



SVENSKA BERGTEKNIKFÖRENINGEN
Swedish Rock Engineering Association

BERGDAGARNA 2024

Program 19-20 mars

Partners



Let's connect




SVENSKA BERGTEKNIKFÖRENINGEN
Swedish Rock Engineering Association

Bergmekanikdagen 19 mars

08.30 - 09.00 Registrering, kaffe och fralla

09.00 Öppningsanförande

Moderator: *Catrin Edelbro, Svenska Föreningen för Bergmekanik och Ingenjörsgologi*

09.15 Inbjuden gästföreläsare: Geoff Beale, Piteau Associates, UK 
Dealing with water in rock mechanics applications



10.00 - 10.30 Förmiddagskaffe i utställningen

10.30 Session 1 - Injektering

Moderator: *Anton Bergman, Boliden Mineral*

Kommande uppdateringar av projektering av bergkonstruktioner

Axel Bolin, Trafikverket

Magnus Zetterlund, Norconsult

Hur skjuvmodulerna påverkar injekteringsresultaten

Wilhelm Åberg, Luleå Tekniska Universitet

Utvärdering av kombination av kemisk och cementbaserad förinjektering i Förbifart Stockholm

Louise Sjölund, Geomind

Hur får vi till bättre injekteringsresultat? - Uppföljning av professional discussion under NGS 2023

Lisa Hernqvist, Trafikverket

11.55 - 12.10 Session 2 - Presentation av Bästa Examensarbete för 2023



Moderator: *Ping Zhang, Luleå Tekniska Universitet*

12.10 - 13.10 Lunch

13.10 Session 3 - BeFo Medley. Presentation av BeFo-projekt i urval

Moderator: *Patrik Vidstrand, BeFo*

13.50 Session 4 - Bergsprickor - labtester och praktikfall

Moderator: *Robert Swindell, Itasca Sverige*

Mekaniska egenskaper hos stora bergsprickor

Lars Jacobsson, RISE

Skjuvhållfasthet hos naturliga bergsprickor - Mot en metodik för bestämning baserat på data i fält

Francisco Ríos Bayona, TYPASA

Iterativ släntdesign för leveäniemi dagbrott

Sara Adlerborn, Itasca Sverige



SVENSKA BERGTEKNIKFÖRENINGEN
Swedish Rock Engineering Association

Bergmekanikdagen 19 mars

14.50 Eftermiddagskaffe i utställningen

15.20 Session 5 - Design

Moderator: Åsa Fransson, WSP

Enlargement of the arosler tunnel under the hotel "Haus am wald" 

Jan Vesely, Amberg Engineering

Tillförlitlighetsbaserat designverktyg för gaslagring i inklädda bergrum

Johan Spross, KTH

Fredrik Johansson, KTH

Förstärkt bergmekanisk verklighet i underjordsbrytning

Andreas Eitzenberger, Luleå Tekniska Universitet

Optimering barriärpelare och alternativa brytningsekvenser i LKAB:s Kiirunavaara-gruva

Joel Andersson, Itasca Sverige

16.35 Utdelning av pris till dagens bästa presentation

Moderator: Catrin Edelbro, Svenska Föreningen för Bergmekanik och Ingenjörsgologi

Avslutning

16.45 - 19.30 Mingelbuffé på Restaurang Cirkus



**Svenska Föreningen för
Bergmekanik och Ingenjörsgologi**





SVENSKA BERGTEKNIKFÖRENINGEN
Swedish Rock Engineering Association

Bergteknikdagen 20 mars

07.30 - 08.30 Registrering, kaffe och fralla

08.30 Öppningsanförande & presentation utskott

Moderator: Per Vedin, Svenska Bergteknikföreningen

09.00 Session 1 - Maskinutveckling

Moderator: Tristan Jones, LKAB

Autonomt huvudpumpsystem i Renströmsgruvan

Mats Isaksson, Boliden Mineral

Jan Wikström, Xylem Water Solutions

Utforskning av framtidens gruvindustri: Lärdomar från de första implementeringarna av BEV lastmaskiner och truckar i Sverige

Jakob Rutqvist, Sandvik Mining and Rock Solutions

Daniel Olsén, Boliden Mineral

Pär Sundqvist, LKAB

Från traditionell till högteknologisk bultsättning i anläggningsprojekt, en fältstudie

Sjoerd Spijkerman, Conpal / Förvaltning för Utbyggd Tunnelbana

Pär Gustavsson, Goemind / Förvaltning för Utbyggd Tunnelbana

10.00 - 10.30 Förmiddagskaffe i utställningen

10.30 Session 2 - Utveckling sprängteknik

Moderator: Daniel Johansson, Luleå Tekniska Universitet

Utvärdering av väteperoxidbaserat sprängämne i Kankenbergsgruvan

Robert Håkland, Hypex Bio Explosives Technology

Daniel Bergius, Boliden Mineral

Measuring detonation products of hydrogen peroxide emulsion explosives



Nikolaos Petropoulos, Luleå Tekniska Universitet

Världens första blyfria icke-elektriska detonator Exel™ Neo

Joel Eriksson, Orica

Explosivhundar för säkerhet, miljö och ekonomi

Anton Brammefors, Explosivhund Miljö och Säkerhet

11.45 - 12.50 Lunch

12.50 Ett axplock av guldgruv - Hur blir vi bra tillsammans? Paneldiskussion & inbjudna gäster

Moderatorer: Isabelle Norin och Peter Lundman, Afry



SVENSKA BERGTEKNIKFÖRENINGEN
Swedish Rock Engineering Association

Bergteknikdagen 20 mars

13.40 Session 3 - Utveckling digitala verktyg

Moderator: Jenny Alsén, Skanska

Detektera och visualisera tidsspill digitalt i tunnelbyggprojekt med maskindata och mänsklig rapportering

Håkan Bolsöy, Epiroc

Digitala verktyg för en säkrare och effektivare vardag

Evelina Karting, Infobric Blastmanager

14.20 - 14.50 Eftermiddagskaffe i utställningen

14.50 Session 4 - Praktikfall

Moderator: Amanda Åkerlind, Cowi

Aktiv designprocess vid drivning av bergrum för en vattenreningsanläggning

Daniel Günther, Awer

Sjöpassage Ladugårdslandsviken

Jekaterina Jonsson, Geomind

Hallgrimur Indridason, Sweco

15.30 Session 5 - Lägesrapporter

Moderator: Hans Hogård, Skanska

Nya Tunnelbanan

Johan Brantmark, FUT

City Link Projekt Anneberg-Skanstull, etapp 2

Ingegerd Bills, SVK

IEG 2.0 - Implementeringskommission för Europastandader inom Geoteknik

Gunilla Franzén, GeoVerkstan

16.00 Avslutning

Per Vedin, Svenska Bergteknikföreningen

18.30 Samling och mingel

Grand Hôtel, Royals Festvåning, Kinarummet, Oscarsalongen, Södra Blasieholmshamnen 8

19.30 Middag

Grand Hôtel, Vinterträdgård



Sammanfattning av föredragen på Bergmekanikdagen

Kommande uppdateringar av projektering av bergkonstruktioner Upcoming updates of projektering av bergkonstruktioner

Axel Bolin, Trafikverket

Thomas Dalmalm, Trafikverket

Magnus Zetterlund, Norconsult AB

Simon Nikolaev, Norconsult AB

Lars Rosengren, Rosengren Bergkonsult

Trafikverkets Krav Tunnelbyggande (TRVINFRA-00233) uppdateras kontinuerligt, och eftersom Projektering av bergkonstruktioner (Publikationsnummer 2019:062) är ett komplement till regelverket, behöver handboken spegla nya och förändrade krav. Det har skett i följande bilagor;

Bilaga 12: Dimensionering med hänsyn till brand. Förtydliganden och exempel har tillkommit för att hjälpa projektören att förstå hur brandskyddskategori 2 (BSK2) ska tillämpas.

Bilaga 13: Dimensionering med hänsyn till explosion. Ett omfattande arbete har utförts för att skapa tydligare och bättre dimensioneringsförutsättningar med avseende på explosion. Flera nya krav har tillkommit i TRVINFRA-00233, men dessutom har en vägledning tagits fram (Explosionslaster i tunnlar, En vägledning) tillsammans med bilagan.

Bilaga 16: System för skydd mot inläckande vatten. Val av lösning för vatten- och frostsäkring fattas i tidiga skeden och har stor inverkan på utformning och livscykelkostnaden av tunneln. Bilagan har tagits fram för att stötta i tidiga skeden med att göra välgrundade beslut.

Bilaga 17: Vägledning för projektering av förinjektering i bergtunnlar. Stora tekniska framsteg har skett inom injektering under de senaste 20 åren, men i många tunnelprojekt skapas olika lösningar vid likartade förutsättningar. Syftet med bilagan är att skapa en systematisk och strukturerad projekteringsmetodik för injektering och utgår ifrån tidigare BeFo-rapport 167 Enhetlig modell för projektering av berginjektering.



Sammanfattning av föredragen på Bergmekanikdagen

Hur Skjuvmodulerna påverkar injekteringsresultaten How the shear moduli effect the grouting results

Wilhelm Åberg, Luleå tekniska universitet
Johan Funehag, Luleå tekniska universitet / Tyréns

Vid tunnelbrytning finns flera processer som kan påverka injekteringsbruk. Tidigare studier har genomförts för att försöka karakterisera injekteringsbruk genom att mäta tillväxten av skjuvmoduler över tid.

Skjuvmodulen är förhållandet mellan skjuvspänning och skjuvtöjning, och kan delas in i viskös skjuvmodul och elastisk skjuvmodul. Förhållandet mellan dessa två parametrar beskriver var materialet befinner sig på det viskoelastiska spektrumet. Injekteringsbruk är ett material som härdar över tid, vilket innebär att cementen förflyttas längs det viskoelastiska spektrumet.

Skjuvmodulerna mäts och jämförs med varandra för fyra olika typer av injekteringsbruk under de första fem timmarna i härdningsprocessen. Från resultaten skapas en konceptuell betraktelse för hur skjuvmodulerna påverkar injekteringsresultaten. Genom att mäta skjuvmodulerna och relatera resultaten till vibrationer från sprängningar, hydraulisk gradient och vattenkraft från vattenförlustmätningar, kan skjuvmodulernas påverkan bestämmas.

Mätningen av skjuvmodulerna utförs främst i en laboratoriemiljö. För att bestämma skjuvmodulen i fältmiljö används en relativ mätmetod. Baserat på de olika resultaten föreslås en rekommendation för implementering av skjuvmoduler vid design av injektering.



Sammanfattning av föredragen på Bergmekanikdagen

Utvärdering av kombination av kemisk och cementbaserad förinjektering i Förbifart Stockholm Evaluation of a combination of chemical and cementitious grouting in the Stockholm Bypass

Louise Sjölund, Geomind KB

Björn Stille, TriEng AB

Thomas Dalmalm, Trafikverket

Ett test av förinjektering med kemiska injekteringsmedel i kombination med cement utfördes 2021 i Grimstaområdet i Förbifart Stockholm. Testet utfördes i ett område där injekteringen var utmanande och att testa kemisk injektering var en av flera andra åtgärder.

Syftet med testet var dels att avgöra om kemiska injekteringsmedel i kombination med cement ger ett bättre resultat jämfört med enbart cement, dels att utvärdera lämpliga produkter och krav på tillämpning. De två produkterna var tvåkomponents-akrylatgel (WEBAC 240) och tvåkomponents-polyuretan (DSI Inject PUR LV). WEBAC 240 är en lågviskös gel med en initial viskositet på 6 mPas vid 23°. DSI Inject PUR LV är ett lågvisköst, långsamt härdande harts med en initial viskositet på 100 mPas vid 20°.

Totalt fem injekterings-skärmar i två tunnelfronter utfördes där två skärmar var kombination cement-polyuretan och tre skärmar kombination cement-akrylatgel.

Effekten av injektering utvärderades utifrån transmissivitet beräknad från vattenförlustmätningar samt inflödesmätningar. Även den lokala geologin med varierande bergkvalitet och karterade dropp togs med i analysen. Resultaten av keminjekteringen jämfördes med cementinjektering i närliggande och jämförbara delar av tunnelarna. Resultatet visade att i dessa förhållanden gav den kemiska injekteringen i kombination med cement ett likvärdigt eller något sämre resultat på tätning jämfört med enbart cementinjektering.



Sammanfattning av föredragen på Bergmekanikdagen

Hur får vi till bättre injekteringsresultat?

- Uppföljning av professional discussion under NGS 2023

How do we improve the grouting results?

- Follow up of the professional discussion at NGS 2023

Lisa Hernqvist, Trafikverket

Robert Sturk, Skanska

Thomas Dalmalm, Trafikverket

Patrik Vidstrand, BeFo

Ny teknik och nya kontraktmodeller har utvecklats och implementerats men fortsatt har vi problem med tunnlar där inläckaget inte kan reduceras nog för att innehålla miljödomens villkor och tvister parterna emellan är mer regel än undantag.

Osunda tvister är kostsamt, skapar otrivsel och kan även leda till att branschen väljs bort av unga personer som blir avskräckta av problemen som ofta blir mediala, vilket kan resultera i en negativ spiral och allt större brist på kompetens i tunnelbranschen.

Under NGS 2023, Nordic Grouting Symposium i Stockholm 12-13 September 2023, diskuterades branschens problem och möjliga åtgärder. Över 100 konferensdeltagare tillhörande branschens olika aktörer, beställare, projektörer, entreprenörer, material- och maskintillverkare och forskare, diskuterade frågan. Gruppernas uppgift vara att reda ut hur vi får ett bättre injekteringsresultat ur två perspektiv: dels den egna aktörens roll i problemen och vad de själva skulle kunna förändra; dels detsamma för branschens andra aktörer.

Resultaten från denna "professional discussion" redovisas i denna artikel och kan ligga till grund för förnyad förnyelse i anläggningsbranschen.



Sammanfattning av föredragen på Bergmekanikdagen

Mekaniska egenskaper hos stora bergsprickor Mechanical properties of large rock joints

Lars Jacobsson, RISE

Jörgen Larsson, RISE

Mathias Flansbjer, RISE

Diego Mas-Ivars, SKB

Hossein A Kasani, Nuclear Waste Management Organization (NWMO), Toronto

Fredrik Johansson, KTH

Experimentella undersökningar av skjuvegenskaperna hos bergsprickor i hårt berg har generellt fokuserat på mindre sprickprover vid normalspänningar upp till 20 MPa, representativa för ett kärnbränsleförvar på ca 400 meters djup, eller stora sprickprover vid låga spänningar. För att få en förståelse av inverkan av sprickornas storlek för skjuvegenskaperna vid höga normalspänningar är det avgörande att genomföra skjuvförsök på stora bergsprickor (> 200 mm) i hårt berg under höga normalspänningar.

I projektet Parameterization of Fractures, POST (2014-2016), studerades skaleffekterna genom in situ-försök, småskaliga skjuvförsök och beräkningssimuleringar. Det konstaterades att laboratorieexperiment under kontrollerade förhållanden och på stora bergprover är nödvändiga för att få tillförlitliga resultat. Det konstaterades också att in-situ-försök är komplexa med stora underliggande osäkerheter och är kostsamma.

I det pågående projektet POST 2 (start 2017) har bergsprickor upp till 500 mm provats i en ny unik laboratorieutrustning, jämte provning av mindre sprickor, vid höga normalspänningar vid både CNL och CNS förhållanden och med ny mätteknik. Teknik för att tillverka replikaprover av bergsprickor har utvecklats och provats med syfte att göra lastparameterstudier. Kvaliteten hos geometriavbildningen hos replikaproverna och sprickornas geometrier mättes med högupplöst skanning. En översikt av och olika resultat från projektet presenteras. Resultaten från projektet kan användas för andra tillämpningsområden.



Sammanfattning av föredragen på Bergmekanikdagen

Skjuvhållfasthet hos naturliga bergsprickor - mot en metodik för bestämning baserat på data i fält Shear strength of natural rock joints - towards a methodology for prediction based on field data

*Francisco Ríos Bayona, TYPESA
Fredrik Johansson, KTH
Diego Mas Ivars, SKB och KTH*

Bestämning av bergsprickors storskaliga skjuvhållfasthet är fortfarande en utmaning för ingenjörer i bergmekanik. Skjuvhållfastheten hos naturliga bergsprickor påverkas av flera faktorer som sprickytans råhet, vittringsgrad, normalspänning, skala samt passning.

Trots olika försök under de senaste åren för att utveckla empiriska och analytiska metoder för att prediktera bergsprickors skjuvhållfasthet är osäkerheten i dessa metoder fortfarande stor. Ingen av de befintliga metoderna tar idag hänsyn till samtliga parametrar, och hur de samverkar, för att mobilisera en sprickas skjuvhållfasthet. Dessutom har resultat från utförda skjuvförsök under de senaste åren visat att sprickans passning har en stor inverkan i dess uppmätta skjuvhållfasthet.

Till exempel beaktas inte inverkan från passning när råheten uppskattas subjektivt från fördefinierade profiler. Detta innebär att hållfastheten riskerar att överskattas. De erhållna resultaten i laboratorium tillsammans med en analys av de grundläggande mekanismerna bakom en sprickas skjuvning indikerar att den allmänt accepterade skaleffekten inte bara är en effekt av provstorleken. Denna artikel presenterar en metodik som undersöker möjligheten att utnyttja information från uppmätt sprickvidd och ytråhet med optisk scanning för att därefter bestämma skjuvhållfastheten i större skalor. Den framtagna metodiken har verifierats med två storskaliga skjuvförsök genomförda i laboratorium med konstant normallast med sprickprover tagna vid Krångede kraftstation.



Sammanfattning av föredragen på Bergmekanikdagen

Interativ släntdesign för Leveäniemi dagbrott Slope design iterations at the Leveäniemi open pit

Sara Adlerborn, ITASCA Sverige

Jennifer Hellberg, ITASCA Sverige

Joel Andersson, ITASCA Sverige

Robin Offermo, Luossavaara-Kiirunavaara Aktiebolag, Svappavaara

Jonny Sjöberg, ITASCA Sverige

Manuel Astorga, Luossavaara-Kiirunavaara Aktiebolag, Svappavaara

Evelina Rann, Luossavaara-Kiirunavaara Aktiebolag, Svappavaara

Dagbrottsbrytning i Leveäniemi järnmalmsgruva i Svappavaara återupptogs under 2015 efter ett ca. 30 år långt uppehåll. De initiala designvillkoren för pall-, interramp- och totalslänt baserades på resultat från kärnborring och kartering, hållfasthetstester samt sprickorienteringar från fältkartering och televiever-loggning av borrhål. I takt med att brytningen fortskred exponerades ett antal storskaliga geologiska strukturer vilka tidigare inte hade kunnat identifieras.

Strukturerna har ler-/sericit- och/eller serpentin-omvandling, stryker subparallellt med planerad dagbrottslänt och stupar in mot dagbrottet.

En iterativ process med revidering av dagbrottsdesign initierades där först ytterligare kärnborring genomfördes i syfte att bestämma läge, omfattning och karaktär på strukturerna. Förändringar i design omfattade ändrad släntorientering, implementering av en s.k. "step-out" i slänten samt reviderad rampdesign. Den reviderade designen har analyserats i en tredimensionell numerisk diskontinuum-modell där hela dagbrottsgeometrin och de dominerande strukturerna inkluderades.

Analyserna utfördes för planerad slutligt dagbrott och för ett antal hydrogeologiska scenarion, inklusive planerad systematisk dränering. Både deterministisk känslighetsanalys och sannolikhetsteoretisk analys genomfördes vilket möjliggjorde en kvantifiering av stabilitetsförhållandena för fortsatt dagbrottsbrytning.

Modellresultaten används för ytterligare finjustering av design samt för att implementera stabilitetsförbättrande åtgärder, t.ex. riktad dränering för att sänka grundvattentryck samt fokuserad övervakning.



Sammanfattning av föredragen på Bergmekanikdagen

Enlargement of the Arosler Tunnel under the hotel "Haus am Wald" Utvidgning av Arosler-tunneln under hotellet "Haus am Wald"

Jan Vesely, Amberg Engineering, Switzerland
Eva Wehrli, Amberg Engineering, Switzerland

The single-track Arosler Tunnel, built in 1914 in Switzerland, was renovated and enlarged during 2021 for safety reasons. The old natural stone vault was demolished and a new shotcrete inner lining was installed. Near the Arosa portal, the tunnel passes underneath the hotel "Haus am Wald" with low overburden and the foundation of the hotel almost touches the tunnel in some places.

These circumstances led to a challenging situation for the design of the tunnel enlargement. In order to study the interaction between the hotel foundation and the excavation works for the enlargement of the existing tunnel, a complex 3D numerical analysis was carried out.

The results of the analysis provided a better understanding of the response of the hotel foundation to the excavation, allowed the design of the sufficient rock support and set the alarm values necessary to avoid significant damage to the building. The deformation monitored during the excavation were continuously compared with the results of the numerical analysis in order to study the real behaviour and to be able to react in case that measured values deviated significantly from the results of numerical analysis.



Sammanfattning av föredragen på Bergmekanikdagen

Tillförlitlighetsbaserat designverktyg för gaslagring i inklädda bergrum Reliability-based design tool for gas storage in lined rock caverns

Davi Rodrigues Damasceno, Quantified Carbon Ltd.

Johan Spross, KTH

Fredrik Johansson, KTH

Vätgaslagring i stora inklädda bergrum (så kallade LRC) kan spela en viktig roll för att möjliggöra fossilfri ståltillverkning i Sverige, såväl som för elleveransen under tider med högt energibehov.

Säkerheten i sådana lager måste vara hög eftersom konsekvenserna av konstruktionsbrott i ett LRC kan vara katastrofala. Små sannolikheter för brott är dock svåra att beräkna, och förbättringar av prediktiva modeller behövs.

Denna presentation på Bergdagarna diskuterar ett nytt tillförlitlighetsbaserat designverktyg för sådana gaslager, som utvecklats i ett doktorandprojekt på KTH. Forskningsfrågorna var relaterade till att lösa identifierade begränsningar hos de nuvarande prediktiva modellerna och att kombinera realistiska LRC-modeller med lämpliga tillförlitlighetsbaserade beräkningsmetoder.

Resultaten visar att finita element (FE)-modeller behövs för att ta hänsyn till liningens komplexa interaktion med det omgivande berget. FE-modeller är tidskrävande att köra, så därför används den så kallade ADIS-metoden (adaptive directional importance sampling), som behöver mycket få antal körningar av FE-modellen för att beräkna bergrummets brottsannolikhet.

Detta designverktyg ger tillräckligt exakta uppskattningar av små brottsannolikheter och möjliggör en kvantifiering av säkerhetsnivån för konstruktionen. Denna typ av riskanalysverktyg kan komma att spela en viktig roll i tillståndsansökningar för framtida byggande av vätgaslager i inklädda bergrum.



Sammanfattning av föredragen på Bergmekanikdagen

Förstärkt bergmekanisk verklighet i underjordsbrytning Augmented rock mechanics reality in underground mining

Andreas Eitzenberger, Luleå tekniska universitet
Catrin Edelbro, Itasca Sverige
Hans Åhlin, Luleå tekniska universitet

Förstärkt verklighet (Eng. Augmented Reality) är en teknik där användarens verklighet förstärks med datorgenererade objekt och information. I artikeln finns sammanställt hur förstärkt verklighet skulle kunna användas som ett hjälpmedel inom bergmekanik vid underjordsbrytning.

Sammanställningen baseras på resultat från workshops med gruvbolagen LKAB och Boliden och där totalt sett närmare 30 bergmekaniker och ingenjörsgéologer har fått ge input. Resultaten visar på generellt samma behov av information som bör visas som objekt för att, som teknik, ge ett mervärde och stärka rollen som bergmekaniker och i slutändan öka säkerheten i gruvan.

Vidare har intervjuer med relevanta aktörer, så som utvecklare av förstärkt verklighet inom det geomekaniska området genomförts i syfte att undersöka lämplig teknik att använda för att förstärka verklighet underjord (med avseende på utrustning för visualisering och positionering) samt utreda krav på den datorgenererade information som måste förberedas som objekt och/eller information relativt verkligheten. Vi beskriver vad tekniken klarar idag och ger rekommendationer för hur den fortsatta utvecklingen av tekniken bör ske så att den kan användas som ett hjälpmedel för personal som arbetar med bergmekanik i underjordsbrytning.



Sammanfattning av föredragen på Bergmekanikdagen

Optimering barriärpelare och alternativa brytningsekvenser i LKAB:s Kiirunavaara- gruva **Optimizing barrier pillar design and alternative mining sequences at the LKAB Kiirunavaara mine**

Theofanis Rentzelos, ITASCA Sverige

Jonny Sjöberg, ITASCA Sverige

Linda Jonsson, Luossavaara-Kiirunavaara Aktiebolag, Kiruna

Christina Dahnér, Luossavaara-Kiirunavaara Aktiebolag, Kiruna

Joel Andersson, ITASCA Sverige

Robert Swindell, ITASCA Sverige

Zsolt Kulcsar, Luossavaara-Kiirunavaara Aktiebolag, Kiruna

För närvarande planeras avsättning av en barriärpelare i produktionsområdet B22 i Kiirunavaara-gruvan. Preliminära dimensioner för barriärpelaren har tagits fram i tidigare studie (presenterad på Bergmekanikdagen 2023). Placering har valts för att minimera möjlig malmförlust, men exakt anpassning mot lokal geologi och bergmekaniska aspekter kvarstår. Vidare behöver nuvarande brytningssekvens anpassas med avseende på barriärpelaren samt för att reducera bergmekaniska problem för fortsatt brytning ned till 1365 m avv. En mer ut-präglad V-form (s.k. chevron-sekvens) bedöms ge ett mer fördelaktigt bergmekaniskt beteende.

Geometrisk utformning på barriärpelaren tillsammans med ett antal alternativa brytningssekvenser har studerats i en tredimensionell numerisk modell i gruvskala där detaljerad litologiska enheter och geologiska strukturer inkluderats. Produktion har simulerats i kvartalsvisa uttag i en modell utan "kopplat rasflöde". Materialegenskaper har valts från kalibrering mot observerat beteende och tidigare projekt. Modellerna har utvärderats med avseende på spänningar, plasticering, frigjord energi, etc. Den mest fördelaktiga utformningen av pelaren samt brytningssekvens identifierades med avseende på såväl bergmekanik som gruvplanering och praktisk genomförbarhet. Utvald geometri och sekvens analyserades därefter i en kopplad flödesmodell för verifiering samt förfinad bedömning av påverkan på omgivande berg. Modellresultaten används som beslutsunderlag för övergång till en bergmekaniskt mer optimal och långsiktigt hållbar brytningssekvens ned till nuvarande huvudnivå.



Sammanfattning av föredragen på Bergteknikdagen

Autonomt huvudpumpsystem i Renströmsgruvan Autonomous main pump system in the Renström mine

Mats Isaksson, Boliden Mineral AB, avdelningen för gruvteknik
Jan Wikström, Xylem Water Solutions
Anders Waleij, Boliden Mineral AB, Renströmgruvan

Dränkbara pumpar används i svenska gruvor och berganlägggen för att pumpa bort grundvatten och förbrukat processvatten. Vattnet som ska hanteras innehåller ofta stora mängder slam som påverkar pumparnas livslängd. Vi lågt vatteninflöde står pumparna ofta och sörplar vilket kan överhätta pumpen med haveri som följd. Slam sedimenterar också i pumpgropar och i pumpbassänger varför dessa regelbundet behöver tömmas. Boliden bedriver ett utvecklingsprogram som har långsiktigt mål att företagets gruvor i framtiden ska kunna brytas med autonoma maskiner.

För att kunna nå dessa mål så behöver autonoma lösningar för vattenpumpning och slamhantering utvecklas. 2018 inledde pumptillverkaren Xylem och Boliden ett samarbete. En intelligent dränkbar pump, en ny typ av mobil pumpstation och en pumpstyrning för vanliga dränkbara pumpar har testats i Renströmgruvan under verkliga driftförhållanden. Projektet har i gruvan byggt en autonom vattenuppföring som pumpar vatten och slam som kommer från gruvans produktionsplatser belägna under 1400 meters djup direkt till ett gråbergsfilter där det renas. Systemets totala lyfthöjd är i nuläget 130 m och maxkapacitet är 90 m³ per timme. Anläggningen har varit i drift i 3 år. Föredraget redovisar erfarenheter från projektet, vilka designkriterier som använts och vilka nästa steg som planeras.



Sammanfattning av föredragen på Bergteknikdagen

Utforskning av framtidens gruvindustri: Lärdomar från de första implementeringarna av BEV lastmaskiner och truckar i Sverige Exploring the future of mining: lessons from Sweden's first BEV mining loaders- and trucks deployments

*Jakob Rutqvist, Sandvik Mining and Rock Solutions
Daniel Olsén, Boliden Mineral AB
Pär Sundqvist, LKAB*

Den här artikeln handlar om den banbrytande introduktionen av batterielektriska fordon (BEV) i gruvindustrin, med fokus på de första implementeringarna i Sverige. I takt med att världen övergår till mer hållbara och miljövänliga metoder har gruvsektorn börjat anamma BEV lastmaskiner- och truckar som en potentiell game-changer. De viktigaste erfarenheterna från Sveriges banbrytande insatser för att integrera BEV-teknik i gruvdrift lyfts fram när det gäller hållbarhet, produktivitet och övergripande operationell effektivitet. Resultaten och de praktiska erfarenheterna bidrar inte bara till en växande kunskap om hållbara gruvbrytningsmetoder, utan ger också värdefulla lärdomar för gruvprojekt som överväger att införa BEV-teknik. Sveriges erfarenheter är en viktig referenspunkt för gruvindustrins fortsatta resa mot en effektivare och mer hållbar framtid. Boliden Mineral AB, LKAB och Sandvik Mining and Rock Solutions delar med sig av sina erfarenheter från några av de första BEV-maskinerna i den svenska gruvindustrin.



Sammanfattning av föredragen på Bergteknikdagen

Från traditionell - till högteknologisk bultsättning i anläggningsprojekt: en fältstudie Transitioning from conventional to high-tech rockbolt installation in civil work: A field study

Pär Gustavsson, Geomind / Förvaltning för Utbyggd Tunnelbana
Sjoerd Spijkerman, Conpal / Förvaltning för Utbyggd Tunnelbana

Mekaniserad bultsättning är en relativt ovanlig företeelse i svenska infrastrukturprojekt, men den har redan blomstrat inom gruvindustrin. Förvaltning för Utbyggd Tunnelbana (FUT) har utfört ett pilotprojekt med syfte att undersöka möjligheterna, riskerna och utmaningarna med mekaniserad bultsättning. Vi fokuserar särskilt på dess inverkan på arbetsmiljön och den kvalitet metoden kan leverera inom de förutsättningar som infrastrukturprojekt har.

Fältstudien är utförd i skarp produktion över en tidsperiod på tre år i tre olika entreprenader med ca 6 000 bultar av två olika entreprenörer med en bultrigg från Sandvik och en från Epiroc.

Våra resultat från fältobservationer, boltometertester, bultborrning samt intervjuer med operatör, entreprenör och maskinleverantör pekar på en betydande förbättring av arbetsmiljön.

Här styr operatören majoriteten av bultningsprocessen från en säker hytt.

Kvaliteten på utförandet har också visat positiva indikationer. Metodförändringen gynnas av samarbetet mellan beställare, entreprenörer och maskinleverantörer för att driva moderniseringen av bergförstärkningsarbetet.

I presentationen kommer vi att beskriva processen för att modernisera bultmonteringen, samarbetet mellan beställare, entreprenörer och maskinleverantörer, samt de tekniska och logistiska utmaningarna.

Branschen bör vara öppen för en moderniseringsinsats där projektering och upphandling framöver kan ta hänsyn till projektets resultat och starta en branschdiskussion om mekaniserad bultsättning.



Sammanfattning av föredragen på Bergteknikdagen

Utvärdering av väteperoxidbaserat sprängämne i Kankenbergsgruvan Evaluation of hydrogen peroxide based explosives in the Kankenberg mine

Sunniva Haugen – Boliden Mineral AB

Daniel Bergius – Boliden Mineral AB

Thomas Gustavsson – Hypex Bio Explosives Technology AB

Under 2022 utförde Hypex Bio Explosives Technology (Hypex) och Boliden ett projekt i syfte att utvärdera den kommersiella gångbarheten i ett väteperoxidbaserat emulsionssprängämne (HPE) i Kankbergsgruvan. Emulsionssprängämnets komposition utformades fri från nitrater och ammoniak för att eliminera giftiga nitratoxider (NO_x) i detonationsgaserna, minska behovet av nitrat och ammoniakrening i gruvvattnet och även minska koldioxidutsläppen i sprängämnets livscykel. Projektet innefattade konstruktion och driftsättning av en pilotfabrik och laddutrustning samt ett omfattande test och verifieringsprogram. Hypex ansvarade för byggnation och HPE tekniken och Boliden tillhandahöll en drifts- och testplats på Kankbergsgruvan.

Verifieringsprogrammet syftade till att utreda sprängämnets olika egenskaper, säkerhets- och hanteringsaspekter, sprängförmåga, miljöaspekter samt produktions- och laddtekniker. Programmets kravställning speglade kraven ställda på dagens nitratbaserade sprängmedel både gällande funktion och säkerhet.

Under 2022 bedrev Hypex och Boliden aktivt arbete med HPE tekniken för att inleda produktionssalvor i Kankbergsgruvan i augusti 2022. Oktober 2022 hade totalt 23 produktionssalvor avfyrats med av Boliden godkänt resultat. Därmed ansågs projektet framgångsrikt och kravställningen uppfylld.

Projektet visar att tekniken uppvisar positiva egenskaper jämförbara med dagens nitratteknik. En slutsats är att HPE kan vara en möjlig kandidat för grön omställning i sprängmedels branschen då eliminering av nitrater, ammoniak och betydande koldioxidutsläppminskningar är möjliga.



Sammanfattning av föredragen på Bergteknikdagen

Mätning av spränggaser vid detonation av väteperoxidemulsion Measuring detonation products of hydrogen peroxide emulsion explosives

*Nikolaos Petropoulos, Swebrec/Luleå Tekniska Universitet/LKAB
Carlota Rodriguez San Miguel, Swebrec/ Luleå Tekniska Universitet
Ulf Stenman, Swebrec/ Luleå Tekniska Universitet
Daniel Johansson, Swebrec/Luleå Tekniska Universitet
Timo Halme, Forcit AB*

Gruv- och anläggningsprojekt är idag starkt beroende av användningen av sprängämnen. Detonationen av sprängämnena producerar dock biprodukter såsom gaser som kan ha en negativ inverkan på arbetsmiljön.

De vanligaste sprängämnena som används i industrin är baserade på kväve som producerar NO, NO₂ och NO_x vid detonation. Under de senaste åren har en alternativ formulering av sprängmedel, baserad på väteperoxid (H₂O₂) testats av flera tillverkare. En serie av sprängförsök har genomförts för att mäta mängden av gaser vid detonation av denna typ av sprängmedel. Totalt genomfördes 10 tester med ett inert glaströr (borosilikatglaströr), där mängden väteperoxidemulsionssprängämne var ca 900 gr. De olika parametrarna var syrebalansen och densiteten. Detonationshastigheten och gaserna mättes vid varje försök. Resultaten visade låga värden av N-baserade gaser, trots att CO- och H₂O₂-gaserna fanns i sprängkammaren. Det var första gången som närvaron av H₂O₂-gas observerades i den explosiva formuleringen och visade koncentration runt 10 ppm.



Sammanfattning av föredragen på Bergteknikdagen

Världens första blyfria icke-elektriska sprängkapsel, Exel™ Neo World first lead-free non-electric detonator, Exel™ Neo

*Thomas Lagerström, Orica Sweden AB
Joel Eriksson, Orica Sweden AB*

Orica, världsledande inom sprängteknologi, har utvecklat den första blyfria icke-elektriska sprängkapseln. Sprängkapseln är tillverkad i Gyttorp, Sverige, vilket är nära Oricas kunder i Europa. Exel™ Neoserien bygger på Oricas unika Non Primary Explosive Detonator (NPED)-teknologi, som har funnits på marknaden i över 30 år och är känd för dess tillförlitlighet och användarvänlighet inom sprängämnesindustrin.

Orica arbetar för hållbarhet och de miljöskyddsåtgärder som finns för branschen. Med bly eliminerat från vår tillverkningsprocess, uppnår man hälso-, säkerhets- och miljöfördelar för all tillverkningsverksamhet, produktens slutanvändare och miljön.

Kemikalie- och miljöbestämmelser för EU och Sverige förändras ständigt för att förbättra och bättre skydda människor och miljö från risker med farliga kemikalier. Orica är fast besluten att följa med i utvecklingen av regelverket genom att ta bort särskilt farliga ämnen från dessa produkter. Denna innovation kommer att säkerställa att vi tillsammans med våra kunder och partners verkligen kan mobilisera jordens resurser på ett mer hållbart sätt. Som den första helt blyfria icke-elektriska sprängkapsel inom den europeiska sprängindustrin har Exel™ Neo varit efterlängtat.

*Orica använder inte bly i sin tillverkningsprocess och vidtar åtgärder för att få garantier från sina leverantörer.



Sammanfattning av föredragen på Bergteknikdagen

Explosivhundar- För säkerhet, miljö och ekonomi **Explosivedogs - For safety, environment and economy**

Anton Brammefors, Explosivhund Miljö och Säkerhet Sverige AB

Precis som när en bomb detonerar så blir konsekvenserna oftast allvarliga när en så kallad dola detonerar. Användningen av hundar för att hitta sprängmedel är känd världen över. Delar av bergindustrin har börjat anamma nyttjandet av samma metod för att höja säkerheten på sina arbetsplatser. Varför?

Den är tidseffektiv, alltså ekonomisk, pålitlig och genererar mer än bara högre säkerhet på arbetsplatsen. Positiva bieffekter är bland annat att även små rester hittas och kan tas om hand istället för att nitrater ska få rinna ut i naturen eller grundvattnet. Symbolvärdet att beställare och entreprenör hanterar risken. Dessutom säkerställs att kriminella inte kan hitta något efter att arbetarna gått hem för dagen.

Hundarna kan hitta så väl färskt sprängmedel direkt i sprängsalvor som gammalt som legat i decennier under sten och jord eller i en tunnelvägg. Hur blir det som mest effektivt? Jo om metoden tas med i planeringen. Så uppmaningen till er beställare är: Kravställ användandet av explosivhundar, på så sätt har entreprenören incitament att beställa och planera in metoden vid lämplig tidpunkt istället för att behöva stå stilla och lösa akut uppkomna situationer som i förlängningen blir dyrare för er beställare.



Sammanfattning av föredragen på Bergteknikdagen

Detektera och visualisera tidsspill digitalt i tunnelbyggprojekt med maskindata och mänsklig rapportering **Detect and visualize time-waste digitally in tunnel construction projects with machine data and human observations**

Håkan Bolsöy, Epiroc Rock Drills AB – Mobilaris
Marcus Ek, Epiroc Rock Drills AB – Mobilaris
Andreas Karvonen, Epiroc Rock Drills AB – Mobilaris

Ett tunnelbyggnadsprojekt påverkas mycket av utnyttjandegraden av tunnelstuffen och utrustningen. För att maximera resultatet måste arbetarna kontinuerligt identifiera och minimera tidsförlusterna. Några timmar kan lätt bli ett problem om kritiska hålltider missas. Genom att jämföra automatiskt insamlade maskindata med digitaliserade mänskliga observationer är det möjligt att identifiera återkommande och tidskrävande problem. När detta kvantifieras och samlas in digitalt, kan högkvalitativa data erhållas, vilket ger värdefulla insikter. Denna artikel beskriver processen för insamling och analys av data. Utöver detta klargörs vikten av mänskliga observationer och av att samla in data under arbetscykelns alla faser. Det bör vara enkelt att rapportera framsteg, paustider eller förseningar under pågående aktiviteter i realtid. Detta är nyckeln till att skapa korrekt rapportering och data.

Datainsamling med hjälp av uppkopplade enheter kan visa överensstämmelse med planen i realtid genom att jämföra standardtider och mätvärden med verkligheten. Genom att använda dessa data kan teamet eller planläggaren förutsäga nästa aktivitet och justera planen vid behov. Via analys av rapporterade data är det möjligt att beräkna förutsägbarheten av planen. Med realtidsrapportering är teamen bättre förberedda när något avviker från planen. Genom att lära av historien kommer teamet att planera med bättre förutsägbarhet, och utnyttjandegraden av resurserna kan ökas. Faktabaserade beslut under skiftet och långsiktigt kommer att förbättra projektets resultat liksom minska affärsriskerna i framtida anbud. Data och analyser kan göras tillgängliga för alla, eller skapa transparens så långt som önskas, för att förbättra kommande skift och framtida projekt. Detta fungerar lika bra i gruvor som tunnlar.



Sammanfattning av föredragen på Bergteknikdagen

Digitala verktyg för en säkrare och effektivare vardag **Digital tools for a safer and more efficient workplace**

Evelina Karting, Infobric AB

Marie Skeppstedt, Infobric AB

Byggbranschen har under lång tid hämmats av problem och risker förknippade med oseriösa entreprenörer som systematiskt kringgår gällande regler och villkor och i förlängningen utgör betydande risker avseende skatteflykt, exploatering av arbetare, osäkra arbetsmiljöer och branschens rykte. En forskningssamling publicerad av Byggföretagen, visar att ett av de stora problemen här är bristen på möjligheter när det gäller att kontrollera regelefterlevnaden. En bidragande orsak är bristen på verktyg för att följa upp alla inblandade parter i de komplexa leverantörshierarkier som etableras i byggprojekt.

Sprängarbranschen drabbas också av detta och därutöver finns det en ständig risk att utsättas för brott från utsidan. Stöld av dynamit har blivit ett problem och får allvarliga konsekvenser i samhället.

I det vardagliga arbetet ställs höga krav på analys, dokumentation och samordning, där papper och penna fortfarande används i stor utsträckning. Därför finns det stora möjligheter att öka säkerheten och effektiviteten i branschen med hjälp av digitala verktyg och smart teknik.

Att på ett enkelt sätt kunna dokumentera och följa upp det dagliga arbetet och ha smarta redskap för att kunna kontrollera lager, borde vara en självklarhet för varje sprängentreprenör. Det möjliggör också en ökad transparens mellan alla led och en förbättrad kommunikation mellan alla verksamma på sprängarbetsplatsen.



Sammanfattning av föredragen på Bergteknikdagen

Aktiv designprocess vid drivning av bergrum för en vattenreningsanläggning Active design process during excavation of rock caverns for a new water treatment plant

*Daniel Günther, AWER/Asker og Bærum Vannverk
Catrin Edelbro, Ott Oisalu & Sebastian Hortberg, ITASCA Sverige*

Artikeln beskriver den arbetsmetodik som etablerades under driften av en vattenreningsanläggning i Asker och Bærum i Norge. Anläggningens bergrum är belägna i ett geologiskt komplext område och när tunneldrivningen startade hösten 2022 fanns det kvarstående stora osäkerheter vad gäller geologi, strukturgeologi, bergkvalitet och lokala bergspänningsförhållanden.

Beställaren nyttjade därför i expertis inom ingenjörsgologi och bergmekanik och utvecklade en arbetsmetodik, i syfte att minska osäkerheter och optimera den tekniska lösningen. Projektet genomfördes under byggskedet med en nära geologisk uppföljning från start, vidare utfördes bergspänningsmätningar och parallellt med detta beräkningar med bergmekanik numerisk modellering.

Mätning och beräkning kompletterades och jämfördes med resultat från MWD borrning i fronten. Resultatet från den numeriska modelleringen användes som underlag för beslutsfattande och verifiering vid dimensionering av den permanenta förstärkningen i bergrummen, vilket också gjorde att det gick att optimera förstärkningsbehovet. Vidare gjorde den interaktiva och innovativa designprocessen det möjligt att optimera layouten av anläggningen efter de tekniska geologiska förutsättningarna. Exempelvis ökades avståndet mellan bergrummen. Optimeringen av bergrummens placering var nödvändig för att undvika omfattande förstärkning och för att upprätthålla framstegen i bergguttaget. Tidig inkludering och öppenhet mot alla berörda parter var en viktig faktor för att kunna genomföra den aktiva designen utan att försena byggarbetet.



Sammanfattning av föredragen på Bergteknikdagen

Sjöpassage Ladugårdslandsviken Subsea passage Ladugårdslandsviken

*Jekaterina Jonsson, Geomind KB/ Förvaltning för utbyggd tunnelbana
Björn Stille, Trieng AB/ Förvaltning för utbyggd tunnelbana
Hallgrimur Indridason, Sweco/ TNG*

Hösten 2022 stod projektet Kungsträdgården inför en kritisk fas när det skulle korsa Ladugårdslandsviken under vattnet. Med prognos på mycket dålig bergkvalitet och minimal bergtäckning på ca 8m utgjorde passagen en av de mest betydande riskerna inom projektet.

Utförd kärnborring verifierade farhågor kring förekomst av lera och sandmaterial förknippade med risk för erosion med okontrollerat vatteninläckage och stabilitetsproblem som följd. Teknisk lösning med frekvent förinjektering, strikta drivningsrestriktioner och mycket robust förstärkningskoncept togs fram. Det förväntade tidsramen för kritiska passagen av Ladugårdslandsviken uppskattades till 17 veckor per tunnel.

Organisationens beredskap hade en betydande roll för denna fas i projektet. Riskanalys med tillhörande beredskapsplan togs fram för att omhänderta återstående risker. Inom befintliga organisationen tillsattes en särskild arbetsgrupp med projektör, beställare och entreprenör som etablerade regelbundna möten och följde en konsekvent beslutsprocess.

Data från kartering, MWD-information och observationer från borrh- och injekteringsarbeten integrerades kontinuerligt i en 3D-modell tillsammans med tidigare identifierade geologiska förhållanden. Flackt stupande svaghetszon med >1m zonkärna av lera innebar utmaningar för stabiliteten och mycket låg bergtäckning för att säkerställa tillräcklig tätning. Bergförhållanden kunde stegvis preciseras och teknisk lösning anpassades på veckovisa möten. Arbets sättet möjliggjorde att tunneldrivningen kunde genomföras effektivt och den riskfyllda passagen slutföras på 8 veckor per tunnel.



SVENSKA BERGTEKNIKFÖRENINGEN
Swedish Rock Engineering Association

Utställare på Bergdagarna 2024

AMV Equipment AB

AVA Monitoring AB

Bergab

BESAB AB

Bjerking AB

Cementor AB

Containertech AS

Edvirt AB

Epiroc Sweden AB

EWS & Co as

Explosivhund Miljö & Säkerhet Sverige AB

Forcit Sweden AB

Geobrugg AG

GMA AB

Herrenknecht

Infobric AB /Blastmanager

Itasca Consultants AB

Kreate Sverige AB

L5 Navigation Systems AB

Luleå tekniska universitet

Mapei AB

Master Builders Solutions Sverige AB

Minova Nordic AB



SVENSKA BERGTEKNIKFÖRENINGEN
Swedish Rock Engineering Association

Utställare på Bergdagarna 2024

Nitro Consult

Normet Scandinavia AB

Orica Sweden AB

Pretec AB

Protan AS

Renta AS

RISE Research Institutes of Sweden AB

Sandvik Mining and Construction Sverige AB

Sigicom AB

Sigma Civil Öst AB

Skanska Sverige AB

Smörjmedelsdepån i Stockholm AB

Svensk Kärnbränslehantering AB

Svenska Bergteknikföreningen

Swedish Diamondtool Consulting AB

Tapojärvi Sverige AB

Tilia Consult

Tunnelsupport Sverige AB

W.Giertsen Tunnel As

Weber Saint-Gobain

WTC 2025

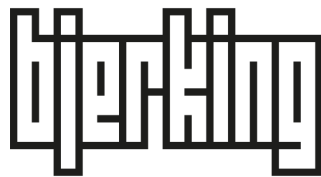
Yamamoto Rock Splitter AB

ÅF-Infrastructure AB



SVENSKA BERGTEKNIKFÖRENINGEN
Swedish Rock Engineering Association

Utställare på Bergdagarna 2024



EXPLOSIVHUND



MILJÖ & SÄKERHET SVERIGE AB





SVENSKA BERGTEKNIKFÖRENINGEN
Swedish Rock Engineering Association

Utställare på Bergdagarna 2024

NITRO 
CONSULT

normet

 **ORICA**



Let's connect

 **PROTAN**
TUNNELING & MINING

renta

RL
SE

 **SANDVIK**

 **Sigicom**

 **SIGMA**
Civil

SKANSKA

SDN
Smörjmedelsdepån^{SDN}

SKB



SDC
SWEDISH DIAMONDTOL CONSULTING AB

TAPOJÄRVİ

 **TILIA**
CONSULT


TUNNEL
SUPPORT
AMV GROUP

 **GIERTSEN**
TUNNEL AS
www.tunnelsealing.com

 **weber**
SAINT-GOBAIN


STOCKHOLM
ITA-AITES
WTC
2025

 **YAMAMOTO**
Hydraulic Rock Splitter

 **AFRY**
ÅF PÖYRÝ



SVENSKA BERGTEKNIKFÖRENINGEN
Swedish Rock Engineering Association



Bergdagarnas mediapartner

STÅL | METALLER | GJUTERI | GRUV | BERGMATERIAL

BERGSMANNEN

MED JERNKONTORETS ANNALER