13	0,79	0,35	0,11	2,20	-0,08	0,36	0,14
6-14	9,76	9,90	0,77	0,64	9,4	-1,64	-10,10	0,39	0,05	2,62	0,11	0,50	0,23
6-15	10,19	10,00	1,00	0,79	10,7	-0,83	-4,49	0,12	0,01	1,05	-0,08	0,22	0,09
medel	11,0	11,0	0,82	0,83	10,3	0,9	4,9	0,2	0,1	1,8	0,0	0,4	0,3
stdav	0,8	0,9	0,07	0,26	0,6	1,3	7,5	0,1	0,0	0,8	0,2	0,2	0,2

Bilaga 4-3: Beräknade borrhålsavvikelser och sprängtekniska storheter för kanthålen.

Sträcka -hål nr	Plan- längd m	Mätt längd m	Avstånd ytan m	Avstånd botten m	Tipp- vinkel grader	Sväng- vinkel grader	Bäring l. -CL grader	Avstånd fr. vägg m	Ansättn- fel m	Rikt- fel grader	Skilnad håldjup m	Total- fel m	Böjn- fel m
7-01	9,10	8,40	0,78	0,84	10,1	0,38	2,14	0,06	0,24	1,24	-0,12	0,15	0,76
7-02	8,71	8,70	0,64	1,03	11,0	-0,03	-0,14	-0,05	0,19	0,30	0,17	0,22	
7-03	8,31	8,10	0,68	0,73	8,5	-2,71	-18,72	0,43	0,06	4,25	-0,12	0,63	0,21
7-04	8,00	8,10	0,90	0,78	10,5	-3,11	-17,34	0,12	0,08	3,37	0,37	0,39	0,21
7-05	7,39	7,20	0,73	0,71	10,7	-2,64	-14,33	0,17	0,06	2,79	-0,23	0,52	0,16
7-06	6,97	6,90	0,87	0,88	11,6	-2,50	-12,47	-0,11	0,08	2,50	0,27	0,30	0,16
7-07	6,73	6,70	0,77	0,74	10,9	-2,81	-14,99	0,10	0,03	2,91	-0,26	0,52	0,32
7-08	6,90	6,93	0,78	0,70	12,6	-2,29	-10,56	-0,01	0,17	2,54	0,02	0,30	0,13
7-09	6,96	6,75	0,78	0,97	12,3	-1,70	-7,97	-0,14	0,04	1,93	-0,02	0,24	0,49
7-10	6,66	6,45	0,86	0,56	11,8	-3,48	-17,28	-0,01	0,08	3,48	-0,10	0,35	0,36
7-11	6,43	6,40	0,78	0,89	11,0	-0,80	-4,21	0,01	0,01	0,87	0,35	0,10	0,14
7-12	6,36	6,20				-1,89	-9,46		0,07			0,46	0,20
7-13	6,16	6,20											
medel	7,3	7,2	0,78	0,80	11,0	-2,0	-10,4	0,05	0,09	2,4	0,03	0,35	0,29
stdav	0,9	0,9	0,08	0,14	1,1	1,2	6,8	0,16	0,07	1,2	0,23	0,16	0,19
8-13	4,27	4,10	0,76	0,77	12,8	3,36	15,33	-0,09	0,07	3,52	-0,47	1,44	
8-14	4,37	4,10	0,69	0,72	11,9	2,58	12,55	0,00	0,04	2,60	-0,71	1,00	
8-15	4,74	4,25	0,99	1,07	11,9	1,58	7,68	-0,01	0,09	1,64	-0,07	0,35	
8-16	5,48	5,46	0,69	0,77	13,4	0,47	2,00	-0,21	0,10	2,16	-0,18	0,29	0,13
medel	4,7	4,5	0,78	0,83	12,5	2,0	9,4	-0,08	0,07	2,5	-0,35	0,77	0,13
stdav	0,5	0,7	0,14	0,16	0,7	1,3	5,9	0,10	0,03	0,8	0,29	0,55	
9-01	5,61	5,50	0,78	0,69	12,2	-0,34	-1,63	-0,10	0,01	0,94	-0,15	0,11	0,31
9-02	5,89	5,98	0,81	0,84	12,6	0,49	2,26	-0,11	0,05	1,38	0,03	0,18	0,30
9-03	6,12	6,16	0,80	0,69	11,0	0,20	1,07	0,07	0,05	0,39	0,04	0,09	0,07
9-04	6,37	6,36	0,88	0,82	11,4	1,17	5,94	-0,02	0,02	1,17	0,03	0,15	0,09
9-05	6,48	6,45	0,74	0,96	11,6	1,68	8,39	0,01	0,07	1,68	0,01	0,14	0,09
9-06	6,54	6,48	0,84	0,66	12,6	-0,28	-1,26	-0,11	0,06	1,36	-0,01	0,12	0,18
9-07	6,48	6,41	0,75	0,83	11,6	1,34	6,67	-0,04	0,04	1,37	0,07	0,14	0,11
9-08	6,45	6,45	0,85	0,85	12,0	0,67	3,20	-0,11	0,02	0,97	0,14	0,19	0,07
9-09	6,31	6,35	0,78	0,89	11,5	0,80	4,02	-0,04	0,05	0,83	-0,03	0,30	0,34
9-10	6,08	6,08	0,82	0,49	11,2	-0,27	-1,40	0,02	0,03	0,30	-0,19	0,30	
medel	6,2	6,2	0,81	0,77	11,8	0,5	2,7	-0,04	0,04	1,0	-0,01	0,17	0,17
stdav	0,3	0,3	0,04	0,14	0,6	0,7	3,6	0,07	0,02	0,4	0,10	0,07	0,11
10-01	5,76	5,97	0,81	1,12	11,0	2,92	15,50	0,08	0,04	3,01	0,11	0,33	0,07
10-02	5,71	5,73	0,80	0,63	10,6	-0,03	-0,18	0,12	0,07	0,76	0,09	0,14	0,08
10-03	5,68	5,66	0,77	0,81	11,7	1,72	8,49	-0,07	0,06	1,74	-0,07	0,14	0,05
10-04	5,56	5,66	0,80	0,78	12,2	1,30	6,20	-0,04	0,05	1,52	0,02	0,12	0,06
10-05	5,62	5,62	0,77	0,90	11,2	1,51	7,80	0,05	0,04	1,53	-0,05	0,14	0,08
10-06	5,66	5,68	0,77	0,83	11,2	0,22	1,15	0,07	0,06	0,25	0,02	0,08	0,20
10-07	5,91	5,93	0,88	0,92	12,9	-0,36	-1,60	-0,14	0,04	1,59	0,08	0,15	0,39
10-08	6,10	6,02	0,77	0,53	11,8	-0,71	-3,49	0,00	0,08	0,86	-0,09	0,15	0,19
10-09	6,28	6,23	0,77	0,89	11,3	1,46	7,51	0,07	0,07	1,47	-0,02	0,16	0,21
10-10	6,40	6,40	0,83	0,77	11,8	0,35	1,69	0,01	0,07	0,58	0,02	0,05	0,24
medel	5,9	5,9	0,80	0,82	11,6	0,8	4,3	0,01	0,06	1,3	0,01	0,15	0,16
stdav	0,3	0,3	0,04	0,16	0,7	1,1	5,8	0,08	0,01	0,8	0,07	0,07	0,11

Bilaga 4-4: Beräknade borrhålsavvikelser och sprängtekniska storheter för kanthålen.

Sträcka -hål nr	Plan- längd m	Mätt längd m	Avstånd ytan m	Avstånd botten m	Tipp- vinkel grader	Sväng- vinkel grader	Bäring rel. -CL grader	Avstånd fr. vägg m	Ansättn- fel m	Rikt- fel grader	Skilnad håldjup m	Total- fel m	Böjn- fel m
11-01	6,47	6,47	0,77	0,80	11,5	0,90	4,53	0,07	0,09	0,92	-0,13	0,11	0,16
11-02	7,26	7,43	0,80	0,75	13,9	0,59	2,45	-0,28	0,06	2,63	0,18	0,32	0,31
11-03	7,54	7,49	0,85	0,73	14,3	0,99	3,99	-0,38	0,02	3,13	-0,03	0,39	0,19
11-04	7,75	7,68	0,77	0,61	12,8	1,84	8,32	-0,20	0,04	2,30	-0,09	0,29	0,18
11-05	7,91	7,94	0,85	0,83	13,8	2,90	12,21	-0,29	0,03	3,66	-0,17	0,49	0,14
11-06	8,02	8,16	0,81	0,67	12,3	2,95	14,00	-0,09	0,06	3,02	-0,23	0,40	0,24
11-07	7,97	8,25	0,73	1,03	12,1	3,84	18,65	-0,02	0,07	3,85	0,32	0,61	0,33
11-08	7,64	7,30	0,82	0,97	11,0	1,88	9,89	0,13	0,07	1,94	-0,02	0,29	0,38
11-09	7,26	7,25	0,84	0,77	11,0	0,84	4,39	0,07	0,03	0,89	-0,01	0,11	0,15
11-10	7,29	7,34	0,74	0,70	11,5	1,39	7,00	0,04	0,09	1,40	-0,02	0,13	0,04
medel	7,5	7,5	0,80	0,79	12,4	1,8	8,5	-0,09	0,06	2,4	-0,02	0,32	0,21
stdav	0,5	0,5	0,05	0,13	1,2	1,1	5,2	0,18	0,03	1,1	0,16	0,17	0,10
12-01	7,13	7,15	1,25	1,13	12,6	1,73	7,94	-0,06	0,10	2,12	0,07	0,23	0,19
12-02	6,92	6,83	1,18	1,23	11,8	2,78	13,70	-0,03	0,05	2,79	-0,13	0,30	0,15
12-03	6,75	6,75	1,17	1,33	11,7	2,35	11,64	-0,05	0,04	2,35	-0,04	0,26	0,10
12-04	6,48	6,48	1,22	1,64	10,7	1,10	5,95	0,10	0,03	1,30	-0,02	0,16	0,13
12-05	6,29	6,29	1,22	0,90	10,8	-2,74	-14,73	0,07	0,03	2,86	0,00	0,32	0,14
12-06	6,29	6,31	1,17	1,08	11,4	0,11	0,58	0,00	0,04	0,14	-0,04	0,02	0,17
12-07	6,03	6,05	1,21	1,17	10,8	0,97	5,16	0,08	0,03	1,10	0,07	0,13	0,04
12-08	5,77	5,70	1,16	1,25	8,5	1,46	9,85	0,37	0,08	3,23	-0,27	0,41	0,05
12-09	5,48	5,60	1,20	1,29	11,3	0,50	2,56	0,03	0,05	0,50	-0,43	0,19	0,10
12-10	5,51	6,05	1,23	1,28	10,9	-0,34	-1,80	0,09	0,06	0,56	0,18	0,57	0,57
medel	6,3	6,3	1,20	1,23	11,1	0,8	4,1	0,06	0,05	1,7	-0,06	0,26	0,16
stdav	0,6	0,5	0,03	0,19	1,1	1,6	8,2	0,12	0,02	1,1	0,18	0,15	0,15
13-01	5,94	6,00	0,79	0,70	12,4	-0,81	-3,75	-0,03	0,03	1,36	0,15	0,38	0,06
13-02	5,81	5,56	0,81	0,63	12,3	0,07	0,33	-0,02	0,01	0,95	-0,10	0,20	0,22
13-03	5,69	5,63	0,79	0,87	11,7	1,87	9,29	0,04	0,00	1,89	0,06	0,33	0,21
13-04	5,25	5,10	0,85	0,73	12,7	1,18	5,37	-0,03	0,03	1,80	0,21	0,23	0,15
13-05	5,37	4,90	0,75	0,98	11,8	2,56	12,60	0,07	0,05	2,57	0,03	0,20	0,18
13-06	5,66	5,60	0,80	0,79	11,2	-0,11	-0,56	0,05	0,02	0,14	-0,14	0,11	0,43
13-07	5,13	5,10	0,80			0,04	0,17		0,03				0,28
13-08	4,76	4,60	0,64						0,06				
13-09	4,53	4,40							0,17				
13-10	3,36	0,90											
13-11	2,97												
medel	5,0	5,2	0,78	0,78	12,0	0,7	3,4	0,01	0,05	1,5	0,03	0,24	0,22
stdav	1,0	0,5	0,06	0,13	0,5	1,2	5,9	0,05	0,05	0,8	0,13	0,10	0,11