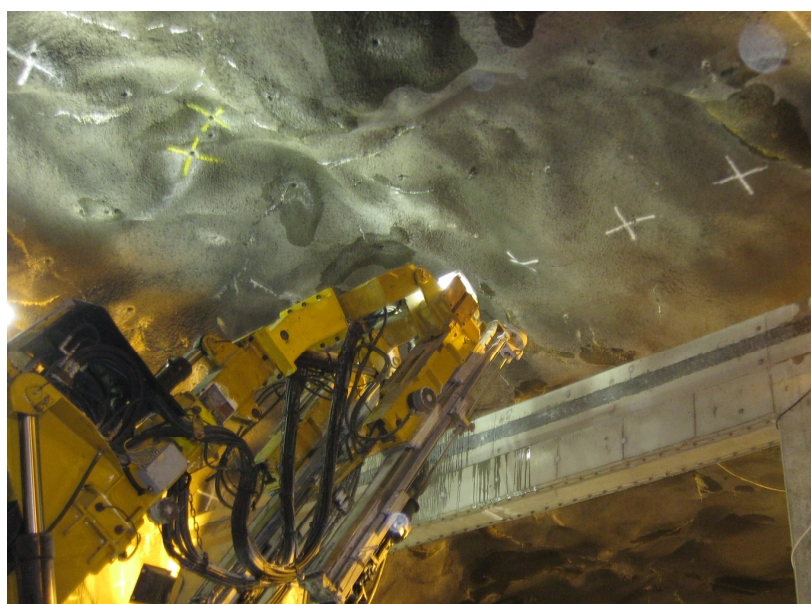


AUTOMATISERAT BERGBULTSMONTAGE

Etapp 1



Mikael Johansson & Håkan Svensson

2014-11-21

Förord

Denna undersökning har utförts av Mikael Johansson och Håkan Svensson på Maskinteknikgruppen i Skanska Sverige AB/ Teknik. R

Ytterligare personer som varit inblandade i projektet är Pertti Johansson och Lars Pettersson på Skanska Sverige AB.

Rapporten färdigställdes under november 2014.

Tack till alla som ställt upp och svarat på våra frågor på de företag som vi varit i kontakt med i denna undersökning.

Sammanfattning

Syftet med detta projekt är att titta på hur man kan förbättra processen för bergbultsmontage vid tunnelinklädnad genom att så långt som möjligt effektivisera och därmed skapa bättre förutsättningar ur ett arbetsmiljöperspektiv.

Rapporten behandlar montage av bergbultar samt dataformat för maskinstyrning. Bultarna fungerar som förankring i berget vid klädnad av tunnlar med vattentätt membran. Vid detta arbete monteras bultarna i de borrade hålen med cementbruk.

Arbetet med att injektera och montera bergbultarna sker idag manuellt.

Detta projektarbete har utförts på Skanska Teknik i Göteborg.

En fallstudie har genomförts på ett tunnelprojekt för att få in information om hur arbetssättet ser ut idag vad gäller tunnelinklädnad med tätskiktsmembran.

Studien visar att arbetet med att borra är en automatiserad process, men montaget av bergbultarna utförs manuellt.

Scanning av marknaden vad gäller befintliga maskiner har genomförts genom sökning på internet och detta visar att det endast finns ett fåtal aktörer på marknaden

De stora aktörerna är:

- Atlas Copco
- Sandvik
- AMV genom samarbete med Bever Control AS

Resultatet visar att ingen av maskintillverkarna uppfyller de krav och förväntningar på en utrustning som detta projekt avhandlar. Det finns borrhjälper med bultmontage men dessa bultar skruvas fast mot berget för att stärka detta mot ras.

Maskinstyrning handlar om att veta vart en maskin befinner sig när den jobbar. För detta krävs en del utrustning. Därför måste det finnas en dator i maskinen som har programvara som kan tolka informationen som kommer dels från modellen som den ska jobba efter och även informationen om var den befinner sig för tillfället.

Cad-modellen som man tar fram under projekteringen vill man helst använda informationen i för att styra borrhjälper och bultsättning. För att göra detta gäller det att hitta ett lämpligt gränssnitt mellan disciplinerna.

XML är ett mjukvarubaserat och hårdvaru-oberoende verktyg för att överföra information. Det är det vanligaste verktyget för dataöverföring mellan alla typer av applikationer.

Innehållsförteckning

INLEDNING	1
BAKGRUND	1
SYFTE OCH MÅL.....	2
AVGRÄNSNINGAR.....	2
FALLSTUDIE.....	3
TUNNELPROJEKT.....	3
<i>Generellt</i>	3
<i>Borrning av hålen</i>	4
<i>Bultmontage</i>	5
SCANNING AV MARKNADEN	6
BEVER CONTROL AS [3]	6
VIANOVA SYSTEMS [4]	7
SANDVIK [2]	7
SBG [5]	8
ATLAS COPCO [1].....	8
DATAFORMAT	10
MASKINSTYRNING	10
OLIKA FILFORMAT	10
MASKINSTYRNINGSUTRUTSNING.....	12
DATAÖVERFÖRING.....	12
SLUTSATS	12

INLEDNING

Att automatisera bergbultsmontaget skulle ha positiv inverkan på bl.a. arbetsmiljö, säkerhet, effektivitet och kvalitet.

Bakgrund

Bergbult används idag i stor utsträckning i tunnelprojekt till ett flertal ändamål. Vid bergförstärkning sätts bultar vid behov, eller så anges antal bult som skall sättas per kvadratmeter. Bergbultar används också vid membraninklädnad med sprutbetong av tunnel, och här är det viktigt att bultarnas ändar hamnar på rätt koordinat i xyz-led i tunneln. I dessa fall används idag maskinstyrning till viss del för att styra borrhjgen som borrar hålen för bergbulten.

Borrningen till rätt djup är idag automatiserad, men positioneringen av borbalken styr operatören fortfarande manuellt. Själva montaget av bergbulten sker däremot helt manuellt med mycket hantering för hand av bergbultarna. Det finns således fortfarande ett flertal manuella moment kvar vid montaget av bergbult som är både tidskrävande och tunga.

Med denna bakgrunden finns det behov av att få förståelse för vad det är som krävs för att kunna göra bergbultsmontaget till en effektivare process.

Är borrhjgen och bergbultsmontageriggen två olika maskiner så ställer det mycket stora krav på precisionen på styrsystemet för att montera bergbultarna i de redan borrhade hålen.

Bergbultarna är dessutom i olika längder och dimensioner beroende på hur den utsprängda tunneln ser ut i förhållande till den tänkta färdiga inklädda tunneln, se bild 1.

Borrhjgen anpassar borrhjpet utifrån tunnelns utseende, så därför måste också bergbulten ha rätt längd. Detta ställer stora krav på hur hanteringen av bergbultar görs.

Centreringen av bergbulten i det borrhade hålet är också viktig, dels för hållfastheten och dels för att det måste vara ett jämntjockt barriärskydd runt bulten på den del som sitter i berget.

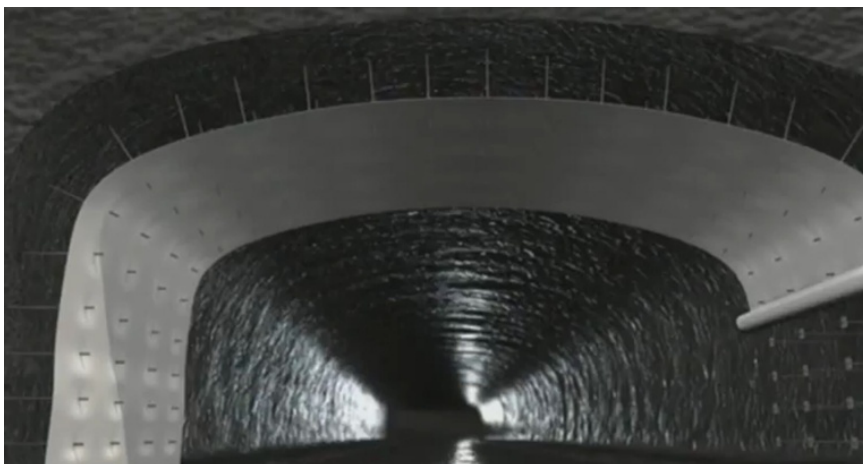


Bild1.1

Syfte och mål

Syftet med detta projekt är att titta på hur man kan förbättra processen för bergbultsmontage vid tunnelinklädnad genom att så långt som möjligt effektivisera och därmed skapa bättre förutsättningar ur ett arbetsmiljöperspektiv.

I etapp 1 är målet att göra en förstudie och identifiera förutsättningar enligt följande:

- Fallstudie
- Scanning av marknaden
- Dataformat

Målet med detta SBUF-projekt är också att kunna använda information från Cad-modellen som tas fram under projekteringen direkt till maskinstyrningen, med så lite mellanbearbetning av data som möjligt.

Avgränsningar

Inga ekonomiska hänsynstagande har gjorts vad gäller maskinutrustning och programvaror.

FALLSTUDIE

Tunnelprojekt

Generellt

I projektet skulle det sättas 7600 bultar. Totalt används 14 olika längder (0,8m - 2,8m) med två olika diametrar (Ø16 mm och Ø25 mm) Alla bultar över 1,6m sattes med bultar med diameter Ø25 mm. Borrhålet hade en diameter på Ø 38.

Samtliga bultar stack ut så att tätningsduk kunde placeras ca 60 cm från bergväggen.

Hålen hade en fördefinierad placering och borrhningen skedde till ett bestämt djup så att bergbulten kunde monteras så att man nådde hålets botten. Se nedan.



bild 2.1



bild 2.2

På bergbultarna monterades distanser, en framtill och en baktill som säkrade att bulten hamnade centriskt i borrhålen.

Borrning av hålen

Navigationen av borrhjellen för att hitta rätt uppställningsplats skedde med hjälp av totalstation. Man hade en ny uppställning varje dag av totalstationen. För att positionera totalstationen mättes denna in mot prismor som var placerade på tunnelväggen.

Utsättarna hade gjort en markering i början av varje bultrad för att man skulle kunna kontrollera att maskinens koordinater överensstämde med borrhjellens.

Normalt kör man med två borrhjeller samtidigt som borrar i varsin skärm 1200mm ifrån varandra. Vid körning i tunnelkurvor används annat c/c avstånd och därför kan man bara använda en borrhjell. Normalkapacitet med 2 borrhjeller är 400-500hål/12timmarsskift.

I Tunnelprojekt 1 borrade man ca 200 hål/12timmarsskift.



Borrhjellen var utrustad med ett kontrollsystem från Bever control AS.

Borrhjellen klarar fyra "skärmar" med bultar per maskinuppställning men problem med vinklingen av borrhjellarna pga. tunnelns breda tvärsnitt gjorde att man var tvungen att flytta riggen 3-4 gånger per bultrad (tvärs tunnelriktningen). Att flytta borrhjellen till ny uppställning tog ca 10min. Problemen med rörelsefriheten resulterar i ett bortfall av ca 40-50 hål per skift.

Föraren matade manuellt utgående ifrån en borrarplan in den längd som bergbulten skulle ha. Systemet räknade sen automatiskt ut hur djupt maskinen skulle borra efter det att borrarstålet ansatts i mot väggen i den aktuella positionen. Själva borrarningen skedde därefter automatiskt med en borrarhastighet på ca 80cm/min. Alla borrar djup är unika för varje hål för att montering skall kunna ske till hålets botten.

En förflyttning av borret ifrån ett hål till ett annat tog sedan ca 10s.

Bultmontage

När hålen borrats skedde sedan all montering av bergbultar helt manuellt.

Arbetslaget på fyra man sprutade in bruk i hålen och monterade ifrån separat korg ca 200 bultar per skift.



Arbetslag som monterade bultar

SCANNING AV MARKNADEN

I förstudien så samlades det in så mycket information kring projektet som möjligt. Informationen hittades i referensprojekt och i företag med kunskap inom bland annat borrar och maskinstyrning.

Resultatet av sökningen på internet och en rundringning till hittade företag visade att det finns endast några få aktörer på marknaden som inriktar sig på maskinstyrning för underjords arbete.

Av alla maskiner på marknaden så finns det ingen som uppfyller de krav och förväntningar på en utrustning som detta projekt avhandlar. Det finns borrar med bultmontage men dessa bultar skruvas fast mot berget med en stor kraftig bricka. Syftet med dessa är att stärka berget för risk mot ras.

Bever Control AS [3]

- **Bever Control AS** är ett norskt specialistföretag som tillhandahåller datorbaserad vägledning och styrsystem för borrar som används i tunneldrivning och gruvindustrin. Bolaget är världsledande inom detta område. Bever Control AS var först med att använda robot och datorteknik i tunneldrivning och gruvor och detta har blivit den tekniska grunden för företaget.

BEVER WIN 2000 installerat på en AMV tvåboms Jumbo.

Från förarkabinen har man utmärkt sikt över arbetsområdet. Maskinen manövreras med två LCD-skärmar med touch-funktion och joystickar för bom och drifter monterade på armstöden.



bild 3.1

Import/export av data kan ske direkt till följande maskinmärke:

- AMV Jumbos
- Atlas Copco Jumbos
- Sandvik/Tamrock Jumbos
- Export av data direkt till Trimble och Leica totalstation
- Import/export av LandXML

Vianova systems [4]

Vianova Systems har sedan 1988 utvecklat projekteringsverktyg för den nordiska marknaden.

Novapoint Tunnel är en modul för detaljerad modellering av tunnlar. Tunneln kopplas mot en Novapoint vägmodell och uppdateras automatiskt när vägmodellen ändras. Novapoint Tunnel stödjer direkt kommunikation med olika styrsystem för borrhigar. Denna del av modulen är utvecklad av Bever Control.

I modulen ingår funktioner för generering av plan-, och profilritningar samt tvärsektioner. Novapoint Tunnel stödjer import av skannerdata och 3D-visualisering av den projekterade tunneln tillsammans med den skannade mantelytan på tunnelväggen.



Sandvik [2]

Sandvik, erbjuder ett brett sortiment av verktyg och tillbehör för prospektering, bergbörning, kol och mineralskärning, tunnel, dikning, väggraderingssystem och kall hyvling.

Mjukvaran som utvecklas av Sandvik heter iSURE® och finns i olika utförande beroende på vilket ändamål det ska användas för, här tas bara tunneldelen upp.

iSURE tunnel är basmodellen och medföljer i alla paket. Den innehåller hantering av projektfiler, tunnelprofiler, tunnelplacering, börning och sprängningsmönster. Alla utformade mönster är enkla och snabba att redigera om det behövs.

Sandviks produktionsborriggar är kända för noggrann hålplacering. Maskinerna är utrustade med kraftfulla hydrauliska bergborrar och fullt mekaniserad stavhantering. Bilden nedan visar en modell som är helt automatisk. Efter att modelleringen är klar överförs all information på ett USB-minne. Detta tas sedan till maskinen där informationen läses in, ev. gör operatören justeringar. Sedan startar börningen och detta är helt automatiskt.



bild 3.4

SBG [5]

SBG utvecklar, tillverkar och marknadsför kraftfulla verktyg för lantmäteri och bygg- och anläggningsbranschen. GeoROG är ett system för tredimensionell maskinstyrning och är ett exempel på en av deras produkter som är välanvänd på t ex grävmaskiner. SBG är dock inte specialiserade på underjordsarbete som Bever Control AS är.

Panel för GPS-styrning.



bild 3.5

Översiktsvy för grävmaskinsarbete

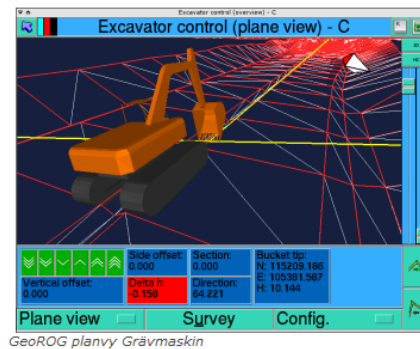


bild 3.6

Atlas Copco [1]

- **Atlas Copco**, säljer gruv- och bergbrytningsutrustning samt tillhörande reservdelar och servicetjänster. Exempel på produkter är: bergbormaskiner, bergriggar för gruv- och anläggningsarbeten, utrustning för mark- och bergförstärkning, injekteringsutrustning, gruvtruckar och gruvlastare.

Atlas Copcos borrhigg för bergbultar, Boltec LC är en helt mekaniserad borrhigg för bergbultning med bultlängder från 1,5 till 6 meter. Den är utrustad med Atlas Copcos riggstyrssystem RCS för positionering och borrhning och bultning.



bild 3.7 [1]

Styrsystemet RCS för full kontroll på all data som är nödvändig för att kunna utföra borrhning och bultning.

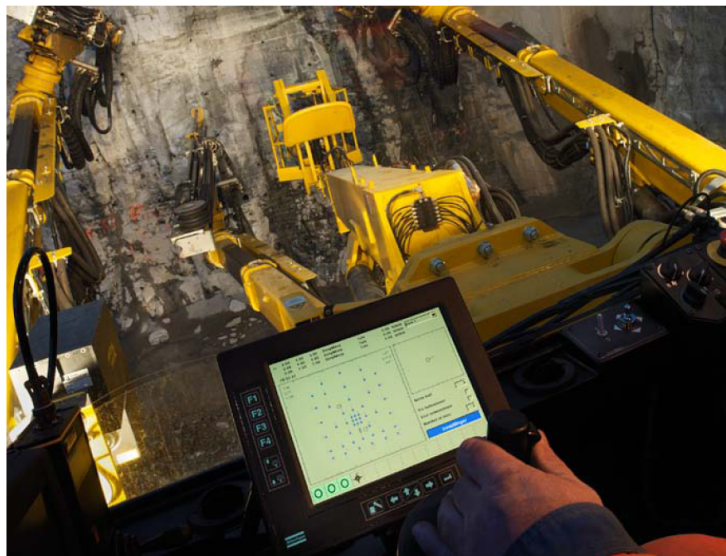


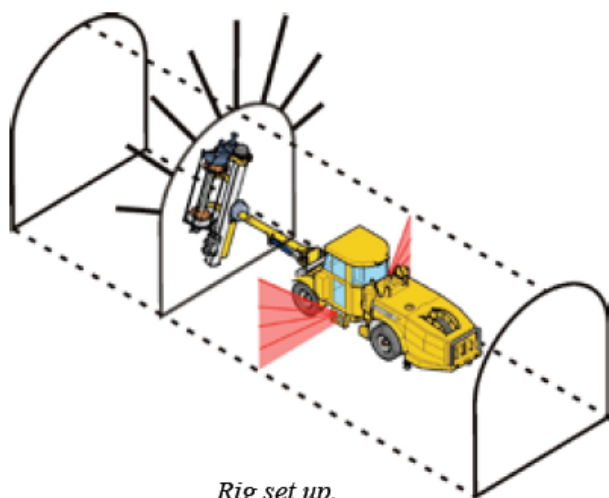
bild 3.8 [1]

Atlas Copcos mjukvaruprogram för montage av bergbultar används för att guida operatören att placera, borra och montera bergbultar automatiskt enligt ett givet mönster.



bild 3.9 [1]

Maskinen mäts in med laser mot prismor i tunnelväggen detta gör att styrenheten vet exakt positionen för bultarna.



Rig set up.

bild 3.10 [1]

DATAFORMAT

Maskinstyrning

Innan man kan börja fundera på vilket filformat som man ska använda för att programmera bergbultsmaskinen med måste man sätta sig in i hur maskinstyrning fungerar.

Maskinstyrning handlar om att veta vart en maskin befinner sig när den jobbar. För detta krävs en del utrustning. Därför måste det finnas en dator i maskinen som har programvara som kan tolka informationen som kommer dels från modellen som den ska jobba efter och även informationen om vart den befinner sig för tillfället.

Vad det gäller hur maskinen ska veta själv hur den rör sig kan man tänka sig att den antingen styr det på cylindrarna/motorerna som gör att maskinens armar rör sig, eller att man genom att ha prisma monterade på maskinen som en totalstation mäter mot. Ett alternativ här är att ha en lokal referenspunkt på maskinen. Detta kan vara fördelaktigt om maskinen tänks kunna utföra flera skärmar i en uppställning och för att slippa problemet att något kan komma emellan totalstation och prisma.

För att kunna ställa upp maskinen på en plats där den ska jobba måste man använda en totalstation eftersom man inte kan använda sig av GPS inne i en tunnel. Antingen gör man detta vid varje uppställning av maskinen eller så kan man tänka sig att man vid skanningen av tunneln så sätter man i varje skärm referenspunkter som maskinen sedan kan styra mot vid borrhning och bergbultande.

Styrning med hjälp av en totalstation ger millimeterprecision under förutsättning att uppställningen av totalstationen görs noggrant. För att ställa upp en totalstation behöver man 3 prismor på kända koordinater som referens. Utöver detta behövs också en mottagare på maskinen som tar emot signalen från totalstationen och för över denna till datorn.

För att detta ska fungera måste man ha en exakt tunnelmodell att utgå ifrån. Denna får man genom att mäta in tunneln med hjälp av totalstationen. När man har tunnelmodellen kan man modellera in bergbultarna som det ska se ut. Denna information tas sedan ut från denna projektering i form CAD-modell i 2D för varje skärm som ska borrar och bultas eller som hel 3D-modell. Man kan också tänka sig att koordinater för borrhning och bultning genereras från projektörens CAD-modell som en textfil och att denna sedan styr maskinen.

Exempel på tillverkare av totalstationer: Leica, Spectra Precision, Trimble

Olika filformat

Det gäller att vara på det klara med att det är maskinstyrning i projektet då man drar igång projekteringen för att man ska jobba på rätt sätt och ta fram rätt data i rätt programvara. Detta för att man ska kunna använda den information som man tar fram i projekteringen direkt in i maskinen i produktionen utan att stöta på kompatibilitetsproblem.



*Schematisk bild på datakommunikationen
bild 3.11*

Man bör i varje fall använda sig av ett neutralformat som inte är knutet till en unik programvara, utan det ska vara en bransch-standard som man kan få fram från så stor del av projektörernas programvaror som möjligt. Det måste självklart också vara ett filformat som datorn i bergbultsmaskinen kan behandla.

Ett alternativ är att 3D-modellera borrhålen på ett sätt att maskinen som ska borra kan tolka modellen och förstå vart den ska borra. Detta kräver att man modellerar på ett välstrukturerat sätt så att maskinen inte misstolkar informationen. Ett annat problem är att om modellen kommer från olika CAD-program så ser informationen inte likadan ut och detta är ett ofta förekommande kompatibilitetsproblem i CAD-världen. Exempel på 3D-neutralformat är IGES, STEP och SAT. DWG är inget neutral-format men är ändå en slags bransch-standard och många CAD-program klarar av att hantera detta format.

XML är ett mjukvarubaserat och hårdvaru-oberoende verktyg för att överföra information. Det är det vanligaste verktyget för dataöverföring mellan alla typer av applikationer. En av de mest tidskrävande utmaningarna för utvecklare är att utbyta data mellan inkompatibla system över Internet. Filerna är textfiler.

IFC (Industry Foundation Classes) är en relativt ny grupp med filtyper, både 3D-modellfiler och textfiler och används mycket inom BIM. ifcSPF och ifcXML är två typer av filer. Formatet är öppet och neutralt så det kan användas av en mängd olika CAD-program. I Danmark är detta standardformatet för framtagande av modeller i offentliga byggnadsprojekt.

Ett annat format som man skulle kunna tänka sig att använda är excelfiler. Detta är ett format som de flesta Cad-program kan exportera till.

Diskussion: Man vill inte hamna i en situation där man tvingas anpassa maskinen till alla 3D-CAD program som en datafil skulle kunna komma ifrån, med tanke på kompatibilitetsproblem och att program uppdateras kanske en gång om året. Därför verkar det vettigaste alternativet att plocka ut startkoordinater, vinklar och borrhåslängder alternativt startkoordinater och slutkoordinater från det CAD-program som man modellerar upp borrhningen och bultmontaget i. Koordinater går väldigt enkelt att ta fram från de flesta CAD-programvaror. Dessa data programmerar man sedan bergbultsmaskinen med.

Därmed passar formatet XML alldeles utmärkt till att lösa detta med dataformat. Att använda IFC är ett annat bra alternativ, särskilt om det växer och används mer som det gjort de senaste åren och eftersom även detta är ett neutralformat som används av många olika Cad-program.

Dessutom är det bra om man kan återföra information från bergbultsmaskinen tillbaka till CAD-modellen om man på plats i tunneln gör några förändringar jämfört med den ursprungliga modellen. På så sätt kan man få modellen uppdaterad på ett enkelt sätt. Detta skulle man också kunna göra genom att kommunicera med xml-fil tillbaka.

Maskinstyrningsutrustning

En tänkt bergbultningsmaskin måste vara utrustad med hårdvara och mjukvara som kan bearbeta den information som man matar in på från projekteringsmodellen och omvandla detta till att styra maskinens arbete för att åstadkomma vad man ritat i projekteringen.

Exempel på leverantörer av maskinstyrningsutrustningar:

- SBG: Levererar både kontorsprogramvara för projektering (GEO) och maskinstyrningsutrustning (GeoROG)
- Bever Control AS: Har också båda delar (Bever Win2000 och Bever Team office). Bever är dessutom specialinriktade på utveckling för underjordsarbeten.
- SBG:s GeoROG och Bever Control:s maskinstyrningsutrustningar klarar av att programmeras med XML

Dataöverföring

För att överföra den digitala informationen mellan Cad-modell och bergbultsmaskinen kan man tänka sig att göra detta via en trådlös uppkoppling. Eftersom det handlar om underjordsarbete skulle man behöva antingen signalförstärkare på vägen eller en fast lina en bit in i tunneln.

Alternativt så förflyttar man data på minnesenhet som en usb-pinne eller liknande. Detta kanske är att föredra eftersom det blir den billigaste lösningen, man slipper anslutningsproblem som kan uppstå och med tanke på att man antagligen oftast inte behöver den snabbhet i uppdatering som man får med en trådlös uppkoppling (förutsatt att den fungerar).

SLUTSATS

Denna undersökning har visat att det finns möjligheter att effektivisera arbetet med att sätta bergbultar automatiskt men att det finns ett behov att utveckla nya maskiner, alternativt komplettera befintliga med ny utrustning, för att kunna göra detta.

Det finns ett litet antal aktörer på marknaden som tillverkar liknande utrustning och via ett samarbete med någon av dessa skulle man snabbast nå fram till en bra lösning.

För att verkligen göra detta automatiserat ska man kunna kommunicera den informationen som ligger i Cad-modellen till maskinen som styrs med hjälp av denna information. Detta gör man genom att bestämma gränssnittet mellan Cad-modellen och maskinen. En metod som verkar gångbar här är att använda sig av XML.

För att kunna åstadkomma en fungerande utrustning som automatiserar bergbultsmontaget skulle i ett nästa steg en projektgrupp med personer från de olika kompetensområdena inblandade för att utveckla en prototyp.

Referenser

[1] Atlas Copco, är en industriconcern med världsledande ställning på marknaden för kompressorer, anläggnings- och gruvutrustning, industriverktyg och monteringsystem. Koncernen levererar hållbara lösningar för att öka kundernas produktivitet, med hjälp av innovativa produkter och tjänster.

<http://www.atlascopco.se/sesv/products/navigationbyproduct/Product.aspx?id=1465396&productgroupid=1401340> (Acc 2014-11-21)

[2] Sandvik mining is a leading global supplier of equipment and tools, service and technical solution for the mining industry.

<http://mining.sandvik.com/sandvik/0120/Global/Internet/S003137.nsf/LUSL/SLFrameForm1966D23CAD4F367B8C1257965003C970B?OpenDocument> (Acc 2014-11-21)

[3] Bever Control AS, computer controlled operation in tunneling and mining.

http://bevercontrol.com/products_1/bever_team_office_v3_0/ (Acc 2014-11-21)

[4] Vianova, verktyg och kunskap som tar dig närmare verkligheten. Heltäckande lösningar från projektering till underhåll av infrastruktur.

<http://www.vianova.se/Produkter/Novapointprodukter/Novapoint-Tunnel> (Acc 2014-11-21)

[5] SBG, (Svensk Byggnadsgeodesi) är ett helägt dotterbolag till Hexagon koncernen och utvecklar mjuk- och hårdvara för mätning, projektering och maskinstyrning.

<http://sbg.se/produkter/> (Acc 2014-11-21)