

GEOSIGMA	Dokument: SBUF 12545 Slutrapport Utveckling av en oförstörande testmetod för ingjutna bergbultar.docx	sida 1 (14)
	Skapat 2012-05-22	Ändrat 2012-05-22 12:29 av Aronsson, Ruben

Projekt RBT/ND

1 Inledning

Syftet med Projekt RBT/ND är att utveckla ett väl fungerande mätinstrument för kontroll och verifiering av ingjutna bergbultar.

Projektet uppdelades i tre moment:

1. Prototyp 1.0 (P1)

P1 är den plattform som forskning, utveckling och konstruktion för den kommande Prototypen ska bygga på.

2. Prototypen (P)

Med P1 som plattform ska P utvecklas så att underlaget ska vara optimalt inför byggnationen av ett kommersiellt instrument. I projekt P ingår även att lägga grunden för den slutliga designen och handhavandet. Vilket nödvändigtvis inte innebär att den slutliga produkten får samma design som P.

3. Produkt A

Produkt A ska vara den första modellen av det nya instrumentet. Det ska vara basmodellen. Genom att fokusera på det grundläggande behovet och den mest förekommande frågeställningen på den totala marknaden, kontroll och verifiering av cement- eller plastingjutna kamjärnsbultar, ska den optimala säkerheten och tillförlitligheten uppnås. Marknaden ska känna stor tilltro till de redovisade mätresultaten.

När Produkt A är färdig för rutinmässiga mätningar ska arbetet med Produkt B ta sin början. Produkt B är ännu bara på idéstadiet men tanken är att man kan ha flera olika inställningar för instrumentet, sensorer och applikationer till LabView. Med dessa olika inställningar ska Produkt B kunna optimeras för olika typer av frågeställningar, tex: Dynamiska bultar, korrosion, C/T bultar, brott på bultar, mm.

2 Mätningsprincip

RBT/ND är ett ultraljudsinstrument som använder en speciell typ av ultraljudvågor, kända som Guided Waves, för att undersöka bultens integritet. Man använder guided waves bl. a. för att undersöka långa sträckor (tiotals meter) av rörledningar i sk long range ultrasound testing (LRUT). Mätning med ultraljud är i dagsläget är den bästa metoden för kontroll av bergbultar.

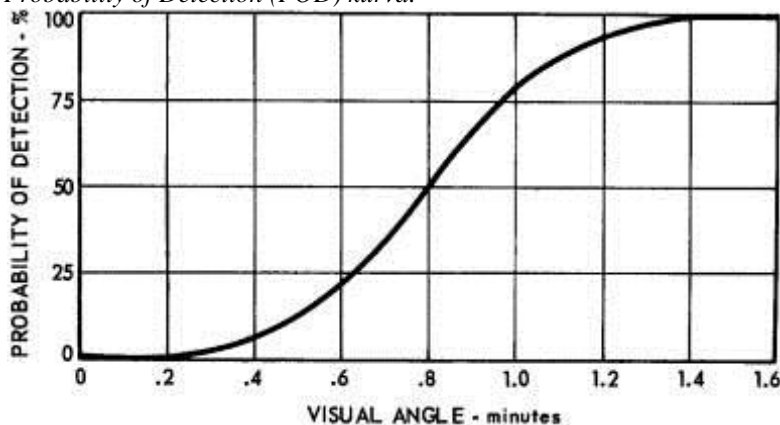
Ultraljud är en av metoderna inom sektorn Oförstörande provning (OFP) eller som sektorn kallas internationellt Non-Destructive Evaluation (NDE) eller Non Destructive Testing (NDT). Det är en verksamhet som har sitt ursprung i USA och de problem som tillverkningsindustrin brottades under och efter andra världskriget. Flygplan störtade och fartyg sjönk på oförklarliga sätt, och orsaken var brister i materialet. OFP kan utföras på ett antal olika sätt beroende på vilket material och vilken miljö materialet befinner sig i. Vanliga metoder är röntgen, ultraljud, ultraviolet strålning, pulver, scanning och laboratoriekontroll.

Postadress Mailing address Box 894 SE-751 08 UPPSALA	Besöksadress Office Vattholmavägen 8 UPPSALA	Telefon Telephone 018-65 08 00 +46 18 650800	Telefax Telefax 018-12 13 02 +46 18 121302	Bankgiro Banking Account 5331-7020	Org.nummer VAT reg. No 556412-7735 SE556412773501	E-post/E-mail Hemsida/Homepage geosigma@geosigma.se www.geosigma.se
---	---	---	---	--	--	--

GEOSIGMA	Dokument: SBUF 12545 Slutrapport Utveckling av en oförstörande testmetod för ingjutna bergbultar.docx	sida 2 (14)
	Skapat 2012-05-22	Ändrat 2012-05-22 12:29 av Aronsson, Ruben

Metoderna används inom alla tillverkande och producerande marknader, tex kraftverk, kärnkraftverk, flygplan, bilar, stål- och processindustri. Signifikativt för alla dessa metoder är att ingen kan ge ett säkert svar utan man pratar i termer av sannolikhet. Men om processen och eller miljön medger att man kan använda flera metoder så ökar den sammanslagna sannolikheten. Nyttjarna av dessa metoder är medveten om vilka sannolikheter som metoderna har och ökar då säkerheten genom säkerhetsfaktorer i tillverkningen eller processen. Detta kan leda till ökad procentandel av underkänt material, så kallad kasseringsgrad. Vad man också kan göra i vissa fall, där det krävs och miljön medger, är någon form av övervakningssystem. Genom att förstå hur övriga industrier i världen hanterar liknande frågeställningar som bergbranschen har med bergbultarna, inser man att ultraljud är den bästa metod som går att använda men att den samtidigt har sina begränsningar.

Bild 1. Exempel på en POD kurva. Eftersom metoden bygger på sannolikhet kan man empiriskt skapa en Probability of Detection (POD) kurva.



3 Ultraljud

Enligt Föreningen för Oförstörande Provning (FOP) är det viktigt med utbildning av mättekniker och mätföretag. Att arbeta med OFP kräver kunskap i själva mätmetoden och vad den klarar och inte klarar av. Kommunikationen med mottagaren av resultatet från mätning är grundläggande för hur resultatet uppfattas. OFP bygger på sannolikhet och det är något som alla nyttjare brottas med men också måste acceptera, det finns i dagsläget inget alternativ och genom att använda OFP har kvalitén och säkerheten markant förbättrats genom åren.

Utdrag från FOP: s hemsida:

Ultraljud

Provningsprincip:

Ljudpulser med frekvenser 0,5-10MHz (vanligen) sänds in i materialet och reflekteras från t ex defekter.

Användningsområde:

Metaller, kompositer, polyetylen etc.

GEOSIGMA	Dokument: SBUF 12545 Slutrapport Utveckling av en oförstörande testmetod för ingjutna bergbultar.docx	sida 3 (14)
Skapat 2012-05-22	Ändrat 2012-05-22 12:29 av Aronsson, Ruben	

Detekterar:

Plana defekter (bindfel och sprickor)

Delamineringar

Volumetriska defekter (slag, porer)

Tjockleksmätning

Fördelar:

Detekterar inneslutna defekter i material

Detekterar inneslutningar i svets

Detekterar delamineringar i material

Kan prova grova tjocklekar

Begränsningar:

Kräver utbildning och erfarenhet för att ge säkra och pålitliga resultat

Referensstandarder är nödvändiga för inställning av instrumentet

Austenitiska material kräver omfattande referenser för inställning av instrumentet

Begränsas av objektgeometrier

Referensstandarder:

Används för att sätta känsligheten hos instrumentet i förhållande till acceptanskriterierna.

Består ofta av cylinderborrhål, flatbottenhål, notcher etc.

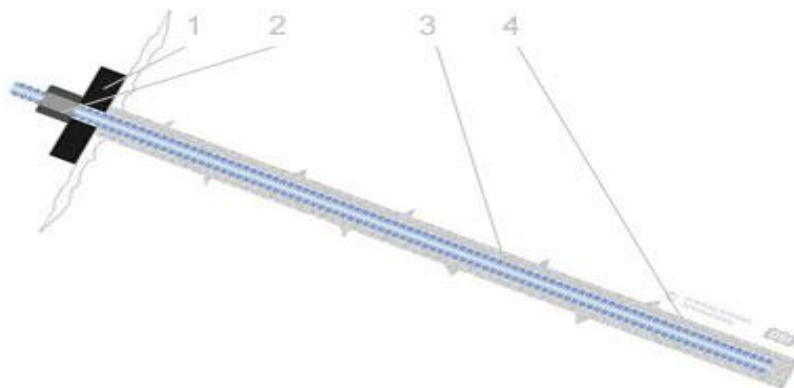
Personalutbildning:

För att kunna genomföra en ultraljudprovning på ett bra och säkert sätt krävs en utbildning och certifiering inom metoden. Exempel på certifieringssystem är EN473 och EN4179.

4 Förstärkning av berget vid byggnationer eller mineralutvinning.

När man bygger anläggningar i berg eller bedriver någon form av bergdrift är säkerheten ett prioriterat område. För att säkerställa att man inte får ras som skadar eller leder till dödsfall förstärker man berget. Den grundläggande metoden är att man fäster ihop berget med bergbultar.

Bild 1. Typisk bergbult av kamjärn ingjuten med en cementblandning.



Förklaring till bild 1.

- 1: Bricka som håller ihop hela konstruktionen.
- 2: Mutter för att spänna ihop.
- 3: Bergbult av kamjärn.
- 4: Cementpasta.

För att bergbulten ska uppnå de ställda kraven på funktion måste bulten vara väl ingjuten. Med det innebär att hela bulten ska vara omgiven av en homogen massa med cementpasta och att kvalitén på cementpastan är god. Cementpastan ska ha ett vattencementtal (vct) mellan 0,28-0,32.

För att uppdatera marknadssituationen genomfördes en mindre undersökning för att få en bild av hur bergförstärkningsarbetet med bergbultar genomförs. Tre olika anläggningar besöktes och insatta personer intervjuades. De tre anläggningarna är Citybanan i Stockholm, Bolidens gruva i Kristineberg och LKAB:s gruva i Kiruna. De insatta personerna är Tommy Ellison, Teknisk chef på företaget Besab som är specialister på bergförstärkning samt Kjell Windelhed på Trafikverket.

Bild 2. Kirunagruvan. Här ser man hur de försöker att skapa en sammanhållen förstärkning med bergbultar, sprutbetong och nät.



Bild 3. Kirunagruvan. Ett kritiskt moment, när näten ska överlappas och bulten ska sättas. Då är det svårt att få in dels slangen som pumpar in bruket på ett korrekt sätt, dels att få bultbrickan att ligga an på ett tillfredsställande sätt.



Bild 4. Citybanan. Ingjutna bergbultar. Frågetecken för vattnets påverkan på kvalitén.

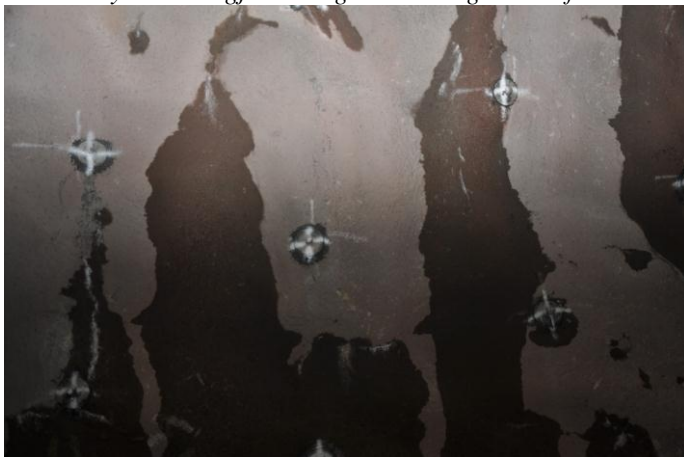


Bild 5. Kristinebergsgruvan. Bergbultar.



GEOSIGMA	Dokument: SBUF 12545 Slutrapport Utveckling av en oförstörande testmetod för ingjutna bergbultar.docx	sida 6 (14)
Skapat 2012-05-22	Ändrat 2012-05-22 12:29 av Aronsson, Ruben	

Bild 6. Kristinebergsgruvan. Bergbultar.



Bild 7. Dåligt bergparti i Kristinebergsgruvan. Notera den enda bulten som håller ihop partiet, är den korrekt satt?



Bild 8. Citybanan. Cementpastan blandas. Man använder inget mätverktyg för att kontrollera vct, är detta korrekt vct?

<p>GEOSIGMA</p>	<p>Dokument: SBUF 12545 Slutrapport Utveckling av en oförstörande testmetod för ingjutna bergbultar.docx</p>	<p>sida 7 (14)</p>
<p>Skapat 2012-05-22</p>	<p>Ändrat 2012-05-22 12:29 av Aronsson, Ruben</p>	



Bild 9. Bultsättning i Kristinebergsgruvan. Notera cementpastan som kommer ut ur hålet, är det korrekt vct?



Bild 10. Ytterligare ett dåligt bergparti i Kristinebergsgruvan. Dåligt berg är det naturliga tillståndet för Bolidens komplexmalmer. Sitter bultarna?



Bild 11. Kristinebergsgruvan. Bergbulten har slitits av där gängen börjar. Orsakad av det extrema sidotrycket på 45 Mpa. Att bulten sitter är livsnödvändigt.

<p>GEOSIGMA</p>	<p>Dokument: SBUF 12545 Slutrapport Utveckling av en oförstörande testmetod för ingjutna bergbultar.docx</p>	<p>sida 8 (14)</p>
<p>Skapat 2012-05-22</p>	<p>Ändrat 2012-05-22 12:29 av Aronsson, Ruben</p>	



Bild 12. Kristinebergsgruvan. Fyller den här bulten sin funktion?



Bild 13. Kristinebergsgruvan. Bolidens Bergmekaniker Daniel Sandström stoppar in handen i en bergspricka som inte fanns för någon vecka sedan.



Bild 14. Citybanan. Vatten i hålet som bulten ska sättas i. Stor risk för skada i cementpastan.

GEOSIGMA	Dokument: SBUF 12545 Slutrapport Utveckling av en oförstörande testmetod för ingjutna bergbultar.docx	sida 9 (14)
Skapat 2012-05-22	Ändrat 2012-05-22 12:29 av Aronsson, Ruben	

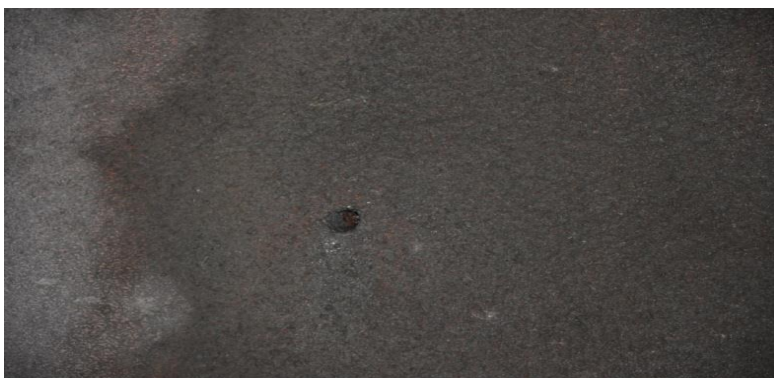


Bild 15. Citybanan. När man satte in bulten i hålet som skulle ha varit fyllt av cementpasta upptäckte man att det inte fanns tillräckligt med bruk i hålet. Då försökte man att efterfylla vilket betyder en misslyckad bult.



Bild 16. Kirunagruvan. Där fokuserades undersökning på automatiserad bultsättning. Display som visar hur cementpastan är blandad.



GEOSIGMA	Dokument: SBUF 12545 Slutrapport Utveckling av en oförstörande testmetod för ingjutna bergbultar.docx	sida 10 (14)
	Skapat 2012-05-22	Ändrat 2012-05-22 12:29 av Aronsson, Ruben

Bild 17. Kirunagruvan. Den automatiserade bultsättningsriggen Atlas Copco Boltec.

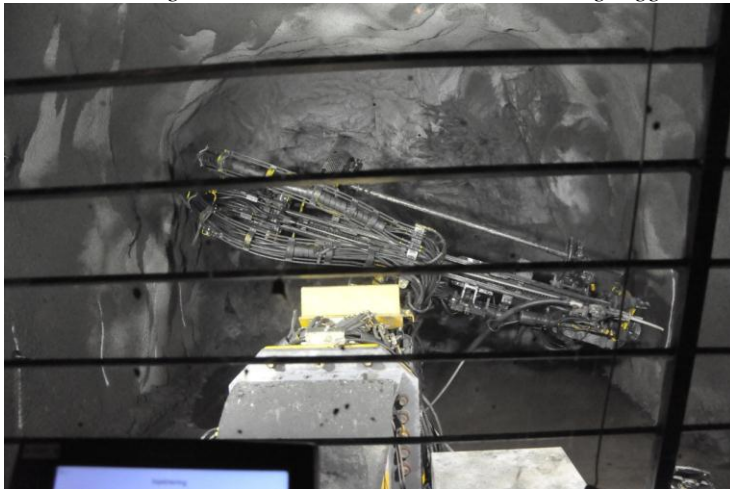


Bild 18. Kirunagruvan. Bultsättning med automatiserad rigg. Det finns frågetecken runt brickas anläggning mot berget samt den visuella känslan av resultatet.



Sammanfattning

Efter att ha analyserat intryck och vägt in samtal med de insatta personerna samt de som utför själva bultsättningen kan man konstatera att trots att ambitionen är hög på alla tre anläggningarna är det flera frågetecken som måste rätas ut:

- Vct – verkar vara felaktigt generellt. Undantaget sättningarna med Boltec i Kirunagruvan, där det var svårt att få en konkret uppfattning av resultatet. Enligt mätutrustning så ska de vara bra där. Då ska man komma ihåg att det största antalet bultar i Kiruna sätts manuellt utan mätutrustning.
- Fyller man hålen tillräckligt?
- Hur hanterar man vattenförande hål/bergpartier?
- Hur ska man kunna säkerställa bultarnas funktion i berg med höga bergtryck?

GEOSIGMA	Dokument: SBUF 12545 Slutrapport Utveckling av en oförstörande testmetod för ingjutna bergbultar.docx	sida 11 (14)
	Skapat 2012-05-22	Ändrat 2012-05-22 12:29 av Aronsson, Ruben

När Projekt RBT/ND har övergått i marknadsanpassad produkt kommer produkten att vara till stor hjälp för marknaden att kvalitetssäkra sina anläggningar.

5 Slutrapport

Nu är projektet i princip klart. Arbetet med att forska runt tekniken och utveckla en prototyp har slutförts. Arbetet har fått göra ett antal omtag och nya idéer har fått värka fram. De tester som hittills har gjorts visar att tekniken är det mest sofistikerade mätinstrumentet för kontroll av ingjutna bergbultar. Men projektteamet har inte nöjts sig med det resultatet utan försökt att optimera så långt det är möjligt. Vilket innebär att Prototypen har gjorts om till en version 2.0 som ska sluttestas i juni-augusti. Planen är att konceptet ska kommersialiseras under tredje till fjärde kvartalet 2012.

Bild 19. Prototypen. Display och batterier.



Bild 20. Prototypen. Tillverkning mekaniska delar.



Bild 21. Prototypen.*Bild 22. Prototypen.**Bild 23. Borrning för testbultar Lövsta utanför Uppsala.**Bild 25. Testplats Lövsta, utanför Uppsala.*



Bild 26. Förberedelser av testbultar. (Arbetet bedrivs i entreprenörens verkstad)



Bild 27. Testbultarna utanför Uppsala.

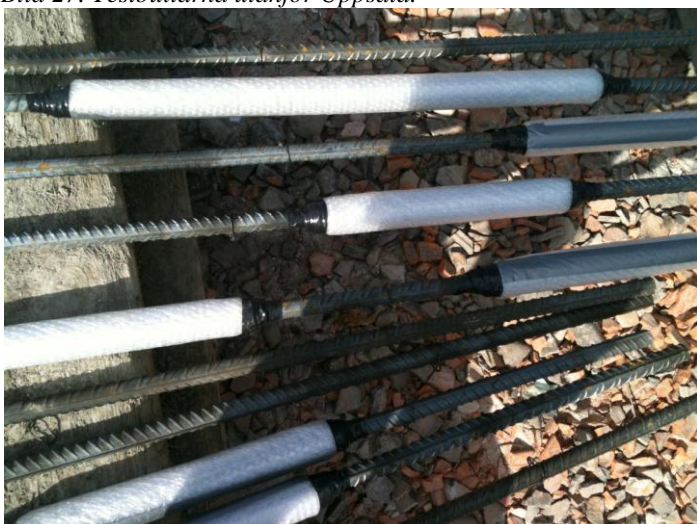


Bild 28. Testplats i nedfartstunnel, Norra Länken.



Bild 29. Professor Tadeusz Stepinski kalibrerar Prototypen.



6 Sammanfattning

Projektet har haft sina motgångar men man kan samtidigt konstatera att forsknings och utvecklingsmässigt är det i fas med förväntan. Som alla forsknings och utvecklingsprojekt händer det saker i projektet som gör att tidplanen utsätts för påfrestningar och de tekniska

GEOSIGMA	Dokument: SBUF 12545 Slutrapport Utveckling av en oförstörande testmetod för ingjutna bergbultar.docx	sida 15 (15)
Skapat 2012-05-22	Ändrat 2012-05-22 12:29 av Aronsson, Ruben	

framstegen tar nya vändningar. Men nu är projektet i sin absoluta slutfas och har uppnått de högt ställda målen. Med tekniken från Prototypen kan ett kommersiellt instrument utvecklas, som tillsammans med en helt nytt sätt att arbetat med bergbultfrågan enligt oförstörande provningsmetodik kommer att säkerställa framtidens berganläggningar.

Uppsala
2012-05-16

Bo Ekenbro
Projektledare