

Hållbara transporter inom mark- entreprenader med hjälp av energilagrar

Slutrappport

Författare: Stefan Hörnfeldt, Ulrika Franzén, Yvonne Nyman, Daniel Marklund, Robert Arvidsson, Markus Hällberg, Patrik Sundberg, Per Henriksson

Organisation: NCC Sverige AB, Skellefteå Kommun och Skellefteå Kraft AB

2023-06-15



Slutrappport av projektet ”Hållbara transporter inom markentreprenader med hjälp av energilagrar”

Sammanfattning

Inom ramen för InfraSwedens utlysning gällande lösningar för snabbare omställning till hållbar transportinfrastruktur har forskningsmedel erhållits från samarbetspartnern Vinnova. Medlen avsåg projektet Hållbara transporter inom markentreprenader med hjälp av energilager, vilket här slutredovisas i och med denna rapport. Projektet pågick mellan 2022-04-01 och 2023-05-31, som en del i exploateringsprojektet “Bergsbyns företagspark”.

Projektet har, genom att använda batteribaserade energilager i ett bredare perspektiv, studerat om och hur dessa kan underlätta elektrifiering av maskiner och transporter i bygg- och anläggningsprojekt. Utkomsten av studien har genererat både förväntade och oväntade resultat och gett stora kunskaper och förståelse om vad det innebär att elektrifiera en byggarbetsplats. Studien kan konstatera att energilager som system idag inte har tillräckligt hög mognadsgrad för att kunna fungera optimalt, vilket resulterar i stora driftstörningar. Det finns dock potential i tekniken i sig själv och utvecklingen av energilager går fort fram. Inom projektet har en 25 ton batterielektrisk grävmaskin, ett mobilt krossverk som var nätanslutet samt mindre elektrifierade maskiner använts. I projektet har fokus främst varit på de större maskinerna och de mesta lärdomarna och slutsatserna i rapporten kommer ifrån användning av de enheterna. Utöver att driva eller ladda större maskiner, har även energilager använts till att driva byggetableringen och mindre förbrukare såsom dränkpumpar och liknande utrustning.

Innehållsförteckning

1	Uppstart och policysammanställning (AP1)	6
2	Analys bästa praxis innovation och teknik (AP2)	7
2.1	Beskrivning av förutsättningar	7
2.2	Urval av energilagrar till studien	7
2.3	Resultat	9
3	Test på storskaliga fordon och arbetsmaskiner (AP3)	10
3.1	Beskrivning av genomförande	10
4	Användarbedömning (AP4)	14
4.1	Beskrivning utvärderingar	14
4.2	Hållbarhetsanalys	14
5	Dokumentation och resultatspridning (AP5)	19
5.1	Beskrivning dokumentering och spridning av erfarenheter	19
5.2	Aktiviteter	19
5.3	Lärdomar från genomförande av studien	19
5.4	Slutsatser	21
5.4.1	Sammanfattning av slutsatser	21
5.4.2	Planering och utvärdering	22
5.4.3	Användbarhet och resursutnyttjandegrad	22
5.4.4	Framtida utveckling	23
5.4.5	Hållbarhetsaspekter och juridik	23
2.1	Utförandebeskrivning	2
2.2	Genomförande	3
2.3	Resultat	5
2.4	Lärdomar	7
2.5	Rekommendationer till framtida användning	7

Inledning

Studien är genomförd som en del i exploateringsprojektet “Bergsbyns företagspark” (BF) som utförs i samverkan mellan Skellefteå Kommun och NCC Sverige AB. Exploateringen avser omvandling av skogsmark till industritomter och totalt handlar det om 25–35 tomter på mellan 4 000 och 10 000 m², med möjlighet att vid behov slå ihop tomter för att erbjuda flexibilitet. Hela arbetsområdet sträcker sig över cirka 38 hektar och utöver förberedande arbete med tomter, anläggs det även körvägar, gång- och cykelvägar, naturstigar, vatten/avlopp, gatubelysning med mera. Inom det projektet är målet att minska utsläppen från byggverksamheten så långt det går och fossilfrihet har eftersträvat i alla arbetsmoment där det varit möjligt. Redan tidigt i planeringen av BF har elektrifiering varit aktuellt och om batteribaserade energilager skulle kunna vara ett alternativ inom projektet.

Studien “Hållbara transporter inom markentreprenader med hjälp av energilager” genomförs inom projektet BF, med tre parter medverkande: Skellefteå Kommun, NCC och Skellefteå Kraft. Två olika typer av energilager har använts i studien och då utredningen har handlat om energilager som system, och inte produkt, nämner vi inte de enskilda tillverkarna vid namn, men lämnar referens till vilka som har försett projektet med utrustningen.

Studien har haft en arbetsgrupp bestående av medlemmar från de olika inblandade organisationerna. Från Skellefteå Kommun har Yvonne Nyman och Per Henriksson deltagit. Från NCC har Daniel Marklund, Markus Hällberg, Robert Pettersson samt Ulrika Franzén deltagit och från Skellefteå Kraft har Patrik Sundberg deltagit. Stefan Hörnfeldt, Cornerfield Consulting AB (tidigare anställd på NCC) har varit projektledare.

Projektgruppen har i huvudsak jobbat med att planera, följa upp och dokumentera aktiviteter/lärdomar kopplade till studien och användandet av energilager. Under studiens gång har det genomförts regelbundna möten för projektgruppen, där aktiviteter/händelser från förra mötet och planerade aktiviteter har avhandlats. Protokollen från de mötena har delvis även legat som underlag i denna slutrapport. Mötena har i huvudsak genomförts digitalt via Teams månatligen mellan oktober 2022 och mars 2023.

Det har även funnits en styrgrupp med representanter från projektägarna, vilka har genom förbestämda möten fått avrapporteringar från projektgruppen om statusen i studien. Styrgruppen har även fungerat som kontrollgrupp för slutrapporten.

Styrgruppen har bestått av:

- Karin Degerfeldt - Skellefteå Kommun
- Urban Burlin – NCC
- Ulrika Franzén - NCC
- Patrik Sundberg - Skellefteå Kraft AB

Styrgruppen har haft digitala möten via Teams vid följande datum:

2022-08-31, 2022-11-13, 2022-12-21, 2023-01-27, 2023-04-21

Under projektets gång har det även förekommit andra aktiviteter i syfte att skapa goda förutsättningar för att leverera bra och kvalitativa resultat inom projektet. Studien inleddes med en startworkshop/kick off, där medlemmar deltog från projektgruppen, styrgruppen och personal i produktionsteamet inom projektet Bergsbyns företagspark. Startworkshopen genomfördes 2022-05-03 i Skellefteå.

En utbildning i hållbarhet hölls i oktober 2022 för projektdeltagarna av Ulrika Franzén. Vid samma tillfälle genomfördes workshop 1, vilken lade grunden till efterföljande workshoppar och erfarenhetsinsamling. Utbildningen och workshoppen genomfördes i Skellefteå, samt digitalt via Teams.

En erfarenhetsworkshop genomfördes i februari 2023 kopplat till den batterielektriska grävmaskinen, det elektrifierade krossverket och energilagren, hos NCC i Skellefteå. Vid workshoppen deltog – likt upplägget vid startworkshopen – medlemmar från projektgruppen, styrgruppen och produktionspersonalen. En stor del av de lärdomar och slutsatser som är upptagna i denna slutrapport kommer från den workshoppen. En generell uppfattning av deltagarna var att det framkom mycket ny och värdefull kunskap vid det tillfället. Workshoppen genomfördes hos NCC i Skellefteå och även digitalt via Teams.

I slutet av mars 2023 hölls en slutworkshop där även deltagare från forskningsprojektet “Electric worksite II” deltog. Båda projekten presenterade sitt arbete för varandra och erfarenheter av elektrifierade maskiner och energilagrar utbyttes på ett konstruktivt sätt. Det konstaterades från bägge projekten att det fanns många likheter gällande lärdomar och erfarenheter mellan projekten, som till stor del kan bekräfta denna rapportens slutsatser och resultat. Mötet skedde hos NCC i Skellefteå, samt via Teams.

Utöver nämnda möten ovan, har även energilagren haft en betydande roll i planeringen för exploateringsprojektet, Bergsbyns företagspark. Via byggmöten och andra former av planeringsaktiviteter har det arbetats med studien löpande. Protokoll och annan dokumentation från dessa möten finns inte inkluderat i denna rapport, men erfarenheter och andra viktiga lärdomar har förmedlats in i studien genom projektmöten eller via workshoppar.

Via de två leverantörerna av energilagrar, Vattenfall och SKE Kraft, har kontinuerlig erfarenhetsåterföring skett med tillverkarna av energilagren. De lärdomar och erfarenheter studien har erfarit och också kommit tillverkarna till gagn via den erfarenhetsåterföringen. Utöver den fortlöpande återkopplingen till tillverkarna, hölls 2023-01-30 ett separat erfarenhetsåterföringsmöte (digitalt via Teams) med Vattenfall och tillverkaren av det mindre energilagret. Mötet gav många bra insikter hos både deltagare i detta projekt, likväl som hos Vattenfall och tillverkaren av energilagrar.

Studien är uppdelad i olika arbetspaket (AP) och för att göra slutresultatet mer läsbart och förståeligt, är slutrapporten indelad i två delar. Första delen beskriver arbetet med arbetspaketen och andra delen beskriver lärdomar och slutsatser från det genomförda

arbetet. De olika arbetspaketen går in i varandra så för att undvika upprepningar och missförstånd, har vi konstaterat att en samlad beskrivning av alla arbetspaket ger bästa förutsättningar för slutrapporten.

Det ska än en gång belysas att även om denna slutrapport handlar om specifikt batteribaserade energilagrar, har det inom huvudprojektet erhållits betydande kunskaper och erfarenheter förutsättningar för användning av elektriska bygg- och anläggningsmaskiner, vilket endast delvis inkluderats i denna rapport. Mycket av den kunskapen kommer att publiceras tillsammans med slutrapporten på en specifikt skapad hemsida som kommer att vara ett bra kunskapsunderlag för andra som vill veta mer om vad elektrifiering av byggarbetsplatser och transporter innebär i praktiken.

1 Uppstart och policysammanställning (AP1)

Att sträva mot så låg klimatpåverkan från projektet som möjligt har varit en genomgående ambition, från start. För att kunna säkerställa att relevanta åtgärder vidtas och att de har önskad effekt har klimatkalkylberäkningar genomförts i olika skeden.

I syfte att undersöka om elektrifiering av byggprocessen bidrar till förändring av andra parametrar inom hållbarhetspektrumet har även en övergripande hållbarhetsanalys genomförts, vars metodik har sin utgångspunkt i SCORE-modellen (Rosén, et al, 2015¹). Tillämpningen av modellen och erhållna resultat redovisas i senare avsnitt av denna rapport. Tillika redovisas beräknad klimatbesparing som erhålls genom ersättande av bränsle drivna maskiner med elektrifierade motsvarigheter.

I hållbarhetsanalysen görs en jämförelse mellan om maskiner körs på fossil diesel eller på förnybar el med hjälp av batteri i kombination med laddningsstöd från energilager, utifrån ett antal olika parametrar utöver klimatpåverkan, som täcker in alla tre dimensionerna av hållbarhet.

Ekonomiska kalkyler för elektrifierade maskiner har genomförts fortlöpande under hela projektets gång. Tillgången på elektrifierade maskiner och transportfordon har varit mycket begränsad och det har endast varit 2 större maskiner driftsatta på arbetsplatsen. Tidiga ekonomiska kalkyler visade på att med hänsyn tagen till aktuell kostnad för el, var totalkostnaden för dessa maskiner i paritet med likvärdiga fossildrivna. Det skall nämnas att vid tidpunkten för projektstart, var det mycket oroligt på energimarknaden och stora prisvariationer skedde från dag till dag.

¹ Rosén, L., Back, P., Söderqvist, T., Norrman, J., Brinkhoff, P., Norberg, T., Volchko, Y., Norin, M., Bergknut, M., Döberl, G. (2015). SCORE; A novel multi-criteria decision analysis approach to assessing the sustainability of contaminated land remediation. *Science of the total environment*, 511, 621–638. doi:10.1016/j.scitotenv.2014.12.058

2 Analys bästa praxis innovation och teknik (AP2)

2.1 Beskrivning av förutsättningar

Energilagrar är en relativt ny produkt på marknaden och dokumenterade tidigare erfarenheter som skulle kunna vara relevanta för projektet är begränsade. Den mesta kunskapen om användningsområden och andra tillämnningar bygger på information från tillverkare och leverantörer, inte användare. Analys av byggarbetsplatsens behov bygger på de elektriska maskiner som var tillgängliga vid studiens inledning. De förutsättningarna lade grunden till vidare utvärdering av vilken typ av energilagrar som var aktuella och hur de skulle användas på byggarbetsplatsen.

Hållbarhetsanalysen, som syftar till att dokumentera hållbarhetsparametrar för alternativa maskin- och fordonsparker i projektet, genomförs som en multikriterianalys (mka) av hur olika aspekter inom hållbarhet påverkas av olika alternativ för användning av energilagrar och arbetsmaskiner i entreprenaden. Metodiken baseras på SCORE-modellen. Utifrån projektets syfte – att undersöka energilagrarers möjligheter att underlätta elektrifiering av transporter och arbetsmaskiner – har tre scenarier planerats för hållbarhetsanalysen:

- Konventionell entreprenad utan energilagrar eller elektrifierade maskiner, vilka då antas drivas av fossila bränslen
- Maskiner elektrifieras, men har inget laddningsstöd av energilagrar
- Maskiner och transporter elektrifieras och har stöd i långtidsanvändning av energilagrar för laddning

Scenarierna jämförs mot ett nollalternativ som innebär att inget entreprenadarbete utförs.

Det första scenariot bygger framförallt på erfarenhetsbaserade kunskaper medan scenario två och tre även inkluderar fallstudie från Bergsbyns Företagspark. Utfall och genomförande i entreprenadprojektet kommer därmed att ha inverkan på förutsättningarna för genomförande av analysen av de olika scenarierna.

Elektrifieringens bidrag till reducering av klimatpåverkande gaser kommer att mätas, genom använd mängd elenergi, och beräknas med utgångspunkt i de tre scenarierna ovan och utifrån beräkningsmetodik i Trafikverkets Klimatkalkylmodell. De ekonomiska parametrarna i hållbarhetsanalysen kommer baseras på entreprenadens kostnader och de sociala aspekterna utgår från relevanta arbetsmiljöfaktorer som till exempel buller.

2.2 Urval av energilagrar till studien

Det finns endast en begränsad tillgång på leverantörer av energilagrar, samt att det är långa leveranstider, vilket innebär att urvalet av energilagrar föll på de leverantörer som hade enheter att leverera inom den tänkta projektiden. Inom exploateringsprojektet (Bergsbyns företagspark) har det dock diskuterats energilagrar ända från projektstart. Detta innebär att vi redan hade bra kontakter med tilltänkta leverantörer och om hur deras

teknik fungerar. För denna studie valdes två lite olika typer av energilagring. Ett lite mindre som gick att flytta med hjälp av en pickup (fortsättningsvis i rapporten kallat Typ 2) och ett lite större som fortfarande går att flytta runt inne på arbetsplatsen, men kräver en större lastmaskin för att orka lyfta enheterna (fortsättningsvis i rapporten kallat Typ 1). Det mindre, men mer mobila, energilagret levererades av Vattenfall och det större energilagret levererades av Skellefteå Kraft, vilka de senare också är deltagare i studien. Energilagren kunde projektet hyra under projektiden, vilket var en fördel då det är det vanligaste sättet inom bygg- och anläggningsprojekt att rekvirera utrustning som inte används dagligen.



Bild 1 Det mindre energilagret (Typ 2) monterat på släpvagn. Foto: Daniel Marklund



Bild 2 Det större energilagret (Typ 1) utgörs av separata batterimoduler ihopkopplade med styrenheten, i detta fall, en batterimodul tillkopplad. Foto: Stefan Hörfeldt

Det mindre energilagret är placerat på ett släpvagnschassi och går att dra efter en större pickup. Tanken är att det snabbt skall gå att flytta runt till dit det behövs bäst, utan att behöva använda tunga fordon som lastbil eller hjullastare. Effekten i det mindre energilagret bedömdes också vara tillräcklig för projektets behov med tanke på att enheten är mycket mobil.

Det större energilagret består av en styrenhet och separata batterienheter. Inom projektet gjordes bedömningen att en batterienhet (280 kWh) mer än väl skulle täcka behovet inom projektet.

Hela konceptet med de två olika energilagren var att de skulle komplettera varandra och möjliggöra olika typer av elektrifiering. Det mindre energilagret går snabbt att flytta runt och är tillräckligt kraftigt (30 kW uteffekt) för att kunna driva mindre maskiner under en längre tid (100 kWh). Det större energilagret har hög kapacitet (230 kW uteffekt) vilket möjliggör snabbbladdning av tyngre maskiner och fordon. I detta läge undersöktes även möjligheten att driva krossverket, eller delar av krossens funktioner, för att se om vi kunde klara av en lägre effekt i nätanslutningen.

2.3 Resultat

Efter genomfört startmöte och kickoff för projektet i maj 2022, beställdes de två energilagren. Båda energilagren planerades att levereras till byggarbetsplatsen efter semesterperioden.

Analys av förutsättningar byggarbetsplatsen gav att båda energilagren förväntades komma till användning under hela projekttiden. I det större energilagret sågs det potential att driva högförbrukare, till exempel snabbbladdning av den elektriska grävmaskinen eller ansluta mot mobila krossverket. Det mindre energilagret förväntades vara enklare att flytta runt och kan direkt ersätta fossildrivna elverk för att driva pumpar och annan liknande utrustning.

Tidigt identifierade användningsområden:

- Laddning av fordon/anläggningsmaskiner
- Möjligt att koppla solcellsanläggning till energilagrar
- Drift av pumpar och liknande utrustning
- Hantera effekttoppar mot nätanslutningen
- Laddning av mindre maskiner/handverktyg
- Inkopplat mot mobilkrossen

3 Test på storskaliga fordon och arbetsmaskiner (AP3)

3.1 Beskrivning av genomförande

Innehåll: Tidslinje (beskrivande i text) om de olika aktiviteter vi gjort. Hur vi har planerat för att använda energilagren och vilken nytta de skulle göra i de olika användningsområdena. Beskriv hur processen med el-ansluta mobilkrossen och vilken potential vi såg i energilagrar för den applikationen. El-grävmaskinen, beskriv problematik med drifttiden och hur energilagrar skulle kunna hjälpa till (vid rätt tillfälle). Addera även vad vi ser som ”bättre” lösning på problematiken hämtat från underlagen vid Workshop 2. Beskriv problematiken med funktionaliteten hos energilagren och hur det påverkar planering och genomförande (framförallt tidsproblematiken att vi fått vänta länge på att få dem att fungera). Inkoppling mot etablering.

Redovisa möten (byggmöten och andra möten som på något sätt kan kopplas till projektet) både planerade och oplanerade.

Nedan följer en redogörelse från produktionspersonalen i Bergsbyns företagspark. Redogörelsen beskriver inte alla aktiviteter utförda i studien, men ger en bra blick om händelser vid olika tidpunkter och vad de händelserna har resulterat i. Texten är hämtad från dagboksnoteringar och anteckningar från arbetsplatsen. Denna metod för redovisning har valt för att visa hur produktionsteamet kontinuerligt och hanterat och integrerat elektrifieringsfrågorna i det dagliga arbetet, vilket renderat en gedigen kunskapsupbyggnad och arbetserfarenhet hos alla medarbetare.

Typ 2 energilagret anlände till arbetsplatsen den 2022-09-15. Vid leverans följde inte några kablar med för att kunna ansluta energilagret till laddning. Inom projektet blev vi tvungna att införskaffa kablar själva.

Energilagret är försett med 125 A laddningsuttag, vilket är utmanande att hitta på en arbetsplats och långa transporter till laddningspunkt kan bli problem.

Energilagrar typ 2 skulle bland annat användas till att stödladda batterigrävmaskinen dagtid vid raster för att få 8 tim drift. Driva pumpar vid länshållning av vatten i VA-schakter. Laddning av småmaskiner vid behov och liknande användning. Laddning av energilagret planerades att utföras nattetid då elpriset vanligen är lägre.

Vi konstaterar ganska snabbt att släpvagnstrailern som energilagret är monterad på blir svår att dra runt på vår arbetsplats pga av dåliga markförhållanden/transportvägar. Energilagret demonterades från släpvagnstrailern 2022-10-03. Arbetet med det tog ca 30 minuter och energilagret är förberett med gaffelställ för att kunna flyttas med hjullastare, vilket var att föredra i vårt fall.

Genomgång Energilagret med Joakim Aspe 22-10-10. Ca 2 tim genomgång av energilagret innan användning.

När vi lyckades att ladda upp energilagret så testade vi det 2022-10-12 till att driva dränkpumpar och att ladda el-grävmaskin Cat 320 Z-Line under luncherna.

Tyvärr så hann vi inte testa energilagret så mycket eftersom vi kom igång med det så sent på hösten då det började bli kallare ute. Energilagret har inbyggt uppvärmningssystem som ska värma upp lagret. Energilagret kan inte laddas om det inte är 5 grader. Vi testade att ladda upp det men lagret blev aldrig nog varm för att kunna ta emot ström.

Energilagret flyttades till NCC:s lokaler på Brogatan i Skellefteå för att komma inomhus i värme. För att kunna ladda från 16A uttaget i de lokalerna behövdes en övergångskabel från 125-16A tillverkas.

22-11-17: Joakim Aspe kom upp till Skellefteå och försökte att få i gång laddning av energilagret. Han kopplade upp energilagret så tillverkaren kunde kontrollera ev felmeddelanden. Man misstänker att det var förvärmningen av batterierna som var ur funktion. Displayen började att ”lagga” mm. Efter att han försökt hela dagen att få i gång lagret så bestämdes det att vi skulle skicka tillbaka energilagret till tillverkaren.

Återlämning lilla energilagret 23-01-23.

Mobilt El-Krossverk: Användning av Typ 1 energilagret till strömförsörjningen ”uppstart” av krossverket.

Möten Elektrifiering kross 8 st 30/9 – 28/10 med NCC, Energi Service, Skellefteå Kraft, Anderssons Grus, Nord Electro, CornerField

Viktiga punkter: Hur kan vi använda det ”stora energilagret” till krossen? Hur mycket ström behöver krossverket? Finns den mängden ström inom rimligt avstånd, hur lång tid tar det att etablera mängden ström som behövs? Hur drar vi fram den mängden ström? Sitter effektbrytare i Krossverket eller ska den sitta i elskåpet? Finns det att hyra ett elskåp av rätt storlek för att klara av alla 5 st inkommande och 3 st utgående matarkablar och 1250 A säkring? Några månader leveranstid på ett nytt skåp! Vem beställer inkommande matarkablar, antal meter? Vem drar fram kablar från Transformatorstation till det stora elskåpet och vem kopplar in dessa? Vem beställer utgående kablar till krossverket 3 st x 50 m. Vem kopplar in utgående kablar 3 st från stora elskåpet till krossverket?

Energilagret Typ 1 levererades till arbetsplatsen i mitten av september 2022. Det har lidit av såväl tekniska problem, avsaknad av kablage och annat. Omfattande arbetsinsatser har genomförts för att få det att fungera. Till slut har energilagret driftsatts genom att koppla in det mot byggetableringen för att driva byggbodarna utan nätanslutning.

De problem som varit med att få energilagret att fungera har i huvudsak handlat om att de tillbehör som behövs för att ansluta energilagret mot en förbrukande enhet, varit specialkomponenter. Det handlar i huvudsak om kablar mellan energilagret och kopplingskåpet enheten anslutes till. Även kopplingskåpet har varit en utmaning att få fram, med lång leveranstid som följd. När väl kablar och kopplingskåp funnits på plats, har energilagret haft tekniska problem relaterade till kylan utomhus. Det har inneburit att

laddning av energilagret inte gått att genomföras utomhus utan behövs transporteras till inomhusanläggning, vilket är synnerligen opraktiskt för ett bygg- och anläggningsprojekt.



Bild 3: Bilden visar kopplingskåpet tillhörande Typ 1 energilager

Nedan följer en rapport från arbetet med att koppla ihop byggetableringen och energilager Typ 1.

Batterier på byggetablering:

Etableringen på Bergsbyns företagspark består av ett antal manskapsbodas och baracker för personaldelar, kontor och omklädningsrum samt verkstad/snickeri och förråd.

Uppvärmning och varmvatten produceras elektriskt som i de flesta andra fall.

Denna etablering är ansluten till 63A huvudsäkring och den årlige energianvändningen ligger på 42 600 kWh.

Vi har installerat batterilagret mellan anslutningspunkten och första elcentralen.

Vi har gjort två tester.

Först provade vi att köra ”peak-shaving” vilket var mycket enkelt.

Vi kunde sätta ned maxström till 20 A och klara alla toppar över det med batteriet och med den inställningen tappade inte batteriet sin laddnivå över tid.

Det andra testet var att vi provade köra etableringen helt "Off-Grid" dvs helt utan anslutning till nätet.

Även detta var enkelt utfört. Det finns dock en sak som lätt missas när man växlar mellan dessa två lägen och det är att det krävs en egen jordning av systemet vid off-grid körning. Batteriets hög effekt gör också att den jordningen måste vara grövre än vad vi vanligtvis hanterar. (70 mm²)

Batteriet klarade ett dygn helt utan anslutning till nätet och då sjönk laddnivån från 85 % till 20 %.

4 Användarbedömning (AP4)

4.1 Beskrivning utvärderingar

Ursprunglig tanke med detta arbetspaket var att tydligt redovisa både ekonomiska och miljömässiga kalkyler baserade på arbetet i studien. Den höga graden av tekniska problem med bägge energilagren omöjliggör en utvärdering av de ekonomiska kalkylerna. Dock har den höga graden av elektrifiering inom projektet medfört att det finns underlag för att göra en analys av förutsättningarna för ökad hållbarhetsprestanda.

4.2 Hållbarhetsanalys

Då hållbarhetsanalysen utgår från erfarenheter erhållna i exploateringsprojektet har analysens scenarier behövt justeras med anledning av att energilagren inte kunnat användas på det sätt som initialt var planerat. En av många viktiga insikter som erhållits i projektet är vikten av tidigare erfarenhet och tidig arbetsplanering. Med utgångspunkt i de lärdomar och slutsatser som testerna gett, har scenarierna justerats därefter, både vad gäller hållbarhetsanalysen och klimatberäkningen.

Initialt planerades tre andra scenarier (se AP 2), men med anledning av framförallt stora förändringar rörande möjligheterna att testa energilagren som stöd för de elektrifierade maskinerna, har scenarierna modifierats utifrån de lärdomar och kunskaper som erhållits inom projektet. Då det inte finns tillräckliga data för att kunna analysera effekten av långtidsanvändning av energilagrar har denna faktor dämpats i hållbarhetsanalysen och i stället har en annan faktor lyfts högre – erfarenhet av elektrifiering – då denna identifierats som ytterst relevant för ett projekts resultat avseende elektrifiering.

I kalkylen av klimatreduceringspotentialen för entreprenaden har elektrifiering av bergkross samt grävmaskin inkluderats. De är några av de största användarna av energi, i form av flytande drivmedel eller el, och utgör de tyngre maskiner som var tänkta att testas i förhållande till forskningsprojektets utvärdering av energilagrar.

Hållbarhetsanalysen har av samma skäl inkluderat att de två tunga maskinerna använder olika typer av energi, utifrån tre olika scenarier:

- fossil diesel
- förnybar el med hjälp av batteri, som projektet fungerat idag
- förnybar el med hjälp av batteri, som ett projekt med mer erfarenheter och kunskap om elektrifiering skulle kunna fungera

De två olika alternativen för batteridrift inkluderas då det har framkommit vara av betydelsefull inverkan på den samlade hållbarhetsbedömningen, särskilt vad gäller den sociala dimensionen.

Användningen av el som energibärare för bergkrossmaskinen samt för grävmaskinen har inneburit en reduktion av utsläpp av klimatpåverkande gaser. Då ingen EPD för levererad

el funnits tillgänglig har Trafikverkets generiska data för förnybar elproduktion använts för beräkningen (Klimatkalkyl 7.0). Data för förnybar el, och inte elmix, valdes eftersom levererad el producerats med hjälp av vattenkraft, vindkraft och biobränslen (leverantörens uppgift).

Under den del av tiden som bergkrossen kunde köras på el användes drygt 28 MWh, uppmätt som verklig energianvändning. Den elektriska grävmaskinen använde totalt knappt 22 MWh. Genom att använda förnybar el i stället för diesel för drift av dessa typer av maskiner har utsläppen av klimatpåverkande gaser minskat med över 99 procent, se tabell 1:

Maskintyp	Elanvändning, MWh	Utsläpp el, ton CO ₂ e	Reduktion, ton CO ₂ e
Bergkross	28,5	0,34	19
Grävmaskin	21,7	0,26	33
TOTALT	50,2	0,60	52

Tabell 1. Energianvändning och utsläpp från bergkross och grävmaskin och reduktion i jämförelse med dieseldrift

Ovanstående uppgifter har inkluderats i den bedömning av hållbarhetsaspekter vars resultat presenteras nedan. Utöver klimatpåverkan har även föroreningar, arbetsmiljö samt utförandekostnader beaktats för att täcka ett tredimensionellt hållbarhetsperspektiv.

Det som inkluderats i hållbarhetsanalysen är huvudsakligen bergskrossens elektrifieringsdel samt den elektriska grävmaskinen. För dessa har utförande med fossil diesel jämförts med utförande med hjälp av batteridrift och förnybar el; både ur ett kunskapsläge såsom projektet arbetat utifrån och ett kunskapsläge där mer erfarenheter av elektrifiering erhållits.

De olika parametrarna och scenarierna har analyserats med utgångspunkt i en förenklad version av SCORE-modellen, anpassad efter projektets förutsättningar och komplexitet. Samtliga parametrar har erhållit ett värde från 0 (ingen negativ påverkan) till -3 (mycket stor negativ påverkan). Eftersom grundalternativet som samtliga scenarier jämförs mot är att ingen åtgärd vidtas kan ingen parameter erhålla ett positivt resultat.

För området **Klimat** har de alternativa scenarierna bedömts utifrån hur stora utsläppen av klimatpåverkande gaser är vid användning av maskinerna (inklusive produktion av drivmedel respektive el). Här faller det fossildrivna alternativet ut mycket negativt till förmån för de elektrifierade.

För området **Föroreningar** har bedömningen skett utifrån risk för läckage till mark/vatten av miljöpåverkande ämnen och mängder emissioner till luft av farliga ämnen, utöver klimatpåverkande gaser. För den första parametern har fossildrivna maskiner fallit ut sämre än elektrifierade då det innebär mer omfattande hantering av diesel, motorolja med mera, även om elektriska maskiner, liksom fossildrivna, innebär användning av hydraulolja. Även utsläpp av miljö- och hälsopåverkande gaser i form av reglerade ämnen (NO_x, partiklar, CO samt HC) är störst för scenariot med fossildrivna maskiner. Elektriska maskiner har inga sådana lokala emissioner till luft och får därför bedömningsvärdet 0.

Inom området **Arbetsmiljö** har dels buller dels rutiner och stress bedömts. I parametern för buller ingår både maskinens buller och det buller som uppstår vid hanteringen av det material som bearbetas då båda dessa bullerkällor drabbar de som arbetar i närheten. Då elektrifieringen antas innebära så pass mycket lägre buller från maskinen har dessa två scenarier fått värdet -1. När det gäller rutiner och stress vägs nya förutsättningar och arbetssätt in och om scenariot innebär mer komplexa uppgifter och kräver mer omfattande eller ny kunskap som kan innebära stress. Här faller fossilbränsleledning ut som mest positivt då det är business-as-usual. Elektrifiering, med den kunskapsbas och erfarenhet som finns idag innebär en ökad stressituation och nya sätt att planera och genomföra arbetet samt "ladd-ångest". Då denna aspekt kommer att minska med ökad tillämpning, där såväl projektledning som förare bygger medvetenhet och nya planeringsmetoder, är det stor skillnad mellan scenariot för elektrifiering idag (-3) och elektrifiering om ett antal år (-1).

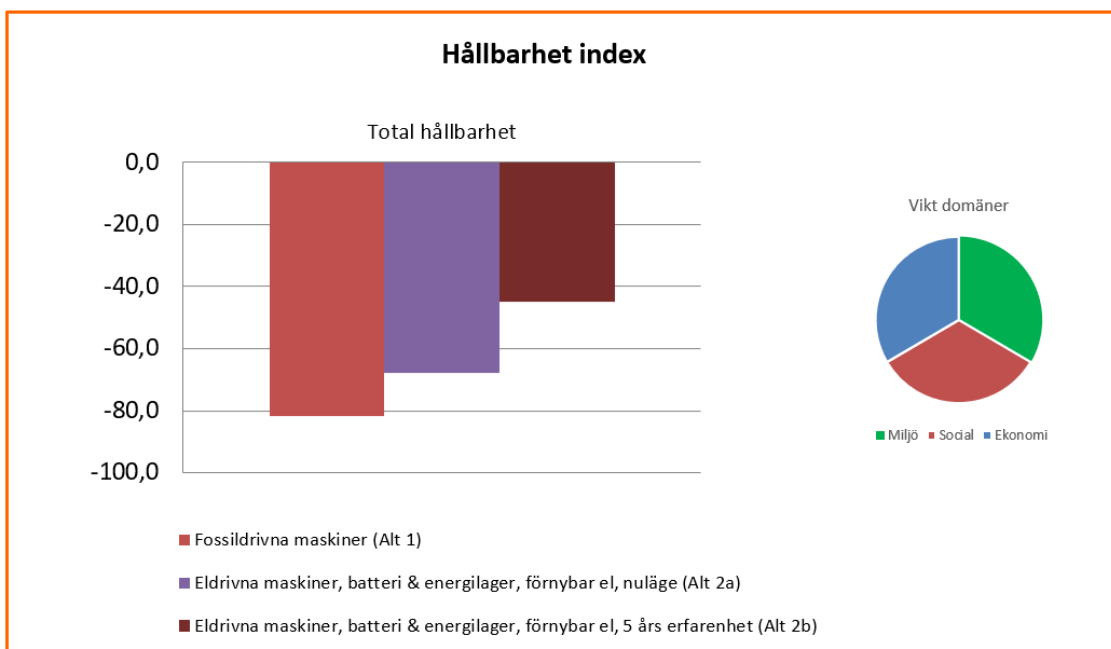
Det fjärde området, **Utförandekostnader**, handlar om hållbarhetsdimensionen ekonomi. Här har fyra olika parametrar bedömts: planerade kostnader för maskiner, planerade drivmedels- och elkostnader, planerade kostnader för drivmedels- och elförsörjning samt oplanerade kostnader. Samtliga kostnader är uppskattningar och bygger inte på exakta data, men baseras på projektets förutsättningar och ungefärliga utfall. Här jämförs de olika scenariernas parametrar mot varandra så att en kostnad som antas vara tre gånger högre i ett fall kommer att få tre gånger sämre bedömningsvärde. Om alla tre scenarierna skulle ha samma antagna kostnad kommer alla tre få -3 i sitt utfall.

I Tabell 3 syns de bedömningsvärderingar som är inkluderade i resultatet. Det är de individuella bedömningarna för respektive parameter. Här har ännu inga sammanvägningar ännu gjorts, men viktningen som kommer att tillämpas är angiven i de grå kolumnerna. Här har Miljö, Social och Ekonomisk dimension värderats lika högt, varvid de viktats till 33 procent vardera. Även inom respektive dimension har viktningar gjorts av de olika områdenas ingående parametrar. Till exempel har Klimat viktats högre än Föroreningar (80 respektive 20 procent) men de olika parametrarna inom Föroreningar (läckage till mark och/eller vatten samt emissioner till luft, reglerade ämnen) har viktats lika högt i förhållande till varandra.

Dimension	Vikt dimension (%)	Område med parametrar	Vikt område och parametrar	Alternativ och respektive poäng		
				Fossildrivna maskiner (Alt 1)	Eldrivna maskiner, batteri & energilagrar, förnybar el, nuläge (Alt 2a)	Eldrivna maskiner, batteri & energilagrar, förnybar el, 5 års erfarenhet (Alt 2b)
Miljö	33%	Klimat	80%	-3,0	0,0	0,0
		CO ₂ e utsläpp under maskin användning (förbrukning och tillverkning av eldrivmedel)	100%	-3,0	0,0	0,0
		Föroreningar	20%	-2,5	-0,5	-0,5
		Läckage till mark och/eller vatten	50%	-3,0	-1,0	-1,0
		Emissioner till luft (reglerade ämnen)	50%	-2,0	0,0	0,0
Social	33%	Arbetsmiljö	100%	-1,5	-2,0	-1,0
		Buller	50%	-3,0	-1,0	-1,0
		Rutiner och relaterad stress	50%	0,0	-3,0	-1,0
Ekonomisk	33%	Utförandekostnader	100,00%	-1,8	-2,6	-2,1
		Planerade kostnader maskiner	35,00%	-3,0	-2,4	-2,4
		Planerade drivmedelskostnader, elkostnader	10,00%	-3,0	-0,6	-0,6
		Planerade kostnader relaterade till tillgång till diesel och elförsörjning inkl ev energilagrar	20,00%	-0,6	-3,0	-2,4
		Öplanerade kostnader	35,00%	-1,0	-3,0	-2,0
Summa vikter Miljö			100%			
Summa vikter Social			100%			
Summa vikter Ekonomi			100%			
Kontroll total			100%			

Tabell 2 Sammanställning av hållbarhetsparametrarnas ingående värderingar inför beräkningsresultat

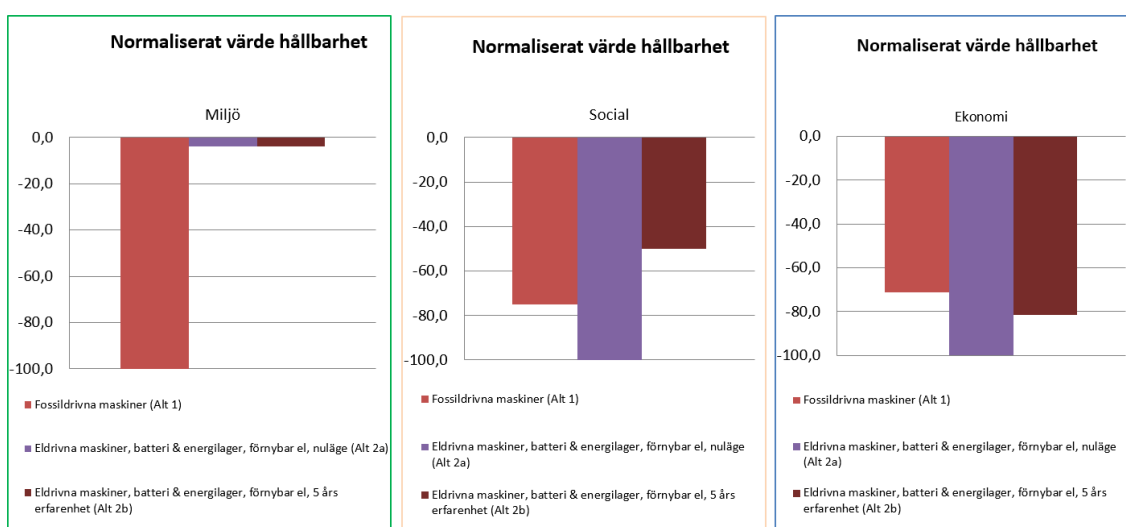
När bedömningsvärderingarna adderas samman kan ett hållbarhetsindex för de jämförda alternativen, med utgångspunkt i förhållande till ett nollalternativ, beräknas – se Figur 1. I figuren är de bedömda värdena indexerade till ett värde mellan 0 och -100, som speglar den negativa inverkan som respektive parameter har i förhållande till om inget arbete utförs med någon arbetsmaskin (nollalternativet).



Figur 1 Hållbarhetsindex, normaliserat värde, för de jämförda alternativen

➔ Det är viktigt att noga beakta de ingående parametrar och viktningar som resultatet bygger på för att kunna tolka resultatet.

Vid en omviktning, till exempel om Klimat skulle värderas högre än Ekonomi, skulle ett helt annat utfall kunna genereras. När alla dimensioner av hållbarhet viktas lika högt får arbetsmiljöaspekten med ökade krav på planering och nya arbetssätt för maskinföraren ett stort genomslag på resultatet. Likaså har de oplanerade kostnaderna vid elektrifiering en betydande inverkan på den samlade bilden. Detta framgår tydligt när respektive dimension betraktas i Figur 2, nedan. Inom dimensionen Miljö är det tydligt att de elektrifierade alternativen har en helt dominerande fördel framför det fossildrivna alternativet, medan bilden ser annorlunda ut för de andra två dimensionerna.



Figur 2 Hållbarhetsindex, normaliserat värde, för respektive dimension

Med ökade erfarenheter och mer standardiserade erbjudanden och möjligheter för infrastruktur som krävs för elektrifierade arbetsplatser, däribland energilagrar, kan hållbarhetsindex sannolikt förbättras ytterligare för de elektrifierade alternativen.

Genom att göra en samlad bedömning av hållbarhetsparametrar som påverkar de olika alternativ ett projekt har att ta ställning till kan viktiga faktorer belysas. Det kan fungera som stöd vid planering, upphandling och genomförande av entreprenadarbeten och som kunskapsbas vid erfarenhetsåterföring till kommande projekt.

5 Dokumentation och resultatspridning (AP5)

5.1 Beskrivning dokumentering och spridning av erfarenheter

Inom arbetspaket 5 sammanställs dokumentation av projektet och dess resultat samt planeras och genomförs aktiviteter för att sprida dessa resultat. Syftet är att sprida kunskap och erfarenheter för att på så vis förbättra förutsättningarna för andra entreprenadprojekt som planerar att arbeta med elektrifiering av bygg- och anläggningsprojekt.

5.2 Aktiviteter

Vid alla möten, workshoppar med mera inom projektet har erfarenheter och kunskaper från projektgenomförandet spridits mellan alla deltagare. Det innebär att erfarenheter har fortlöpande förmedlats såväl internt i projektet, som externt till underentreprenörer eller andra deltagande organisationer. En hemsida med samlade kunskaper från vad elektrifiering innebär har skapats som bygger på erfarenheter från Bergsbyns Företagspark. Där kommer även denna slutrapport att finnas tillgänglig. Utöver det kommer respektive deltagande organisation sprida slutrapporten inom den egna organisationen och även externt mot andra relevanta organisationer som kan vara intresserade av resultaten från detta projekt.

5.3 Lärdomar från genomförande av studien

Att bedöma storleken och relevant effekt för energilagrar för att vara funktionella på en specifik arbetsplats är komplicerat, då kunskap om energibehov för de fordon och maskiner som ska använda energilagret är begränsad.

Utbudet av energilagrar är mycket begränsat och tillgängligheten på marknaden är låg. Tillgången till erfarenheter från liknande användning är näst intill obefintlig och utvärdering av olika tekniker sker utifrån information levererad av tillverkarna och leverantörerna.

Leveranstiderna för energilagrar är långa och införskaffning av enheter bör ske i mycket god tid, betydligt längre än vad som är vanligt förekommande för hyrmaskiner och liknande utrustning. Det krävs ofta specialiserade tillbehör, främst anslutningskablar, som i dagsläget inte går att få tag i på annat sätt än att direkt beställa från tillverkare, med mycket långa leveranstider och även höga kostnader som följd.

Att hyra ett energilagrar i dagsläget innebär att hyra en komponent i en större helhet. För att få det att fungera, behöver lagret kombineras med andra produkter såsom kablar, som har lång leveranstid och kräver specialistkunskap vid beställning och hantering.

De energilagrar som användes i studien var inte fullt anpassade till det klimat där projektet genomfördes. De klarade inte att ladda vid lägre temperaturer än 5 plusgrader, vilket

innebar att de var näst intill obrukbara vintertid. För att kunna återladda energilagren var de tvungna att flyttas inomhus till en uppvärmd lokal, vilket kraftigt minskade flexibiliteten.

Energilagren har möjlighet att återladdas med höga effekter, men tillgänglig effekt på byggarbetsplatsen är oftast betydligt lägre. Vid laddning från anslutningspunkt med lägre tillgänglig effekt krävs det att laddningseffekten i energilagret justeras ned till att matcha den säkring eluttaget har. Om det hade fungerat per automatik hade praktisk användning underlättats. I stället behöver övergångskablar tillverkas specialanpassat till den specifika anslutningen, för att kunna ansluta energilagret till det lägre strömuttaget. Ett annat alternativ är att tillverka ett flertal övergångsadaptrar som möjliggör anslutning till det lägre uttaget stegvis.

Byggströmsanslutningar generellt saknar möjlighet att mäta förbrukning timme för timme, vilket gör det mycket svårt att beräkna möjligheter till besparingar genom att återladda energilagrar till lägre kostnader nattetid. Om energilagrar ansluts till en högförbrukare, till exempel ett mobilt krossverk, krävs det att energilagret har potential att klara hela effektbehovet. Även om energilagret och nätanslutningen tillsammans har tillräckligt hög effekt, måste ändå energilagret klara av att hantera den totala effekten krossverket behöver.

Vägar på byggarbetsplatser är ofta anlagda för större maskiner. Att dra runt ett tungt släp efter en pick-up visade sig vara mycket utmanande. Det var därför enklare att flytta runt det mindre energilagret med hjälp av en hjullastare än att ha det kvar på släpvagnen. Energilagrar som har hög tyngdpunkt, i vårt fall det mindre av de två, kräver jämna och plana uppställningsytor för att inte riskera att välta och därmed riskera orsaka allvarliga olyckor. Transport inom byggplatsen är utmanande och ställer höga krav på föraren att säkerställa att inte enheten ramlar av pallgafflar. Energilagret kan alternativt säkras med fästansordningar för att säkerställa stabiliteten, men det är både tidskrävande och praktiskt utmanande.

Det visade sig inte möjligt att utrusta bodetableringen med solceller för att ladda energilagren. Solceller för det ändamålet finns inte tillgängligt på marknaden i den omfattningen att de går att få tag i inom rimlig tid, vare sig att köpa eller hyra.

Även om det mindre energilagret hade betydligt lägre kapaciteter än det större, kunde det ändå användas till att stödladda den elektriska grävmaskinen. Den mängd el som laddades var begränsad, men gav ändå märkbar förbättring på den totala drifttiden under en arbetsdag.

Vid viss typ av användning kan det behövas ett jordspett till energilagret för att skapa jordning för elsystemet. Vintertid kan det vara mycket utmanande att få ned jordspettet i marken.

Det visade sig även finnas tekniska hinder för att koppla ihop mobilkross och energilagrar. Ingen av produkterna är anpassade för att användas tillsammans på det sättet. Processen

att ansluta mobilkrossen till en nätanslutning, med eller med utan hjälp av energilagrar, är betydligt mer omfattande och komplicerad än vad tidiga indikationer gav. Även om det finns tillräckligt hög effekt i nätanslutningen, tillkommer det utmaningar både vad gäller anslutande kablar och säkerhetsbrytare. Krossen måste även vara möjlig att flytta inom området. Även om det inte är långa sträckor blir det ändå en stor utmaning med de anslutna kablarna. I detta projekt löstes vissa problem genom att införskaffa nödvändig utrustning, till exempel ett brytarskåp. Väntetiden på att få ett färdigt brytarskåp uppgavs av leverantörerna vara för lång för att det skulle vara acceptabelt för byggprojektets framdrift, vilket hade gjort eldrift uteslutet. Projektet lyckades dock efter mycket letande identifiera ett skåp i södra Sverige som redan var färdigbyggt och som passade för ändamålet.

Under workshop 2 diskuterades hur energilagren behöver utvecklas för att bli mer attraktiva och användarvänliga. Detta utgick på de samlade erfarenheterna inom projektet. Nedanstående punkter är den samlade beskrivningen av förändringsönskemål från deltagarna på workshoppen och kommer främst från produktionspersonal i projektet Bergsbyns företagspark.

- Nättare design
- Driftsäkrare
- Robustare
- Enklare menyer, förenklad användning
- Uppkopplat
- Anslutningskablar mm i utrymme på energilagret
- Möjlighet att snabbbladda direkt från energilagret (gärna minst 100 kW)
- Kostnad för energilagrar får inte överstiga hyra motsvarande dieselelverk

5.4 Slutsatser

5.4.1 Sammanfattning av slutsatser

Vi ser inte något tydligt resultat inom studien om hur energilagrar generellt kan anses underlätta elektrifiering av bygg och anläggningsprojekt. Det finns användningsområden för energilagrar där de kan vara helt avgörande för att kunna elektrifiera större maskiner och transporter, men detta bedömer vi utgörs av enskilda fall. Exempel på områden där energilagrar kan göra skillnad, är på platser det helt saknas elnät, eller där effekten i anslutande nät är mycket begränsad. Det kan till och med vara ekonomiskt fördelaktigt i vissa fall att kunna ladda stora mängder energi till låg kostnad nattetid, för att sedan använda elen under den tid på dagen när kostnader för el är som högst. Vår samlade bedömning är att de tillfällen energilagrar kan vara helt avgörande för elektrifiering, är begränsad. Återkommande erfarenheter från användning av elektrifierade maskiner pekar på att längre drifttimmar och möjlighet till nattladdning är mycket attraktivare än att kunna snabbbladda dagtid.

5.4.2 Planering och utvärdering

Den höga graden av driftstörningar, samt bristande erfarenhet från liknande verksamhet, gör att det inte har varit möjligt att utvärdera resultat och lärdomar fullt ut på det sätt som ursprungligen avsågs. Planerade mätningar av energiåtgång i syfte att följa upp och kunna jämföra den elektrifierade arbetsplatsen och en traditionell, har inte kunnat genomföras i den utsträckning som är önskvärd och således saknas vissa data. Trots detta har studien inbringat många nya lärdomar och insikter om vad elektrifiering innebär för användning av maskiner och transporter inom bygg- och anläggningsprojekt.

Det finns ett mycket begränsat utbud av maskiner och fordon som kan tänkas nyttja energilager och det saknas till stor del kunskap om hur mycket effekt de behöver för att fungera optimalt. Det innebär att planeringen av vilka typer av energilager som kan tänkas behövas i ett projekt blir spekulativ och lätt överdimensionerade. Detta i samband med att det generellt är långa leveranstider på energilager, gör att det kommer behövas en betydligt större erfarenhet och kunskapsinsamling om användning av energilager för att med större säkerhet kunna matcha rätt typ av energilager i projekt.

För att kunna utvärdera hur tekniken ska användas på bästa sätt, behövs mer erfarenhet i från liknande användning, samt mer grundkunskap om elektrifiering i stort.

5.4.3 Användbarhet och resursutnyttjandegrad

Många tänkta användningsområden har inte blivit av i projektet eller inte kunnat testas, och i flera fall har det handlat om bristande kunskap i planeringsfasen. Långa leveranstider på kompletterande material i form av kablar eller kopplingar är en annan orsak.

Vi ser också att driftsäkerheten har varit låg, med mycket driftstörningar, vilket är ett tecken på att mognadsgraden hos tekniken inte riktigt nått upp till den nivå som är önskvärd. Driftstörningarna har resulterat i längre perioder där energilagren inte kunnat användas alls och tänkta tester inte kunnat genomföras. Teknikleverantörer hänvisar, vid kontakt, till kommande generation av energilager, vilket får tolkas som att det är bättre och robustare system på väg, men i dagsläget håller de inte önskad driftsäkerhet.

Återladdning av energilagren har visat sig större utmaning än att ansluta förbrukande enheter till dem. Energilager är resurskrävande att flytta runt inne på byggarbetsplatser. Möjliga ekonomiska och miljömässiga vinster riskeras att ätas upp av den hanteringen. Beroende på arbetsområdets utformning, kan fasta anslutningspunkter vara att föredra i stället.

Överlag så har de problem och utmaningar vi stött på inom projektet mest varit relaterade till kyla. Att använda energilager vintertid är betydligt mer utmanande än att använda dem vid varmare temperaturer. Detta gör att det geografiska läget för platsen där energilagret ska användas påverkar dess potentiella utnyttjandegrad.

En byggetablering går köra enbart på batteri, men det krävs att man har två-tre batteripack som flyttas och laddas nattetid på annan plats, men det är som sagt möjligt.

Byggetableringens elabonnemang kan också optimeras, till exempel genom att lägre säkring behövs, vilket medför att etablering kan uppföras där tillräcklig el ej finns. Det kan också medföra att etableringen ”överlåter” sin effekt till verksamheten dagtid och själv bara nyttjar effekten nattetid genom att ladda under natten och sen ställa ”peak-shaving” lågt på dagtid. Batterier kan alltså tillhandahålla effekt när det normalt inte är tillgängligt i tillräcklig nivå.

Ekonomiskt finns dock två parametrar som inte gynnar detta. Det första är att entreprenörer vanligtvis överför kostnad för el på etableringen till byggherren, vilket tar bort incitament att spara från den som har rådighet över energianvändningen. Det andra är att elnätsbolagens abonnemang för ”byggström” är mycket utmanande att få med timmätning. De har enbart rörligt pris med månadsmedelpris. Nyttjaren vinner alltså inget på att förskjuta uttag till natt.

5.4.4 Framtida utveckling

Tillverkare av energilagrar hänvisar till kommande generation av energilagrar när funktionalitet diskuteras. Detta tyder på att de även själva är medvetna om att produkterna de har på marknaden inte har den önskvärda tillförlitligheten. Denna slutsats bygger på de produkter som testats inom ramen för här redovisat projekt.

Energilagrar som system har rätt lång tid kvar innan de når en attraktiv mognadsgrad och kan användas i större omfattning. Vid hyra eller inköp av energilagrar skall det finnas god tillgång till support och all nödvändig kringutrustning som behövs för att kunna använda energilagret. Dessa skall följa med, eller finnas lättillgängligt. Idag saknas både bra support och utrustning.

Generell uppfattning inom projektet att utökad drifttid på elektrifierade maskiner genom energieffektivisering eller större inbyggt batteri, är att föredra framför att försöka stödladda med hjälp av energilagrar under arbetsdagen. Hanteringen av energilagren är resurskrävande och nattladdning är enklare och effektivare.

5.4.5 Hållbarhetsaspekter och juridik

Under perioden november till mars, ökar kostnaden för el markant på effektabonnemang. Den ökade kostnaden påverkar driftkostnaderna för elektriska maskiner negativt och bör beaktas i långsiktig planering.

För transporter av energilagrar är regelverken otydliga. När till exempel energilagret Typ 2 står på sin släpvagnstrailer är det möjligt att transportera det utan särskilda tillstånd. Lyfts det av från släpet, eller ställs upp på en lastbil för vidare transport, räknas det som farligt gods. Det råder stor osäkerhet i vad som gäller för användning av energilagrar på byggarbetsplatser, framförallt om det är i urban miljö tex gatuarbeten och liknande.

Energilager kan enkelt ersätta elverk/generatorer och det skulle även minska hanteringen av miljöfarliga ämnen på arbetsplatsen, såsom fossila drivmedel.

Om energilager ersätter en diesलगenerator innebär det möjlighet att ha belysning tänd vid ankomst eller på speciella tider på dygnet vid arbetsplatsen. Det skapar en större trygghet och minskar risk för olyckor i mörker.

Hållbara transporter inom markentreprenader med hjälp av energilager

Rapport över test av snabbladdare tillkopplat Northvolt energilager

Författare: *Stefan Hörnfeldt*
Organisation: *Cornerfield Consulting AB*

2022-10-26



Testet genomfördes på Northvolt 1 i syfte att testa funktionalitet på snabbladdare tillkopplad till energilagret.

Sammanfattning

Testet utfördes mellan 2022-05-18 och 2022-05-19. Första dagen kopplades de olika komponenterna ihop och testkördes. Dag två upprepades arbetet och även fotografering i marknadsförningssyfte genomfördes. Laddning av både elektrisk grävmaskin och personbil genomfördes i testet.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	1
1. Inledning och syfte	2
2. Testgenomförande	2
2.1 Utförandebeskrivning	2
2.2 Genomförande	3
2.3 Resultat	5
2.4 Lärdomar	7
2.5 Rekommendationer till framtida applikationer	7
3. Slutsatser	7
4. Noterbart	7

1. Inledning och syfte

Det huvudsakliga syftet var att testa en mobil snabbladdare från Skellefteåkraft, samt att fotografera energilagret från Northvolt i marknadsföringssyfte. Detta skedde på Northvolt 1 byggarbetsplats utanför Skellefteå, där även NCC har en 25ton elektrisk grävmaskin i arbete. I och med de förutsättningarna, så blev det ett bra tillfälle att testa hur systemen fungerar i en verklig miljö under normala förhållanden.

2. Testgenomförande

2.1 Utförandebeskrivning

Testet genomfördes under två dagar. Första dagen kopplades energilagret och snabbladdaren ihop för att sedan anslutas till den elektriska grävmaskinen för laddning.



Figur 1: På bilden ser man energilagret och snabbladdaren bakom grävmaskinen.

Vid första försöket hade grävmaskinen svårt att ta emot laddning, men det krävdes bara en omstart av systemet för att komma till rätta med problemet. Efter de inledande smärre problemen, fungerade laddningen mycket bra och laddning av grävmaskinen genomfördes till 100%.

2.2 Genomförande

Dag två skulle samma procedur genomföras som första dagen. Energilagret hade återladdats och grävmaskinen utförde arbete på arbetsplatsen för att göra av med energi och kunna möjliggöra laddning av batteriet.



Figur 2: Energilagerenheterna och Northvolt tekniker.

Energilagret består av två enheter, en styrenhet och en batteridel. De enheterna kan endera ställas på varandra, eller sida vid sida och kopplas ihop med elkablar. Ett kopplingskåp med olika eluttag ansluts sedan till styrenheten och det är mot det kopplingskåpet vidare förbrukare ansluts. I detta fall var det snabbladdaren som skulle anslutas till kabelskåpet.

Styrenheten till energilagret klarar av att ansluta upp till fem batterienheter, men för dagen användes bara en batterienhet.

Energilagret och snabbladdaren ställdes upp på utsedd plats och alla komponenter kopplades ihop. Första fordonet att testa laddning var en personbil av märke Volkswagen ID.4.



Figur 3: Energilagerenheterna, snabladdaren och ID.4 (kopplingskåpet syns bakom laddaren).

Bilen påbörjade laddning direkt den anslöts till systemet och en förhållandevis hög laddeffekt uppnåddes snabbt.

Efter en liten stund kopplades bilen bort från laddaren och grävmaskinen tog dess plats vid laddaren. Precis som vid försöket (efter omstart av systemet) dagen innan påbörjades laddningen direkt med hög effekt.



Figur 4: Laddanslutningen på grävmaskinen.

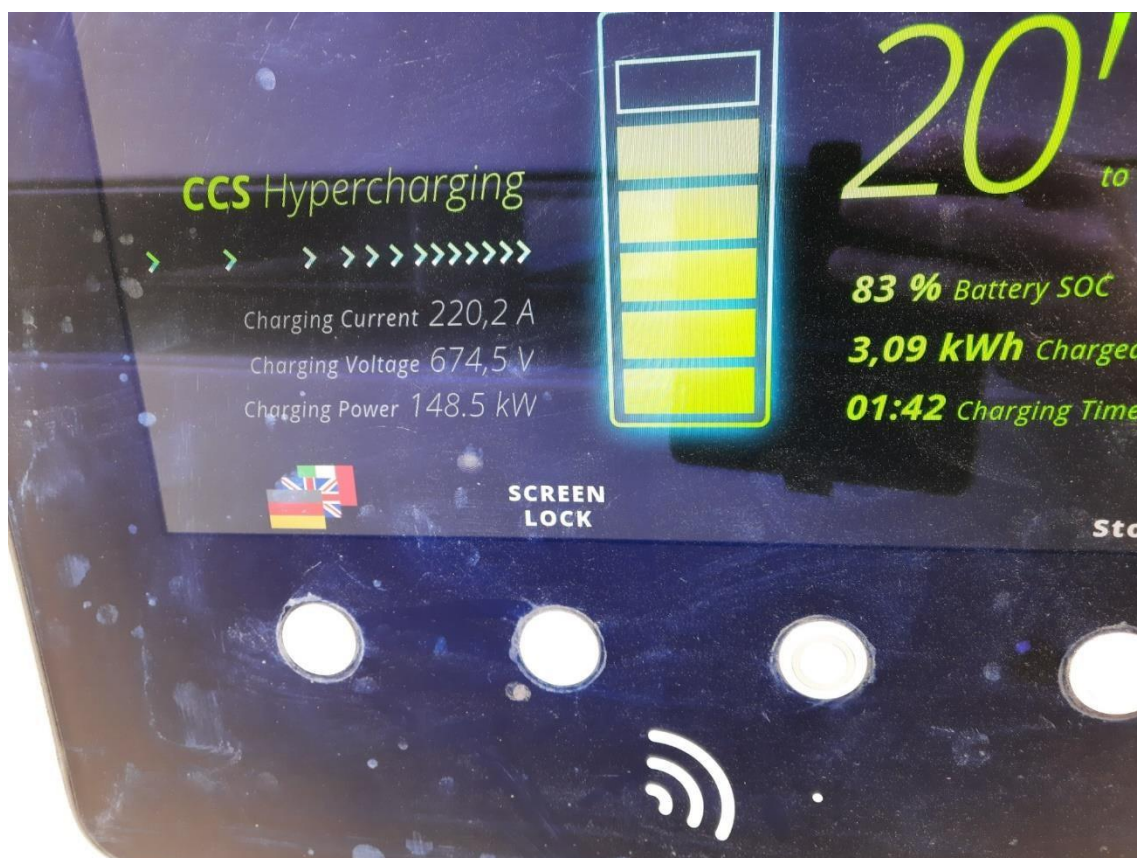
2.3 Resultat

Testerna visar att mobilt energilager med tillkopplad snabbladdare fungerar mycket bra att ladda olika typer av fordon. Det går förhållandevis relativt fort och okomplicerat att sätta upp systemet med full funktionalitet.

Det finns några observationspunkter som är värda att nämna och titta närmare på i fortsatt arbete med energilager, och det är hur effektivt laddningen fungerar. När laddaren anslöts till personbilen gick laddeffekten upp till över 95kW, och vid likartade förutsättningar har laddningen inte överstigit 80kW tidigare. Även grävmaskinen visade på mycket hög laddning (148kW), även när batteriet redan hade mycket energi kvar. Grävmaskinen klarar av att ladda upp till 150kW, men det är vid optimala förutsättningar och då får 148kW med de förutsättningarna som rådde vid tillfället anses vara mycket bra. Dock består systemet av olika komponenter och det går inte med säkerhet säga varför så pass goda resultat gällande laddeffekt uppnåddes, men det är ett positivt resultat för vidare användning av tekniken.



Figur 5: Laddning av Volkswagen ID. 4



Figur 6: Laddning av grävmaskinen.

2.4 Lärdomar

Snabbladdning av fordon och maskiner är fullt möjlig med hjälp av mobila energilager och mobila snabbladdare. Även om energilagren är tunga och kräver maskiner som flyttar dem, är det förhållandevis ändå relativt enkelt att flytta dem till olika uppställningsplatser. De inledande tekniska problemen var mycket enkla att avhjälpa och bör inte vara ett problem i vidare användning.

Det skall än en gång poängteras att detta test inte var planlagt och är inte helt utfört av resurser inom projektet. Det dök upp ett bra tillfälle som vi agerade på och kan addera ytterligare kunskap utan att det medförde extra kostnader för huvudprojektet. Detta innebär också att det inte går att fullt ut dra slutsatser och lärdomar av genomförd aktivitet. Exempelvis så användes min privata bil (ID. 4:an) vid testet och gällande laddeffekt kan jag bara jämföra med de laddningar *jag* tidigare gjort och då blir det till viss del godtyckligt.

2.5 Rekommendationer till framtida användning

Utifrån det begränsade testet i detta fall, samt att huvudprojektet fortfarande pågår, går det inte att ge några rekommendationer för framtida användning vid detta tillfälle.

3. Slutsatser

Det går inte att dra några slutsatser vid detta tillfälle, utan vidare arbete pågår och kommer finnas beskrivna i slutrapporten.

4. Noterbart

Både den elektriska grävmaskinen och energilagret har samma typ och storlek (280kWh) av batterier tillverkade av Northvolt.

Grävmaskinen har 150kW som max laddström och kunde nå den effekten vid testet.

ID. 4:an har 125kW som max laddström och nådde 95kW vid testet.