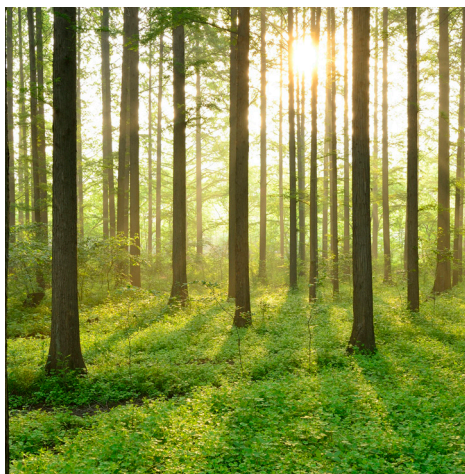


TEKNIKLÖSNINGAR FÖR SKYDDSSKROTNING

RAPPORT 2021:817



VATTENKRAFTENS BERGFRÅGOR



Tekniklösningar för skyddsskrotning

Tekniker och metoder för skrotning

SIMON GRANNAS

ISBN 978-91-7673-817-7 | © Energiforsk November 2021

Energiforsk AB | Telefon: 08-677 25 30 | E-post: kontakt@energiforsk.se | www.energiforsk.se

Förord

Många av de svenska vattenkraftverken har undermarksanläggningar i berg, och dessa måste regelbundet skyddsskrotas. Skrotningen görs i regel på handnära avstånd med skrotspett, men det kan även förekomma maskinskrötning med någon form av skrotningsaggregat som når ett större område. Vissa anläggningar har svåråtkomliga ytor, exempelvis bakom skärmväggar eller ovanpå sugrörskonstruktioner, och i dessa är det utmanande att genomföra skrotningen med god arbetsmiljö och i vissa fall utan kostsamma avstängningar.

I detta projekt har Simon Grannas från Sweco inventerat tillgängliga tekniker och verktyg som kan användas för skyddsskrotning i vattenkraftens berganläggningar. Inspiration kommer från annan industri såsom gruvindustrin och från internationella vattenkraftsproducenter. Studien har även inkluderat tekniker och maskiner för att forsla ut bergmassor.

Arbetet ingår i Energiforsks FoU-program Vattenkraftens bergfrågor, med intressenterna Vattenfall, Uniper/Sydkraft Hydropower, Fortum, Statkraft, Skellefteå Kraft, Jämtkraft, Umeå Energi och Karlstads Energi.

Här redovisas resultat och slutsatser från ett projekt inom ett forskningsprogram som drivs av Energiforsk. Det är rapportförfattaren/-författarna som ansvarar för innehållet.

Sammanfattning

Sammanställningen av tekniklösningar för skyddsskrotning utreder befintliga, idag möjliga men ej implementerade och utvecklingsbara tekniker och metoder för skrotning. Detta med målet att underlätta berganläggningars förvaltning och se över möjligheter till metoder för förbättrad effektivitet, ekonomi och arbetsmiljö.

Utredningen behandlar vattenkraftverkens berg bakom skärmvägg, berg ovan sugrörskonstruktioner och berg bakom inklädnadssystem som står fritt från berget. Baserat på detta har en genomgång av regelverk såsom AMA Anläggning 20 och arbetsmiljöverkets föreskrifter gjorts.

Med grund i detta har en omvärldsanalys av befintliga, idag möjliga men ej implementerade och utvecklingsbara tekniker och metoder för skrotning genomförts.

Den idag vanligaste metoden är manuell skrotning med hjälp av ett handburet skrotspett där man med knackning och bändning kan lösgöra löst sittandes stenar från bergytan. Denna metod är ett handintensivt arbete och medför alltid en arbetsmiljörisk då man tvingas stå i direkt närhet till berget.

Gällande idag möjliga men ej implementerade metoder bedöms en robotlösning likt Brokks maskiner vara den teknik som generellt kan anpassas eller transporteras till svåråtkomliga områden i berganläggningarna. För framtida tester föreslås det att prova fram lösning med klo istället för hammare för att minimera risken av skada och större utfall på berg samt minimera risken för skada på känsliga installationer. Skulle detta vara en metod som lämpar sig att användas kan det ge en synergieffekt genom att man då redan har en bärare som kan borra för bult och således färdigställa stora delar av de underhållsarbeten som görs utan handintensivt arbete. Med att använda samma bärare kan tid i utförandet sparas då samtliga moment i ett kan genomföras såsom, inspektera, skrota, bulta.

För utvecklingsbara metoder finns positiva resultat från tester av robotlösning för skyddsskrotning. Ett exempel på detta är det projekt som Boliden och Mitt Universitetet arbetar med som möjliggör att man kan flytta personal från skrotning vid riskfyllda platser till en säker miljö genom att fjärrstyra utrustningen.

Summary

The research for technical solutions regarding scaling, investigates existing, currently possible but not implemented and developable techniques and methods for scaling. This with the aim to facilitate the management of maintenance for the industry and locate possible methods for better efficiency, economy and safety.

The research investigates the hydro power plants problem areas such as rock behind cladding systems, pipe constructions, and screen walls. Before starting the analysis, the existing regulations such as AMA 20 and the Swedish Work environment Regulations has been checked.

With this as a base did a external analysis of existing, today possible but not yet implemented and developable technics and methods for scaling commenced.

Yet up to this day the most common methods for scaling in hydro plants is manual scaling with hand force and a scaling bar where the miner bend and knock of the loose rock. This method entails a hand-intensive work and always entails a work environment risk when you need to stand in close proximity to the rock face.

Regarding possible but not yet implemented methods, a robotic solution like Brokk's machines is considered to be the technology that can generally be adapted or transported to most of the areas. For future tests it is proposed to try out a solution with a claw instead of hydraulic hammer, just to minimize the risk of damaging sensitive installations and the rock face. Should the robotic solution be a method that is suitable for use, it can provide a synergy effect by then already having a carrier that can drill for bolts, load the rock, provide shotcrete and therefore complete large parts of the maintenance work that can be done without having a high amount of manual work and carry out the steps in one inspect, scale, bolt.

For developable methods, there are positive results from test of the remote robotic solutions for scaling. An example of this is the project that New Boliden, Jama and MittUniversitet are working on that makes it possible to move personnel from scaling at hazardous locations to a safe environment by remotely controlling the equipment.

Innehåll

1	Inledning	8
1.1	Syfte	8
1.2	State of the art	8
1.2.1	Arbetsförfarande	8
1.2.2	Skrotning	9
1.2.3	Arbetsmiljö	10
2	Problemområden	11
2.1	Berg bakom skärmväggar	11
2.2	Berg ovan sugrörskonstruktioner	12
2.3	Berg bakom inklädnadssystem som står fritt från berget	14
3	Regelverk/styrdokument	15
3.1	AMA Anläggning 20	15
3.1.1	Bergrensning CBC Bergschakt	15
3.1.2	CBC/3	15
3.2	Arbetsmiljöverket	16
3.2.1	AFS 2012:2 Belastningsergonomi.	16
3.2.2	AFS 2006:4 Användning av arbetsutrustning	16
3.2.3	AFS 1999:3 Byggnads-anläggningsarbete	17
3.2.4	AFS 1981:15 Skydd mot skada Genom Ras	18
3.2.5	AFS 2010:1 Berg-gruvarbete	18
4	Tekniker för skrotning	19
4.1	Hydraulhammare	19
4.1.1	Beskrivning	19
4.1.2	Hammare	20
4.1.3	Spett	21
4.1.4	Användningsområden	21
4.2	Skrotning med Klor	21
4.2.1	Beskrivning	21
4.2.2	Användningsområde	23
4.3	Vattenskrotning	23
4.3.1	Beskrivning	23
4.3.2	Användningsområde	24
4.4	Manuell skrotning	24
4.4.1	Beskrivning	24
4.4.2	Användningsområde	25
5	Metoder för skrotning	26
5.1	Manuell skrotning	26
5.1.1	Manuell skrotning från ställning	26
5.1.2	Manuell skrotning från skylift	30
5.1.3	Manuell skrotning från rep	32
5.1.4	Manuell skrotning från flotte	35

5.2	Mekaniserad skrotning	37
5.2.1	Grävmaskin/hjulgrävare	37
5.2.2	Gradall scaling machines	41
5.2.3	Jama RBU 8000	44
5.2.4	Brokk 110 med hydraulhammare	47
5.2.5	Brokk med kranlyft.	49
5.2.6	Vattenskrötning	52
5.2.7	Brokk Descaler	53
5.2.8	Jayben S60 Scaler	59
5.3	Innovativa metoder	62
5.3.1	Fjärrskrotning:	62
5.3.2	Fjärrbärare med vattenspruta	67
5.3.3	Fjärrskrotning med brytklo	69
6	Metod bergtransport/utfodring/skydd	71
6.1	Lastning	71
6.1.1	Hjullastare	72
6.1.2	Sherpa	72
6.1.3	Husqvarna Dxr med skopa	75
6.2	Transport	76
6.2.1	Ecovolve Minidumprar	76
6.2.2	Hissar	77
6.2.3	Skottkärra	77
6.3	Skydd	78
6.3.1	Bergnät	78
6.3.2	Sprängmattor	80
6.3.3	Skyddsnät	81
7	Applicering av metoder i vattenkraftverk	82
7.1	Skrotning	82
7.1.1	Nuläge	82
7.1.2	Möjliga	82
7.1.3	Utveckling	83
7.2	Bergtransport	83
7.3	Skydd	83
8	Diskussion & Analys	84
8.1	Nuläge	84
8.2	Möjliga metoder	85
8.3	Utveckling	85
8.4	Vägval fortsatt arbete	88
8.4.1	Nuläge	88
8.4.2	Möjliga metoder	88
8.4.3	Utveckling	88
9	Referenser	89

1 Inledning

På uppdrag av Energiforsk har Sweco tagit fram förslag på tekniker för skyddsskrotning av svåråtkomliga ytor i vattenkraftens berganläggningar.

1.1 SYFTE

Projektets syfte är att kartlägga nya tekniklösningar för skyddsskrotning av svåråtkomliga utrymmen i vattenkraftens berganläggningar, och innovativa metoder för tillhörande materialhantering. Målet är att sammanställningen skall underlätta ägarföretagens förvaltning. Underlaget skall baseras på en marknadsundersökning av nya tekniklösningar och verktyg. För att uppfylla syftet och målet så ingår även att göra en bedömning av på vilket sätt tekniklösningar för andra ändamål skulle kunna anpassas till bergsskrotning i vattenkraftstillämpningar. Marknadsundersökningen skall även omfatta en kartläggning av de verktyg som vattenkraftbranschen använder idag.

1.2 STATE OF THE ART

1.2.1 Arbetsförfarande

Nedan beskrivs arbetsförfarandet för genomförandet av detta uppdrag:

1. Kartläggning av sådan teknik som vattenkraftverken och andra industrier idag använder sig av. Undersökning av möjliga och innovativa metoder för svåråtkomliga utrymmen som finns i berganläggningar så som bakom skärmväggar, i sugrörskonstruktioner och kring eller bakom betongkonstruktioner.
2. Marknadsundersökning nationellt och internationellt för att lokalisera industrins olika tekniker som idag finns. Detta genom att kontakta, intervjua, skicka ut frågeställningar till personal och företag inom branschen samt genom sökningar på webben.
3. Fördjupad undersökning för de områden som har visat på en potentiell utveckling till att appliceras till vattenkraftverken exempelvis olika robotiserade tekniklösningar.
4. För de beskrivna metoderna har därefter en bedömning enligt Tabell 1¹ och Figur 1² gjorts. Bedömningarna har utgått utifrån generella risker, effektivitet och arbetsmiljö som bedömts funnits efter information från intervjuer.

¹ BYA. Arbetsmiljöhandbok Bya

² BYA. Arbetsmiljöhandbok Bya

Tabell 1. Bedömningsskala med sannolikhet och konsekvens

Konsekvens	Sannolikhet
1 Mycket begränsande	1 Osannolikt 1/100 år
2 Begränsande	2 Ganska Oanligt 1/10 år
3 Allvarliga	3 Ganska Vanligt 1/år
4 Mycket allvarliga	4 Vanlig 1/månad
5 Katastrofala	5 Mycket Vanlig 1/vecka

5	10	15	20	25
4	8	12	16	20
3	6	9	12	15
2	4	6	8	10
1	2	3	4	5

Figur 1. Bedömningsskala med grönt är låg risk, gul mellan, orange mellan hög och rött är hög risk.

1.2.2 Skrotning

Skrotning och rensning sker idag i huvudsak med två metoder, vilka är manuell skrotning eller maskinell skrotning. Skrotning och rensning görs i syfte till att minimera utfall av lösa block och stenar i tunnlar, bergrum och förskärningar. Detta för att få ett kontrollerat utfall samt att det är ett åtgärdssteg för att personal och utrustning skall kunna befinna sig i området med utan risk för skada.

Skrotning/ rensning för bergskonstruktioner kan befinna sig i olika skeden. Det första är bergskonstruktioner som är i ny drift där mycket om inte all skrotning sker maskinellt. Den maskinella skrotningen av nyproduktionen sker oftast antingen med klo eller hydraulhammare. Den andra är underhållsskrotning som sker i frilagda ytor av berg i bergrum, tunnlar och schakt som bör kontrolleras för att minimera okontrollerbart utfall som sker pga. försämringen i berget. De faktorer som kan påverka denna förändring och försämring är t.ex. grundvattenförhållanden, spänningsförändringar, temperaturförändringar, väder, förändringar från fyllda till tömda hålrum.

Frekvensen av denna skyddsskrotning varierar utifrån de påverkande faktorerna och hur ofta man skall utföra denna pga. risk för skada av material och skada på personal just för att bibehålla ett kontrollerat utfall. Denna underhållsskrotning/ skyddsskrotningen sker i huvudsak med manuell skrotning då den metoden är skonsam och minimerar risken för ytterligare skador av berget. Innan eller under tiden detta underhåll görs behövs även en handnära inspektion för att kunna

kontrollera de ytterligare åtgärder som kan komma att krävas så som till exempel bultning.

1.2.3 Arbetsmiljö

Arbetsmiljön på arbetsplatsernas områden syftar till att förebygga ohälsa och olycksfall i arbetet och att man i övrigt skall uppnå en god miljö att vistas i.

Detta menas även att arbetsmiljön skall vara tillfredsställande med hänsyn till arbetets natur och den sociala och tekniska utvecklingen i samhället. Det är med de hänseendena även denna undersökning har uppstått för att fråga branschen vilka tekniker och utrustning man använder sig av. Detta för att i framtiden kunna anpassa eller förbättra arbetsmiljön i nutid eller framtid för förbättrade arbetsförhållanden.

2 Problemområden

Några generella antaganden för problemområden gällande skyddsskrotning i vattenkraftens bergrum är att de utrymmen som skall kommas åt att rensas/skrotas är svåråtkomliga på det sättet att vägen dit sker genom hisschakt, dörröppningar, trappor, luckor. Men väl på plats finns det utrymmen som öppnar upp sig och där skall man kunna täcka en större yta och volym samtidigt som berget som loss hålls skall fraktas bort från dessa områden. För projektet finns det tre beskrivna problemområden. Dessa är:

- Berg bakom skärmväggar
- Berg ovan sugrörskonstruktioner
- Berg bakom inklädnadssystem

För utformningen av transportvägarna som kan vara begränsande för maskiner att ta sig till platserna har antaganden att:

- Dörröppningar klarar transporter för mått under 90 cm.
- Trappornas lutning är mellan 30-45 grader och håller samma bredder som dörröppningar. Hänsyn till spiraltrappor och dess begränsningar har inte tagits.

För områdena bakom, skärmväggar, ovan sugrörskonstruktioner och bakom inklädnadssystem är det antaget att det inte finns hinder i det markplan man skall jobba ifrån, det finns dock tillfällen då detta finns. Det finns exempel på dessa områden i en kraftstation där man ovan maskinsalen har betongkonstruktion med pelare mot berget och på så vis delar upp "rummen" i sektioner.

2.1 BERG BAKOM SKÄRMVÄGGAR

Skärmväggarna som skyddar mot vatten, fukt och mindre sten ger att berget bakom skärmväggar ofta är svår att komma åt och innebär att vid start av underhållsarbete kan vissa skärmtak och skärmväggar behövas monteras ned. Vid skrotning av väggar kan även dessa väggar behövas monteras ned vid de nedre delarna just för att inte skadas under skrotning och underhåll av bergytan innanför.



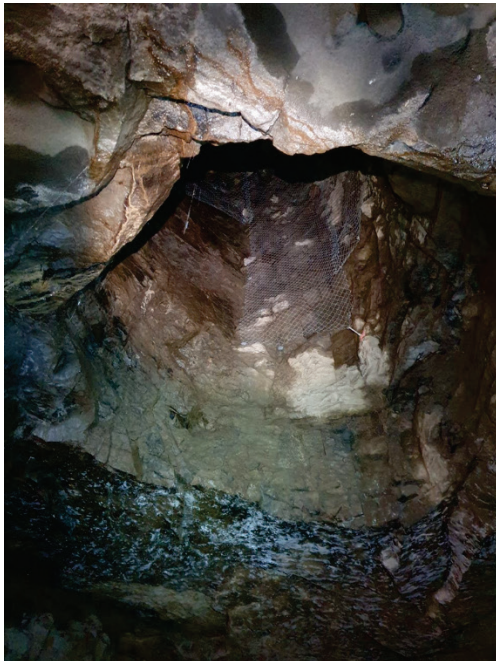
Figur 1. Demontering av skärmtak

2.2 BERG OVAN SUGRÖRSKONSTRUKTIONER

Berg ovan sugrörskonstruktioner innebär arbete i schakt och konstruktioner som dels kan vara eller har varit vattenfyllda. Dessa är svåråtkomliga, och innebär arbete från hög höjd eller temporära plattformar för att komma åt ytorna. För att transportera sig till konstruktionen och området man skall inspektera eller skrota så kan det innebära transport med hiss, trappor och eller genom dörrar. I dessa konstruktioner där underhållsarbeten ovan vattenfyllda områden erfordras kan problem med att berg rasar vara begränsande för driften. Detta då de lösa blocken kan orsaka längre driftstopp för att en större massa skall rensas ut och på så vis påverka produktionstiden och ekonomin för anläggningen.



Figur 2. Berg ovan sugrörskonstruktioner från Krångede kraftstation



Figur 3. Berg ovan sugrörskonstruktioner från Krångede kraftstation.

2.3 BERG BAKOM INKLÄDNADSSYSTEM SOM STÅR FRITT FRÅN BERGET

Berg bakom inklädnadssystem kan behöva besiktigas och skyddsskrotas för att eliminera risk av ras på känsliga installationer samt eliminera risk av berg som ger stora laster på konstruktionen. Dessa områden är svåråtkomliga för personal att ta sig in i och om det finns möjlighet så kan det vara så små och trånga utrymmen som även är olämpliga att transportera sig själv och utrustning till.



Figur 4. Exempel på berg bakom inklädnadssystem som står fritt från berget från Krångede kraftstation.



Figur 5. Berg bakom betonginklädnad från Krångede kraftstation.

3 Regelverk/styrdokument

3.1 AMA ANLÄGGNING 20

AMA står för Allmän material- och arbetsbeskrivning och är en referensserie avsedd att tjäna som grund för framtagande av tekniska beskrivningar. Serien förenklar processen att formulera material- och utförandekrav för alla delar av ett byggnadsverk³, för detta projekt har AMA Anläggning valts ut då det behandlar delar gällande nyproduktion kring bergarbeten och en samling av krav för att säkerställa kvaliteten i byggprocessen.

3.1.1 Bergrensning CBC Bergschakt

Bergrensning, såväl maskinell rensning som rensning med spett, ska utföras av personal med dokumenterad erfarenhet. All bergrensning ska avsynas av ansvarig arbetsledare med minst fem års dokumenterad erfarenhet. Bergrensningen skall dokumenteras i protokoll. Protokollens utformning ska godkännas av beställaren. Ifyllda protokoll ska fortlöpande lämnas till beställaren.

Bergrensning skall utföras enligt angiven klass i enlighet med tabell AMA CBC/3. Bergrensningen ska utföras så att det kvarstående bergets stabilitet och bergkontur inte påverkas negativt. Utförande och utrustning ska anpassas till bergets egenskaper.

Block och stenar som är instabila och som inte kan eller inte bör rensas ner ska säkras genom bergförstärkning i form av bultning eller nät enligt aktuell kod och rubrik under CDC.1 eller med sprutbetong enligt aktuell kod och rubrik under EBF.3 eller EBF.4. åtgärderna utförs enskilt eller i kombination med varandra. Vid öppen sprängning får alternativet instabilt berg tas ner genom sprängning.

Åtgärder skall avgöras i samråd med beställaren.

Kvarsittande lösgjort bergmaterial i schaktytor ska, vid risk för nedfall, schaktas bort i samband med schakt- och utlastningsarbete.

3.1.2 CBC/3

Bergrensningsklass A väggar/slänter och tak.

1. Lossbrytning av berg från färdigsprängd yta som kan utföras maskinellt med tyngre hydraulisk hammare (vikt större än 750 kg) och därefter kompletterande rensning av en person med skrotspett.
2. Lossbrytning av berg från färdigsprängd yta som kan utföras maskinellt med lätt hydraulisk hammare (vikt max 450 kg) och därefter kontroll och kompletterande rensning av en person med skrotspett.
3. Lossbrytning av berg från färdigsprängd yta av två personer med samverkande skrotspett.
4. Lossbrytning av berg från färdigsprängd yta med maskinell utrustning.

³ Svensk byggtjänst

5. Bergyta tryckspolas ren med vatten vid minst 1,2 Mpa med minst 12mm munstycke alternativt blåses bergytan ren med tryckluft vid minst 10 bar.

Bergrensningssklass B Bottnar och terrasser.

1. Borttagning av material till fast berg innefattande borttagning av löst material samt maskinell rensning med tyngre hydraulisk hammare (vikt 750 kg) och därefter kompletterande rensning av en person med skrotspett.
2. Borttagning av material till fast berg innefattande borttagning av löst materiel samt maskinell rensning med lätt hydraulisk hammare (vikt max 450kg) och därefter kontroll och kompletterande rensning av en person med skrotspett.
3. Borttagning av löst material till fast berg med maskinell utrustning
4. Borttagning av löst material till en nivå motsvarande teoretisk bergkontur alternativt angiven schaktbottennivå.
5. Bergyta tryck spolas ren med vatten vid minst 1,2 MPa med minst 12 mm munstycke alternativt blåses bergytan ren med tryckluft vid minst 10 bar.

3.2 ARBETSMILJÖVERKET

I nedan sammanställda AFS:ar från Arbetsmiljöverket har några valda paragrafer lyfts ut för beaktande och stöd till användande av bedömning av kommande arbete i kraftverken. Dessa paragrafer är inte direkt tillämpade för driftsatta kraftverk som skall underhållsskrotas men det är paragrafer som kan tas i beaktande för framtida riskbedömningar inför val av arbetsmetod och teknik.

3.2.1 AFS 2012:2 Belastningsergonomi.

1§ syfte

Dessa föreskrifter om belastningsergonomi syftar till att arbetsplatser och arbetsuppgifter ska ordnas och utformas så att risker för hälsofarliga eller onödigt tröttande belastningar förebyggs.

3§ Definitioner

- Belastningsbesvär
- Belastningsergonomi
- Handintensivt arbete
- Manuell hantering
- Repetitivt arbete
- Rörelseorganen

3.2.2 AFS 2006:4 Användning av arbetsutrustning

3§

Undersökning och riskbedömning skall göras för att bedöma om den arbetsutrustning som välj och används är lämplig för det arbete som skall utföras, eller om den har anpassats till det på lämpligt sätt så att den kan användas med betryggande säkerhet.

De riskmoment som föreligger på grund av användningen av arbetsutrustningen skall undersökas och bedömas.

4§

En förnyad undersökning och riskbedömning skall genomföras:

1. Om uppföljningen enligt 6§ visar att befintliga risker inte stämmer med tidigare riskbedömning.
2. Om vidtagna åtgärder inte gett förväntat resultat eller
3. Vid förändring i arbetsprocesser eller verksamheten.

3.2.3 AFS 1999:3 Byggnads-anläggningsarbete

45§

För arbetet utförande skall sådana arbetsmetoder och sådan utrustning väljas som:

- Motverkar olycksfall på grund av fall eller ras.
- Innebär att hälsofarliga eller onödiga tröttande fysiska belastningar undviks.
- Är anpassade till byggprodukternas egenskaper.

46§

Det skall finnas lämplig utrustning för lyft och transport av byggprodukter och annat material som det behövs för att arbetstagarna inte skall utsättas för hälsofarliga eller onödigt tröttande belastningar.

53 §

Transport av byggprodukter eller annat material skall planeras och genomföras på ett sådant sätt att ohälsa eller olycksfall förebyggs. Transport upp till eller ner från plan som ligger mer än två meter över markplanet eller motsvarande skall utföras på ett sådant sätt att skyddsräcke eller annan skyddsanordning inte behöver tas bort eller också

- via intagsbryggor,
- via lastöppningar i fasader,
- via särskilt iordningställda ramper eller
- via särskilt anordnade transportsystem.

Om formen eller storleken hos enstaka objekt medför att transporten inte kan utföras enligt andra stycket, får skyddsräcke eller annan skyddsanordning tas bort. Transporten skall i så fall planeras och övervakas särskilt. Särskilda skyddsåtgärder skall vidtas. Skyddsräcket eller skyddsanordningen skall sättas tillbaka så snart den inte längre hindrar transporten. Även detta skall övervakas särskilt.

47§

Sådan utrustning, inklusive handverktyg med eller utan maskindrift, och sådana installationer och maskiner skall väljas som är lämpligt utformade enligt

ergonomiska principer. De får endast handhas av arbetstagare med tillräckliga kunskaper och endast användas för det ändamål som de är konstruerade för.

3.2.4 AFS 1981:15 Skydd mot skada Genom Ras

2§

Arbete skall planeras, ordnas och bedrivas så att olycka genom ras förebyggs.

Om det behövs skall arbete utföras från skyddad plats. Detta skall särskilt beaktas vid rivningsarbete eller annat arbete där ras framkallas avsiktligt.

8§

Skyddsanordning mot ras skall normalt vara dimensionerad för den belastning den kan antas bli utsatt för. Särskild uppmärksamhet ägnas därvid åt förekommande infästningar.

Skyddsanordningar skall kontrolleras regelbundet och underhållas väl. Vid kontroll skall bl.a. tillses att materialet inte skadas.

3.2.5 AFS 2010:1 Berg-gruvarbete

47§

Mekaniserad skrotning skall alltid eftersträvas. Under arbete med skrotaggregat ska operatören skyddas mot fallande sten. Vid bergbesiktning och vid manuell skrotning skall berget vara rengjort och väl belyst och arbetsstället fritt från störande buller.

48§

De utsedda personer som ska utföra bergbesiktning, skrotning och bergförstärkning inom sitt ansvarsområde. Om det finns risk för fallande sten eller ras ska området stängas av till dess att risken undanröjts. De ansvariga ska ha erfarenhet av bergbesiktning och skrotningsarbete och därutöver kunskaper i bergförstärkning. Manuell skrotning ska utföras av eller tillsammans med en person som har erfarenhet av arbete med skrotning och bergförstärkning.

49§

Innan ett bergutrymme som omfattas av dessa föreskrifter tas i bruk ska bergbesiktning utföras. Återkommande besiktning ska sedan utföras med tidsintervall som bestäms utifrån resultatet från föregående besiktning. Vid behov skall bergförstärkning eller andra skadeförebyggande åtgärder snarast vidtas.

50§

Gruvhissar, räddningshissar schakthängställningar ska vara installerade och utförda så att de kan användas med betryggande säkerhet.

4 Tekniker för skrotning

Under detta avsnitt beskrivs de olika teknikerna som idag finns på marknaden för att kunna skrota och rensa berget. Dessa tekniker och metoder kombineras därefter med olika bärare som senare beskrivs under kapitel 5 metoder för skrotning.

4.1 HYDRAULHAMMARE

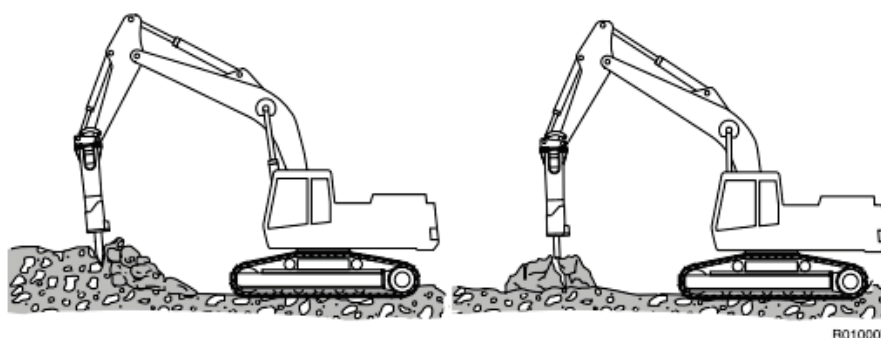
4.1.1 Beskrivning

Hydraulhammaren är initialt framtagen till att lösgöra eller bryta det lösa berget genom antingen en inträngande brytning eller slagbrytning. Vid inträngande brytning används ofta en pik eller mejselspett som tränger sig in i materialet för lossställningen.

För slagbrytning bryts materialet sönder av de starka mekaniska stötvågorna som överförs från spettet till materialet, slagbrytningen är effektivast för hårda och sköra material med hög friktion. För slagbrytning används oftast kraftigare hammare.

Vid arbete med hydraulhammare rekommenderas det att på hyttförsedda maskiner använda sig av säkerhetsskärmar just för att skydda mot flygande sten. Optimala anfallsvinkeln för brytning med hammare är 90 grader⁴ men för skrotning använder man sig med en vinkel 0-180 grader och för det finns speciella hammare som är utvecklade för att klara dessa påfrestningar. För att använda hammaren effektivt bör man arbeta i små steg och jobba sig från kant till mitt på området man skall skrota och eller bryta.

Hammarna kan monteras på olika maskiner eller bärare beroende på storlek och förutsättningarna för områdena. Några exempel på bärare är grävmaskiner, teleskop-grävmaskiner och demoleringsrobotar.



Figur 6. Översiktssbild från Rammers med hammare monterad på grävmaskin.⁵

⁴ Användarmanual OM3288ESHWE.919, Hydraulhammare RAMMER 3288E

⁵ Användarmanual OM3288ESHWE.919, Hydraulhammare RAMMER 3288E

4.1.2 Hammare

Tabell 2. Olika typer av hammare från epirocs sortiment med tillhörande anpassning till bärare.⁶

Typ		<i>epiroc SB 52</i>	<i>epiroc SB 102</i>	<i>epiroc SB 202 T</i>	<i>epiroc SB 302 T</i>	<i>epiroc SB 452 T</i>	<i>epiroc SB 552T</i>
Minsta Arbetsvikt	kg	0.7-1.1	1.1-3	2.5-6	315	450	560
Anpassade till bärare mellan	ton	55	90	200	4.5-9	6.5-13	9-15

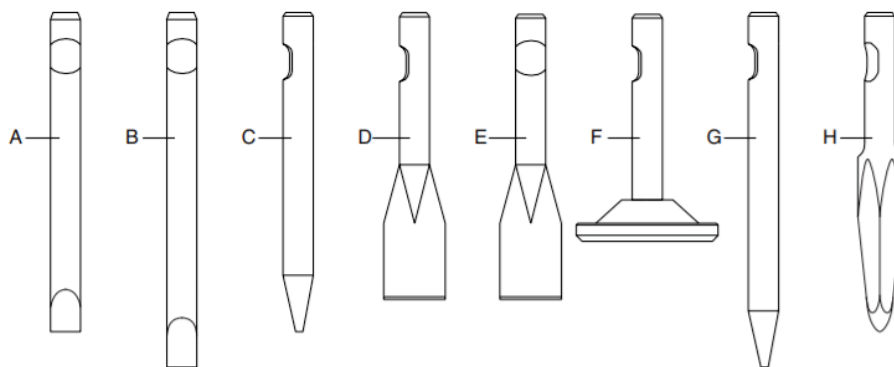


Figur 7. Översiktbild hammare, Epirocs tunnel SB hammare med vatten just för minimerad damning.

Typ		<i>Rammer 555E scaler</i>	<i>Rammer 777E Scaler</i>	<i>Rammer 999 E scaler</i>
Minsta Arbetsvikt	kg	320	415	600
Anpassade till bärare mellan	ton	1.9-8	2.6-9.5	3.9-13

⁶ Epiroc Sweden AB, 2021

4.1.3 Spett



Figur 8. Översiktsbild olika typer av spett från Rammers.⁷

Tabell 3. Typer av spett med användningsområde från Rammers.⁸

A/B	C/G	D/E	F	H
Mejselspett	Pikspett	Spadspett	Kompremeringsplatta	Pyramid
sedimentära bergarter, mjuka bergarter, avskalning	sedimentära bergarter, mjuka bergarter,avskalning	Frusen/kompaktmark	Kompremeringsplatta	

4.1.4 Användningsområden

- Tunnlar
- Bergrum
- Försärningar

4.2 SKROTNING MED KLOR

4.2.1 Beskrivning

Klor används för att bryta materialet istället för att slå. Denna metod efterliknar manuell skrotning, skillnaden här blir ofta det att operatören sitter skyddad i hytt och att större energi kan ges ut än vad en människa kan göra. Företaget Jama Mining Machines AB & Gradall scaling Machines har maskiner utrustad med brytningsklo. Exempel för dessa visas i Figur 9 och i figur 10. Jama Mining

⁷ Användarmanual OM555ESHSSWE.820, HYDRAULHAMMARE RAMMER 555E

⁸ Användarmanual OM555ESHSSWE.820, HYDRAULHAMMARE RAMMER 555E

machines AB hänvisar att JAMA RBU 8000 är framtiden inom underhållsskrotning.⁹



Figur 9. Exempel bild på klo från Gradall scaling machines.¹⁰



Figur 10. Exempel bild från Jamas RBU 8000 skrapningsaggregat.¹¹

⁹ JAMA. RBU8000 Skrapningsaggregat. JAMA

¹⁰ Gradall. Mining Scaling Machines: Gradall Industries.INC. 2021.

¹¹ JAMA. RBU8000 Skrapningsaggregat. JAMA

4.2.2 Användningsområde

Metoden används i flera skrotningsområden och bedöms som skonsammare för berget då den inte är utrustad med en hydraulisk hammare.

- Tunnlar
- Bergrum
- Schakt
- Dagbrott
- Förskärningar

4.3 VATTENSKROTNING

4.3.1 Beskrivning

Vattenskratning är en väl testad metod. En rapport¹² från Colorado School of Mines (CSM) visar att denna metod kan vara ett dugligt alternativ mot de vanliga skrotningsteknikerna som idag finns på marknaden. Tekniken har även testats av andra som ett alternativ till att befinna som ett komplement till manuell skrotning eller maskinell skrotning. Runt om i infrastrukturprojekt och i dagbrott används även vattenrensning/skrotning för att rensa bort det lösa materialet från förskärningar och dagbrottsväggar. Projekt där vattenskratning har använts är E14 utbyggnation i Sundsvall, Norviks hamn, Björkdalsgruvan AB.

Denna metod har även testats av:

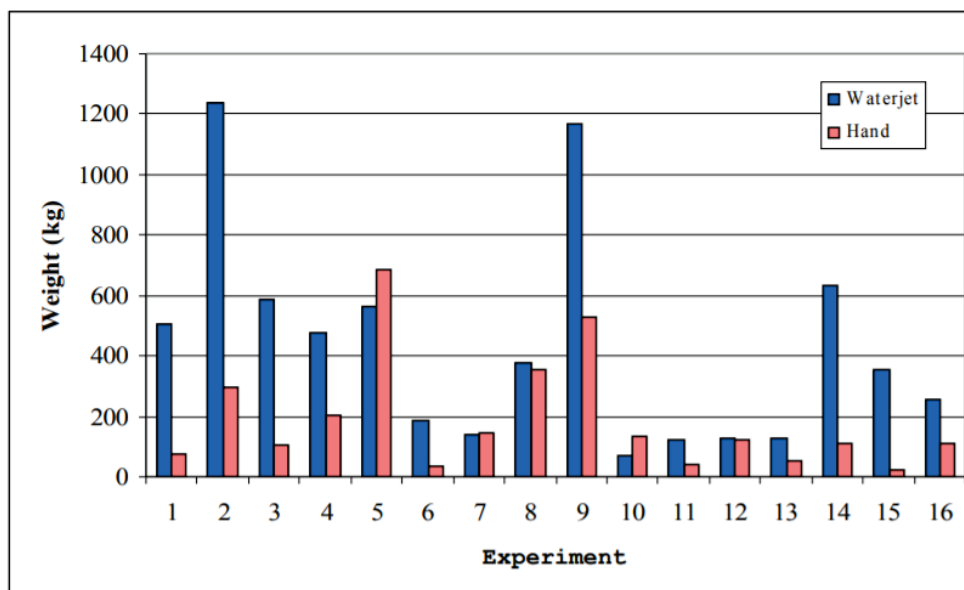
- LKAB
- Skanska
- Falconbridge limited
- MIRARCO

Det vattenskratningssystemet som testades vid CSM innehåller följande komponenter:

- Kraftkälla
- Vatten
- Högtrycks pump utloppstryck på ca 20-30 MPa
- Högtrycksslangar, kopplingar och flödesreglage
- Bärningsfordon/tillsats och rörelsesystem
- Munstyckesmontering

Testerna visar att en stor massa av berget kommer ner med hjälp av vattenskratning men att det dock för varje salva även har erfordrats att en liten del av materialet även skrotats ner manuellt se tabell 1.

¹² Kuchta, Mark & Miller, Hugh & Poeck Erik. Waterjet Scaling for Reducing Injuries in underground Mining. December 15 2008. Hämtad 2021-08-25.



Tabell 4. Visar viktat material från skrotningstest av vattenstråle respektive manuell skrotning. Tabellen är hämtat från Colorado School of Mines rapport.¹³

4.3.2 Användningsområde

Denna teknik kan tänkas användas för områden som kan hantera en ökad vattenkonsumtion och avrinning från den tänkta skrotningsplatsen. Men detta bedöms inte vara en teknik som kan användas där det redan finns fasta installationer eller konstruktioner som kan ta skada av vatten. Tekniken kan användas initialt i tidigare vattenfyllda utrymmen med stor massa med löst material och som kompletteras med besiktning.

4.4 MANUELL SKROTNING

Manuell skrotning sker med hjälp av ett handburet skrotspett där man med knackning och bändning kan lösgöra löst sittandes stenar från bergytan som skrotas i syfte att öka säkerheten för övrig utrustning och personer skall kunna befinna sig i området utan att utsättas för fallande sten.

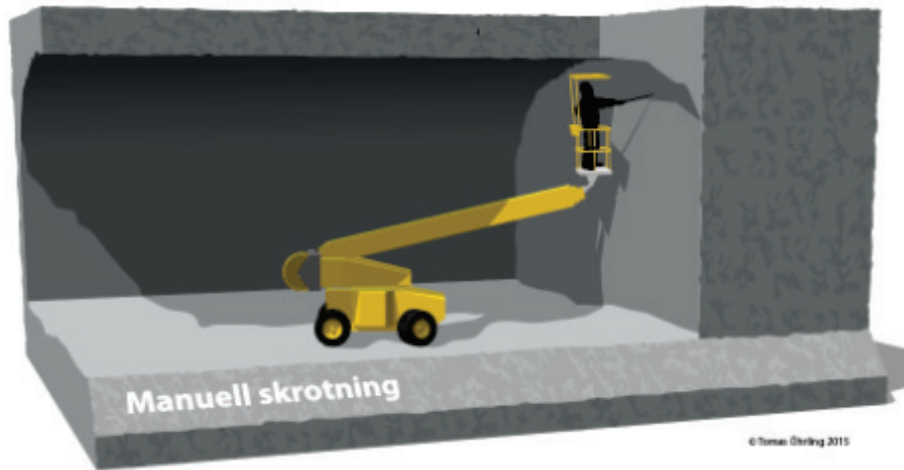
Metodik:

- Den manuella skrotningen skall alltid påbörjas från säkert ställe och man skall sträva efter att säkra det berg man har framför eller under innan skrotningen fortsätter fram. På det viset har man alltid säkert berg ovan eller bakom sig¹⁴.
- Berget från eventuellt tak, vägg, anfang skall kunna falla fritt och utan personskador.

¹³ Kuchta, Mark & Miller, Hugh & Poeck Erik. Waterjet Scaling for Reducing Injuries in underground Mining. December 15 2008. Hämtad 2021-08-25.

¹⁴ Schönborn, Thomas. Statkraft. Intervju 2021-03-10

- Vid bändning pressas spettet mot bergsytan och inte från, detta för att hålla distans ifrån området framför där sten kan falla ut eller ner på marken.



Figur 11. Exempel bild på manuell skrotning från skylift.¹⁵

4.4.2 Användningsområde

Manuell skrotning med spett kan anpassas och användas till de flesta områden som behöver skrotas. Detta är en av teknikerna som för idag används vid trånga och svåråtkomliga bergutrymmen.

¹⁵ Thomas Öhrling. Så byggs tunneln. Stockholm Vatten och avfall. 2014

5 Metoder för skrotning

5.1 MANUELL SKROTNING

Under rubriken metoder skrotning och i detta stycke manuell skrotning så kopplas tekniken ihop med plattformar för att få en arbetsmetod.

5.1.1 Manuell skrotning från ställning

Beskrivning

Detta är ett alternativ som man använder sig av både nationellt och internationellt. Ett exempel är ifrån Hydro Quebec där man arbetar ifrån installerade ställningar. Ställningarna skruvas fast i bergstaket för att minimera lasten på taken vid ras av berg och eller för att ta emot laster från maskiner som kan komma att användas vid underhållsarbetena.



Figur 13. Bild från hydro Quebec på installerade ställningar i förberedelse för skrotning och bergförstärkning ovan skärmtak.¹⁶

¹⁶ Quirion, Marco & Bigras Annick. Maintenance of Rock Wall- Exampels of Works in underground Installation. Hydro- Québec.



Figur 14. Från Hydro Québec med bultförankring från en fastsatt ställningsplattform¹⁷.



Figur 15. Ställningsinstallation Från Hydro Québec för underhåll av stort berggrum¹⁸.

¹⁷ Quirion, Marco & Bigras Annick. Maintenance of Rock Wall- Exampels of Works in underground Installation. Hydro- Québec.

¹⁸ Quirion, Marco & Bigras Annick. Maintenance of Rock Wall- Exampels of Works in underground Installation. Hydro- Québec.



Figur 16. Från Hydro Québec översiktsbild på svåråtkomliga utrymmen bakom installationer.¹⁹

Användningsområde

Används i bergrum för att nå upp till tak och väggar för skyddsskrotning, bakom betongkonstruktioner för att anpassas till arbetet bakom väggar och konstruktioner och även bakom skärmtak vid möjlighet till förankring i berget.

Bedömning

¹⁹ Quirion, Marco & Bigras Annick. Maintenance of Rock Wall- Exampels of Works in underground Installation. Hydro- Québec.

och utrustning är högre då fallande sten kan komma att rasa på arbetsplattformen och på den nivå personalen jobbar ifrån.

Arbetsmetodiken för skrotningen är att man skall jobba sig uppifrån och ner vilket här kan innebära att arbetet för att ta sig till den högsta punkten blir under en längre tid och med fler personal som kan utsättas för risk innan berget har kontrollerats och säkrats ytterligare.

Tabell 5. Riskbedömning manuell skrotning från ställning.

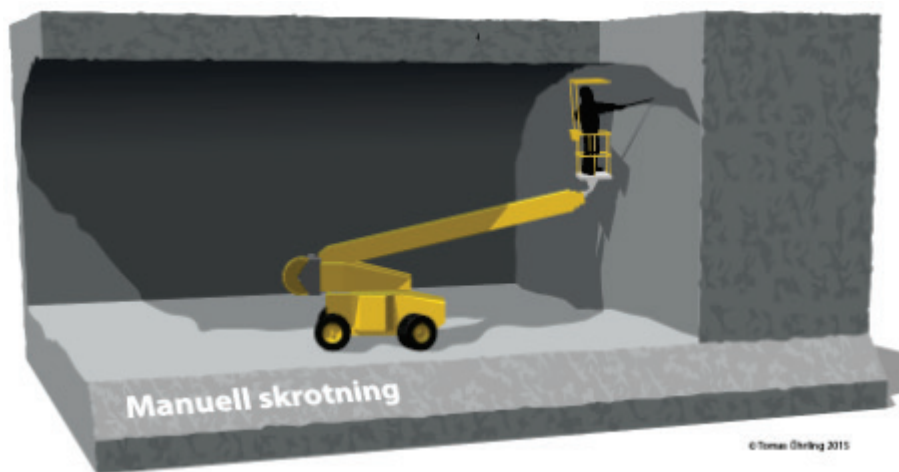
Risk	Förklaring	Sannolikhet	Konsekvens	Risikklasser
Arbetsbelastning		5	4	20
Handintensivt arbete		5	2	10
Manuell hantering		5	2	10
Repetitivt arbete		5	2	10
Ekonomisk påverkan		1	2	2
Tid	1= effektivt, 8= mellan, 15= många steg under utförandet.			15
Risk skada utrustning		2	4	8
Risk För Ras		3	4	12
Risk för fall		1	4	4
Risk För drunkning		1	1	1
SKADA BERG		2	2	4
Möjlig i transportsystem	Utrustning klarar av att transporteras i möjligt transportsystem.	ja		1
TOTAL bedömning				8

5.1.2 Manuell skrotning från skylift

Beskrivning

Skrotning från lift är effektivt och snabbt att etablera jämfört med ställningsbygge. Det som behövs är att liften kan transporteras till platsen som skall skyddsskrotas och området som skall underhållas.

De liftar som går att hyra ute på marknaden är oftast inte utrustade med skyddstak men det finns en del anpassade lyftbärare som kan användas till detta. I tabell 6 ges några förslag på CMC-liftar som kan anpassas för att passera genom trånga utrymmen men även större liftar som når arbetshöjder upp till 28 meter. för bedömning och utvärdering av vilka liftar som lämpas finns rörelseskisser likt figur 18 för att utvärdera räckvidden.



Figur 17. Arbete från skylift med skyddstak.²⁰

Tabell 6. Exempel på typer av liftar med möjlighet att transporteras genom dörrar och drivs på batteri.²¹

		CMC vikbomslift s 19 E	CMC vikbomslift s 28
Arbetshöjd	(m)	18.7	28.0
Bredd	(m)	0.78	9.0
Drift		Batteri/bränsle	Batteri/bränsle/hybrid

²⁰ Thomas Öhring. Så byggs tunneln. Stockholm Vatten och avfall. 2014

²¹ CMC. Products. CMC the specialift.



Figur 18. Rörelseskiss för vikbomslift cmc S19 e och dess arbetsområde.²²

Användningsområde

- Bergrum
- Förskärningar
- Schakt
- Berg bakom skärmväggar/ betonginklädnad för väggar (om utrymmet är tillräckligt brett för etablering.

Bedömning:

Det är en metod som används vid nedmontering och skrotning bakom skärmväggar och tak, vilket lämpar sig bättre än att då som exempel bygga ställning. Riskerna i detta moment och som i de flesta manuella momenten är att personalen kommer nära oskrotade områden. Av den orsaken bedömds punkten risk för ras som hög i tabell 7.

Denna metod passar till områden man kan arbeta och röra sig med plattformen från säkert område. Så det passar t.ex. ej bra för områden där man måste etablera lyften nedanför ett schakt som skall skrotas.

²² CMC.Aerial Platform S19HD Main Features.CMC The specialift.

Tabell 7. Bedömning för skrotning från skylift.

Risk	Förklaring	Sannolikhet	Konsekvens	Risikklasser
Arbetsbelastning		5	2	10
Handintensivt arbete		5	2	10
Manuell hantering		5	1	5
Repetitivt arbete		5	2	10
Ekonomisk påverkan		1	1	1
TID	1= effektivt, 8= mellan, 15= många steg under utförandet.			1
Risk skada utrustning		2	2	4
Risk För Ras		4	3	12
Risk för fall		2	5	10
Risk För drunkning		1	1	1
SKADA BERG		2	2	4
Möjlig i transportsystem	Utrustning klarar av att transporteras i möjligt transportsystem.	ja		1
TOTAL bedömning				6

5.1.3 Manuell skrotning från rep

Beskrivning

Reparbete är en effektiv metod gällande snabb åtkomst av svåråtkomliga områden som skall rensas och skrotas. Det kräver mindre förarbete och går att kombinera med andra metoder så som skylift. Exempelprojekt som visas i figur 19 är från områden med 1,2 m i bredd²³. Repklättrare och yrkesklättrare följer ett IRATA-certifikat där IRATA är en förkortning på Industrial Rope Access Trade Association. IRATA har utvecklat en teknik som används vid underhåll, lagning och inspektion för att hålla hög säkerhet, en kort etablering och av etableringstid, positiva miljöfördelar och minimerar avbrott på en arbetsplats²⁴

²³ Klätterteknik. Projekt slussen. Klätterteknik part of CERTEx 2020.

²⁴ IRATA International. About US. IRATA International 2021



Figur 19. Exempel bild med företaget klätterteknik som utför bergarbeten på projekt Slussen.²⁵

Användningsområde:

- Sugrörskonstruktioner
- Berg bakom skärmväggar
- Berg bakom inklädnadsystem
- Förskärningar
- Schakt
- Övriga trånga utrymmen
- Skrotning bakom skärmtak, ovan betongkonstruktioner för infästning

Bedömning

Denna metod är applicerbar i de flesta områdena, risker som finns för andra manuella metoder finns även här lika betyg här i tabell 8 som i tabell 6 och 7. Men detta är en metod som är effektivare gällande förarbete, tid för utförande och etableringar vid exempelvis schakt eller kanske även skrotning i sugrörskonstruktioner. Men vid tillfällen så som skrotning av förskärningar eller väggar där skylift kan etableras är det en metod som kan täcka större yta med färre och snabbare etableringar.

²⁵ Klätterteknik. Projekt slussen. Klätterteknik part of CERTEX 2020.

Tabell 8. Bedömning för manuell skrotning från Rep.

Risk	Förklaring		Sannolikhet	Konsekvens	Riskklasser
Arbetsbelastning			5	2	10
Handintensivt arbete			5	2	10
Manuell hantering			5	2	10
Repetitivt arbete			5	2	10
Ekonomisk påverkan			1	1	1
Tid	1= effektivt, 8= mellan, 15= många steg under utförandet.				1
Risk skada utrustning			1	4	4
Risk För Ras			5	1	5
Risk för fall			1	5	5
Risk För drunkning			1	1	1
SKADA BERG			2	2	4
Möjlig i transportsystem	Utrustning klarar av att transporteras i möjligt transportsystem.	ja			1
TOTAL bedömning					5

5.1.4 Manuell skrotning från flotte

Beskrivning

Skrotning från flotte används i konstruktioner som är vattenfyllda och skall underhållas. Metodiken är att man delar in området/schakten i en 2 meters nivå och skrotar av. Därefter klättrar personalen upp, vattennivån sänks och nästa 2 meters nivå skrotas igen. Materialet som skrotas löst faller ner till botten där man senare vid vattentömt område fraktar bort bergmassorna.²⁶

Användningsområde:

- Sugrörskonstruktioner.
- Vattenfyllda områden.

Bedömning

Detta är ett arbetsmoment som bedöms tidsödande (se tabell 9) då man ibland behöver göra flera etableringar för att kunna skrota hela sugrörskonstruktionen efter det att den är tömd på vattnet. Skrotning från flotte kan medföra svårigheter att kunna överföra kraften som behövs under skrotningsarbetet då det är en ostabil plattform att arbeta ifrån.²⁷

²⁶ Ronny & Roland, Bergarbetare Vattenkraft. Intervju 2021-03-10

²⁷ Tyselius Jan. Opticonrock. Intervju 2021-03-29

Tabell 9. Bedömning för skrotning från flotte

Risk	Förklaring		Sannolikhet	Konsekvens	Riskklasser
Arbetsbelastning			5	2	10
Handintensivt arbete			2	4	8
Manuell hantering			5	2	10
Repetitivt arbete			5	2	10
Ekonomisk påverkan			2	4	8
TID	1= effektivt, 8= mellan, 15= många steg under utförandet.				15
Risk skada utrustning			3	2	6
Risk För Ras			5	2	10
Risk för fall			2	4	8
Risk För drunkning			2	4	8
SKADA BERG			2	2	4
Möjlig i transportsystem	Utrustning klarar av att transporteras i möjligt transportsystem.	ja			1
TOTAL bedömning					8

5.2 MEKANISERAD SKROTNING

Mekaniserad/maskinell skrotning är en metod som idag är vanligare i nyproduktion av infrastrukturprojekt och inom gruvindustrin där i huvudsak maskinellskrotning används. Skrotning från maskin innebär att man använder en maskinell bärare av tekniken istället för person. Den maskinella bäraren kombineras med en av skrotningsteknikerna så som hammare, klo, spett eller vatten för att rensa löst sittande berg. Operatören kontrollerar maskinen vanligast från hytt men även lösningar där man kan styra maskinerna fjärrstyrt och eller som ny utveckling där man även skrotar från "kontoret"²⁸. Detta medger att personalen som skrotar kommer bort från berget eller sitter skyddat i maskinen vid skrotningsarbetet.

5.2.1 Grävmaskin/hjulgrävare

Beskrivning

Skrotning med grävmaskin som bärare används idag för både stora och små tunnlar, berggrum och schakt. Grävmaskinerna brukar utrustas med antingen hydraul hammare eller rivningsklo beroende på bergets förutsättningar och storleken på området som skall skrotas.

Maskiner

Tabell 10. Exempel på olika storlekar från (VOLVO, 2021) sortiment som kan användas som bärare till skrotningstekniken.

typ		volvo ECR25	ECR 58	ECR 58	ECR 88D	Volvo Ew 180	Volvo Ew 160 c
Storlek	ton	1.1-3	2.5-6	4.5-9	6.5-13	18-20,	16,4-18
Bredd	mm	1550	2000	2000	2300	2650	2600
Höjd	mm	2535	2540	2540	2715	4000	4000
arm längd	mm	3000	5000	5000	7220	9460	9460

²⁸ Mittuniversitetet. RemoteS- Systems for remote Scaling. Mittuniversitetet.



Figur 20. Utrustad grävmaskin med typ av klo från Hedins Hjulgrävmaskiner AB.



Figur 21. Eldriven Liebherr som skrotar salva i tunneldrift med hammare. Bild från Hedins hjulgrävmaskiner AB.

Användningsområde.

- Skrotning tunnlar: med tunnelarea från ca 12 kvadratmeter och större utifrån bedömning av hjulgrävmaskinstorlek.
- Skrotning bergrum
- Skrotning dagbrottsväggar förskärningar som är inom den valdas hjulgrävarens armlängd.

Bedömning

Maskinell skrotning med hjulgrävare är skonsammare för operatören jämfört mot den traditionella manuella skrotningen. Just hjulgrävarna kan anpassas i storlek beroende på område och längd som skall skrotas samt finns det även maskiner som gör att operatörerna kommer närmre berget för att kunna syna av det bättre. Riskerna med denna metod då du använder hydraulhammare i områden med fasta installationer är att risken för skada på befintlig utrustning blir högre ifall du ej kan skydda eller hänga upp sprängmattor.²⁹

För att skrota områden där risk finns för skada på berget kan även klo användas på dessa maskiner för att undvika större skada på berget och fasta installationer.

Denna metod vid områden som endast är accessbara genom dörrar, trappor är svår att anpassa då den storleken på maskin ej finnes därav sämre resultat för transport i tabell 10.

²⁹ Tyselius Jan. Opticonrock. Intervju 2021-03-29

Tabell 10. Bedömning för skrotning från hjulgrävmaskiner.

Risk	Förklaring		Sannolikhet	Konsekvens	Riskklasser
Arbetsbelastning			1	1	1
Handintensivt arbete			1	2	2
Manuell hantering			1	1	1
Repetitivt arbete			1	3	3
Ekonomisk påverkan			2	2	4
Tid	1= effektivt, 8= mellan, 15= många steg under utförandet.				1
Risk skada utrustning			2	2	4
Risk För Ras			3	2	6
Risk för fall			1	1	1
Risk För drunkning			1	1	1
SKADA BERG			3	2	6
Möjlig i transportsystem	Utrustning klarar av att transporteras i möjligt transportsystem.	nej			15
TOTAL bedömning					4

5.2.2 Gradall scaling machines

Beskrivning

Detta är i grunden en hjulgrävare som är utrustad med en roterande teleskopsarm och brytningsklo. Utrustningen med teleskopsarmen och 360 graders rotering medger att man kan komma åt att skrota i tunnlar, bergrum och skärningar upp till 15,9 m och möjliggöra bändning från flera vinklar. Maskinen är främst framtagen till gruvindustrin för att effektivisera skrotningen från den tidigare manuella skrotningen som genomfördes i USA.³⁰

Tabell 11. Dimensioner och specifikationer från Gradalls skrotningsmaskiner.³¹

		XL 3320 V	XI 4320 V	XI 5320 V	XL 7320 V
max skrotnings höjd	m	7,2	7,6	8,4	15,9
hjulbas	m	2,7	2,7	2,7	3,8
vikt	ton	19	21	25	35



Figur 21. Gradall XI 3320 x.

³⁰ Gradall. Mine Scaling Machines. Gradall Industries 2021.

³¹ Gradall. Mine Scaling Machines, specifikationer. Gradall Industries 2021.



Figur 22. Gradalls skrotningaggregat i arbete.

Användningsområde

- Skrotning Tunnlar för ca 20 m² och större
- Bergrum upp till takhöjd till 15,9 meter.
- Förskärningar/ dagbrott.

Bedömning

Denna utrustning är framtagen för bergrum och tunnlar för att byta ut den manuella skrotningen. Metoden i sig med klo anses vara skonsammare för berget vid skrotning än hydraulhammare detta baserat på intervjuer om att hydraulskrotning kan åstadkomma mer skada³², fördelen med denna metod är att man bänder det lösa berget istället för att tillföra slagenergi. Detta medför att risken för nya sprickor vid felanvändande minskas jämfört med vad felen kan bli för en hydraulhammare. Metoden är skonsammare för personen som skrotar då denna kommer längre ifrån farligt område och kan således skrota bort det lösa berget innan man närmar sig området.

³² Rimsa, Intervju 2021-03-22

Tabell 12. Bedömning över Gradall Scaling Machines.

Risk	Förklaring		Sannolikhet	Konsekvens	Riskklasser
Arbetsbelastning			1	1	1
Handintensivt arbete			1	2	2
Manuell hantering			1	1	1
Repetitivt arbete			1	3	3
Ekonomisk påverkan			2	2	4
Tid	1= effektivt, 8= mellan, 15= många steg under utförandet.				1
Risk skada utrustning			2	2	4
Risk För Ras			3	2	6
Risk för fall			1	1	1
Risk För drunkning			1	1	1
SKADA BERG			2	2	4
Möjlig i transportsystem	Utrustning klarar av att transporteras i möjligt transportsystem.	nej			15
TOTAL bedömning					4

5.2.3 Jama RBU 8000

Beskrivning

Skrotningsaggregatet RBU 8000 är enligt Jama det som de ser som framtidstekniken inom underhållsskrotning. Det är en rivande skrotare som är utrustad med klo istället för som på SBU 8000 hydraulhammare. RBU har en teleskopbom av höghållfast stål och utrustad med en brytningskrok med utbytbara tänder, brytvinkeln är 90 grader med en brytkraft upp till 8 ton.³³



Figur 23. Jama RBU 8000 rivningsaggregat.³⁴

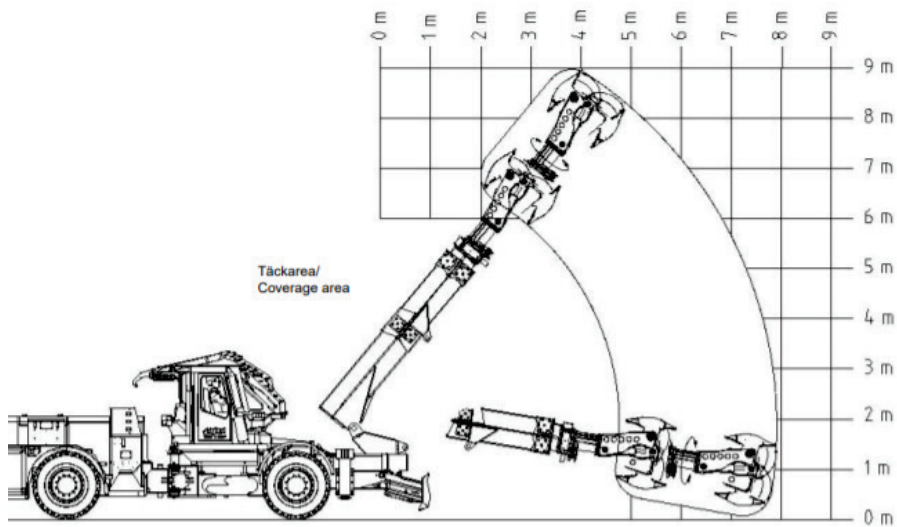
Tabell 13. Dimensioner Jama RBU 8000³⁵

Dimensioner		
Höjd	mm	3050
Bredd maskin	mm	2714
Bredd tunnel	mm	3200
Svängradie	mm	5200

³³ JAMA. RBU8000 Skrapningsaggregat. JAMA

³⁴ JAMA. RBU8000 Skrapningsaggregat. JAMA

³⁵ JAMA. RBU8000 Skrapningsaggregat. JAMA



Figur 24 Illustration över täckarean för en jama RBU 8000.³⁶

Användningsområde

- Tunnlar från ca 15 m²
- Bergrum med max höjd 8-9 meter.

Bedömning

Metoden liknar skrotning med hjulgrävare dock så är denna utrustning och maskin specificerad för underhållsskrotning och maskinellskrotning av tunnlar. Denna utrustning är även utrustad för att gå på el vid arbete framme i gavel vilket minskar utsläppet av co2 för arbeten underjord.

³⁶ JAMA. RBU8000 Skrapningsaggregat. JAMA

Tabell 14. Bedömning av RBU 8000.

Risk	Förklaring		Sannolikhet	Konsekvens	Riskklasser
Arbetsbelastning			1	1	1
Handintensivt arbete			1	2	2
Manuell hantering			1	1	1
Repetitivt arbete			1	3	3
Ekonomisk påverkan			2	2	4
Tid	1= effektivt, 8= mellan, 15= många steg under utförandet.				1
Risk skada utrustning			2	2	4
Risk För Ras			3	2	6
Risk för fall			1	1	1
Risk För drunkning			1	1	1
SKADA BERG			2	2	4
Möjlig i transportsystem	Utrustning klarar av att transporteras i möjligt transportsystem.	nej			15
TOTAL bedömning					4

5.2.4 Brokk 110 med hydraulhammare

Beskrivning

Brokk 110 är rivningsrobot som är utrustad för att arbeta och transportera sig i och till trånga utrymmena. Brokk 110 kan ta sig upp i trappor, fraktas i hiss eller på personbils släp. Det är en rivningsrobot som är framtagna främst för bostads-, affärs- och industrimiljöer.³⁷

Brokk 110 kan utrustas med, skopor, hammare, saxar, sågar, fräsar, och borrustrustning vilket gör det till en mångsidig bärare för både demolering och bergarbete.

För skrotning har denna Brokk 110, se Figur 25, utrustats med en hydraulhammare där det finns olika val att göra beroende slagkraft, slag/min. Men de rekommendationer för Brokk 110 är antingen hammare BHB 105 alternativt BHB 155 som har slagkraft 159J/nm resp. 254 J/Nm.³⁸

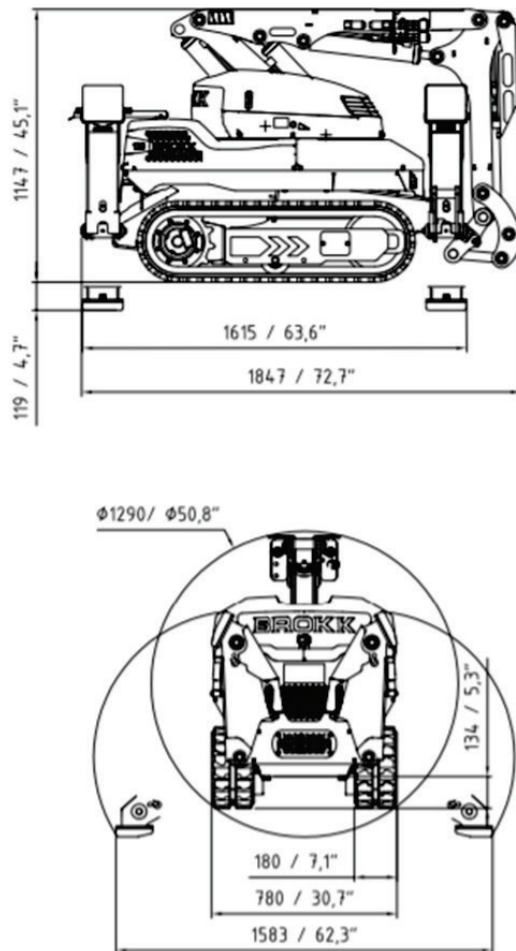


Figur 25. Brokk 110 i underjordsgruva på skrotningsuppdrag i Sydafrika. ³⁹

³⁷ Kendrill. Rivningsrobotar Brokk 110. Kendrill Utrustning för rivning, håltagning & Berg.

³⁸ Brokk. Brokk 110.BROKK SWEDEN

³⁹ Furtenback. Sales director. Brokk Sweden.

STORLEK

Figur 26. Brokk 110 med dimensioner

Användningsområde:

- Utrymmen med bedömd area från 2,5 m² och större.
- Kan monteras på lämpliga bärare för att även nå till tak och väggar för större bergum.
- Kan monteras på andra arbetsplattformar för att etablera till specifikt område.

Bedömning

Fjärrstyrd skrotning med exempelvis Brokk 110 och hydraulhammare innebär att man kan få bort personalen från områdena som skall underhållas, fordonet är i storlek av gjord för att ta sig igenom dörrar och kan klättra i trappor för att ta sig fram. Risken med att använda sig av hydraulhammare för skrotningen är att man

kan åstadkomma större skada på berget vilket kan innebära mer berguttag och mer förstärkningsåtgärder så som bultning.

Tabell 15. Bedömning Brokk 110

Risk	Förklaring	Sannolikhet	Konsekvens	Risikklasser
Arbetsbelastning		1	1	1
Handintensivt arbete		2	1	2
Manuell hantering		1	1	1
Repetitivt arbete		2	1	2
Ekonomisk påverkan		1	1	1
Tid	1= effektivt, 8= mellan, 15= många steg under utförandet.			1
Risk skada utrustning		3	2	6
Risk För Ras		5	1	5
Risk för fall		1	1	1
Risk För drunkning		1	1	1
SKADA BERG		4	2	8
Möjlig i transportsystem	Utrustning klarar av att transporteras i möjligt transportsystem.	ja		1
TOTAL bedömning				3

5.2.5 Brokk med kranlyft.

Beskrivning

För vissa demoleringsjobb men även för arbeten i Sverige har denna metod använts där man har använt en kranlyft med fjärrskrotare monterad på plattform för att kunna utföra skrotningsarbeten på högre höjder som man annars ej kan nå.⁴⁰

⁴⁰ Tyselius Jan. Opticonrock. Intervju 2021-03-29



Figur 27. Brokk på kranlyft för skrotning.

Användningsområde

- Höga förskärningar
- Bergrum
- Tunnlar där det är högt i tak.

Bedömning

Denna metod är något som har använts i andra anläggningar och bergrum där bergkvaliteten har varit sämre och andelen löst material bedömdes som hög.⁴¹ Då istället för att skicka personal med i lift och skylift användes där en Brokk som bärare och kranlyft likt figur 27 som en förlängd bärare av skrotningsaggregat. Denna metod innebär att man tar bort de personella riskerna som finns initialt. Dock för att säkerställa området efter skrotning så inspekteras området manuellt med spett.

⁴¹ Tyselius Jan. Opticonrock. Intervju 2021-03-29

Tabell 16. Bedömning fjärrskrotning från lyft.

Risk	Förklaring	Sannolikhet	Konsekvens	Riskklasser
Arbetsbelastning		2	1	2
Handintensivt arbete		2	1	2
Manuell hantering		1	1	1
Repetitivt arbete		2	1	2
Ekonomisk påverkan		1	1	1
Tid	1= effektivt, 8= mellan, 15= många steg under utförandet.	1	1	1
Risk skada utrustning		2	4	8
Risk För Ras		4	1	4
Risk för fall		1	1	1
Risk För drunkning		1	1	1
SKADA BERG		4	2	8
Möjlig i transportsystem	Utrustning klarar av att transporteras i möjligt transportsystem.	ja		1
TOTAL bedömning				3

5.2.6 Vattenskrotning

Beskrivning

För testen i CSM (Colorado School of Mines) användes en gammal Eimco lastbil som tidigare blivit ombyggd till en sprutbetongsrigg. Den blev då utrustad med en 4,6 m lång boom för att kunna skjuta ut och därefter styra det oscillerande munstycket. Boomen styrs antingen manuellt eller via joystick vilket möjliggjorde att operatörerna som utförde spolningen kom längre ifrån det oförstärkta området vid början av arbetet. Joysticken styrde boomen och munstycket så att munstycket kunde tiltas och roteras för att uppfylla den bästa täckningen som möjligt.⁴²



Figur 28. Bild från CSM på den ombyggda Emco lastbilen som användes för vattenskrotningen.⁴³

Användningsområden

Områden med hantering av processvatten under drift. Tunnlar, bergtrum och förskärningar med löst, sprucket berg med små block och som man ej vill riskera större skada. Denna rigg ifrån Figur 28 med betongspruta anpassar sig för större utrymmen upp till ca 15 m².

⁴² Kuchta, Mark & Miller, Hugh & Poeck Erik. Waterjet Scaling for Reducing Injuries in underground Mining. December 15 2008. Hämtad 2021-08-25.

⁴³ Kuchta, Mark & Miller, Hugh & Poeck Erik. Waterjet Scaling for Reducing Injuries in underground Mining. December 15 2008. Hämtad 2021-08-25.

Bedömning

Tabell 17: Bedömning vattenskrotning med betongspruta.

Risk	Förklaring	Sannolikhet	Konsekvens	Riskklasser
Arbetsbelastning		1	1	1
Handintensivt arbete		2	1	2
Manuell hantering		1	1	1
Repetitivt arbete		2	1	2
Ekonomisk påverkan		1	1	1
Tid	1= effektivt, 8= mellan, 15= många steg under utförandet.			1
Risk skada utrustning		2	2	4
Risk För Ras		5	1	5
Risk för fall		1	1	1
Risk För drunkning		1	1	1
SKADA BERG		1	2	2
Möjlig i transportsystem	Utrustning klarar av att transporteras i möjligt transportsystem.	nej		15
TOTAL bedömning				3

5.2.7 Brokk Descaler

Beskrivning

Brokk Descaler var främst framtagen för att konkurrera med de konventionella arbetsmetoderna kring att skrota och riva ut slagg och tegel i cykloner och i övriga vertikala utrymmen. Denna framtagna lösning strävade till att göra arbetet säkrare och effektivare jämfört med de tidigare arbetsmetoderna som användes för att riva ut slagg och tegel i cyklonerna likt figur 29.⁴⁴

⁴⁴ Brokk. Brokk Descaler: Brokk SWEDEN.



Figur 29. Brokk descaler rensar och skrotar i utrymme.

Tidigare metodiken för arbetet av skrotningen i cyklonerna var att inspektera utrymmena manuellt och därefter skicka en person på ställning med handhållna verktyg för att rensa. Det var pga. av detta manuella skrotningsarbete som Brokk framställde descalerkonceptet. Konceptet som bygger på en fjärrstyrd robot likt den som är monterad på de larvburna modellerna skjuts in från sidan av cyklonerna eller det vertikala utrymmet för att därefter skrota.⁴⁵

⁴⁵ Furtenback. Sales ddirector. Brokk Sweden.



Figur 30. Figur över Brokk descaler lösningen.

Utrustningen går att flytta runt på våningen eller i hissen, och när den är installerad kan operatören övervaka arbetet utifrån genom att titta in genom öppningen i manteln.

Figur 32. Mått för Brokk descaler.⁴⁷

Användningsområde:

Denna metod hade kunnat användas i utrymmen där det är riskfyllt att skicka in personal, så som berg bakom skärmväggar, berg bakom betongkonstruktioner samt för skrotning av schakt som är max 8 meter djupa.

Bedömning

Lämplig metod att genomföra i utrymmen som är svåra att komma åt bakom med annan maskinell utrustning.

Denna utrustning är dock otymplig att transportera på annat sätt än i hiss eller genom lyfta upp den. Detta då den väger upp till 900 kg. Detta gör att den i vissa fall där den hade kunnat appliceras inte kan komma åt då det kan finnas hinder så som trappor eller gångar som kan ha för snäv svängradie.

⁴⁷ BROKK. BROKK DESCALER PRODUCT SHEET. BROKK SWEDEN

Tabell 18. Bedömning för Brokk descaler.

Risk	Förklaring		Sannolikhet	Konsekvens	Riskklasser
Arbetsbelastning			1	1	1
Handintensivt arbete			2	1	2
Manuell hantering			2	1	2
Repetitivt arbete			3	1	3
Ekonomisk påverkan			1	1	1
Tid	1= effektivt, 8= mellan, 15= många steg under utförandet.				8
Risk skada utrustning			3	2	6
Risk För Ras			1	4	4
Risk för fall			1	1	1
Risk För drunkning			1	1	1
SKADA BERG			4	2	8
Möjlig i transportsystem	Utrustning klarar av att transporteras i möjligt transportsystem.	ja			1
TOTAL bedömning					3

5.2.8 Jayben S60 Scaler

Beskrivning

Jayben S60 scaler är en maskin som primärt är framtagen för underhållsarbeten i dagbrott. Maskinen framställdes från kravställningen att man ville ta fram en lösning som liknar de manuella och som då hissar sig ner för bergväggarna med rep och samtidigt skyddsskrotade sig nedåt. Utifrån de tidigare manuella arbetena så framställdes en kravlista enligt följande:

- På ett säkert sätt kunna ta bort stenblock från vertikal ställning längs med dagbrottsväggar.
- Skall kunna klara av att nå 70-90 m utan extern hjälp.
- Maskinen skulle kunna klara skutknackning, schaktning- och rivningsarbete med tjälkrok i likhet med en konventionell grävmaskin. Skutknackning innebär att man hydrauliskt slår sönder block till fraktioner som är möjliga att frakta.

Maskinen man började använda för fortsatta tester är byggd från en Caterpillar 308 E2CR där förarhytten blev borttagen och larverna förlängda just för att få utrymme för motorer för vinscharna som behövde monteras. Det monterades två vinschar. Varje vinsch klarade själv av de 18 tonen detta i syfte ifall ena eller den andra vinschen skulle gå sönder skall du fortfarande kunna ta dig upp från väggen.

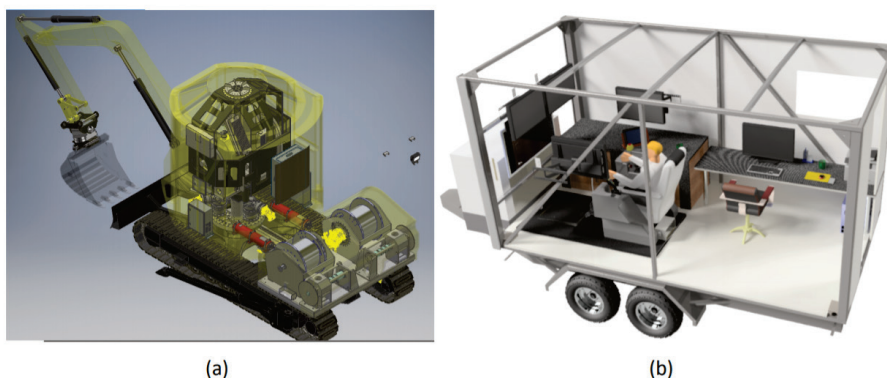


Figure 6 (a) Schematic of remote scaling machine; and (b) Schematic of operator station

Figur 33. Översyn av skrotningsmaskinen och operatörstationen.⁴⁸

Maskinoperatören som sitter skyddad i en flyttbar container som är uppkopplad till maskinens kameror, övertrycksvarningar för hydrauliken och elen, detta för att kunna styra maskinen från distans likt som att man sitter i. På maskinen monterades även ett 3d kamerasystem som ger djup uppfattning och 3d mappning i realtid. Datan som skannas under tiden man skrotar samlas in till stationen för vidare tolkning av punktmolns datat från väggen.

⁴⁸ Anderson, MS & Johnson C. Scaling the heights: the background and development of a novel remote highwall scaling machine for use at the Savage River Mine. Australian Center for Geomechanics Perth. 2020.

Maskiner av denna typ är idag under utveckling och man arbetar för att göra dem mer effektiva. Fördelen med denna lösning är att den möjliggör att områden som tidigare har varit svåra och eller farliga att komma åt nu är åtkomliga på ett säkert sätt för personal utan risk för personella skador.

Jayben har börjat undersöka marknaden för att hitta användningsområden utanför dagbrottsgruvorna.⁴⁹

Användningsområde:

Denna metod lämpar sig för höga förskärningar och i djupa dagbrott. Då maskinen är uppbyggd på en större grävmaskin och ryms ej i mindre underjordsschakt.

Bedömning:

Jayben S60 Scaler är en bärare och maskin där man har jobbat med att kombinera de tidigare manuella jobben till en maskin. Den kombinerar, skrotning, mätning, lastning och så småningom kan även denna maskin bulta, montera skyddsnät och spruta betong. Denna kombination kan på sikt medföra tidsbesparingar då man ej behöver etablera flera olika maskiner utan att man kan utföra flera arbeten med samma bärare.

Ett till fördel med denna maskin är att de tidigare manuella arbetena blir nu bortplockade och riskerna för personskada som tidigare fanns har nu eliminerats eller åtminstone minskats.



Figur 34. Jayben S60 Scaler.⁵⁰

⁴⁹ Anderson, MS & Johnson C. Scaling the heights: the background and development of a novel remote highwall scaling machine for use at the Savage River Mine. Australian Center for Geomechanics Perth. 2020.

⁵⁰ Anderson, MS & Johnson C. Scaling the heights: the background and development of a novel remote highwall scaling machine for use at the Savage River Mine. Australian Center for Geomechanics Perth. 2020.

Tabell 19. Bedömning Jayben S60 Scaler.

Risk	Förklaring		Sannolikhet	Konsekvens	Riskklasser
Arbetsbelastning			1	1	1
Handintensivt arbete			2	1	2
Manuell hantering			1	1	1
Repetitivt arbete			1	1	1
Ekonomisk påverkan			2	1	2
Tid	1= effektivt, 8= mellan, 15= många steg under utförandet.				1
Risk skada utrustning			3	2	6
Risk För Ras			5	1	5
Risk för fall			1	1	1
Risk För drunkning			1	1	1
SKADA BERG			2	2	4
Möjlig i transportsystem	Utrustning klarar av att transporteras i möjligt transportsystem.	nej			15
TOTAL bedömning					3

5.3 INNOVATIVA METODER

5.3.1 Fjärrskrotning:

Beskrivning

En metod som redan är under utveckling och testning hos Boliden är fjärrstyrd skrotning likt den utrustning som finns på Jayben S60 scaler. Här har Boliden och Mittuniversitetet (MIUN) påbörjat tester för olika ljus, ljud och kamerauppsättningar för att anpassa utrustningen till underjord och skrotningsmiljö.⁵¹ Det man har haft som mål i projektet är att kunna utveckla ett system som efterliknar det att operatören fortfarande sitter i maskinen. Detta genom bild och ljud överföra känslan av att sitta i maskinen fast man befinner sig i kontorsmiljö.

Utmaningarna till att man började titta på denna lösning var att:⁵²

- Öka säkerheten och att förbättra arbetsmiljön.
- Möjliggöra produktion i gruvan 24 timmar i dygnet under alla dagar i veckan.

Kommentarer kring projektet från bergarbetare var:

- *"Man kanske kan fjärrstyra skrotningsmaskinen men jag skulle aldrig vilja skicka mina kollegor dit efteråt"*
- *"Man kan förmodligen fjärrstyra många maskiner men inte skrotningsaggregatet. Du behöver vara vid berget för att kunna skrota riktigt."*

Under provperioden har man provat:

Ljus och kamerauppsättningar.

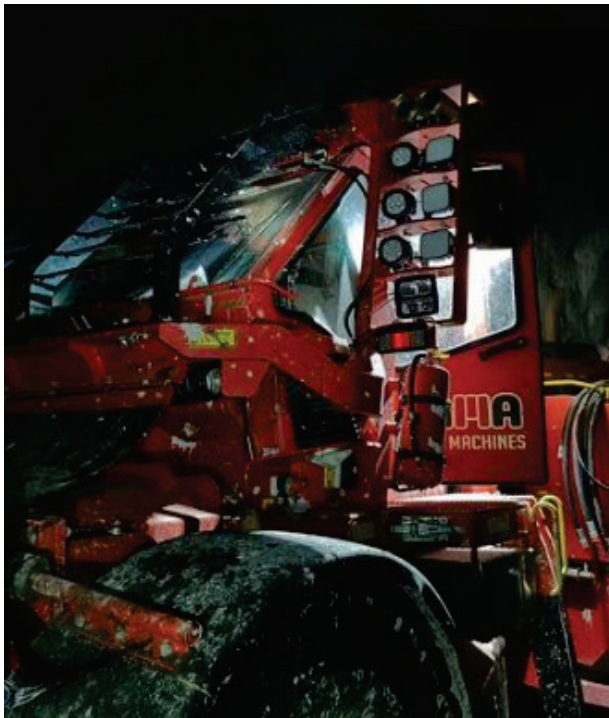
⁵¹ Mittuniversitetet. RemoteS- Systems for remote Scaling. Mittuniversitetet.

⁵² Önnerlöv Lisa. Industrial Designer. Boliden System Technology. 2013-2020.intervju 2021-04-20.



Figur 35. Boliden test för ljus.⁵³

Uthållighetstester av utrustning på produktionsmaskiner:



Figur 36. Ljus- och kameratest.⁵⁴

⁵³ Önnerlöv Lisa. Industrial Designer. Boliden System Technology. 2013-2020.intervju 2021-04-20.

⁵⁴ Önnerlöv Lisa. Industrial Designer. Boliden System Technology. 2013-2020.intervju 2021-04-20.

Utveckling och testning av olika bild och kamera-inställningar för att förbättra bildkvaliteten.



Figur 37. Variationer på ljusuppsättningar.⁵⁵

Utveckling av det fjärrstyrda kontrollsystemet hos Jama:

⁵⁵ Önnerlöv Lisa. Industrial Designer. Boliden System Technology. 2013-2020.intervju 2021-04-20.



Figur 38. Test på fjärrstyrning hos Jama Mining Machines AB.⁵⁶

Användningsområde

Denna teknik har möjligheten till att ge skrotningsoperatören bättre möjlighet till att skrota på långa avstånd där man ej kan eller vill skicka personal pga. att riskerna för ras och fall är förhöjda.

Denna metod tillsammans med en skrotningsrobot utrustad med klo/hammare kan möjligtvis göra att vissa manuella skrotningsmetoder kan övergå till mekaniserade då operatören får en ökad möjlighet att inspektera genom bomknackning och nära översyn genom kamera och ljud upptag.

⁵⁶ Önnertlov Lisa. Industrial Designer. Boliden System Technology. 2013-2020.intervju 2021-04-20.

Bedömning

Tabell 20. Bedömning fjärrskrotning

Risk	Förklaring		Sannolikhet	Konsekvens	Riskklasser
Arbetsbelastning			1	1	1
Handintensivt arbete			1	2	2
Manuell hantering			1	1	1
Repetitivt arbete			1	2	2
Ekonomisk påverkan			2	2	4
Tid	1= effektivt, 8= mellan, 15= många steg under utförandet.				1
Risk skada utrustning			2	2	4
Risk För Ras			3	2	6
Risk för fall			1	1	1
Risk För drunkning			1	1	1
SKADA BERG			2	2	4
Möjlig i transportsystem	Utrustning klarar av att transporteras i möjligt transportsystem.	ja			1
TOTAL bedömning					2

5.3.2 Fjärrbärare med vattenspruta

Beskrivning

Skrotning med vatten är en metod som tidigare är provad i gruv- och infrastrukturprojekt där det visas att metoden av vattenskrotning rensar/skrotar ner mer finmaterial och kan få ner det lösa berget efter produktionen⁵⁷. Dock även här som vid skrotning med klo så kommer man behöva genomföra en manuell inspektion efter genomförd skrotning.

Men vid områden med mycket fint och löst berg kan denna metod tillsammans med fjärrutrustning möjliggöra lossställning av tidigare vattenfyllda områden.



Figur 39. Brokk med utrustad med vattenspruta.⁵⁸

Användningsområde

Svåråtkomliga utrymmen där processvatten kan hanteras, och områden med större andel lösa stenar.

⁵⁷ Kuchta, Mark & Miller, Hugh & Poeck Erik. Waterjet Scaling for Reducing Injuries in underground Mining. December 15 2008. Hämtad 2021-08-25.

⁵⁸ Sundbom, Björn. Projects. BROKK SWEDEN

Bedömning

Tabell 21. Bedömning metod vattenskrotning med fjärr.

Risk	Förklaring		Sannolikhet	Konsekvens	Riskklasser
Arbetsbelastning			1	1	1
Handintensivt arbete			2	1	2
Manuell hantering			1	1	1
Repetitivt arbete			2	1	2
Ekonomisk påverkan			1	1	1
Tid	1= effektivt, 8= mellan, 15= många steg under utförandet.				1
Risk skada utrustning			3	2	6
Risk För Ras			5	1	5
Risk för fall			1	1	1
Risk För drunkning			1	1	1
SKADA BERG			1	2	2
Möjlig i transportsystem	Utrustning klarar av att transporteras i möjligt transportsystem.	ja			1
TOTAL bedömning					2

5.3.3 Fjärrskrotning med brytklo

Beskrivning

Brokks robotmaskin utrustad med klo och fjärrutrustning anses vara en metod som är skonsammare mot områden med dåligt/löst berg och bättre lämpad metod där risk för större skada av att använda hydraul hammare finns. Detta utifrån de intervjuer där vikten av att vid felanvändning av hydraulhammare kan åstadkomma mer skada⁵⁹. Med brytklo skulle metoden efterlikna manuell skrotning med spett dock så har inte efter någon intervju detta varit en metod som har testats. klon har vanligast varit utrustad på grävmaskin eller jamas underhållningsaggregat.⁶⁰

Användningsområde

Trånga och svåråtkomliga områden där risk för skada på runtomkringliggande utrustning eller berget finns. En metod som är möjlig att efterlikna den manuella skrotningen.

Bedömning

Metoden skulle efterlikna den manuella skrotningsmetoden och klon kan utrustas på mindre och smidigare robotar vid skrotning av svåra eller riskfyllda områden.

Det är en metod som ej än har hittats underlag på att den har testats på robotlösningar och måste testas för att anses vara möjlig för ett underhålls och inspektions perspektiv.

Vid lyckad teori tar den bort det handintensiva arbetet och förbättrar således arbetsmiljön samtidigt som den minimerar riskerna för skada på berg som en hydraulhammare kan åstadkomma utefter intervjuer.^{61 62}

Dock är ett av problemområdena likt de andra att om man ej utrustar robotarna med kamera och ljudutrustning är det svårt att komma nära och inspektera berget för att verifiera ett gott resultat.

⁵⁹ Rimsa, Intervju 2021-03-22

⁶⁰ JAMA. RBU8000 Skrapningsaggregat. JAMA

⁶¹ Tyselius Jan. Opticonrock. Intervju 2021-03-29

⁶² Rimsa, Intervju 2021-03-22

Tabell 22. Bedömning fjärrskrotning med klo.

Risk	Förklaring		Sannolikhet	Konsekvens	Riskklasser
Arbetsbelastning			1	1	1
Handintensivt arbete			2	1	2
Manuell hantering			1	1	1
Repetitivt arbete			2	1	2
Ekonomisk påverkan			1	1	1
Tid	1= effektivt, 8= mellan, 15= många steg under utförandet.				1
Risk skada utrustning			3	2	6
Risk För Ras			5	1	5
Risk för fall			1	1	1
Risk För drunkning			1	1	1
SKADA BERG			2	2	4
Möjlig i transportsystem	Utrustning klarar av att transporteras i möjligt transportsystem.	ja			1
TOTAL bedömning					2

6 Metod bergtransport/utfordring/skydd

6.1 LASTNING

Lastning av det nedfallna berget efter skrotningen görs som vanligast i infrastrukturprojekten och i gruvorna med hjälp av hjullastare, men vid trånga utrymmen sker detta även manuellt med spade, hinkar och skottkärra, se exempelbild från arbete av hydro Quebec i figur 40 nedan. Några exempel förutom hink och spade på som kan användas för lastning visas nedan.



Figur 40. Transport av skrotat material ovan maskinsal och bakom skärmtak.⁶³

⁶³ Quirion, Marco & Bigras Annick. Maintenance of Rock Wall- Exampels of Works in underground Installation. Hydro- Québec.

6.1.1 Hjullastare

För rensning efter skrotning i infrastrukturprojekt och efter skrotning i gruvorna är det vanligt att hjullastare används för att rensa och flytta rasmassorna från området.



Figur 41. Volvo L90 lämpar sig för områden som är över 15 m² i area.⁶⁴

6.1.2 Sherpa

Sherpa 100 Eco är en minilastare som är framtagen för inomhus bruk vid demoleringsarbete i byggnader. Lastaren är utrustad med en 2 hk elektrisk motor med ett 360 ampere batteri som gör att lastaren har en drifttid upp till 7 timmar.⁶⁵

⁶⁴ Volvo. Loaders L90 H VOLVO 2021.

⁶⁵ SHERPA Mini-loaders, 1989-2021



Figur 42. Sherpa 100 Eco som lastar Ecovolve minidumper.⁶⁶

⁶⁶ SHERPA Mini-loaders, 1989-2021

Dimensioner

- Bredd: 76 cm
- Längd: 152 cm
- Höjd: 119,5 cm



Figur 43. Dimensioner för Sherpa lastning maskin.⁶⁷

⁶⁷ SHERPA Mini-loaders, 1989-2021

6.1.3 Husqvarna Dxr med skopa

De fjärrstyrda demoleringsrobotarna som figur 44 visar en Husqvarnarobot utrustad med lastningsskopa för transport av material. denna lösning fungerar att användas inomhus och kan ta sig fram både genom dörrar och kan klättra uppför trappor om det så behövs.



Figur 44. Rivningsrobot från Husqvarna som är utrustad med skopa för att kunna lasta och rensa. I trånga utrymmen.⁶⁸

⁶⁸ Husqvarna AB, 2008-2020

6.2 TRANSPORT

6.2.1 Ecovolve Minidumprar

Detta är en batteridrivnen minidumper som är konstruerad till att ta sig igenom dörrar och trånga passager, den är designad för att både kunna användas utomhus och inomhus. Den största Ecovolve dumpern har en svängradie om 1.6meter och har en arbetskapacitet på batteriet upp till 8 timmar.



Figur 45. Bild på Ecovolve. ⁶⁹

Tabell 23: Ecovolves (Ecovolve Ltd) specifikationer för olika dumperstorlekar.

		ECOVOLVE 800	ECOVOLVE 1000	ECOVOLVE 1500
Maxlast	kg	800	1000	1500
Lastvolym struket	Liter	350	435	575
Lastvolym överfyllt	Liter	480	600	800
Lastvolym vatten	Liter	225	315	460
Bredd	cm	81,3	96,5	117,3
Längd	cm	207	220	224,5
Höjd	cm	131	131	134
Vikt	kg	1200	1300	1500
Tipphöjd	cm	147	147	160
Markfrigång	cm	21	21	21
Volt	V	24	24	24
Batteri	Ah	400	400	600
Laddningstid	h	8	8	10
Motor		5KW / 7 HK	5KW / 7 HK	8KW / 11 HK
Drivning		Bakre hjulet	Bakre hjulet	Tre hjul
Hastighet	km/h	6	8	8
Bredd	cm	81	96	117
Totalvikt	kg	1200	1300	1500

⁶⁹ Ecovolve. High-Tip Dumpers. Ecovolve High tip zero Emissions dumper Trucks.

6.2.2 Hissar

Alimak SL Rack and Pinion hissen är ett av exempel hissar som är installerat i en skorsten på Guodian Suqian power plant som kan lasta upp till 600 kg och har en storlek på 0,78 m * 1,04 m* 2,17 m och kan lyfta upp till 60 meters höjd.⁷⁰



Figur 46. Översiktsbild på Alimaks industrihiss.⁷¹

Alimak SE 1000 är ett annat exempel på hiss som har installerats i underjordsgruva i Kazachstan där liften används för inspektioner och service där den kan lyftas 204m med 1000 kg kapacitet. Storleken på hissen är 1,04m*1,56 m* 2,17 m.

6.2.3 Skottkärra

En av de metoderna som används idag för att frakta berget från trånga utrymmen är med skottkärra⁷², för de områden där det ej är möjligt att byta ut denna metod kan det vara en möjlighet att se över och byta till en eldriven skottkärra för att minska på arbetsbelastningen.

⁷⁰ Alimak Group, 2021

⁷¹ Alimak Group, 2021

⁷² Ronny & Roland, Bergarbetare Vattenkraft. Intervju 2021-03-10



Figur 47. Översiktsbild på batteridrivna skottkärra från (Makita Oy Sweden).⁷³

6.3 SKYDD

6.3.1 Bergnät

Bergnätet är till för att förhindra ras ner direkt på områden som det finns risk för skada. För områden i anläggningar kan detta användas för att förhindra att berg/sten rasar ut mot gångar och skärmtak/betongväggar.

⁷³ Alimak Group, 2021



Figur 48. Exempel bild för installerat bergnät.

6.3.2 Sprängmattor

Sprängmattor är ett skydd som oftast används vid sprängning för att skydda områden eller installationer från sprängsten som kan åstadkomma person och maskinell skada. Vid skrotning används dessa mattor även genom att hängas upp kring känsliga installationer eller i kombination med andra lösningar som däck och träkonstruktioner för att dämpa bergsutfall mot känsliga installationer.



Figur 49. Exempel på sprängmattor.

6.3.3 Skyddsnät

Det finns olika industri och skyddsnät ute på industrin som kan användas för lösningar och skydd mot mindre stenras och från lägre höjder. Dock ett exempel på skyddsnät som använts för att skydda transformatorbås i Svappavaara på LKAB:s dagbrott mot sprängsten är med Geobruggs⁷⁴ formel 1 skyddsnät.

På grund av att sprängsten från skjutningarna i dagbrottet landade och gjorde hål i byggnader runtomkring produktionsområdet tog man där fram en lösning tillsammans med det Schweiziska företaget GEOBRUGG som vanligtvis tillverkar skyddsnät till formel 1, laviner, tunnlar men nu även sprängsten.

Näten som monterades som skydd hos LKAB dimensionerades till att klara ta upp kraften från en 500 KG sten. De installerade nätet visas i figur 50.



Figur 50. Från LKAB:s gruva Svappavaara där dessa skyddsnät installerades.

⁷⁴ Geobruigg. Svappavaara-LKAB. GEOBRUGG 2016

7 Applicering av metoder i vattenkraftverk

7.1 SKROTNING

7.1.1 Nuläge

De metoder som används kontinuerligt för driften av vattenkraftverkens bergrum är oftast manuell skrotning då det är en kombination av inspektion och skrotning som utförs samtidigt. Men för områden med sämre bergkvalité har underhållsskrotning med vattenskrötning och med Brokk från lyftkran använts. I tabell 24 nedan visas en sammanställning för nulägesmetoder/möjliga och innovativa metoder.

Tabell 24. Sammanställning metoder för olika områden.

Nuläge	berg ovan sugrörskonstruktioner	Berg bakom skärmväggar	Berg bakom Inklädnadssystem som står fritt från berg.	Övriga
Skrotning från skylift		1		1
Skrotning från flotte	1			
Skrotning från ställning		1	1	1
Skrotning från rep	1	1	1	1
Brokk från kranlyft				1
Vattenskrötning				1

Den metoden som bedöms vara tillämpbar till flest områden är manuell skrotning med hjälp av repklättring

7.1.2 Möjliga

Av de möjliga metoderna så bedöms det att en robotlösning utrustad tillsammans med hydraul hammare eller klo kan vara en användbar utrustning som generellt kan byta ut några av de manuella arbetsförfarandena där större del av ytorna skall skrotas och inte inspekteras.

Möjliga	berg ovan sugrörskonstruktioner	Berg bakom skärmväggar	Berg bakom Inklädnadssystem som står fritt från berg.	övriga områden
Brokk med hammare	1	1	1	1
Brokk descaler		1		
Brokk med bryklo	1	1	1	1
Vattenskrötning	1			
Brokk från kranlyft		1		
Hjulgrävare				1

7.1.3 Utveckling

Framtid utveckling som kan möjliggöra fjärrstyrning och akustisk ljuduppdag vid både skrotning, bomknackning och handnära inspektioner skulle möjliggöra ett steg till att minimera eller eliminera de manuella arbetsmetoderna som idag används. Denna fjärrstyrda lösning hade även då kunna kompletteras till andra förstärkningsarbeten så som bultning och betongsprutning.

<i>Innovativa</i>	<i>berg ovan sugrörskonstruktioner</i>	<i>Berg bakom skärmväggar</i>	<i>Berg bakom Inklädnadssystem som står fritt från berg.</i>	<i>övriga områden</i>
<i>Fjärrskrotning</i>	1	1	1	1

7.2 BERGTRANSPORT

Några av de vanligare metoderna för transport at bergtransporten idag är manuell transport så som transport med skottkärra, hink och lastning med spade för de trånga utrymmena. För de områden robotlösningar kan användas går denna att även kombinera och utrusta med skopar för att lasta minidumprar eller att en minilastar likt sherpalösningen transporteras ner.

	<i>berg ovan sugrörskonstruktioner</i>	<i>Berg bakom skärmväggar</i>	<i>Berg bakom Inklädnadssystem som står fritt från berg.</i>	<i>Övriga</i>
<i>Nuläge</i>				
<i>Skottkärra /hink</i>	1	1	1	1
<i>Dumper</i>				1
<i>Hjullastare</i>				1
<i>Lastbil</i>				1
<i>Möjliga</i>				
<i>Robotlastare</i>	1	1	1	1
<i>Sherpa</i>		1	1	1
<i>Ecovolve</i>	1	1	1	1

7.3 SKYDD

	<i>berg ovan sugrörskonstruktioner</i>	<i>Berg bakom skärmväggar</i>	<i>Berg bakom Inklädnadssystem som står fritt från berg.</i>	<i>Övriga</i>
<i>Nuläge</i>				
<i>Sprängmattor</i>		1	1	1
<i>Bergnät</i>	1	1	1	1
<i>Möjliga</i>				
<i>Skyddsnät</i>	1	1	1	1

8 Diskussion & Analys

Inspektioner är det arbete som görs innan skyddsskrotning. I vissa anläggningar där manuella inspektioner utförs gör man inspektioner med inhyrd personal medan man i andra har egen personal som utför både bergarbete och inspektion. För dem som utför inspektion och skyddsskrotning själv så görs detta oftast vid samma tillfälle och på så vis skapar då personalen en säkrare väg framför och ovan sig. Vid tillfällen då man först inspekterar och därefter bestämmer åtgärder som exempelvis skyddsskrotning utsätter man inspekterande personal för riskfyllt arbete. Tillfällen där inspektion och skyddsskrotning utförs samtidigt bedöms vara mer tidseffektiva och således mer ekonomiskt lämpliga. Viktigt även för de metoder då man använder samma personal för både inspektion och skrotning är att personalen har den erfarenheten för att göra bedömningar som medför ett säkrare berg och inte skapar större risker som vid ett för stort uttag.

Att notera är att alla metoder bör riskbedömas för de platsspecifika förhållandena som råder och på så vis kan lämpligast metod tas fram för just dessa områden.

8.1 NULÄGE

I dagsläget utförs i huvudsak manuell skrotning för de olika problemområdena i kraftverken då detta är den metod som kan användas för alla problemområden.

Manuell skrotning är skonsam för berget, det är en metod som möjliggör bättre bedömningar för vad som behöver skrotas på grund av att man är nära berget och kan inspektera sprickor och bomknacka vilket är en metod som efterliknar att leta vart det saknas reglar i en vägg. Manuell skrotning är många gånger den enda metoden man kan använda sig av för att komma åt i de trånga och svåra utrymmena i anläggningarna, vilket man då behöver tänka på för att säkra arbetet så mycket man kan för att undvika personskador. Men det är också detta som är det negativa med det manuella arbetet, dvs. att man är nära vilket skapar större utsatthet för ras. Det är också ett handintensivt arbete då allt görs fysiskt med personal.

Då manuell skrotningen måste utföras rekommenderas att man byter ut den vanliga skottkärran till en elektrisk skottkärra. Berg som rasar på marknivå men som är för stort för att med handkraft förflytta bör spräckas med hjälp av maskiner för att minimera det handintensiva arbetet så gott det går?

Av de manuella metoderna bedöms skrotning från repklättring som det med minst risk och som snabbaste för många av de förekommande fallen då metoden i sig innebär att arbete uppfifrån och ner utförs och att man på så vis skapar en säkrare väg för sig själv under tiden man skrotar/reisar bergväggen. Problemen med denna metod är då taken skall skyddsskrotas och då lämpar sig istället en metod som arbete från skylift eller ställning.

En metod som inte har setts användas i Sverige är den arbetsmetodik som används av Hydro Quebec där man ovan skärmtak etablerar arbetsplattformar genom att bulta fast plattformen i taket och så vis skydda mot utfall samtidigt som man har

en plattform man kan jobba och utföra underhållsarbetena från. Denna metod bedöms dock ej som tidseffektiv för de tillfällen där det är stora områden som skall åtgärdas.

8.2 MÖJLIGA METODER

Generellt för de befintliga metoder som har bedömts som möjliga att användas kring de beskrivna problemområdena så är robotrivningsaggregatet likt Brokk som antingen är utrustade med hammare eller brytklo för att kunna utföra ett underhållsarbete mest användbart. Denna metod kommer dock ej kunna appliceras kring alla områden då den är begränsad av höjden, bredden, hinder, eller stegar och trappor som kan förhindra att maskinen tar sig fram.

Valet av vad som lämpar sig bäst gällande hammare eller brytklo är ovisst. Risker med för stort bergutfall som finns bedöms kunna vara högre vid användandet av hydraulhammare i de fall operatören ej är vaksam och erfaren. Det är av den anledningen som valet med brytklo har tittats på just i det syftet, det är sannolikt av denna anledning som Jama, Gradall machines och Fletchers mining equipment har valt att utrusta sina underhållsskrotningsaggregat med klor istället för hammare.

För att möjliggöra en större utnyttjandegrad av en maskin som hade kunnat transporteras genom dörrar, hissar och trappor krävs åtgärder i anläggningarna och samordning mellan anläggningarna. Områden som har kontinuerligt planerade underhåll skulle kunna anpassas för en specifik utrustning.

Skrotning likt robotlösningen kommer inte kunna byta ut all manuell skrotning men den kan komplettera delar av de återkommande områdena och för de tillfällen där en större del bör skrotas.

Bedömning av möjliga maskiner och utvärdering av underhållsarbete för problemområdena har bara kontrollerats för skrotning. För att se över val av maskin för eventuella tester och framtida utveckling bör man även analysera om det är behov av en utrustning som även kan utföra efterföljande förstärkningsarbeten vilka även dessa kan vara svåra att utföra på ett effektivt och mindre handintensivt sätt.

Under Brokks hemsida för utrustningsmöjligheter till deras bärare går det även att välja borrhutrustning samt betongspruta. Denna maskin hade teoretiskt sett kunna användas till tre möjligt kommande underhållsarbeten samt minimera det totala handintensiva arbetet.

8.3 UTVECKLING

Den helhet som tidigare har diskuterats i både nulägesituationen och de idag möjliga metoderna är möjligheten att kunna använda flera steg i samma moment, så som inspektion, skrotning, bultning, rensning och betongförstärkning. Det hade även varit en fördel att kunna mäta in bergytan för att se förändring och utvärdera utfallet samtidigt som personalen kan sitta i en säker hytt och utföra arbetena. Det är från dessa parametrar som vi även har tolkat till varför man har valt att utveckla

Jayben s60 scaler. Där man har efterliknat manuella underhållsarbeten från rep och ersatt det med en maskin samtidigt som personalen har blivit flyttade till ett område med högre skydd men även minimerat det handintensiva arbetet som tidigare pågick.

Denna fjärrstyrning och radiostyrning är likt det som Boliden, Jama och MIU:n har och håller på att utveckla för att kunna utföra skrotningsarbeten från en säkrare miljö. En fördel för gruvan som skiljer sig är dock att man ej behöver vänta på utvädringsgaserna som blir i gruvan efter lossställningen på natten och att man kan ha produktion igång under fler av dygnets timmar.

De erfarenheter från Bolidens projekt som framkommit gällande antagandet om att skrotningen ej kommer bli lika bra utförd då man ej befinner sig i hytten (figur 51) stämmer ej. Citat från operatör som provat metoden:

”Jag var tveksam att det skulle fungera, men jag måste ändra mig, det råder inga tveksamheter om att det fungerar jag har skrotat i 30 år”.

Efter testerna med användandet av skärm, VR-glasögon och ljudupptag från maskin och skrotning kunde operatören uppnå ett betryggande resultat. Så frågan är, skulle detta även kunna ske med underhållsskrotningen i vattenkraftverken? Skulle detta kunna innebära att man både kan underhållsskrota och inspektera samtidigt och inte behöva skrota nivåvis som det nu görs vid exempelvis arbete från flötte?



Figur 51. Översiktsbilder från new Boliden med exempel på styrning från pilotprojektet

Ett problem som uppstår då maskin skall användas för områden som kanske även inspekteras är att man tappat möjligheten att handnära inspektera berget och inte kan bedöma ifall åtgärd i form av bultning är lämpligare än skrotning. Men med lösningen som MIU:n utvecklar med kameralösningar för att förbättra användarupplevelsen kan det kanske i framtiden även vara möjligt att göra detta. Figur 51 visar testområdet på MIU:n där tester pågår.



Figur 52. Översikt från Mitt Universitetets plats där tester pågår.

Så med fortsatt utveckling av att både komplettera en maskinell för underhållsskrotning med fjärrstyrning som även kan genomföra inspektion kan man minimera antalet handintensiva arbeten och minimera riskerna för de riskfyllda områdena i vattenkraftverken.

Kan man då få en utrustning som kan:

- Scanna ytorna
- Inspektera handnära för sprickor
- Utföra akustiska ljudupptag vid bomknackning
- Utföra skonsam skrotning

Men kanske även:

- Bulta
- Borra
- Lasta
- Spräcka berget
- Transportera
- Spruta betong

8.4 VÄGVAL FORTSATT ARBETE

8.4.1 Nuläge

Med de metoder som idag används kan det finnas möjlighet att förbättra små steg i rutinerna och metoderna som används. Exempelvis att byta ut vanlig skottkärre till elektrisk, använda sig av minidumprar, kanske kan arbete på ställning utföras på liknande sätt som Hydro Quebec vid arbeten bakom skärmtak. (figur 13 och figur 14)

8.4.2 Möjliga metoder

För framtida tekniker och tester gällande skyddsskrotning bedöms en robotlösning likt Brokks maskiner vara den teknik som kan generellt anpassas eller transporteras till flest områden enligt bedömningen från tabell 25.

För framtida tester föreslås det att prova fram lösning med klo istället för hammare just för att minimera risken av skada och högre utfall på berg samt minimera risken för skada på känsliga installationer. Skulle detta vara en metod som lämpar sig att användas kan det ge en synergieffekt genom att man då redan har en bärare som kan borra för bult och således färdigställa stora delar av de underhållsarbeten som görs utan att ha ett högt handintensivt arbete samt att man sparar tid genom att kunna genomföra samtliga moment i ett, inspektera, skrota, bulta.

8.4.3 Utveckling

För bekräftelse av goda tester av robotlösning för skyddsskrotning ges förslaget att vidareutveckling likt Boliden och projekt på MIU:n fortsätter för att möjliggöra ny utrustning som kan flytta personal från t.ex. skrotning vid flotte till säker miljö, samt att man minimerar i det fallet klättring upp och ner. Det kan även möjliggöra att det går att göra hela schaktet i ett istället för att göra detta i 2 meters intervaller.

9 Referenser

A

Alimak Group kazakstan

<https://alimak.com/project/voskhod-oriels-chromium-mine/>

<https://alimak.com/project/guodian-suqian-power-plant-china/>

BYA. Arbetsmiljöhandbok Bya

<http://www.arbetsmiljohandbok.se/riskklassning-313>

B

Brokk. Brokk 110.BROKK SWEDEN

<https://www.brokk.com/sv/product/brokk-110/>

Brokk. Brokk Descaler: Brokk SWEDEN.

<https://www.brokk.com/sv/product/brokk-descaler/>

BROKK. BROKK DESCALER PRODUCT SHEET. BROKK SWEDEN

https://www.brokk.com/sv/uploads/sites/10/2021/06/brokk_descaler_product_sheet_sv.pdf

Brokk. Industy cement. BROKK SWEDEN.

<https://www.brokk.com/sv/industry/cement/>

C

CMC. Prodcets. CMC the specialift.

<https://www.cmclift.com/en/products/>

CMC.Aerial Platform S19HD Main Features.CMC The specialift.

<https://www.cmclift.com/en/products/s19hd/>

D

E

Ecovolve. High-Tip Dumpers. Ecovolve High tip zero Emissions dumper Trucks.

<https://www.ecovolve.eu/high-tip-dumpers/>

EPRIOC Sweden AB

<https://www.epiroc.com/sv-se/products/excavator-attachments/hydraulic-breaker/hydraulic-breakers>

F

G

GEOBRUGG

<https://www.geobruigg.com/en/Svappavaara-LKAB-156885.html>

Gradall. Mining Scaling Machines: Gradall Industries. INC. 2021.

<http://www.gradall.com/products/mining.php>

H

Hedins Hjulgrävmaskiner AB

<https://www.hedins.nu/maskinpark/>

Husqvarna

<https://www.husqvarnacp.com/se/maskiner/demoleringsrobotar/dxr-140/966529302/>

Quirion, Marco & Bigras Annick. Maintenance of Rock Wall- Exampels of Works in underground Installation. Hydro- Québec.

I

IRATA International. About US. IRATA International 2021

<https://irata.org/page/about-us>

J

JAMA. RBU8000 Skrapningsaggregat. JAMA

<https://www.jama.se/sv/produkter/rbu8000-skrapningsaggregat/>

K

Kuchta, Mark & Miller, Hugh & Poeck Erik. Waterjet Scaling for Reducing Injuries in underground Mining. December 15 2008. Hämtad 2021-08-25.

Klättert teknik. Projekt slussen. Klättert teknik part of CERTEX 2020.

<https://klatterteknik.se/projekt/slussen/>

Kendrill. Rivningsrobotar Brokk 110. Kendrill Utrustning för rivning, håltagning & Berg. <https://kendrill.se/rivning-demolering/rivningsrobotar/brokk-110/>

L

M

Makita Oy Sweden

<https://www.makita.se/product/dcu180z.html>

Mittuniversitetet. RemoteS- Systems for remote Scaling. Mittuniversitetet.

<https://www.miun.se/en/Research/research-projects/closed-research-projects/remotes---systems-for-remote-scaling/>

N

O

P

Q

R

RAMMERS

<https://www.rammer.com/en/products/hydraulic-hammers/excellence-line/large-range/3288e/#>

S

SHERPA Mini-loaders

<https://www.sherpaminiloaders.com/eng/>

<https://www.sherpaminiloaders.com/eng/models/sherpa-100-eco/>

Svensk Byggtjänst

<https://byggtjanst.se/ama>

Thomas Öhrling. Så byggs tunneln. Stockholm Vatten och avfall. 2014

<http://www.stockholmvattenochavfall.se/framtidensavloppsrening/ny-avloppstunnel/tunnelfakta/sa-byggs-tunneln/>

T

U

V

VOLVO, 2021

<https://www.volvoce.com/sverige/sv-se/swecon/products/excavators/#/all>

<https://www.volvoce.com/sverige/sv-se/swecon/products/wheel-loaders/l90h/>

W

X

Y

Z

Å

Ä

Ö

Sökord

Skrotning, skyddsskrotning, manuell skrotning, mekanisk skrotning, maskinell skrotning. Scaling, Scrapping, remote operating.

TEKNIKLÖSNINGAR FÖR SKYDDSSKROTNING

Många av de svenska vattenkraftverken har undermarksanläggningar i berg, och de måste regelbundet skyddsskrotas. Skrotningen görs i regel på handnära avstånd med skrotspett, men det kan även förekomma maskinskrotning med någon form av skrotningsaggregat som når ett större område. Vissa anläggningar har svåråtkomliga ytor, exempelvis bakom skärmväggar eller ovanpå sugrörskonstruktioner. Det kan vara en utmaning att genomföra skrotningen med tanke på arbetsmiljön och utan kostsamma avstängningar.

I projektet har tillgängliga tekniker och verktyg inventerats som skulle kunna användas för skyddsskrotning i vattenkraftens berganläggningar. Inspiration kommer från annan industri såsom gruvindustrin och från internationella vattenkraftsproducenter. Studien har även inkluderat tekniker och maskiner för att forsla ut bergmassor.

Ett nytt steg i energiforskningen

Energiforsk är en forsknings- och kunskapsorganisation som samlar stora delar av svensk forskning och utveckling om energi. Målet är att öka effektivitet och nyttiggörande av resultat inför framtida utmaningar inom energiområdet. Vi verkar inom ett antal forskningsområden, och tar fram kunskap om resurseffektiv energi i ett helhetsperspektiv – från källan, via omvandling och överföring till användning av energin. www.energiforsk.se