

Elektrifierade Bygg- och Anläggningsplatser II (Electric Worksite)



Författare: Lars Bern
Datum: 2024-01-10
Projekt inom FFI Energi och Miljö

FFI Fordonsstrategisk
Forskning och
Innovation

VINNOVA

Energimyndigheten

TRAFIKVERKET

FKG

VOLVO

SCANIA

VOLVO

Innehållsförteckning

1 Sammanfattning	3
2 English Summary	4
3 Bakgrund	5
4 Syfte, forskningsfrågor och metod	5
5 Mål	5
6 Resultat och måluppfyllelse	6
6.1 Prototyputveckling och systemdemonstration	6
6.2 Miljö- och arbetsmiljöeffekter	9
6.3 Systemanalys	10
6.4 Förberedelse helelektrifierad bygg- och anläggningsplats	12
6.5 Replikering	16
6.6 Kommunikation och disseminering	16
7 Spridning och publicering	19
7.1 Kunskaps- och resultatspridning	19
7.2 Publikationer	19
8 Deltagande parter och kontaktpersoner	20

Kort om FFI

FFI är ett samarbete mellan staten och fordonsindustrin om att gemensamt finansiera forsknings- och innovationsaktiviteter med fokus på områdena Klimat & Miljö samt Trafiksäkerhet. Satsningen innebär verksamhet för ca 1 miljard kr per år varav de offentliga medlen utgör drygt 400 Mkr.

Läs mer på www.vinnova.se/ffi.

1 Sammanfattning

Sverige som land, dess myndigheter och flertalet industrisektorer har enats om färdplaner som syftar till att minska utsläppen av växthusgaser med 50% till 2030 och nå noll 2045. Naturvårdsverket har i rapport från 2018 visat på att fossildrivna arbetsmaskiner står för 6% av de totala växthusgasutsläppen i Sverige. Utöver koldioxid ger fossildrivna arbetsmaskiner även upphov till betydande utsläpp av kolmonoxid och sot samt medverkar till buller i den urbana stadsbilden. Naturvårdsverket betonar möjligheterna med att elektrifiera lätta och tunga arbetsmaskiner. Electric Worksite som projekt har ett fokus att minska miljöpåverkan med elektrifiering och där spelar el också en roll för att sänka bullernivåerna och bidrar därmed till att uppnå miljö kvalitetsmålet "den goda byggda miljön" som fokuserar på städer.

Syftet med Electric Worksite har varit att öka kunskapen kring hur elektrifierade arbetsmaskiner, specifikt hjullastare, hjulgrävare och bandgrävare av olika storlekar kan integreras i mindre och större anläggningsprojekt samt skötselverksamheter av underhållskaraktär. Ansatsen har varit ett brett systemperspektiv i olika typer av entreprenadmiljöer med testning av arbetsmaskiner och tillhörande energiförsörjning som nätsanlutning, laddinfrastruktur och energilager, för att visa på funktionalitet, produktivitet, miljövinster samt tydliggöra behovet av förändringar i omgivande system inom teknik, handhavande och förvaltning. Projektet har haft en god måloppfyllelse och kunnat visa på resultat som genomgående pekar på att elektrifierade maskiner är likvärdiga med fossildrivna maskiner i sin användning. Såväl operatörer, arbetsledare som övrig berörd personal återger positiva upplevelser av hantera maskinerna, arbetsmiljön runt maskinerna och även ändrade förutsättningar som att säkerställa laddning och elförsörjning. Det ska tydliggöras att flertalet av de testade maskinerna var i olika prototyp-faser och att det oftast var enskilda maskiner som testades per byggarbetsplats.

Electric Worksite har också studerat aspekterna runt elektrifiering som luftkvalitet & buller och arbetsmiljö samt vilken påverkan elektrifiering kommer att ha på elsystemet, byggprocesser och hållbarhetsbedömningar. Det är tydligt att kravställningen från beställare behöver uppdateras med de ny tekniska möjligheterna och inte minst vara noggrann med att följa upp kraven med mätningar. Elektrifiering kommer att ställa krav på elnät och laddinfrastruktur vid en snabb uppskalning, men det finns möjligheter att möta upp behoven med energilager och flexibla lösningar. Elektrifiering öppnar också upp för effektivisering av byggprocesser och det är tydligt att god planering och framförhållning i alla led är framgångsfaktorer oaktat om processer ska elektrifieras eller ej. För att stödja alla hållbarhetsdimensioner har en metod för hållbarhetsanalys tagits fram. Den tar i sitt avstamp i erfarenheter från projektet och kan förfinas ännu mer. Omfattningen av hållbarhetsanalysen styrs i hög grad av vilka frågor användaren prioriterar och begränsas av vilken data som användaren kan få tillgång till.

Electric Worksites bidrag har varit värdefullt för alla projektparter, inte minst maskinutvecklare, beställare och entreprenörer som har kunnat utveckla, testa och verifiera lösningar i verkliga förhållanden. Det finns stora möjligheter att bidra till städers och länders ambitioner att minska klimatpåverkan med hjälp av elektrifierade arbetsmaskiner.

2 English Summary

Sweden as a country, its authorities and the majority of industrial sectors have agreed on roadmaps that aim to reduce greenhouse gas emissions by 50% by 2030 and reach zero in 2045. The Swedish Environmental Protection Agency has shown in a report from 2018 that fossil-powered work machines account for 6% of total greenhouse gas emissions in Sweden. In addition to carbon dioxide, fossil-powered work machines also give rise to significant emissions of carbon monoxide and soot and contribute to noise in the urban cityscape. The Swedish Environmental Protection Agency emphasizes the possibilities of electrifying light and heavy work machines. Electric Worksite as a project has a focus on reducing environmental impact with electrification and electricity also plays a role in lowering noise levels and thus contributes to achieving the environmental quality goal "the good built environment" which focuses on cities.

The purpose of Electric Worksite has been to increase knowledge about how electrified work machines, specifically wheel loaders, wheel excavators and crawler excavators of various sizes can be integrated into smaller and larger construction projects as well as maintenance operations. The approach has been a broad systems perspective in various types of work environments with testing of machines and associated energy supply such as grid connection, charging infrastructure and energy storage, to demonstrate functionality, productivity, environmental gains and clarify the need for changes in surrounding systems within technology, handling and management. The project has had good fulfillment of its goals and has been able to show results that consistently point to electrified machines being equivalent to fossil-powered machines in their use. Both operators, supervisors and other affected personnel report positive experiences of handling the machines, the working environment around the machines and also changed conditions such as ensuring charging and electricity supply. It should be made clear that the majority of the tested machines were in various prototype phases and that it was usually individual machines that were tested per construction site.

Electric Worksite has also studied the aspects around electrification such as air quality & noise and work environment as well as the impact electrification will have on the electricity system, construction processes and sustainability assessments. It is clear that the requirements from the client need to be updated with the new technical possibilities and not least to be careful in following up the requirements with measurements. Electrification will place demands on electricity grids and charging infrastructure in case of a rapid scale-up, but there are opportunities to meet the needs with energy storage and flexible solutions. Electrification also opens up the streamlining of construction processes and it is clear that good planning and forethought at all stages are success factors regardless of whether processes are to be electrified or not. To support all sustainability dimensions, a method for sustainability analysis has been developed. It is based on experiences from the project and can be refined even more. The scope of the sustainability analysis is largely controlled by which issues the user prioritizes and is limited by which data the user can access.

Electric Worksite's contribution has been valuable for all project parties, not least machine developers, customers to construction projects and contractors who have been able to develop, test and verify solutions in real conditions. There are great opportunities to contribute to the ambitions of cities and countries to reduce climate impact with the help of electrified work machines.

3 Bakgrund

För att nå lokala, regionala och nationella miljömål samt FNs globala klimatmål 2030 krävs en kraftig minskning av koldioxidutsläpp och andra växthusgaser. Detta omfattar alla sektorer i samhället. Bygg- och anläggningssektorn i Sverige har enats om en gemensam färdplan med mål att minska utsläppen av växthusgaser med 50% till 2030 och nå nettonollutsläpp år 2045. I Naturvårdsverkets rapport 2018 om "Arbetsmaskinernas klimat- och luftutsläpp" redogörs att arbetsmaskinerna under 2016 stod för 6% av växthusgasutsläppen i Sverige, ca 20% av transportsektorns utsläpp, och att utsläppsminskningen behöver gå ännu snabbare än vad den hittills har gjort. Medan Sveriges totala utsläpp av växthusgaser minskat med 25% sedan 1990 har utsläppen från arbetsmaskiner ökat med 13%. Rapporten betonar att arbetsmaskinerna utöver koldioxidutsläpp ger upphov till andra luftföroreningar med negativ påverkan på miljö och hälsa som exempelvis kolmonoxid (33 % av de totala svenska utsläppen) och sot (27 % av de totala utsläppen) och berör miljö kvalitetsmålen "Begränsad klimatpåverkan" och "Frisk luft".

En betydande och resurskrävande del i byggprocessen utgörs av markarbeten, schaktning, grundläggning mm som utförs med band- och hjulgrävare och hjullastare. Elektrifieringen av lätta och tunga arbetsmaskiner lyfts fram av Naturvårdsverket som ett viktigt initiativ för att minska miljöpåverkan men att elektrifieringen även kan bidra till reducerade bullernivåer, och därmed bidra till att nå miljö kvalitetsmålet "God bebyggd miljö", något som är av särskilt intresse för kommuner. Inom bygg- och anläggningssektorn finns ett behov att övergå till elektrifierade arbetsmaskiner på byggarbetsplatser för att uppnå ovan nämnda miljömål samt leda till en förbättrad arbetsmiljö. De förändringar av arbetsprocesser som krävs måste analyseras. Tillverkare har i sin tur behov att testa sina elektrifierade maskiner i demonstrationsmiljöer för att få en ökad förståelse för behov, förutsättningar och hur maskinerna skall kunna fungera i olika tillämpningar. I augusti 2020 beslutade regeringen om en ny klimatpremie i form av ett statligt stöd som ska främja introduktionen av eldrivna arbetsmaskiner och miljölastbilar på marknaden. I budgeten för 2022 beslutade regeringen att ändra reglerna för klimatpremie för arbetsmaskiner och öppnade för att fler maskiner omfattas. Från och med 18 januari 2022 sänktes effektgränsen till 15 kilowatt och sedan dess har ansökningarna ökat kraftigt. Inledningsvis krävde förordningen att maskinen skulle vara inregistrerad i Transportstyrelsens fordonregister för att kunna erhålla stöd. Dock justerades förordningen om statligt stöd till vissa miljöfordon så att även arbetsmaskiner som inte registrerats i vägtrafikregistret omfattas av stödet. Ändringarna trädde i kraft den 11 oktober 2022. Energimyndigheten har av regeringen fått i uppdrag att klimatpremien. Den sökande kan få maximalt 20 procent av miljöfordonets inköpspris och stödet beräknas finnas fram till och med 2024.

4 Syfte, forskningsfrågor och metod

Projektet syftar till att öka kunskapen kring hur elektrifierade arbetsmaskiner, specifikt hjullastare, hjulgrävare och bandgrävare av olika storlekar kan integreras i mindre och större anläggningsprojekt samt skötselverksamheter av underhållskaraktär. För att göra detta kommer projektet ha ett tydligt fokus på systemperspektivet där arbetsmaskiner, energilager och laddinfrastruktur testas i olika miljöer för att tydliggöra behov av förändringar i tekniska och organisatoriska kringssystem.

5 Mål

Projektet har haft som mål att:

1. Utveckla och tillhandahålla elektrifierade arbetsmaskiner av olika typ och storlek, samt energilager och laddutrustning och med olika mognadsgrad (TRL 4-8) för test och systemdemonstration (AP1).

2. Visa och kommunicera, genom ett antal systemdemonstrationer för validering och demonstration av nya koncept (SRL 4-7), hur elektrifierade arbetsmaskiner kan integreras i olika tillämpningsfall, dvs specificerade typer av arbeten i definierade miljöer (AP2).
- 3.a Identifiera vilka arbetsmoment som orsakar mest buller resp. skadliga emissioner samt hur stor andel som kan reduceras eller elimineras med hjälp av elektrifierade arbetsmaskiner. (AP3).
- 3.b Kartlägga acceptans bland platsaktörer och ta fram förslag och åtgärder för att uppnå en högre acceptans för integrering av elektriska maskiner och kringssystem (AP3).
- 4.a Identifiera möjligheter och utmaningar med omställningen till elektrifiering gällande energiförsörjning för respektive tillämpningsfall (AP4).
- 4.b Identifiera möjligheter och utmaningar med omställningen till elektrifiering gällande effektiv organisering av byggprocessen för respektive tillämpningsfall (AP4).
- 4.c Utveckla en analysmetod för att kunna jämföra en elektrifierad anläggningsarbetsplats med en icke-elektrifierad ur hållbarhetsaspekter
5. Identifiera och förbereda minst en kommande demonstrationsplats för en helt elektrifierad bygg- och anläggningsentreprenad tillsammans med intresserade aktörer och behovsägare (AP5).
6. Identifiera affärsmässiga möjligheter och utmaningar/hinder för en replikering och vidare uppskalning av respektive systemdemonstration (AP6).

Projektet har i det närmaste uppfyllt den uppsatta målsättningen med viss avvikelse för enstaka tester av t.ex. batterilager som uteblivit. Arbetet med att identifiera en kommande demonstrationsplats för en helt elektrifierad entreprenad är under arbete då projektet avslutas. Det är helt centralt att få med en beställare som har rätt ambitionsnivå och där utpekat projekt ligger rätt timingmässigt.

6 Resultat och måluppfyllelse

Projektet har visat hur elektrifierade arbetsmaskiner, specifikt hjullastare, hjulgrävare och bandgrävare av olika storlekar kan utvecklas, testas och integreras i mindre och större anläggningsprojekt samt skötselverksamheter av underhållskaraktär. Projektet har haft ett tydligt fokus på systemperspektivet där arbetsmaskiner, energilager och laddinfrastruktur testas i olika miljöer för att tydliggöra behov av förändringar i tekniska och organisatoriska kringssystem samt regulatoriska aspekter som t.ex. transport av energilager (ADR-tillstånd). Vidare har projektet byggt upp kunskap, modeller samt utvecklat en metodik avsedd att användas i en framtida systemdemonstration av en helt elektrifierad byggarbetsplats. Ett par av maskinerna som testats i projektet är tidiga prototyper varför varken modellbeteckningar eller bilder publiceras i denna rapport.

I det kommande kapitlet beskrivs de ingående delarna övergripande och en fördjupning presenteras per arbetspaket i separata bilagor.

6.1 Prototyputveckling och systemdemonstration

I arbetspaketen AP1 och AP2 har olika varianter arbetsmaskiner anpassats eller utvecklats av Volvo Construction Equipment för att sen testas och användas under verkliga omständigheter i olika typer av bygg- och anläggningsplatser av Göteborgs Stad och NCC.

Mindre entreprenader, gatuunderhåll och skötselverksamhet

Göteborgs Stad, Stadsmiljöförvaltningen har i en rad olika projekt testat en eller flera maskiner tillsammans med laddinfrastruktur och mobilt energilager (powerpack). På de flesta testsiterna har mindre elektriska (kompakt-)maskiner, bandgrävare (2,7 ton) och hjullastare (5 ton), laddats från entreprenadernas tillgängliga serviser med tillämpliga laddkablar men också snabbaddare har testats. Exempel på entreprenader har varit anläggning av parker, lekplatser, cykelställ, rondeller; *Färjenäsparken*, *Fyrktorget*, *Drottningtorget* (se bild 1), *Tuverondellen*.



Bild 1 – Hjullastare L25 på Drottningtorget

För ändamålet skötselverksamhet så har en kompakt bandgrävare använts för rensning längs med en järnväg och där löstes elförsörjningen med hjälp av ett powerpack då ingen lämplig elanslutning fanns tillgänglig. Genomgående har elmaskinerna uppfyllt samma funktion och tillgänglighet som likvärdiga fossildrivna maskiner. Elförsörjningen har generellt sett inte utgjort något hinder men kräver i vissa fall extra planering och ibland tillgång till energilager. Se vidare i bilaga 1 för djupare beskrivningar.

Markarbeten med större hjulgrävare

En prototypmaskin, batterielektrisk hjulgrävare i 15-tonsklassen har utvecklats av Volvo Construction Equipment och testats av såväl Göteborgs Stad som NCC i olika tillämpningar. Göteborgs Stad genomförde en entreprenad av infrastruktur (bl.a. el och VA) längs *Nelickevägen/Peabvägen* i anslutning till utvecklingar och etableringar av verksamheterna vid Liseberg och World of Volvo. Maskinen utförde likvärdigt arbete som en dieseldriven motsvarighet med god tillgänglighet och produktivitet. Den fick gott betyg av operatörer, arbetsledare m.fl. Elförsörjningen till maskinen kom med en (semi-)mobil laddstation från ABB. Inga anmärkningar noterades på anslutning mot elnät och lokaliseringen i ena änden av byggsiten fungerade väl. Begränsning i laddeffekt ligger i nuläget i maskinen som kan ta emot 140 kW. Maskinens tillgänglighet löstes med planering och supportladdning under dagens naturliga pauser. Noterat att man till och med skulle ha klarat sig utan snabbbladdare med natlladdning.

NCC testade samma maskin som ovan i ett anläggningsarbete för industrifastigheten *Albatross i Arendal*. Även här var produktivitet och tillgänglighet i paritet med en dieseldriven maskin och den visade god funktionalitet med ett relativt utdraget och tungt arbete. Laddning försågs även här med en elnätansluten (semi-)mobil snabbbladdare från ABB. Laddning löstes vid behov, ofta i anslutning till naturliga pauser. Operatören föredrog att ladda istället för att tanka diesel. God kapacitet på servisen – 600A – och en överdimensionerad laddstation på 350 kW jämfört med att maskinen kan ta emot 140 kW. Värt att notera ur ett systemperspektiv är att om samtliga maskiner på site var elektriska och de skulle behöva ladda samtidigt så indikerar det att tre laddare skulle behövas då jobbet utfördes i två arbetslag med två respektive tre maskiner i vardera arbetslag.

På *Albatross*, tillsammans med hjulgrävaren, testades även fjärrstyrt lastbärare. Operatören styrde en lastbärare från sin hytt i hjulgrävaren och testet visade mycket gott resultat med

potential för produktivitetshöjningar. Operatören bedömde till och med att han skulle vilja hantera två parallella lastbärare på fjärr för att matcha sin egen produktivitet med hjulgrävaren. Se vidare i bilaga 1 för djupare beskrivningar.

Mindre bygg- och anläggningsprojekt med medelstor hjulgrävare

I slutet av projektet testades en tidigt utvecklad prototyp av batterielektrisk hjulgrävare i 6-7 tonsklassen. Göteborgs Stad använde hjulgrävaren i två anläggningsprojekt av parker/lekplatser på *Terapislingan* och *Glöstorpsvägen*. Även här har maskinen fått positivt mottagande av operatörer och var över förväntan med tanke maskinens tidiga utvecklingsstadium. Den har visat sin mångsidighet i anläggningsprojekt som innefattar flera olika arbetsmoment och användningsområden. Energiförsörjningen löstes med befintlig byggel och laddlösning från Volvo. Se vidare i bilaga 1 för djupare beskrivningar.

Entreprenader med större, nätansluten bandgrävare

Vid sidan av batterielektriska maskiner så har Volvo Construction Equipment utvecklat en större bandgrävare i 30-tonsklassen anpassad för kontinuerlig strömförsörjning från elnätet via kabel. Efter lite förberedelser och planering så testades maskinen av NCC på två siter; *Habitat 7* på Masthuggskajen (se bild 2) och i Arendal på *Albatross*.



Bild 2 – 30-tons kabelansluten bandgrävare på Habitat 7

Habitat 7 är ett kontorsfastighetsprojekt i en trång urban miljö där maskinen fick jobba med grundläggningsarbete i en spontad grop. Förutom lite transporter av maskin och förflyttningar av kabel så var produktiviteten i det närmaste 100 procent. Lösningen för kabelanslutningen hämtades från eventbranschen och projektet hade väldigt god hjälp av NCCs underentreprenör för el, Cramo. Energimätningar i samband med testerna av den kabelanslutna bandgrävaren visade på några fåtal spikar (höga effekttoppar), men inget utanför ramar och fullt naturligt förbrukningsnivåer som följer med maskinens arbetsintensitet.

Albatross är en logistikanläggning i anslutning till Arendal där den kabelanslutna maskinen fick jobba med mer utdragen VA-schakt. Liknande produktivetsresultat som på Habitat 7, mycket beroende på mängden kabelhantering. Positivt mottagande från operatör och arbetsledare. Liten anekdot att den kabeldrivna maskinen vid ett tillfälle fick rycka in och täcka upp för en trasig dieselmaskin. Se vidare i bilaga 1 för djupare beskrivningar.

6.2 Miljö- och arbetsmiljöeffekter

Electric Worksite har vid sidan av klimateffekter även tittat på och analyserat effekter i och utanför operatörshytten – arbetsmiljö, buller och luftföroreningar – samt allmän acceptans hos arbetspersonal som jobbar med och nära arbetsmaskiner. Samtliga aspekter redovisas i sin helhet som bilagor i respektive ämnesområde.

Luftkvalitet och buller

Elektrifiering av byggarbetsplatser relaterar främst till klimatutsläpp, men närmiljön påverkas också genom minskat utsläpp av avgaser och motorbuller. Detta arbete redovisar ett sätt att ta hänsyn till både buller och luftföroreningar i valet av vilka arbetsmaskiner som ska elektrifieras i första hand. Arbetet baseras på intervjuer och litteratur kring utsläpp från olika typer av arbetsmaskiner, kring hur beslut om vilka arbetsmaskiner som används vid olika typer av entreprenader fattas samt till gällande lagstiftning kring buller och luftföroreningar och den exponering som människor riskeras att utsättas för i olika situationer.

Projektet presenterar också ett första utkast på en modell för att kunna jämföra olika arbetsmaskiner, men går inte in på hur buller och avgaser ska värderas mellan varandra, och inte heller på emissionsfaktorer för de förbränningsmotorer som de elektriska arbetsmaskinerna beräknas ersätta. Istället är fokus att identifiera beslutsvägarna och jämkra ihop de olika expertområdena buller och luft i valet av vilken arbetsmaskin som ska prioriteras vid elektrifiering.

Slutsatser:

- Vår enkla modell, som väger betydelsen av buller och avgasutsläpp mellan olika arbetsmaskiner, används i första hand. Om modellen är för tidskrävande bör de maskiner som arbetar närmast sårbara exponerade bytas ut i första hand.
- Kravställning vid upphandling avseende elektrifiering av arbetsmaskiner utgående från buller och avgasexponering förenklas kraftigt för att undvika suboptimering i tidsåtgång. Följ upp ställda krav!
- Uppmärksamma att klimatutsläpp inte alltid sammanfaller med luft och bullerutsläpp, då tex biobränslen löser klimatproblemet men inte buller- och luftproblemet.
- Tydliggör vem som har möjlighet att krävställa elektrifiering av byggarbetsplats i olika konstellationer

Bilaga 2 - Hur påverkar hälsoeffekter planeringen av elektrifierade byggarbetsplatser?

Operatörens arbetsmiljö

Syftet med analys av operatörers arbetsmiljö har varit att undersöka om bytet till elektriska arbetsmaskiner möjliggör och/eller utmanar maskinoperatörernas och yrkesarbetares arbetsförhållande, dvs. deras arbetsmiljö.

Vi tillämpar begreppet "operatörer" varför inte alla som kör maskiner ser sig själv som maskinister. På samma sätt tillämpas "yrkesarbetare" som begrepp för de anställda som arbetar nära samman med operatörerna/maskinisterna runt användningen av arbetsmaskiner. Elektriska arbetsmaskiner, maskinister, yrkesarbetare och annan personal som interagerade med de elektriska arbetsmaskinerna observerades på plats och maskinister och yrkesarbetare intervjuades. Platsledningen på siterna har blivit intervjuade för att för att projektet bättre skall förstå randvillkoren för arbetet med elmaskinerna.

Slutsatser:

- Den fysiska arbetsmiljön för maskinoperatörerna beror på att merparten elmaskiner, som är testade i projektet, är ombyggda dieselmaskiner. Detta innebär att design av hytten, inklusive utrustning, komfort, design och luftkonditionering till stora delar är desamma på elmaskinerna som på en motsvarande dieselmaskin. Det gäller även åtkomstförhållanden som trappsteg, handgrepp etc.
- Buller är motsatt förväntningen inte en entydig förbättring. Även om el-maskinerna generellt genererar mindre buller, så förändras ljudbilden. Ljudnivån går ner, men

ljusbilden förändras på ett sätt som kan störa operatören för att hydraulikljud framträder när dieselmotorn inte finns längre. I bilaga 1 finns flera referenser till denna viktiga aspekt med såväl bra som dåliga exempel som baseras på hur genomtänkt detta är för respektive maskin.

- När det gäller mer långsiktiga konsekvenser av maskinförararbetet med elektriska maskiner så har detta projekt haft en del begränsningar. De flesta av våra undersökningar är genomförda under en rätt kort tidsperiod med observationer inom en eller två arbetsvecka/-or per maskin/arbetsplats

Bilaga 3 - Operatörers arbetsmiljö

Acceptans

Syftet med analysen är att kartlägga förväntningar, erfarenheter samt att lyfta fram förbättringsförslag. Det gäller tolkningar och värderingar bland operatörer, anläggningsarbetare och arbetsledare/platschefer. På detta sätt undersöks om testerna bidrar till kvalificerad acceptans, och även högre acceptans än tidigare.

Slutsatser

Testarna har bidragit betydligt till utveckling av erfarenheter bland små till medelstora entreprenörer och deras operatörer i Göteborgstrakten. Men också hos Göteborg Stad och NCC. Dessa kunskaper värderar projektet att de bidrar avgörande till en kvalificerad acceptans, alltså en aktörstillgång till elektriska arbetsmaskiner som förstår att maskinerna fortfarande är under utveckling, men att de i nuläget är klara att användas. Denna användning kräver dock också utveckling av operatörskompetenser, men också kompetenser bland den planerande personalen (platschefer, entreprenadingenjörer och arbetsledare). Det är också erfarenheter som kan bidra till acceleration av hållbar omställning inom bygg och anläggning när maskinproducenterna kommer att leverera maskiner i större volymer än i nuläget.

Bilaga 4 - Acceptans

6.3 Systemanalys

En övergång till elektriska arbetsmaskiner är mer än att bara ersätta fossildrivna motsvarigheter en till en. Det är uppenbart att de behöver energiförsörjas med på ett annorlunda sätt och att det sätter randvillkor för byggprocessernas planering och genomförande men även möjligheter för annorlunda organisering och optimering. Electric Worksite har från observationer av enstaka elektriska arbetsmaskiner analyserat områdena energiförsörjning, byggprocesser och hållbarhetsdimensioner.

Energiförsörjning

Genomgående i projektet så har försörjningen av effekt och energi från elnätet inte varit ett hinder undantaget de testfall då anslutning till elnät var för långt bort för underhålls- och skötselverksamhet. Oftast har även strömstyrkan på anslutningar varit i överkant. Testerna har varit mer fokuserade på layout, resursplanering, val av laddlösning, om energilager tillför värde samt när och var ska maskinerna laddas.

För de mindre maskinerna och det ofta mer fragmenterade arbete som de utför så kommer man långt med laddning över natten eller när de står oanvända. Behov av snabbbladdare är mindre och därmed räcker även traditionell byggelsanslutning för att försörja maskinerna om inte antalet blir högre (se ex bild 3). Mellanstora elmaskiner (10-20 ton) som utför intensiva arbetsmoment kommer att behöva supportladdning under arbetsdagen och då snabbladdning. För en större arbetsplats med en tyngre maskinpark innebär det ett ökat antal snabbbladdare och en planering av tid och yta för när respektive maskin ska laddas.

Test av nätansluten bandgrävare visar tydligt att det har sina fördelar i tunga entreprenader i antingen tigha, urbana miljöer med god strömförsörjning och repetitiva, intensiva arbetsmoment

på öppnare ytor där maskinen kan förflytta sig obehindrat längs en rutt. Nätanslutna maskiner har ett lägre resursbehov då det kan räcka med ett mindre hjälp-batteri som t.ex. möjliggör förflyttningar med frikopplad kabel och ett jämnare strömuttag då den inte kräver någon snabbbladning med laddare och högt effektbehov över kort tid. Det har också gett en antydan om högre produktivitet än till och med jämförbara dieselmaskiner.



Bild 3 - Ladduppsättning vid entreprenad på Drottningtorget

En avvikelse i projektet är att vi inte fick testat huruvida ett batterimellanlager kunde avhjälpa följder av en kabelanslutning maskin såsom att dämpa toppar i effektuttag från elnätet, transienter, reaktiv effekt, etc. Som beskrivet noterades inga större belastningar mot elnätet i de två testfall som utfördes med den kabelanslutna 30-tonsmaskinen. Se vidare i bilaga 1 för djupare beskrivningar. Bedömningen är att marknaden för batterilager fortfarande är under utveckling och idag tillgodoses primärt de grundläggande behoven som att ta med sig kraft ut i fält där elanslutning är svårt eller för att bygga upp elreserver under nattetid som sen kan ladda upp maskiner under arbetstid. Finns tillgängligt elnät med tillräcklig kapacitet så är det oftast att föredra.

Byggprocess

Arbetspaket 4 innehåller en systemanalys av byggprojektet, primärt avgränsad till den fysiska plats där arbetet är beläget. Där finns exempel på överlapp med transport till och från platsen av material och massor, och dessa ingår när de är en del av aktiviteten på plats.

Undersökningen i AP4 inkluderade besök och datainsamling på 10 anläggningsarbetsplatser i urban miljö, i Göteborg från augusti 2021 till september 2023. Arbetsaktiviteten och energiförbrukningen för elektriska arbetsmaskiner observerades och kontextualiserades inom hela platsen (systemavgränsningen). I allt rörde det sig om 6 olika el-arbetsmaskiner.

Bilaga 5 - Byggprocess

Hållbarhetsanalys

Omställningen till elektrifiering är en viktig del i klimatarbetet för bygg- och anläggningsbranschen. Framöver kommer fler och fler byggprojekt använda elektriska fordon och maskiner. Införande av ny teknik skapar nya förutsättningar och utmaningar för projekten. Vid övergång till användning av elektriska maskiner och fordon kan andra, nya

hållbarhetsaspekter aktualiseras, där kunskapen ännu är begränsad. Det kommer därför vara viktigt att vid övergång mot elektrifiering arbeta brett med hållbarhetsaspekter. Syftet med denna studie har varit att ta fram en metod för hållbarhetsanalys för att öka kunskaperna om hållbarhetsaspekterna vid arbete med fossilbränsleddrivna respektive elektriska arbetsmaskiner. Målet med arbetet har varit att utveckla en metod för hållbarhetsanalys som kan tillämpas av beställare eller entreprenörer vid planering av byggprojekt för att på ett systematiskt sätt identifiera och hantera hållbarhetsaspekter kopplat till fossilbränsleddrivna och elektriska maskiner.

Arbetet med att ta fram en metod för hållbarhetsanalys har bestått av litteraturstudier, workshoppar och multikriterieanalys. Information har även hämtats från tester med elektriska maskiner inom Electric Worksite II. Metoden har sedan använts i en scenarioanalys där olika maskinalternativ, både elektriska och bränsleddrivna maskiner, jämfördes för att hitta den bästa lösningen för ett byggprojekt och för att identifiera områden där det behövs åtgärder för att förbättra hållbarhetsprestandan. Studien har visat att den framtagna metoden kan ge stöd till beslut och bättre förståelse av hållbarhetsperspektivet vid val av maskiner och energiförsörjning på en byggplats.

För att förbättra och underlätta användningen av metoden behöver användaren vara noga med beskrivning och dokumentation av studiens scope och de metodval och avgränsningar som görs. Tillgång till data är en begränsande faktor för vilka aspekter som kan inkluderas i analysen, men med tiden kommer det finnas fler referensprojekt kring elektrifiering och då kommer mer data finnas tillgänglig. Det finns exempelvis behov av att öka kunskapen om kostnader vid elektrifiering. Vi föreslår att metoden testas ytterligare i ett verkligt, helektrifierat projekt för att kunna utvärdera användarvänlighet, behov av förbättringar och uppdatering utifrån nya erfarenheter och lärdomar av elektrifiering.

Slutsatser

- Den framtagna modellen kan ge stöd till beslut och bättre förståelse av hållbarhetsperspektivet vid val av maskiner och energiförsörjning på en byggplats
- Omfattningen av hållbarhetsanalysen styrs i hög grad av vilka frågor användaren prioriterar och begränsas av vilken data som användaren kan få tillgång till
- Det är viktigt att användaren dokumenterar hur arbetet med val av kriterier och poängsättning har gått till, då dessa val får stor betydelse för resultaten
- Metoden ställer stora krav på användaren att kritiskt granska utfallet, och bejaka hur val av scenarier, viktning och poängbedömning påverkar resultaten
- Arbetssättet vid framtagande av metoden EW II (litteraturstudier, workshoppar och intervjuer med projektets aktörer) har resulterat i en omfattande kunskapssammanställning gällande hållbarhetsaspekter som kan vara relevanta
- Det finns behov av att öka kunskapen om kostnader vid elektrifiering i projekt och att sådan data kan även stärka den utvecklade metoden

Bilaga 6 - Electric Worksite II Metodutveckling för Hållbarhetsanalys

6.4 Förberedelse helektrifierad bygg- och anläggningsplats

Som ett tänkt nästa steg har projektet tittat på potentiella bygg- och anläggningsplatser som skulle kunna vara demonstrationsplats. Djupare diskussion och analys har gjorts på projekt i Göteborgsregionen; Gibraltarvallen, Forsåker och Selma Stad. Projektpartnererna har dessutom fört fram byggprojekt som kan ligga rätt tiden och framför allt i ambitionsnivå. Electric Worksite har haft två workshops tillsammans med projektparter i ELECTRA för att identifiera synergier med olika typer av byggtransporter och deras behov kopplat till elektrifiering av lastbilsflottan.

Gibraltarvallen

I Chalmers Johannebergs sydöstra campusområde ligger parkeringsytan Gibraltarvallen längs Gibraltargatan (översikt i bild 4). En ny detaljplan är antagen och byggherrarna är främst Akademiska Hus samt HSB och Riksbyggen. I arbetet med byggherrarna så finns ambitionen att jobba mer med utsläppsfria maskiner och transporter men ekonomin, och nu även konjunkturen, jobbar emot de merkostnader och osäkerheter som elektrifierade lösningar för med sig. Det konstateras även att projektet har mindre behov av samordnad bygglogistik och det finns en komplexitet att koordinera tre aktörer som inte alltid ligger i fas.

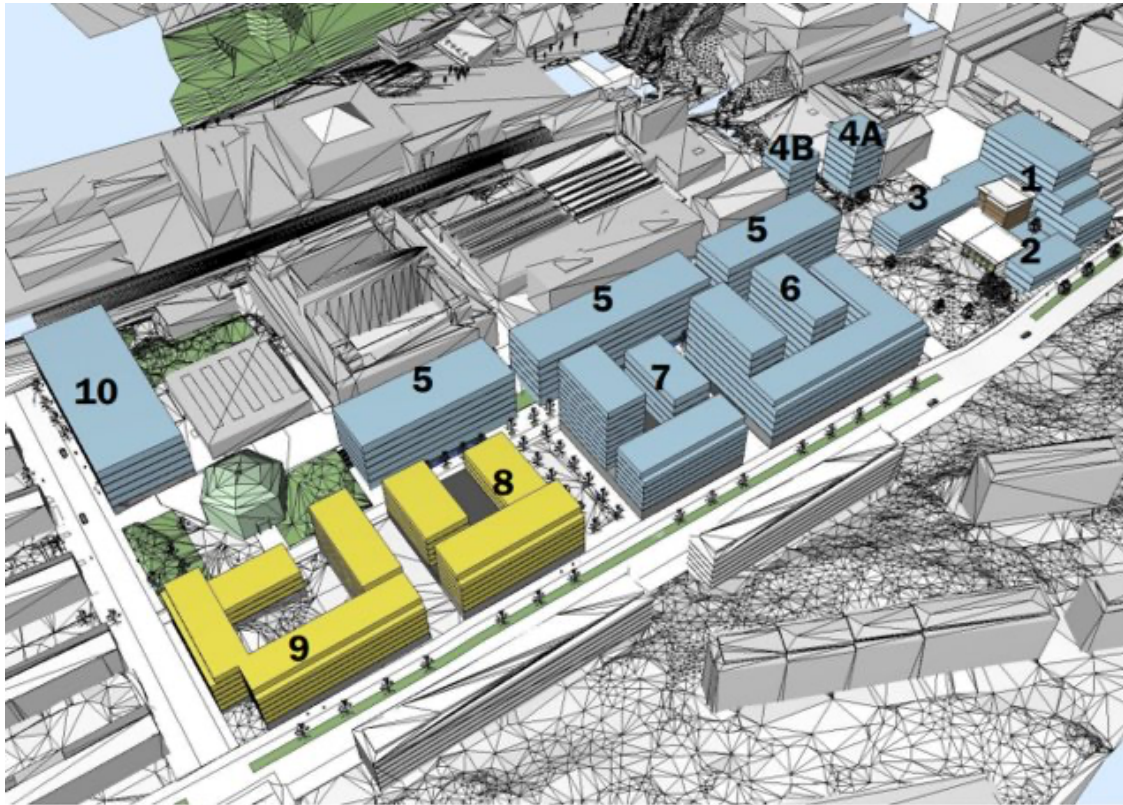


Bild 4 - Gibraltarvallen

Forsåker

Forsåker är ett stadsutvecklingsprojekt i Mölndals Stad där det tidigare stod ett pappersbruk (se bild 5).

Planen är en blandstad med bostäder, kontor och viss verksamhet. Konsortiet har höga ambitioner och det finns en grund att i de tidiga skedena dela på insatser. Det som gör Forsåker intressant är att det finns en potentiell koppling mellan de tidiga anläggningsarbetena och masshantering med hjälp av Swerocks täkt i Lindome. Det öppnar upp för en kombinerad elektrifiering av arbetsmaskiner och de schaktbilar som ska transportera till och från byggsite liksom delad infrastruktur för laddning; elnät, snabbladdare, energilager.

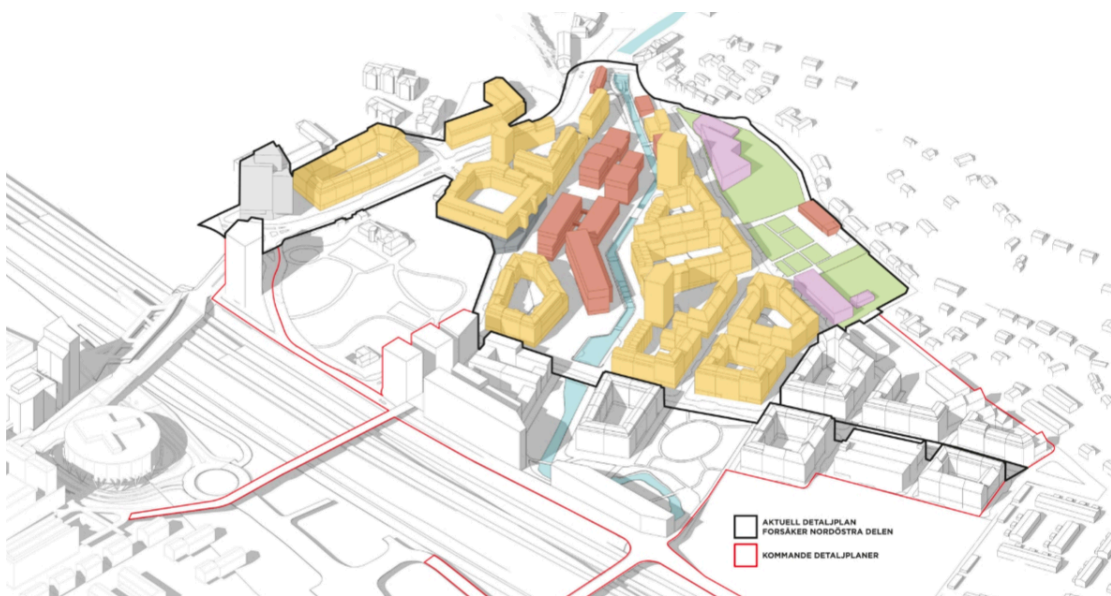


Bild 5 – Forsåker, Mölndals Stad. Svart inramning aktuell detaljplan. Röd inramning kommande detaljplan.

Det har också gjorts uppskattningar på både transportfordon och maskiner för caset Forsåker (bild 6 och bild 7):

								Byggarbetsplats	200 lgh (1,2, 3motsvarar	16000 kvm BTA					
		Antal	Storlek (kg)	Drifttid per dag (h)	Dagar per månad	Effekt (kW)	Batterikapacitet (kWh)	Körsträcka på fulladdat batteri (km)	KWh/mil	Körsträcka/leverans (mil)	Totalt antal mil/dag	KWh/mån	KWh/m ² /mån	Var/hur laddar den?	Kommentar
mark 9 mån	Schaktbil alt. Schaktrailers	1	28000	8	10,000	400	400	260	15,4	10	40	6154	0,38	Depot laddning (fördelaktigt vid byggarbetsplatsen vid varje cykling, 2ggr/dag)	300kWh Antagit en medelhastighet på 50 km/h under en arbetsdag
grund 5 mån	Lastbil, betongbil	3	32000	8	2	400	400	200	20		40	4800	0,30	Depot laddning(fördelaktigt vid byggarbetsplatsen under själva betong tömningen, alt.2 vid betong producenten)	5 månader Antagit en medelhastighet på 50 km/h under en arbetsdag
	Pumbil	1	26000	6	2	400	400	240 (om laddning kan ske på byggarbetsplats vid pump drift),	16,67		30	1000	0,06	Laddas/drivs fördelaktigt på byggarbetsplatsen	5 månader Med största sannolikhet inte möjlig att elektrifiera i närtid pga. Extremt hög effekt uttag av Power Take-Off (PTO)
stomme 8 mån	Lastbilar	5 24 meters, 6	1,57	20	600	600	600	260	23,08	10	10	23077	1,44	Laddas vid distributören (depot laddning)	Stomme 8 månader. Betongelement, balkar
	Lastbilar, leveranser	2 Lastbil utan	3	20	400	400	400	300	13,33	10	20	10667	0,67	Laddas vid distributören (depot och snabb laddning)	2 leveranser per dag i snitt
stomkomplettering 15 mån	Lastbil leverans fönster, gips,	1 Lastbil med	1,5	4	600	600	600	300	20,00	10	10	800	0,05	Laddas vid distributören (depot laddning)	1 leverans per vecka
	Lastväxlare, tippflak.	1 Lastbil utan	1,5	12	400	400	400	280	14,29	10	10	1714	0,11	Laddas vid distributören (depot och snabb laddning)	3 transporter i veckan. Snitt 70km/h?? 300 kW betongpump. Totalt 11 tillfällen, står på tomgång hela dagen vid dessa tillfällen.
	Flytsparkline, pumbil	1 Lastbil utan	9	11	400	400	400	220 (om laddning kan ske på byggarbetsplats vid pumpe drift),	18,18	10	18	3600	0,23	Laddas vid distributören (depot och snabb laddning), samt PTO laddning på byggarbetsplatsen	Antagit en medelhastighet på 20 km/h under en arbetsdag, medräknat tomgång

Bild 6 - Forsåker, uppskattning av elektrifierade transporter

		Antal	Storlek (kg)	Drifftid per dag (h)	Dagar per månad	Storlek på batteri (kWh)	Max effekt (kW)	Arbets-effekt (kW)	Stillastående (%)	Drifftid batteri (h)	Uppskattad medel effekt (kW)
Markarbete 9 mån	Grävmaskin		38000								
	Grävmaskin	2	25400	8	20	450	140,00	105,00	30%	6,1	73,5
	Grävmaskin		1902								
	Hjullastare	1	10000	8	15	90	55,00	41,25	30%	3,1	28,9
	Pålmaskin*		71900								
	Dumper	1	605	8	10	20	12,00	9,00	30%	3,2	6,3

Bild 7 - Forsåker, uppskattning av arbetsmaskiner markarbete

Selma Stad

Selma Stad på Hisingen är ett förtätnings- och upprustningsprojekt av en stadsdel som präglats av miljonprogrammen (se bild 8). En dominerande byggherre i sammanhanget är Göteborgs Stads allmännyttiga bolag Framtiden Byggutveckling. Electric Worksite har inte haft någon testsite med bostäder och därför är det intressant att ha det som nästa steg i utvecklingen. Tillsammans med Göteborgs Stads ambition att bygga så fossilfritt som möjligt så kan utsläppsfria arbetsmaskiner och transporter bidra starkt. Möjlighet till kombination med etablering/upprustning av grönytor i området från Stadsmiljöförvaltningen adderar en extra dimension till möjligheter med olika maskintyper och delade lösningar i området.



Bild 8 - Selma Stad, Hisingen, Göteborg

6.5 Replikering

Projektet har präglats av en kontinuerlig diskussion om vad som får efterfrågan och marknaden för elektriska entreprenader att öka. Det är nyttigt för de olika parterna att ta del av andras infallsvinklar och insiktsfulla erfarenheter och kunskaper av vad som styr och/eller driver marknadsutvecklingen.

Electric Worksite arrangerade, tillsammans med projektet ELECTRA, en workshop på temat "Upphandling elektriska transporter och entreprenader" där erfarenheter presenterades för cirka 30 deltagande personer:

- Fabian Wrede, ABT-Bolagen (ELECTRA, Norra Djurgårdsstaden)
- Emil Björklund, Göteborgs Stad Stadsmiljöförvaltningen (Electric Worksite)
- Tobias Larsson, NCC (Oslo)
- Fredric Norefjäll, RISE (Infrastrukturprojekt Trafikverket)

Några samlade rekommendationer från övningarna:

- Säkerställ förutsättningarna för utsläppsfritt projekt, nätkapacitet, ytor, laddpunkter
- Anbudstider kan behöva förlängas eller samverkansavtal
- Följ upp efterlevnaden! Ställ tydliga krav och följ upp
- Ställ relevanta krav på klimatpåverkan
 - 100% Fossilfritt + Bonus utifrån hur stor del av projektet som blev utsläppsfritt
 - Krav på få transporter, maskintimmar, bränslemängder etc
 - Premiera maskiner som kan användas till flera olika arbetsmoment
- Var konsekvent i kravställningen i kommande anbud
- Nya affärsmodeller

Värt att nämna är att Stadsmiljöförvaltningen, Göteborgs Stad går på helelektriska entreprenader och ser att, för kompaktmaskiner, är kostnaderna i det närmaste lika mellan el- och dieselalternativ. Dessutom, gick de i slutet av projekttiden ut med en upphandling där specifikt elektrifierade lösningar efterfrågades.

<https://www.electricitygoteborg.se/sv/nyheter/upphandling-eldrivna-arbetsmaskiner-oppn-i-goteborg>

6.6 Kommunikation och disseminering

Electric Worksite har kontinuerligt under projektet kommunicerat sina aktiviteter via digitala och sociala medier, arrangera egna events och hantera besök, medverka vid andras events samt genomfört en slutkonferens.

Projektet tog ett första avstamp i en av de första siterna – *Färjenäsparken* – där två kompaktmaskiner, en bandgrävare och en hjullastare sen testades (se bild 9). Eventet var välbesökt och tiden efter var det flera besök på plats, alltifrån politiker till internationella studiebesök.



Bild 9 – Lansering i Färjenäsparken sep 2021

Första dagarna i december 2021 var Göteborg värdar för EU-nätverket POLIS och då passade projektet på att visa upp några kompaktmaskiner och prata med besökare från hela Europa. Entreprenaden på Drottningtorget nyttjades också i kommunikation av projektet och som ett gott exempel på hur elektriska arbetsmaskiner har en radikalt mindre påverkan på sin omgivning mitt i den urbana stressen utanför Göteborgs Centralstation (se bild 10).



Bild 10 - Hjullastare på Drottningtorget

I samband med entreprenaden på Nelickvägen intill Liseberg passade man på att filma prototypmaskinen och intervjua såväl operatörer som platsansvariga. Materialet har en intention att användas av Volvo mot kunder, intressenter och inom projektet för att belysa användarnas upplevelser. Samlingen hölls internt med hänsyn till att den testade maskinen var en prototyp.

Electric Worksite blev hösten 2022 inbjudna och medverkade i seminarium arrangerat av Swedish Community for Sustainable Finance vid Handelshögskolan i Göteborg. Det finns återgivet i ett poddavsnitt där olika aktörer medverkar från entreprenadbranschen, batteriindustrin och finanssektorn.

<https://www.electricitygoteborg.se/sv/nyheter/podd-mojligheter-och-utmaningar-med-eldrivna-arbetsfordon>

I jun 2023 fick Göteborg äntligen fira sitt 400-årsjubileum ett par år försenat och som en del av jubileumsprogrammet satte staden fokus på hållbara resor och transporter där Electric Worksite var ett naturligt inslag både i ett seminarieprogram 5 juni och under hela jubileumshelgen då ett par elektriska maskiner var utställda för allmänheten att titta på och provköra. Uppskattningsvis 2000 personer tog chansen att titta, ställa frågor och pröva maskinerna. Speciellt uppskattat bland barnfamiljer.

<https://goteborg2023.com/hur-ska-goteborg-fa-till-hallbara-resor-och-transporter/>

Electric Worksite arrangerade tillsammans med systerprojektet ELECTRA en slutkonferens i september 2023. Arenan var The Yard på Lindholmen så vi kunde rulla in och visa upp både hjullastaren L25 och bandgrävaren ECR25. Cirka 120 deltagare med bred uppslutning från såväl det offentliga, akademi/institut som det privata från storindustri till enskilda maskinentreprenörer. Erfarenheter delades och insikter återgavs samt en bra, framåtriktad diskussion avrundade dagen. Materialet återfinns på projektsidan.

<https://www.electricitygoteborg.se/sv/byggarbetsplatser/electric-worksite>

Projektets bidrag till FFIs program mål

Projektet bidrar till följande övergripande FFI-mål:

- att öka forsknings- och innovationskapaciteten i Sverige, att främja branschöverskridande samverkan samt samverkan mellan industri och universitet, högskolor och institut.

I dagsläget finns det relativt få elektrifierade arbetsmaskiner på marknaden och begränsad förståelse för hur de kan tillämpas i olika miljöer samt vilken påverkan elektrifieringen har ur ett system- och byggprocessperspektiv. Parterna i projektet består av aktörer inom näringslivet, akademien och offentliga sektorn och med branschöverskridande kompetens inom fordonsutveckling och samhällsbyggnad. Innovationshöjden i projektet ligger primärt på att öka kunskapen för att få fram lösningar på systemnivå där parterna är aktivt med och bidrar med kompetens och expertis. Detta sätter Sverige i framkant både inom utveckling av elektrifierade arbetsmaskiner men också inom bygg- och anläggningsbranschen. I tillägg kommer det att krävas ny kompetens och nya arbetstillfällen för att möjliggöra en omställning till helt elektrifierade byggarbetsplatser.

Projektets bidrag till FFI Energi och Miljös mål och programområden

Projektet bidrar till att introducera energieffektiva och miljövänliga lösningar i bygg- och anläggningsbranschen. Elektriska arbetsmaskiner har en stor potential att kraftigt minska utsläpp av växthusgaser jämfört med dieselalternativ. Dessutom kommer övergången till elektrifierade arbetsmaskiner bidra till en minskning av andra emissioner, som kväveoxider, partiklar och buller. Detta är särskilt relevant i känsliga områden i stadsmiljön där gränsnivåerna för emissioner är höga. Electric Worksite II kommer att bidra till flera programområden såsom, 4.1.1 batterisystem, 4.1.4 laddbara fordon och 4.4.2 systemstyrning för fordonets energisystem, 4.4.3 direkt miljö- och hälsopåverkan (buller, däckemissioner mm) och 4.4.4 Hållbarhet Livscykelanalys.

7 Spridning och publicering

7.1 Kunskaps- och resultatspridning

Hur har/planeras projektresultatet att användas och spridas?	Markera med X	Kommentar
Öka kunskapen inom området	x	Alla medverkande parter tar med sig lärdomar och spridning av erfarenheter från andra projektpartners
Föras vidare till andra avancerade tekniska utvecklingsprojekt	x	Parallellt med Electric Worksite har flertalet av parterna medverkat i ELECTRA (finansierat av Vinnova) där man analyserat elektrifiering och effektivisering av elektrifierade byggtransporter. Vi ser flera synergier och överlapp som vi vill ta tillvara i ett kommande kombinerat projekt med elektrifierade arbetsmaskiner och elektrifierade byggtransporter.
Föras vidare till produktutvecklingsprojekt	x	Se ovan.
Introduceras på marknaden	x	Under projektets gång har maskiner lanserats och lärdomar från testade prototypmaskiner kommer att tas med i framtida lanseringar.
Användas i utredningar/regelverk/ tillståndsärenden/ politiska beslut	x	Projektet har återfört mycket kunskap till kommunala aktörer som vi identifierar som nyckelaktörer som planerande myndighet, väghållare, stor upphandlare samt huvudman för att utveckla och effektivisera ytor.

7.2 Publikationer

Publicerade artiklar:

Bahnariu, B., Kifokeris, D., Aqel, S., and Koch, C. (2022). Little big transitions: electric construction machines in small sites. In: Tutesigensi, A., and Neilson, C.J. (eds.). Proc. 38th Annual ARCOM Conference (542-551). Glasgow: ARCOM.

Koch, C., and Kifokeris, D. (2021). Heavy-duty construction equipment – dinosaurs of black energy? In: Scott, L., and Neilson, C.J. (eds.). Proc. 37th Annual ARCOM Conference (694-703). Online: ARCOM.

Publiceras under 2023:

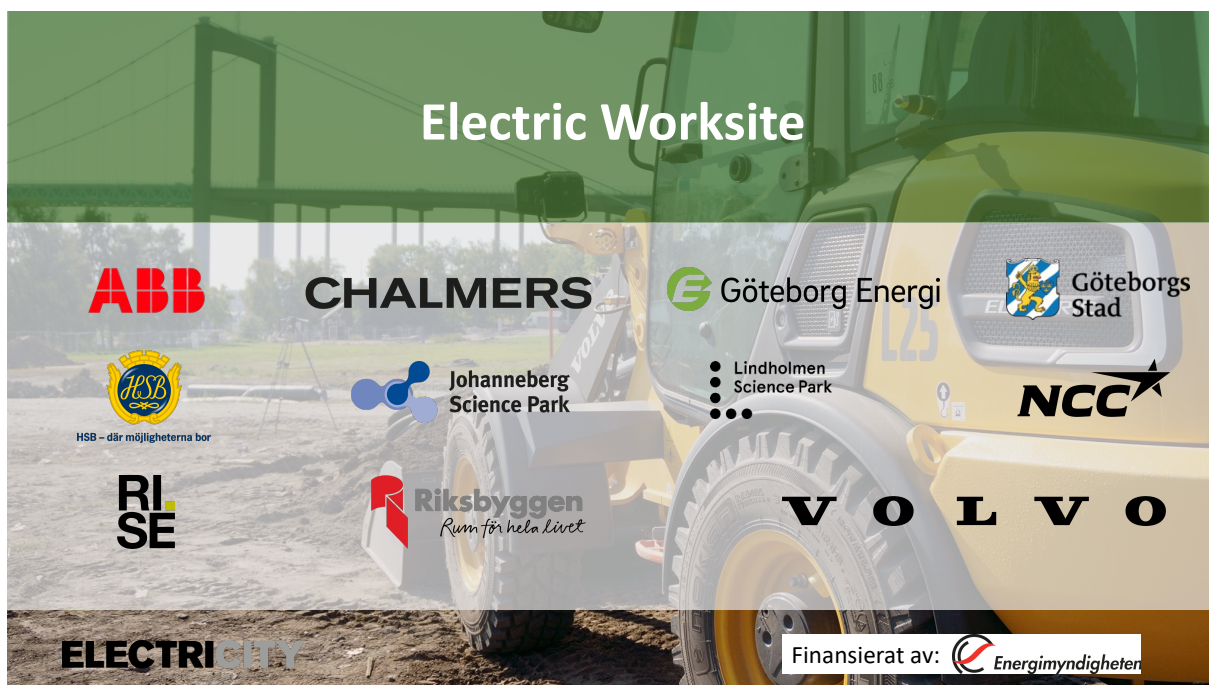
Koch, C., and Kifokeris, D. (2023). Sustainable transition of civil engineering - just new machines or a need for a change of regime? In: Proc. Global Cleaner Production Conference, Shanghai, China, 09-11 November 2023. Shanghai: Elsevier.

Planerade publikationer:

Journal article for the special issue "Accelerating Built Environment Sustainability: Proactive Research, Policies and Procurement" in the journal Built Environment Project and Asset Management.

8 Deltagande parter och kontaktperson

ABB
Chalmers tekniska högskola
Göteborg Energi
Göteborgs Stad
Göteborgs Stads Leasing
HSB
Högskolan i Halmstad
Johanneberg Science Park
Lindholmen Science Park
NCC
RISE Research institutes of Sweden
Riksbyggen
Volvo Construction Equipment



Lindholmen Science Park, Lars Bern, lars.bern@lindholmen.se, 0702-958974