



Energilager och luftflöde i befästning

Avrapportering av genomförd verksamhet 2024

WILHELM SAHLÉN, ELIAS LALLO

Wilhelm Sahlén, Elias Lallo

Energilager och luftflöde i befästning

Avrapportering av genomförd verksamhet 2024

Titel	Energilager och luftflöde i befästning – Avrapportering av genomförd verksamhet 2024
Title	Energy Storage and Airflow in Fortifications
Rapportnr/Report no	FOI-R--5712--SE
Månad/Month	December
Utgivningsår/Year	2024
Antal sidor/Pages	9
ISSN	1650-1942
Uppdragsgivare/Client	Försvarsmakten
Forskningsområde	Vapen, skydd och säkerhet
FoT-område	Vapen och skydd
Projektnr/Project no	E20935
Godkänd av/Approved by	Pernilla Magnusson
Ansvarig avdelning	Vapen, skydd och säkerhet

Detta verk är skyddat enligt lagen (1960:729) om upphovsrätt till litterära och konstnärliga verk, vilket bl.a. innebär att citering är tillåten i enlighet med vad som anges i 22 § i nämnd lag. För att använda verket på ett sätt som inte medges direkt av svensk lag krävs särskild överenskommelse.

This work is protected by the Swedish Act on Copyright in Literary and Artistic Works (1960:729). Citation is permitted in accordance with article 22 in said act. Any form of use that goes beyond what is permitted by Swedish copyright law, requires the written permission of FOI.

Sammanfattning

Inom ramen för Försvarmaktens FoT-program har projektet Energilager och luftflöde i befästning bedrivits under området Skydd- och Anläggningsteknik. Projektet bedriver verksamhet för att stötta Försvarmakten i forskningsfrågor rörande nya energilösningar i befästningar, och de mer specifika frågorna avseende batterilager och vätgas. Denna rapport redovisar den aktivitet som genomförts inom projektet under 2024.

Nyckelord: energiförsörjning, energi, energisystem, reservkraft, termisk rusning, vätgas, energilager

Summary

As part of the Swedish Armed Forces' research and development program, the project "Energy Storage and Airflow in Fortifications" has been carried out within the area of Protection and Fortifications. The project aims to support the Swedish Armed Forces in research related to new energy solutions in fortifications, where the activities this year have been devoted to battery storage and hydrogen. This report outlines the activities conducted within the project during 2024.

Keywords: energy supply, energy, energy systems, backup power, thermal runaway, hydrogen, energy storage

Innehållsförteckning

1	Inledning	6
2	Lagring av batterier.....	7
2.1	Undersökta batterier	7
2.2	Experimentella metoder.....	7
2.2.1	Självladdning.....	8
2.2.2	Åldringskarakterisering	8
2.2.3	Säkerhetskarakterisering	8
3	Diskussion	9
3.1	Batterilagring.....	9
3.2	Samverkan.....	9

1 Inledning

Under Forskning och teknikutveckling (FoT) Skydd och anläggningsteknik har projektet Energilager och luftflöde i befästning genomfört verksamhet från och med 2024 som är planerad att fortlöpa under tre år. Med utvecklingen av ny teknik kommer det finnas nya lösningar som både kan bevara befintlig och skapa ny förmåga för infrastruktur och befästningar.

Till en befästning är den energiförsörjning som sker via fossil diesel idag ofta associerad med omfattande logistik samt att samhällets energiomställning i stort sannolikt kommer minska tillgången till diesel samtidigt som energipoliska mål strävar efter att minska fossildrift för alla delar av samhället. Därför behöver man titta på nya typer av energilösningar. Lagring av energi är, beroende på tillämpning, en kritisk del för att erhålla en robust energiförsörjning.

En teknisk lösning är batterier som på grund av de goda möjligheterna för integration i ett stort spann av tekniska tillämpningar kan utöka de operationella fördelarna hos den energilösning, fossil diesel, som finns idag, eller helt ersätta denna. En annan teknisk lösning som också möjliggör energilagring bygger på nyttjandet av vätgas. Dagens teknik möjliggör lokal produktion av vätgas, därmed kan vätgas betraktas som en möjlig ersättare till den energilagring som sker idag.

Projektet är avgränsat till att utreda nya energilösningar associerade med batterier, och då närmare bestämt litiumjonbatterier, samt vätgas. Vätgasen efterfrågas att vara i ren gasform alternativt reformerad till ett flytande bränsle, som exempelvis ammoniak. Årets verksamhet är nästan helt avgränsat till att behandla litiumjonbatterier, frågeställningar avseende vätgas kommer in i kommande års rapporter.

Med nya energilösningar följer även utmaningar som behöver utredas och förstås för att en integration ska bli så effektiv som möjligt. En betydande utmaning som kan innebära kritiska konsekvenser om den inte hanteras korrekt är säkerhet hos energilösningen, vilket innebär både säkerhetsaspekter hos den nya energilösningen men även säkerhetsaspekter kopplade till interoperabilitet mellan energilösningen och befästningen i sig. Följande nämns för att belysa denna utmaning med ett konkret exempel. Säkerheten hos litiumjonbatterier är hög men konsekvensen vid ett fel är även den hög. Vid ett fel hos ett litiumjonbatteri kan battericellen nå så kallad termisk rusning som är ett explosionsartat förlopp där batteriets energi frigörs i värme, gas och brand till följd av oönskade sidoreaktioner inom cellen. Hur olika parametrar påverkar säkerheten hos battericeller är till viss del känt men det finns fortfarande frågetecken för hur olika parametrar vid kalenderåldring¹ av battericeller inverkar på säkerheten. Ambitionen är att identifiera hur olika temperaturer påverkar kalenderåldringen av olika typer av batterier för att förse Försvarsmakten med tydligare direktiv om hur framtida energisystem bör vara placerade i befästningar.

Denna rapport är disponerad enligt följande. Kapitel 2 ger en beskrivning av varför förrådslagring av batterier är relevant samt går in på de experimentella testerna och metoden inom projektet. Kapitel 3 diskuterar projektets avgränsningar och går även in på hur resultaten kan nyttiggöras.

¹ Kalenderåldring av batterier syftar till den grad av prestandaförlust som orsakas i cellen över tid, även om batteriet inte nyttjats aktivt. En mer välkänd metod att definiera åldring av batterier är cykelåldring där batterierna nyttjas aktivt och prestandaförlusten sker över ett antal urladdningscykler.

2 Lagring av batterier

Ett sannolikt scenario för mycket av Försvarmaktens batteridrivna utrustning är att den utrustningen lagras i förråd till dess att den ska användas. Lagringen kan göras under olika förutsättningar, vid olika temperatur och varierande laddningsgrad.

Det är sedan tidigare känt att säkerheten i batterier och konsekvenserna vid en kortslutning av batteriet blir avsevärt mildare för ett batteri med låg laddningsgrad, jämfört med ett fulladdat batteri. Med hänsyn till detta fraktas normalt sett inte batterier vid högre laddningsgrad än 30 % av sin nominella kapacitet.

Av olika skäl, exempelvis beredskapsskäl då batterierna snabbt skall kunna nyttjas i olika tillämpningar, kan det dock vara av intresse för Försvarmakten att i vissa fall förvara batterierna vid full eller nära full laddningsgrad. Därmed uppkommer ett behov av att utreda hur batteriernas olika laddningsgrad och omgivningstemperatur, över tid, påverkar deras säkerhet och prestanda.

I projektet kommer inom kort kalenderåldring av batterier att inledas. Projektet kommer endast att undersöka kalenderåldring, det vill säga batterierna kommer inte att laddas eller laddas ur löpande. Detta för att särskilja åldringsmekanismer relaterade till kalendertid och mekanismer kopplade till aktivt nyttjande av batterierna. Laddnings- och urladdningsrelaterad åldring kommer istället att undersökas inom andra FoT-områden som till exempel det nya området FoT Energiförsörjning.

2.1 Undersökta batterier

I studien kommer två stycken vanligt förekommande litium-jonbatterityper att undersökas; Litium-nickelmangankoboltoxid (NMC) och Litium-järnfosfat (LFP). Dessa har valts utifrån deras breda användning inom såväl militär som civil sektor.

Batterierna kommer att studeras vid tre olika laddningsgrader (SoC): 100, 80 och 30 %. 100 % har valts då det innebär full laddning, 80 % då det är en vanlig rekommendation för att förlänga batteriernas livslängd, framförallt beträffande NMC, och 30 % då batterierna från fabrik fraktas vid denna laddningsgrad.

Varje laddningsgrad kommer dessutom att lagras vid två konstanta temperaturer: 20 och 5 °C, där 20 °C motsvarar rumstemperatur och 5 °C motsvarar temperaturen i berggrum. En provserie kommer utöver detta att lagras med en varierande temperatur efter säsong.

2.2 Experimentella metoder

Batterier från lagringen kommer i intervall att plockas ut för analys och mätning. Metoderna som används är inom forskningen etablerade metoder för att avgöra prestanda och karakterisera egenskaper hos batterier. De batterier som genomgår mätningar som kan inverka på åldringsprocessen, exempelvis kapacitetsmätningar som nämns i kommande stycke, kommer inte att återföras till lagret. För att kunna studera battericellerna på detta vis under flera år innebär detta att studien behöver initieras med en relativt stor mängd celler, cirka 200 stycken av varje cellkemi, eftersom de efterhand förbrukas.

Celler av samma typ, antas åldras på ett liknande vis. Det innebär att de celler som plockas ut för mätning antas representera kvarvarande celler i mätprocessen, och för att minimera avvikelser orsakade av tillverkningsprocessen är cellerna hämtade ur samma tillverkningsserie.

För att kompensera för eventuella enskilda avvikelser kommer minst tre celler ur varje mätserie att plockas ut vid varje tillfälle.

2.2.1 Självladdning

Batteriernas självladdning kommer att undersökas genom spänningsmätning två gånger per dygn. Detta sker genom ett egenhändigt konstruerat mätinstrument med tidsstyrda reläer. Kontinuerlig spänningsmätning riskerar innebära en liten, men i sammanhanget relevant urladdning som kan påverka mätresultaten och görs därför ej.

Data från dessa mätningar kan i förlängningen ge upphov till rekommendationer avseende exempelvis återuppladdning av batterier som långtidsförvaras.

2.2.2 Åldringskarakterisering

Två metoder som kommer användas för att skatta åldringsprocesser i battericellerna är mätning av kapacitet och impedans.

Halvårsvis kommer tre celler ur varje serie att plockas ut för sådana mätningar. Kapacitetsmätningen sker genom långsam urladdning av cellen och kommer att jämföras med kapaciteten mätt för nya celler och därmed ge dels ett mått på kvarvarande tillgänglig kapacitet efter lagring, dels hur mycket maxkapacitet som finns att tillgå i det åldrade batteriet jämfört med när det var nytt.

Även elektrokemisk impedansspektroskopi (EIS) kommer att genomföras varje halvår på de tre celler som plockats ut. Tekniken ger information om cellens interna resistans, men kan också när den jämförs med mätningen genomförd på nya celler ge information om eventuell åldring i cellen och till viss del vilken komponent i cellen som gett upphov till åldringen.

2.2.3 Säkerhetskarakterisering

Årsvis kommer tre celler från mätserien 100 % SoC att plockas ut för mätning i en *Accelerated Rate Calorimeter* (ARC). Denna hettar i steg, på ett repeterbart sätt, upp cellen i en sluten behållare till dess att en eventuell termisk rusning detekteras. Instrumentet ger ett jämförelsetal för vilken temperatur som en termisk rusning startar och därmed ett intressant mått på hur säkerheten, jämfört en ny cell, påverkats av åldringsprocessen. Även andra mått som avgiven värme, maximal yttemperatur och ungefärlig utvecklad mängd gas kan utläsas från mätdata och jämföras med en ny cell.

Metoden är emellertid relativt tidskrävande och kan ta upp till en vecka per mätning. Av denna anledning prioriteras celler från den mätserie som på förhand förväntas åldras mest.

3 Diskussion

Projektet har under 2024 främst fokuserat på att starta det experimentella arbetet för lagerhållning av batterier. Det experimentella arbetet kräver mest arbete i början för att sedan kunna stå relativt orört under nästkommande år. Arbetstid för att genomföra kontinuerliga tester behövs i nästkommande års projekt, dock kan nästa års projekt även fokusera mer på lagring av vätgas för befästningar. Den experimentella uppställningen som tas fram inom projektet har möjlighet att nyttjas under längre tid än projektets nuvarande treårsperiod.

Som nämnt i kapitel 2 finns där andra parametrar, som inte undersöks inom denna utredning, som också har inverkan på åldring av batterierna, sådana parametrar skulle kunna laddning- och urladdningsrelaterad åldring.

3.1 Batterilagring

Studien förväntas ge viktig indata till rekommendationer avseende lagerhållning för en stor del av Försvarsmaktens batteribestånd. Studien tittar emellertid endast på kalendertidsinducerad åldring, vilket med stöd från andra FoT-områden, till exempel FoT Energiförsörjning, som tittar på användningsrelaterad åldring kommer att ge en bra helhetsbild.

Förutom att etablerade mätmetoder gällande åldring används, sammanlänkas dessa även med periodvis skattning av säkerhetsmässiga egenskaper, vilket till författarnas kännedom inte gjorts i tidigare studier på området.

3.2 Samverkan

Projektet samverkar med Temaområde Energiförsörjning och FoT Vapen och Skydd i projektet Ammunitions- och energilagringssäkerhet.

