© 2026 Svenska Bergteknikföreningen och författarna/Swedish Rock Engineering Association and authors.

DIGITALISERING INOM UNDERJORDARBETE
DIGITAL DEVELOPMENT IN UNDERGROUND CONSTRUCTION

Tomas Otterberg, Epiroc Rock Drills AB

Introduktion

För att genomföra Underjordsarbeten så som tunnlar, tunnelbanor med mera som projekt så kan vi dela in intressenter i tre delar. Projektägare, konsulter och entreprenörer. Varje del är lika viktig för att projektet skall lyckas. Frågan som denna artikel behandlar är om dessa tre parter har en chans att se bästa möjliga praxis med baserad på ny tillgänglig teknik och hur denna kan hittas och användas.

Introduction

To make underground civil construction projects, we can divide the stakeholders into 3 major segments. Project owner, consultants and contractors. Each part has even input and importance. The question that this paper covers is if these three parties have a chance to see best possible practice with new technology available and how this can be found and used.

Tunnelgrävning

Underjordiska projekt börjar med omfattande förarbete, det startar med en önskan från projektägaren till, som exempel utförandet av an tunnel eller en tunnelbanestation. En eller flera konsulter anlitas för att ta fram förslag på är design och genomförande baserat på att från topografi, geologiska förutsättningar och miljöpåverkan. Konsulten specificerar sedan ett tekniskt dokument som ligger till grund till teknisk kravspecifikation för projektet. All denna information kommer att användas av projektägaren som grund när anbudet med den teknisk specifikation skickas ut till entreprenören. De kommer sedan, med detta som bas, att sätta ihop ett erbjudande och förhoppningsvis erhålla uppdraget. Frågan man redan nu kan ställa sig är: kommer konsulter att känna till den senaste teknologin, kommer projektägare att veta vilka förväntningar de kan ställa och förvänta sig, detta inkluderar allt från noggrann borrprestanda, tätning mot vatteninträngning och eventuell förstärkning, tex genom bultning och hur olika funktioner faktiskt kan digitaliseras, kopplas samman och dokumenteras i tekniska rapporter. Hur säkerställer vi att alla tre partners, projektägare, konsult och entreprenör, faktiskt vet vad som finns tillgängligt som system och inte bara som produkt?

Tunnelningsprocedur

Underjordiska projekt genererar mycket data, med början med den digitala designen av underjordsarbetet, detta sker långt innan operatören anländer med borrenheten. Denna design och planering syftar till att få rätt tillstånd, till exempel med avseende på miljöpåverkan, till annat exempel är ljudnivåer utomhus och under marken i arbetsområdet, särskilt i stadsområden. Ett vanligt exempel på detta är ventilation, frisk under jord är en nödvändighet för att kunna arbeta men får inte störa omgivande människor, maskiner kan inte köras på natten etc. Projektplanering är därför av största vikt och måste inkludera hur olika processer kan utföras under olika arbetstider för att uppnå mest effektiv arbetsprocess.

När allt detta är klart och en entreprenör har tilldelats, kommer entreprenören att starta sin verksamhet. Arbetsplaner så som borrplaner med mera skapas i en kontorsmiljö, dessa laddas sedan in i borrenheten. Allt detta är bra men har vi möjlighet till att använda denna information till mer än bara Boomer-

operationen för senare ”bara” sparas för framtiden? Kan borrplanen och framförallt den skapade kvalitetsloggen användas till mer än bara som hjälp för själva borrningen?

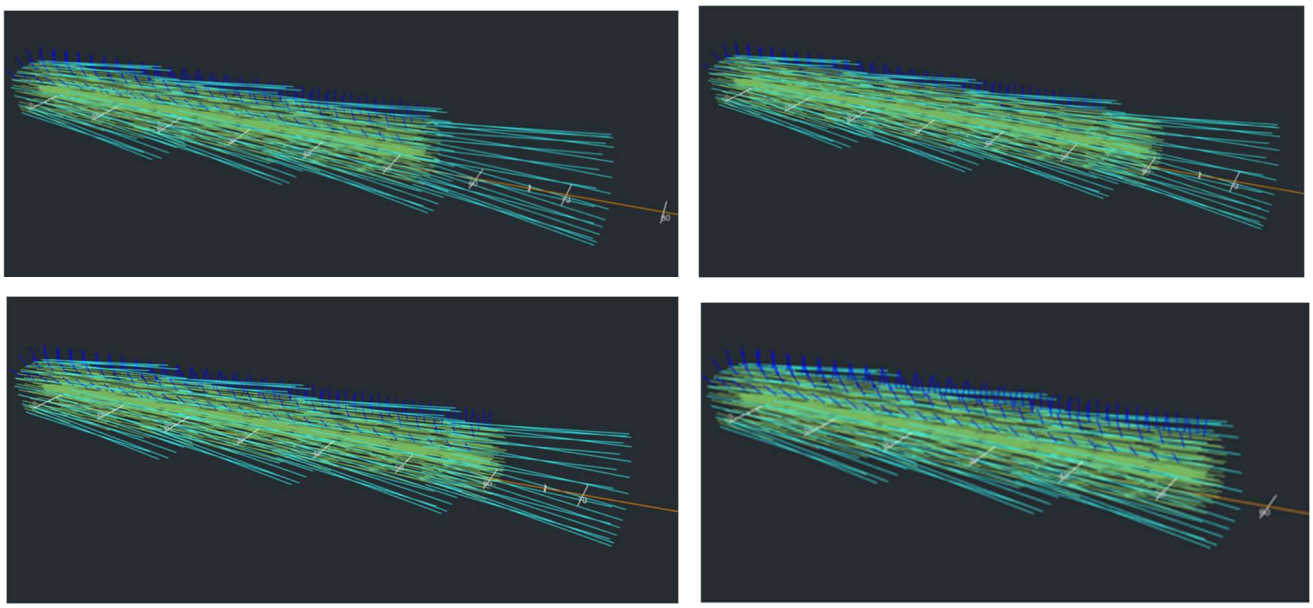
Kvalitetsloggen är resultatet av utfört arbete, jämför det med det planerade som tas fram i förväg. Detta innebär att vi kan använda verklig data, inte förväntad data vid vidare användandet av den digitala informationen, till exempel, om ett hål behöver borras om på en ny plats. Denna information är viktig och kan användas för andra steg i processen, till exempel i injekteringsprocessen. Jämför detta med i dag där operatören ofta får borrplanen på papper och lägger manuellt in information om hålnummer med mera i registreringssystemet, som sedan används för injektering, bultning med mera.

Med det sagt finns det ingen digital koppling mellan de två eller flera operationerna och därför överförs ingen information, såsom hålnummer, borrad längd osv. De slutliga pappersanteckningarna, som nämnts ovan, kommer endast att finnas tillgängliga i underjordiska miljöer, med allt från kaffe till lortfläckar. Anteckningar görs manuellt med antingen för lite information eller nära längden av en roman.

Ett av dataprogram som har använts länge är Underground Manager (UM), denna programvara används för att skapa borrplaner och används även för att presentera data genererade under borrningen (MWD) och data från injekteringsarbetet (MWG). Samma program används också vid bergförstärkning med hjälp av bultning.

Borrenheten ger operatören direkt återkoppling om "vad som händer" under driften eftersom MWD-data ger direkt information under processen. Samma sak händer med fogningsprocessen genom MWG-data. Data som tas fram vid de olika process stegen lagras och bearbetas in ett Rig-Control-Systemet (RCS) och visar information direkt på skärmen vid varje maskin. UM i sin tur samlar sedan in data och ger entreprenören en översikt över den övergripande processen för kvalitetssäkring och rapporterar projektägaren.

Nedan finns ett exempel på en tunnel genererad av UM. I nedan fall syns de tre olika stegen. Det börjar med en borrning av en injekteringsskärm, denna data sparas ner och används vid efterföljnade injekteringsutrustning. Därefter sker den första omgången själva tunnelborrningen och sprängning, efter att materialet lastats ut avslutar man med en bultprocedur innan man borrar en ny omgång, dessa sker 3 till fyra gånger innan en ny injekteringskärm borras och injekteras.
Nedan visar det borrade hålen och som används för injektering, framdrift och bultning för att skapa en säker tunnel.



Figur 1. Design av borrhål för injektering, framdrift och bultning skapades och visualiserades i UM.

I detalj betyder detta att vi kommer att ha full kontroll över vad som har gjorts, vid injektering kommer det att visa hur mycket injekteringsmedel som används för hålfyllning och hur mycket som faktiskt fyllt eventuella sprockor osv. Detta kommer att mätas i volym, ställ-tryck, hålltid osv. Vid bultning ger detta projektägaren kontroll över vilken typ av fogmassa som används för placeringen av bultarna osv.

Vid borrning, i detta fall för en injekteringsskärm, sparas all data som en kvalitetsloggfil och inkluderar allt från hålnummer, borrade mätare med tolkade bergförhållanden. Data sparas vid borriggen och kan sedan överföras till Injekteringsriggen. Detta gör det möjligt att använda borrdata från borriggen som grund för att injektera samma hål i nästa steg. Borrdata används också vid rapporteringen av injekteringsresultatet.

Slutsats

Om ingen av projektägarna eller konsulterna har kunskap om systemet som visas ovan, hur kan det då vara säkert att de senaste tekniska möjligheterna värderas innan krav och specifikation för projektet fastställs? Varför ska då entreprenörer investera i senaste tekniken? Samma sak gäller produkter som ventilation, om vi inte ser potentiella besparingar med lösningar som tex Ventilation on Demand (VoD), hur och när kommer de att introduceras som en teknisk förbättring av energieffektivitet utan att äventyra hälsa och säkerhet?