



Hvilke posisjoner skal AS Norge ta i batteriverdikjeden?

Hvordan skal norsk prosessindustri utvikle spesialiserte produkter til batterimarkedet?

Eyde-klyngen arrangerte workshop med tema «Battery Materials» på Elkem Fiskå i Kristiansand, der hensikten var å gi innspill på hvordan industrien kan ta posisjoner rundt batteriverdikjeden (marked, teknologi, produktutvikling etc.) Innspillene er en leveranse til ekspertgruppa for produkt og produktutvikling i Prosess21.

Forfattere – Stephen John Sayfritz, Brage Skånøy og Lars Petter Maltby, basert på innspill fra Prosess 21-workshop på Elkem i Kristiansand.

For å sikre økt verdiskaping, må norsk prosessindustri blant annet satse på spesialisering og utvikling av avanserte, høy-verdi produkter for å styrke fremtidig konkurranseposisjon. Fra ekspertgruppen for produkt- og produktutvikling sitt mandat, trekkes det fram at en strategisk satsing på spesialiserte produkter, som batteriteknologi, krever høyere kompetanse og bedre teknologi og kan gi flere fordeler som:

- Høyere marginer (som forsvarer lønnsnivået)
- Høyere etableringsbarrierer for spesialprodukter
- Kunnskap som viktigste konkurransefaktor
- Flere ben å stå på sikrer fleksibilitet i svingende markeder
- Priser er mindre volatile og konjunkturutsatt. Spesielt viktig
- Spesialiserte selskaper oppnår høyere EBITDA-multipler (selskapsverdi/EBITDA), som er relevant i vekst- og oppkjøpsprosesser

Realisering av strategien forutsetter kontinuerlig forbedring, FoUI, et fungerende virkemiddelapparat og godt samarbeid mellom ingeniør- og operatørnivå (som allerede er godt innarbeidet i Norge og norsk prosessindustri) samt en tettere integrasjon med kunde og sluttmarked og dertil økt markedskompetanse og salgsapparat.

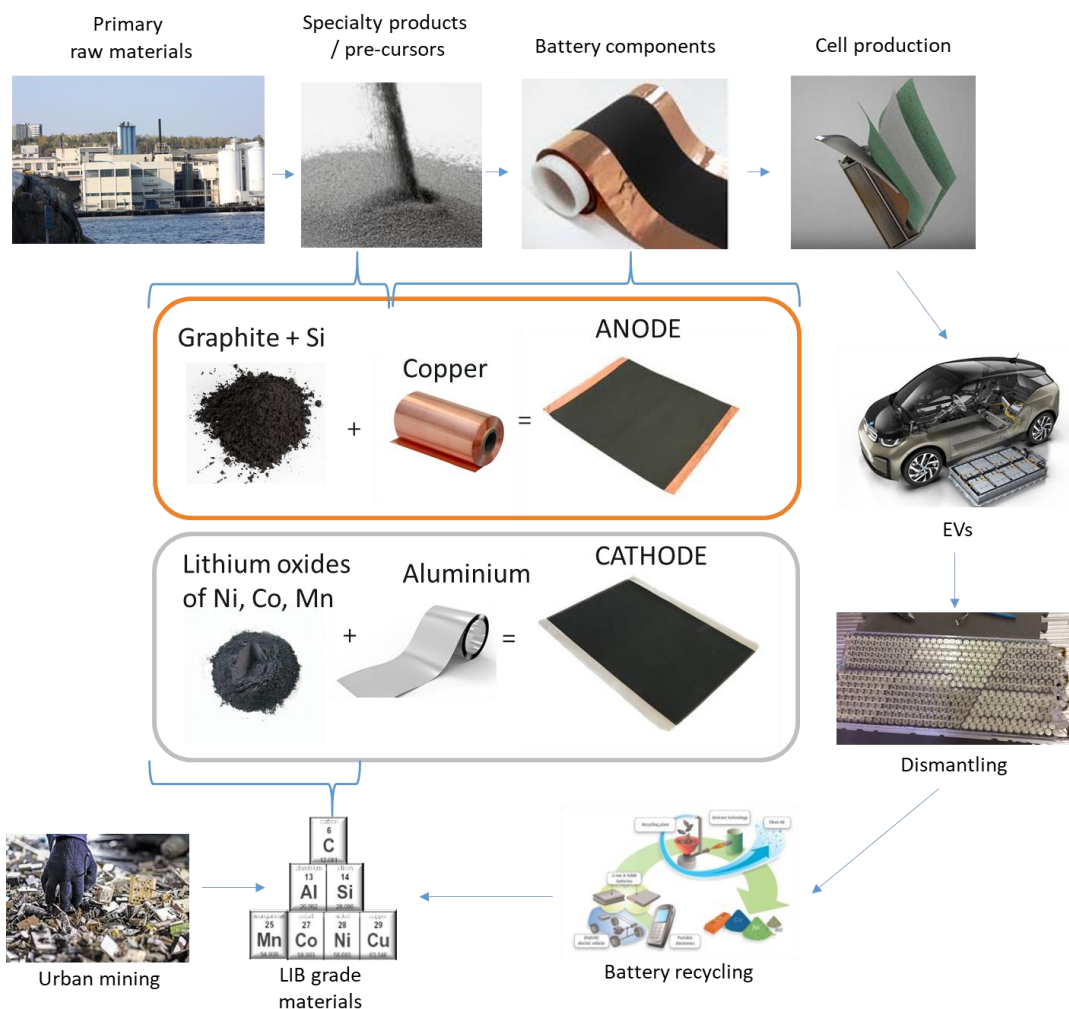
Overordnede anbefalinger

Workshopen fokuserte på litium-ion-batteri (LIB) verdikjeden og inkluderte produktspesialisering, «precursor»-produksjon, battericelleproduksjon og resirkulering. Vi har valgt å gi anbefalinger om hvordan Norge kan skape muligheter for forretningsutvikling innen LIB-verdikjeden og bidra til det grønne skiftet med fokus spesielt på Europa. Anbefalingene er knyttet til nevnte verdikjedesegmenter.

Produktspesialisering – batteriråvarer og «precursor»-produksjon

Batteriverdikjeden er en eksepsjonell bærekraftig verdiskapingsmulighet for Norge som bygger videre på Norges komparative fortrinn som fornybar kraft og kompetansedrevet materialsektor og muligheten for å levere til et europeisk vekstmarked.

Norge er i dag en stor råvareleverandør og eksporterer totalt om lag 48,6mrd. kroner tilsvarende ca. 5% av Norges eksportverdi. Av dette utgjør Aluminium 30mrd., Nikkel 9,6mrd., Silisium 4,3mrd., Kobolt 2,6mrd. og Kobber 2,1mrd. I tillegg, Europas største grafittgruver ligger i Norge. Det er spesielt viktig at Norge tar en del av dette vekstmarkedet siden mer enn 50% av eksportverdien kommer fra olje og gass som trolig skal nedtrappes over tid.



Illustrasjon av sirkulær verdikjede fra råvare til resirkulering der precursorer inngår

«Precursor» er forløpere til de aktive materialene som brukes i celleproduksjon av litium-ionbatterier (LIB). Precursor er et mellomprodukt til det aktive katodematerialet. Dette er partikler som består av metalloksidene som danner vertsstrukturaen for lithium.

Partiklene er dannet ved utfelling av hydroksider, gjennom pH-økning i en blanding av metallsulfater. Hydroksidene kalsineres til rene oksider. Det endelige aktive katodematerialet dannes ved å tilføre litium til precursor ved høy temperatur. Den totale katoden vil bestå av ledende tilsetningsstoffer og bindemiddel i tillegg til det aktive katodematerialet, belagt på en Al-strømkollektor. Grafitt med økende grad av silisium brukes vesentlig i anoden i el-biler i dag. Grafitt (og Si) kornene er det aktive materialet (lagrer Li), mens selve anoden består i tillegg av et ledende tilsetningsstoff, oftest Carbon black og et bindemiddel, som belegges på en Cu-strømkollektor.

Produksjon av precursor-er/aktivt materiale (begge elektrodene) innebærer utvikling og skalering av spesialiserte markedsprodukter og representerer dermed en naturlig trinnvis utvikling av norsk prosessindustri, da det bygges direkte på eksisterende material- og prosesskompetanse. Produksjon av precursor er material- og kraftkrevende og kan produseres i Norge med lavt miljøavtrykk.

Markedskunnskap og kundeforståelse ble identifisert som en kritisk mangel for de norske selskapene som ønsker å utforske nye markeder, og dette gjelder spesielt for ikke-europeiske markeder og for små/nystartede selskaper med begrensede ressurser. Innovasjon Norge med sitt globale nettverk har potensial til å få tak i kritisk informasjon om markedsutvikling og kundebehov for viktige segmenter/utvikling. Kunnskap og kompetanse er også en kritisk mangel som adresseres senere.

Anbefaling 1 - Innovasjon Norge kan spille en nøkkel i å samle strategisk markedsinnsikt basert på sitt globale nettverk av utenlandskontorer. Dette bør suppleres av et norsk bedriftsnettverk med fokus på innovasjon og markedsmuligheter som omfatter hele batteriproduksjonens verdikjede. Denne informasjonen og tilgang til nettverket må være tilgjengelig på forespørsel og inngå som en del av støtten som Innovasjon Norge gir til private bedrifter.

Batteriproduksjon som er planlagt lokalisert i Europa, skal være basert på den eksisterende generasjonen av LIB-teknologi. Denne produksjonskapasiteten medfører et enormt behov for råvarer, aktivt materiale og precursor-er. For å imøtekomme denne etterspørselen, må industrien både forstå markedet og skalere sin produksjonskapasitet for spesialiserte produkter for LIB. Denne typen pilotering / oppskalering av infrastruktur er meget viktig, spesielt for oppstartselskaper og andre mindre selskaper som ikke har ressurser til å investere i slikt unikt utstyr, samt nødvendig kompetanse for å betjene dem. Invest in Norway bør strømlinjeforme en prosess for å sikre at Norge er vertskap for relevante deler av batteriverdikjeden.

Anbefaling 2 - Fasiliteter for å prosessere og pilotere produksjon av batterimaterialer med titalls-kilogram skala av battericeller bør gjøres tilgjengelig som en del av Norges nasjonale industrielle infrastruktur. De norske katapultsentrene er skreddersydd for denne oppgaven og bør videreutvikles i denne retningen. Både Future Materials og Sustainable Energy katapultssentrene har allerede investert i infrastruktur for knappecellebatteritesting.

Imidlertid er fullskala infrastruktur for større celledtesting også viktig for å demonstrere materialytelse, og er ikke tilgjengelig i Norge per i dag (noen få aktører tester nå i utlandet). I

forhold til battericelleproduksjon (beskrevet senere) vil også ekspertise i produksjonsoppskalering være nødvendig.

På mellomlang sikt vil teknologiutviklingen endre etterspørselen og spesifikasjonen av batterimaterialer. Å forstå, delta og dra nytte av denne utviklingen vil gi en langsiktig, bærekraftig verdiskapingsmulighet for Norge. Det er derfor kritisk å få denne tilgjengeligheten raskt. Det må være en systematisk og koordinert nasjonal tilnærming til teknologi- og produktutvikling i alle utviklingsfaser (TRL-nivå).

Anbefaling 3 – Norges forskningsråd, Innovasjon Norge, SIVA, ENOVA og Nysnø bør benytte en koordinert og langsiktig tilnærming. Et nasjonalt utviklingsløp («product pipeline») bør bygge på eksisterende verktøy tilgjengelig for disse organisasjonene, som Sentre for fremragende forskning (SSF), Forskningssentrene for miljøvennlig energi (FME), Sentrene for forskningsdrevet innovasjon (SFI), Pilot-E, Norsk katapult og Klimavennlig teknologi og kapital adgang. Dette er avgjørende for å sikre at alle stadier av utviklingsløpet dekkes fra grunnleggende forskning til kommersialisering, samt kapitalen som kreves for å oppnå dette. Grunnet markedsutvikling og forventet økning i elbilbatteri som må gjenbrukes eller gjenvinnes fra 2026 (13) bør dette iverksettes gjennom en koordinert tilnærming og operasjonaliseres innen utgangen av 2020.

“Faraday battery challenge” i Storbritannia kan sees som et eksempel av en koordinert og langsiktig tilnærming.

What is the Faraday battery challenge?

There is growing demand for batteries for electrification, with the market estimated to be worth £5 billion to the UK and £50 billion to Europe by 2025.

In the UK this is driven in part by government’s plan to ban new conventional petrol and diesel vehicles by 2040 to be replaced by electric and zero emissions vehicles.

Through this challenge, the government will invest in research and innovation projects and new facilities to scale-up and advance the production, use and recycling of batteries. It will lower carbon and air pollution in the UK, while creating new opportunities and industries.

While the government investment will focus on the automotive sector initially to meet its commitment and the growing global demand for electric vehicles, this will also help advance battery development for other applications for an electrified economy.

<https://www.ukri.org/innovation/industrial-strategy-challenge-fund/faraday-battery-challenge/>

Produksjon av battericeller

Stor skala av battericelleproduksjon er kapital-, IPR- og kunnskaps-intensiv. Utviklingen av et produksjonssted i Norge representerer betydelige direkte fordeler både med tanke på utenlandske investeringer og lokal sysselsetting. En slik industriell aktør vil utvikle, styrke og utfylle det eksisterende økosystemet for batterimaterialer og batteripakke-produksjon i Norge. I tillegg ville gjenvinning av produksjonsskrap fra slike anlegg kunne bidra til å starte storskala LIB-gjenvinning i Norge. Behov for storskala gjenvinning av batterier fra norske biler (ved for eksempel Batteriretur), vil komme senere på grunn av elbilenes levetid. Norges tilgang til ren energi, kan være en betydelig fordel, spesielt om EU innfører en CO₂ «grenseskatt». En skatt på en vares CO₂-produksjonsfotavtrykk.

Invest in Norway utvikler i disse dager en norsk batteriverdiproposisjon for å oppmuntre til utenlandske investeringer langs hele batteriverdikjeden. Som en del av den verdikjeden som allerede eksisterer i Norge, bør prosessindustrien støtte dette initiativet. Eyde Cluster innehar allerede en støttepartnerrolle i dette arbeidet, dette bør kompletteres av flere industrielle aktører og nettverk, i form av eksempelvis; NCE Maritime Cleantech og Sustainable Energy Norsk katapultssenter.

Anbefaling 4 - Prosess 21 Vertskapsattraktivitet og rammebetingelser-gruppen oppfordres til å bruke LIB-celleproduksjon til «benchmarking» i deres arbeid, samt precursor-er/aktivt materiale produksjon og storskala gjenvinning av EV (Electric vehicle) LIB. Om Norge kan tiltrekke seg flere større aktører langs hele verdikjeden, vil det styrke de eksisterende aktørene betydelig og gi ringvirkninger nasjonalt samt øke konkurransekräften i de ulike deler av verdikjeden. Tilgang på ren energi, materialer og tilhørende materialkompetanse kan anses som komparative fortrinn for Norge og dermed muliggjøre produksjon av batterier med lavest mulig CO₂-fotavtrykk.

Resirkulering / gjenbruk

I 2017 brukte Norge ca. 5 milliarder kroner i form av skattelettelse (MVA og engangsavgift - fritak osv. (1)) for å sikre videre etablering av elbil-markedet i Norge. Dette har vært, og er fortsatt, et avgjørende bidrag til elektrifisering av transportsektoren i Norge og et viktig bidrag globalt. Dette representerer en enorm investering det siste tiåret. Man bør i større grad se dette i sammenheng med mulighet for forretningsutvikling innen batteriverdikjeden i Norge slik at midler i større grad kan ses som en investering for fremtidige arbeidsplasser. Basert på de 250.000 elbiler som er registret i Norge (<https://elbil.no/elbilstatistikk/>) med en gjennomsnittlig batterikapasitet på 30 kWh, har den norske elbilflåten en samlet kapasitet på omtrent 7,5 GWh. I tillegg er det 110.000 hybrid-biler med en samlet kapasitet på omtrent 1,1 GWh.

Det er kritisk at den nåværende norske elektriske kjøretøy (EV)-flåten ansees som en sentral ressurs som Norge har i) med ansvar for å sikre at den disponeres på den mest miljøansvarlige måten og ii) gir Norge muligheten til å ta en ledende posisjon med LIB-gjenbruk og resirkulering. For å sikre at LIB-markedet utvikles bærekraftig og for å tilrettelegge for utvikling

av beste praksis i Norge, anbefaler vi følgende: Bruk av insentiver på videre oppbygging av EV-flåten og oppbygging av ladeinfrastruktur, er viktig for å sikre tilgang på brukte batterier.

Anbefaling 5 - Nye forskrifter i Kina (2) krever at 98% av Ni, Mn og Co, sammen med 85% av Li, skal utvinnes under LIB-gjenvinning. Dette er en viktig utvikling som bør/skal påvirke oppdateringen av EUs batteridirektiv som ventes i 2020/21. Det er en betydelig forbedring i forhold til 50 vektprosent, som kreves i EU i dag. Derfor bør Forskningsrådet, Innovasjon Norge og ENOVA støtte og prioritere tiltak/prosjekter/sectorer som søker å oppfylle eller overskride disse utvinningsmålene på en økonomisk måte. Pilot-E-programmet og en eller flere permanente innovasjonsprogrammer kan spille en nøkkelrolle her. Utviklingen av permanente innovasjonsprogrammer som ligner på Sveriges Strategisk Innovasjonsprogram via Vinnova, Energimyndigheten og FORMAS (3, 4) bør vurderes. Tanken er at dette kan være et «pilot-E», men med fokus på satsinger som kan bidra til fremtidig eksport og arbeidsplasser i Norge. Slik sett er batteri et meget godt eksempel på satsing i et Strategisk innovasjonsprogram (som favner over flere TRL-nivåer)

Anbefaling 6 – Det bør utvikles insentiver og systemer som oppmuntrer til bærekraftig gjenbruk og eventuell gjenvinning av EV LIB i Norge, som tilsvarer omtrent 8,6 GWh av lagringskapasiteten. En engangseksportavgift for EV fra Norge bør vurderes for å øke sannsynligheten for at batteriene blir i Norge. I tillegg, bør insentivsystemet omfatte i) reduksjon av merverdiavgift for energisystemer som inneholder brukte EV-batterier. ii) MVA-frie mikrotransaksjoner for batteribaserte energilagringssystemer som er en del av et energinettverk (smart grid) iii) økt vrakpant/ insentiver for å følge beste praksis ift. gjenbruk og høy gjenvinningsgrad.

Anbefaling 7 – Elektrifisering av kollektivtransport er et utslippsreducerende tiltak både i forhold til CO₂ utslipp og lokal forurensing. «Leasing» er hovedsakelig brukt til anskaffelse av kollektivtransportmidler (buss etc.) i Norge. På grunn av høy utnyttelsesgrad vil bussene trolig kunne brukes lenger enn batteriene, i motsetning til private elbiler. Derfor bør det tilrettelegges for bærekraftig gjenbruk og eventuell gjenvinning av buss og lastebil levert på leasingavtaler i Norge. Bruk av CO₂-fotavtrykk i batteriproduksjon bør også vurderes som kriterium i offentlige anskaffelser.

Utdanning

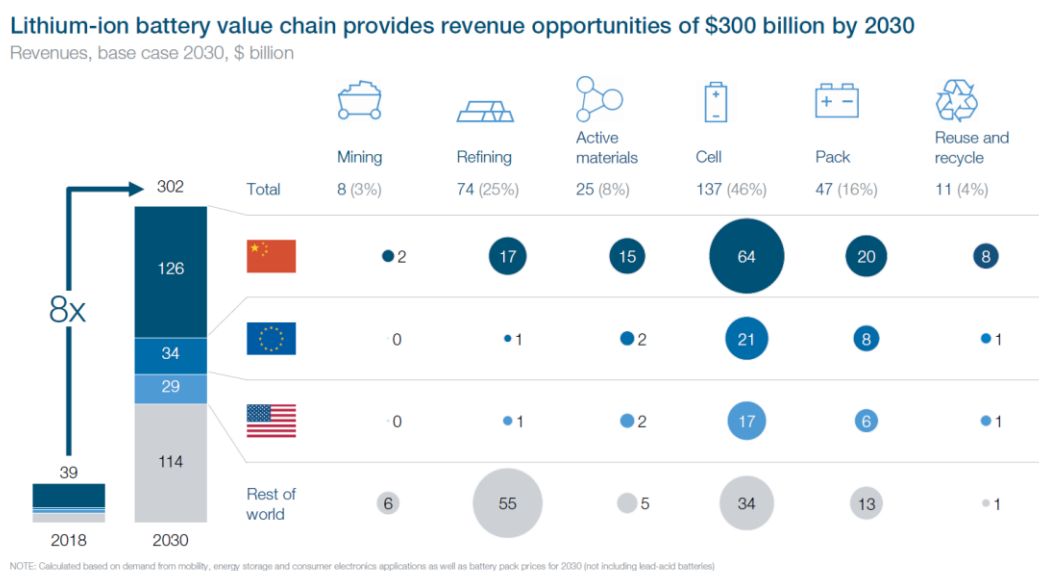
Økt fokus på batterier krever god kunnskap fra kandidater som utdannes fra UoH-sektoren. I dag tilbyr NTNU (Institutt for materialteknologi) og UiO (Institutt for teknologisystemer) fag der batterier utgjør hele eller deler av faget, eksempelvis «Hydrogenteknologi, brenselceller, batteri og solceller» fra NTNU og «Battery Technology» fra UiO. Selv om vi er gode på utdanning tilpasset prosessindustri og tilliggende bransjer i dag, vil ikke nåværende utdanninger være tilstrekkelig til å møte kompetansebehovet et fremvoksende batterimarked krever om få år. I tillegg, bruk av batteri i energisystemer bør i større grad tas inn i utdanningsløpet rundt fornybar energi, for eksempel MSc. i Fornybar energi som tilbys av Universitetet i Agder.

Anbefaling 8: Det anbefales et spisset utdanningstilbud på batterier på BSc., MSc. og PhD - nivå for å bygge opp og sikre nasjonal kompetanse på batterier og verdikjeden.

Innledning

Den forventede økningen av elektro-mobilitet og overgang til fornybar energi vil føre til en eksponentiell vekst av LIB-markedet og som et resultat bruk av relevante råvarer (5), se figur 1. Det økede behovet representerer en enorm mulighet for norske virksomheter, både store og små. Norsk potensial er basert på i) prosess og materialkompetanse ii) strategisk geografisk plassering tett på Europa-markedet iii) som en «first-mover» innen den elektriske mobilitetsfæren (6) vil Norge kunne posisjonere seg i forhold til denne verdikjeden.

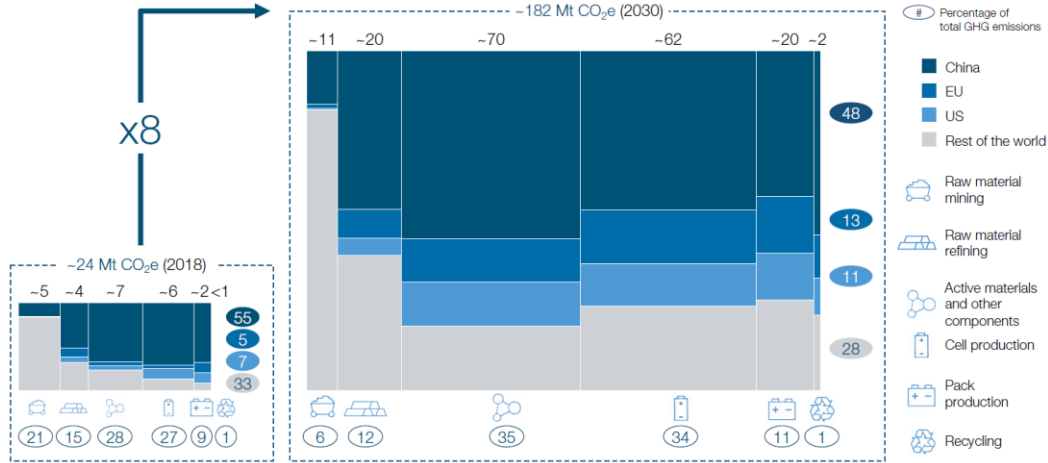
Ettersom Norge har en høy andel av elektriske biler, vil landet også oppleve de første volumer med «utbrukte» bilbatterier. Dette gir betydelige muligheter innenfor annengangs bruk og resirkulering av batteriene. Dette muliggjør utvikling av nye forretningsmodeller og teknologiske løsninger, før de eventuelt kan eksporteres og anvendes i europeisk målestokk. I tillegg vil produksjon av battericeller, precursors og batteriråstoff i Norge redusere det totale karbonavtrykket til batteriproduksjon i Europa på grunn av den norske fornybare energimiksen (5), se figur 2.



Figur 1 - Forventede inntektsmuligheter innen batteripaktproduksjon innen 2030 (5)

Battery production with significant CO₂ footprint, mainly driven by active materials and other components as well as cell production in China

Greenhouse gas emissions by value chain step, Mt CO₂e per annum (2030)



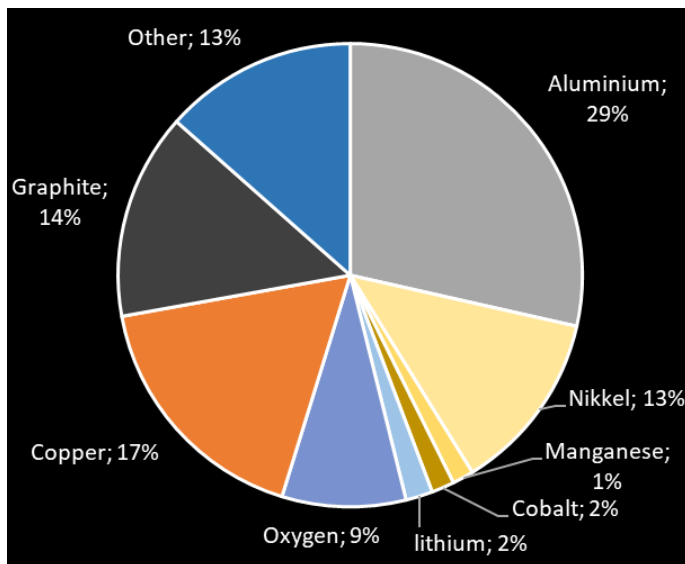
Source: World Economic Forum, Global Battery Alliance; McKinsey analysis

Figur 2- batteriproduksjon, CO₂-avtrykk (5). I 2016 var 58% av kinas energiproduksjon fra kull
<https://www.iea.org/weo/china/>

EUs satsning på batteriverdikjeden

European Battery Alliance har et uttalt mål om å etablere en europeisk batteriverdikjede med en årlig verdi på 250 milliarder euro innen 2025 (6). Råvarer vil være en viktig nøkkelfaktor i dette. For eksempel vil 250 GWh av Generation 3A (NMC811) batteriproduksjon i Europa - kreve omtrent 250.000 tonn batterigrad grafit for anoden, og 188.000 tonn nikkel med høy

renhet i klasse 1, 24.000 tonn kobolt, 70.000 tonn mangan og 49.000 tonn litium for katoden. For øyeblikket er utvinning og prosessering av flere batteriråvarer i Europa på et marginalt nivå. Imidlertid viser figuren (til venstre) % vekt av hvert materiale/element som brukes i en hel (Gr/NMC811) LIB-celle. Norge kan spille en ledende rolle som leverandør av bærekraftige batterimaterialer til europeisk produksjon basert på den eksisterende prosessindustriens produksjonskapasitet og kompetanse. Som tidligere nevnt, tar Elkem Carbon en ledende rolle innen syntetisk



grafittproduksjon i Europa, mens selskaper som Glencore Nikkelverk kan levere materialer til både Li-ion batterikatoder (Nikkel og Kobolt) og anodene (Kobber som strømsamler), mens både Alcoa og Hydro ASA produserer aluminium. For øyeblikket er mesteparten av de "jomfruelige", batterimaterialene utenfor Det europeiske økonomiske området.

Gjenvinning av brukte EV-batterier representerer en betydelig bærekraftig verdiskapningsmulighet for prosessindustrien i Norge. Det verdifulle materialet i EV-batterier



må resirkuleres (helst etter annengangs bruk, som for eksempel i energilagringssystemer) på en måte som muliggjør gjenbruk av materialene i nye EV-batterier. Dette har potensial til å gi en stabil tilførsel av "nye"/sekundære råvarer til batteriproduksjon i Europa, og reduserer samtidig prosessindustrien i Norge sin avhengighet av utvunnet materiale, illustrert i figuren nedenfor. Som tidligere nevnt, nye forskrifter i Kina (2) krever at 98% av Ni, Mn og Co,

sammen med 85% av Li, skal utvinnes gjennom LIB-gjenvinning. Dette er en viktig utvikling som bør/skal påvirke oppdateringen av EUs batteridirektiv som ventes i 2020/21. Det er en betydelig forbedring i forhold til 50 vektprosent, som kreves i EU i dag. Norge bør ta en ledende rolle på gjenvinning med fokus på gjenbruk og høy utvinningsgrad.

For å oppnå FNs bærekraftige utviklingsmål (SDG) er det like viktig at råvarer blir utnyttet maksimalt, og ettersom Norge produserer mange av de kritiske materialene i LIB-verdikjeden, åpner dette for ekstraordinære markedsmuligheter.

Eksisterende batteriverdikjede i Norge

Norge er en betydelig produsent av primære råvarer og kan bruke sin akademiske og industrielle ekspertise til å utvikle mer spesialiserte/resirkulerte produkter for bruk i batterimarkedet. For tiden leverer Norge 21% av EUs primære aluminium, 13% av nikkel og 8% av Cobalt-råstoffimporten (7). Norskbaserte selskaper utvikler spesialiserte produkter og operasjoner for å levere batterimaterialer som naturlig og syntetisk grafitt (Skaland Graphite AS og Elkem Carbon AS (8)).

Det er for tiden to hoved-initiativer for battericelleproduksjon i Norge. Freyr AS søker å bygge et 32 GWh LIB-produksjonsanlegg i Mo i Rana, har fått støtte fra InnoEnergy (9) og er målrettet mot en produksjonsstart i 2023. Beyond AS er fokusert på en Li-ion kondensatorproduksjon. Li-ion kondensatorer er en hybrid mellom LIB og superkondensatorer som er mål for fornybar energinett, transport og offshore energiinfrastrukturmarkeder (10). I tillegg arbeider BEBA AS og Graphene Batteries med oppskalering av Li-S batterier (en videre utvikling av dagens teknologi) og har gjennomført en mulighetsstudie sammen med Eidsiva (Batteriproduksjon i Innlandet) hvor storskala batteriproduksjon utredes (11).

Norge er ledende internasjonalt på elektrifisering av transport og produksjon av batteri/systemer for bruk i dette markedet. ZEM Energy, Corvus Energy og Siemens har stor batteripakkeproduksjon i Norge ved bruk av celler produsert i Kina/Korea. Schive AS, basert i

Asker lager skreddersydde batterier for ulike anvendelser innen industri, forsvar, subsea og offshore. I mindre skala utvikler selskaper som Greenwaves AS helelektriske produkter for småbåtmarkedet. Figur 2 viser en forenklet oversikt av batteriverdikjeden.



Figur 2 – viser en forenklet oversikt av den batteri verdikjeden.

Energiovergangen krever et fleksibelt elektrisk system der forskjellige typer fornybare energikilder kan integreres og hybridiseres. Dessuten er et robust transport- og distribusjonssystem essensielt, og der forskjellige typer og nye etterspørslar kan imøtekommes. Lagring av elektrisk energi (EES) som litium-ion (Li-ion) -batterier kan redusere forbrukstopper av fornybar energi og maksimere fornybar utnyttelse ved å lagre overskuddsstrøm. For lagringstid på 30 minutter til tre timer er LIB for tiden den mest kostnadseffektive løsningen, og har den beste energitettheten sammenlignet med alternativene. Gjenbruk av LIB innen EES representerer en mulighet til å levere nye dynamiske energisystemer og økt levetid og dermed utnyttelsesgrad av EV-batterier. Det er flere oppstart / små selskaper som ECO HOME, Alternativ Energi og Marna Energi, som har kommet inn i markedet for batteribaserte energilagringssystemer for husholdning, ofte i kombinasjon med sol- og vindkraftproduksjon.

Annengangs bruk av batterier er en betydelig mulighet for verdiskaping for Norge grunnet tidlig introduksjon og høy markedsandel for elbiler. Derfor kan Norge spille en viktig rolle i å utvikle gjenbruk og gjenvinning i løpet av de neste fem årene etter hvert som volumene fra brukte el-biler øker. Dette kan oppnås med mindre bilene tillates eksportert ettersom de er lavt priset i Norge sammenlignet med andre europeiske land. Norge har et utviklet innsamlingsystem som kan være en konkurransefordel. Batteriretur Høyenergi AS er spesialisert innen håndtering og gjenvinning av LIB fra mobilitetssektoren. I tillegg søker det pågående forskningsprosjektet LIBRES (282328 NRC) å full-automatisere effektiv demontering og gjenvinning av brukt LIB fra EVs for videre prosessering.

Sidestrømmer (spesielt grafittbasert) fra eksisterende industriell aktivitet representerer en interessant mulighet hvis de kan oppgraderes til batterikvalitet. Dette området kartlegges pt.

og det er foreløpig for usikkert å definere mulige forretningsmuligheter fra dette. Det er behov for innledende tester og kartlegging av mulighetene på området.

Invest in Norway kartlegger investeringsmuligheter for internasjonale selskaper på vegne av Innovasjon Norge. Invest in Norway jobber for tiden med å utvikle potensialet for “Norge som batteri-nasjon” og er i ferd med å kartlegge hele økosystemet for å vise frem og selge vårt fulle potensial som et land i denne bransjen.

MoZEES (Mobility Zero Emission Energy Systems), er et forskningscenter for miljøvennlig energi (FME), som skal bidra til utvikling av nye batteri- og hydrogenmaterialer, -komponenter og -systemer for eksisterende og framtidige applikasjoner innen transportsektoren (vei, bane og sjø). Forskningscenteret bidrar til design og utvikling av sikre, pålitelige og kostnadseffektive nullutslippsløsninger for transport. Forskningscenteret er et samarbeid mellom fire forskningsinstitusjoner, tre universiteter, syv offentlige partnere, tre private interesseorganisasjoner og 22 nærings- og industripartnere, inkludert leverandører av materialer, nøkkelkomponenter, teknologi, og systemer innen batterier og hydrogen. Institutt for Energiteknikk (IFE) er vertskap for FME MoZEES.

BATMAN-prosjektet, ledet av Eyde-Klyngen, skal utvikle et dynamisk strategisk verktøy basert på materialstrømsanalyse (MFA) som gjør det mulig for norske bedrifter å ta ledende roller innenfor LIB-verdikjeden (litium-ion batterier). Partnerbedrifter kan identifisere sine verdiskapningsmuligheter innen i) Re-manufacturing, ii) sekundær bruk, iii) resirkulering og iv) nye energisystemer og modeller. Dette gjør de i stand til å ta strategiske beslutninger, og bedre forstå når de skal investere i produktutvikling og / eller fasiliteter.

BEACON er ment å gi en stemme i det norske og europeiske økosystemet for batterier, tilby informasjon om status og fremtidig utvikling i Europa, gi tilgang til kunnskap og informasjon om den teknologiske utviklingen, og skape en arena for å etablere sterke partnerskap og samarbeid med andre aktører. I tillegg vil BEACON samlet representere deltakerne i dialog med norske og europeiske myndigheter og finansieringsorganer. BEACON er startet på initiativ fra SINTEF og Forskningsrådet.

Beskrivelse av workshop

For å sikre best mulig utbytte fra workshopen ble denne strukturert etter Eyde-klyngens «kodeknekker-metodikk». I korte trekk går den ut på få innspill gjennom individuelt og gruppevis arbeid samt presentasjon og diskusjon i plenum. For å besvare workshopens overordnede problemstilling ble deltagerne inndelt i ulike grupper og workshopen delt i to deler hhv. 1) Hvordan kan bedrifter (SMB eller større bedrift) utvikle spesialiserte produkter til batteriproduksjon? og 2) Hvilken posisjon skal Norge ta i batteriverdikjeden?

Del 1: Hvordan kan norsk prosessindustri utvikle spesialisert produkter til batterimarkedet? For å gi en god bredde i innspillene fikk ulike grupper ansvar for å besvare problemstillingen fra en SMB/start-ups perspektiv og en stor bedrifts perspektiv. Innspillene ble innsamlet gjennom skriftlige besvarelser på:

- Business case «Hvorfor skal vi gjøre dette?»
- Nåsituasjon «Hvor står vi?» og «Hva er vårt utgangspunkt?»
- Ønsket situasjon «Hvor vil vi?»
- Handlingsplan «Hva skal vi gjøre?»

Business case - «Hvorfor skal vi gjøre dette?»

Det er et stort, voksende batterimarked som vil vokse eksponentielt framover med økende verdi på produkter. Størsteparten av dagens battericeller produseres i Asia (omlag 97%, hvorav ca. 60% i Kina), og dette skyldes en aktiv politikk i Kina siden 2009. Dagens kapasitet på verdensbasis er ikke nok til å møte etterspørselen. EU er helt avhengig av å utvikle egen teknologi basert på høy grad av fornybarhet for ikke å tape i konkurransen på elektrifisering av bilparken.

Norge trenger mer industrialisering og oppskalering samt nedbryting av silotenking som hersker enkelte plasser. Da olje- & gass-næringen er «på vei nedover» vil en satsing på spesialiserte produkter i batterimarkedet være viktig mtp. framtidig sysselsetting.

Norge er godt posisjonert gjennom ren energi med lavt CO₂-avtrykk, høy kompetanse på generelt nivå og spesifikt mot elektrokjemi og materialproduksjon med høy, jevn kvalitet. Norge har videre en nærhet til markedet og leverandørsikkerhet og dermed potensial til:

- Å ta del i det økende markedet
- Gå inn på aktuelle nisjemarkeder
- Oppstartsbedrifter kan fokusere på lavkapitalinngang i batterimarkeder som Software for battery controls, sensorer og spread battery assembly (Corvus)

I framtiden vil rammebetingelsene kunne endre seg, og man kan f.eks. tenke seg at det 10 år fram i tid ikke er gitt at cellene vil være tilgjengelige gjennom potensielt eierskap til battericellene fra produsent etc. I dag eier sluttbrukeren elbilen og batteriet, men det kan komme leasing-modeller der sluttbrukeren ikke har kontroll/ansvar for batteriene slik at de ikke forvaltes på et åpent marked. Dette skjer i dag gjennom buss-anbud.

Nåsituasjon - «Hvor står vi?» «Hva er vårt utgangspunkt?»

Vi er i «startgropa» og har mye å ta igjen på kompetanse på batterier, spesielt kompetanse på battericelleproduksjon og eksperimentell utvikling innen batterier. Norge er sterke på i) råvaresiden, og har gode forutsetninger gjennom høy kompetanse, reelt lavt CO2-avtrykk og god tilgang på ren, billig energi. ii) design og bygging av batteripakker og moduler iii) grunnforskningskompetanse innen materiell utvikling.

Det er noe svakere på produksiden (offshore- og maritim sektor unntak) og selv om Norge har fokus på teknologi og forskning (Ifølge deltagere arbeider om lag 150 personer i Norge pt. med forskning. på batteri i forskningsmiljøene og bedrifter) er vi mer konservative enn Kina som er villig til å ta større risiko gjennom å investere i små oppstartsselskaper og dermed får større hastighet i utviklingen. Kina har laget en plan som beskriver en systemisk overgang til elbiler for hele sin bilpark (14). Privat kapital er tilgjengelig, men norske investorer har ikke tilstrekkelig kunnskap om batterimarkedet. Videre er behovet for kapital for etablering av såkalte gigafabrikker over investeringskapasitet for private norske investorer.

Momenter som at Norge er tidlig ute med resirkulering, har god kompetanse i maritim sektor knyttet opp mot basis i skipsbygging og er ledende på EL-biler kombinert med ovennevnte styrker på materialsiden kan gi et godt utgangspunkt. Det er et potensial ved å samarbeide med større aktører for å få kompetanse på scale-ups og industrialisering. God tradisjon for samarbeid med forskningsmiljø i Europa kan være en inngang inn i dette.

Ønsket situasjon «Hvor vil vi?»

Norge ønsker å ta del i utviklingen i den videre vekst og utvikling av batterimarkedet der bærekraftig produksjon i framtiden vil gi et potensielt større konkurransefortrinn sammenlignet med i dag. I framtiden kan det antas at forbrukeren ønsker produkter som er tilvirket på en så bærekraftig måte som mulig (lavt CO2-fotavtrykk). Nedenfor følger et eller flere scenarioer som beskriver ønskede situasjoner:

- Norge har en eller to reelle celleprodusenter (Norge tar en eller flere av 30+ gigafabrikkene Europa har behov for i 2030) med fokus på 1) Lithium Ion-teknologi 2) Neste generasjons teknologi.
- Norge er en leverandør inn til batteriproduksjon, eksempelvis produksjon av cellekomponenter der Norge produserer «world class» grafitt og silisium for anoden i tillegg til katodeproduksjon.
- Norge tar muligheter i batteriverdikjeden i nisjer der Norge har komparative fortrinn
- Norge tar andre potensial innen elektrifiseringstrenden som permanente magneter og super-kondensatorer

I alle scenarioer gjelder bruk av norsk teknologi i produksjonsutstyr og skatteordning tilsvarende lete-refusjonsordningen. En slik ordning for landbasert industri ble foreslått i P21s Entreprenørskapsrapport (15)). Der selskaper som ikke har inntekter (fra satsing på batteri) ikke trenger å betale skatt før bedriften går med overskudd. «En skatterefusjonsordning for landbasert kapitalintensiv industri vil bidra til innovasjoner (og

tilhørende investeringer) som ellers ikke ville blitt foretatt, med framtidige inntekter til staten (KILDE: Entreprenørskapsrapporten)

Handlingsplan «Hva skal vi gjøre»

Norge må utvikle forståelse for og kompetanse i batterimarkedet gjennom å analysere batterimarkedet slik at vi kan definere nisjer og segmenter der Norge kan utnytte komparative fortrinn. En slik analyse må påpeke hvordan eksisterende infrastruktur, kompetanse og ressurser kan settes sammen for å potensielt bygge opp lavkost, høyvolum produksjon av batteriprodukter i Norge. **Det er et ønske at Norge i fremtiden skal ha en posisjon som en storskala leverandør til batterimarkedet**

Det bør gjennomføres en analyse som **påviser kompetansemangler, for deretter å prioritere og identifisere og utvikle nødvendig kompetanse og teknologi over tid**. Prioritering av kompetanse må tilpasses overordnet strategi og hvilket scenario man velger å arbeide videre med (se punkt over). Dette kan skje trinnvis gjennom å hyre nødvendig kompetanse utenfor Norge, herunder etablere et program for å tiltrekke ekspertise utenlands for å på sikt bygge opp kompetanse i Norge.

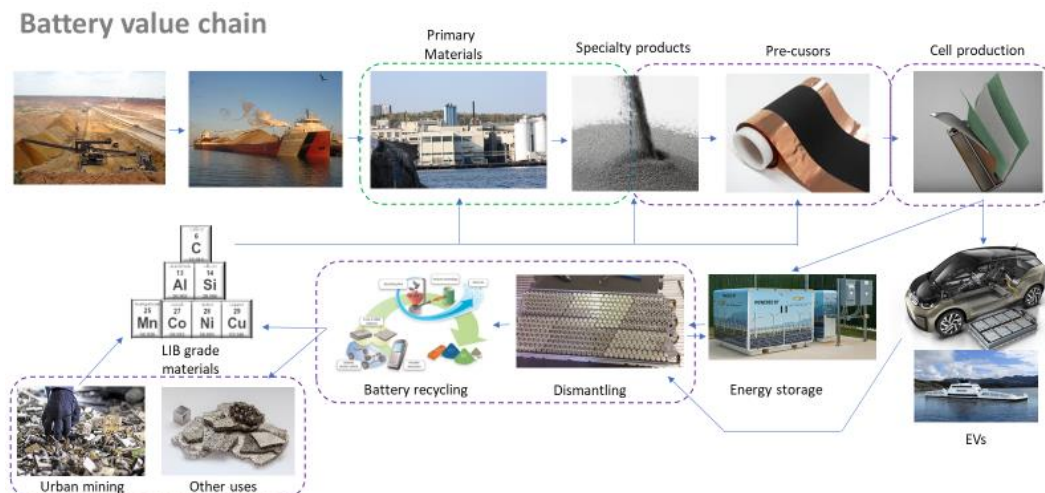
Parallelt må FoU-arbeid prioriteres, lab- og pilotforsøk utføres og forskere/ulike grupperinger må konsolideres rundt et sentralt fokus. Dette bør understøttes av utdanningsinstitusjoner som utdanner flere metallurger med høy kompetanse på elektrokjemi. Det ble videre diskutert mulighetene for å etablere en egen ingeniørutdanning for batteriteknologi og/eller spesialisering av eksisterende ingeniørutdanninger mot batterier.

«Partnership approach»: Collaborate where we can. Norge bør samarbeide nasjonalt og internasjonalt på områder der man har mulighet til å samarbeide. Relevante klynger og bedriftsnettverk vil være viktig som ledd i å skaffe partnere og initiere relevante prosjekter som leder til relevante produkter. Produktutviklingsarbeid og leverandør-kontrakter er viktige aspekter i dette.

Da batteriproduksjon i Norge og prosessindustri generelt er kapitalintensivt vil det være viktig å **finne kapital og motivere det norske kapitalmarkedet**. Det er viktig at insentiver for å håndtere risiko kommer på plass gjennom å lage alternative investeringsklasser og øke tilgjengeligheten av risikovillig kapital. Dette vil i sin tur lede til raskere initiering av prosjekter som potensielt leder til nye produkter. Dette behov beskrives nærmere som en del av P21s Entreprenørskapsrapport (15).

Et viktig punkt for en eventuell etablering av batteriproduksjon, uavhengig av om dette blir en gigafabrikk eller mindre fysisk infrastruktur, er lokasjon og vertskapsattraktivitet. Arbeidet i ekspertgruppen for vertskapsattraktivitet blir viktig for dette arbeidet.

Del 2: Hvilke posisjoner skal AS Norge ta i batteriverdikjeden?



Den andre delen av workshopen fokuserte på hvilke tilleggsposisjoner Norge kan innta innenfor batteriverdikjeden. Precursor-produksjon, celleproduksjon og resirkulering ble undersøkt av deltakerne.

«Precursor» produksjon

«Precursor» er råmaterialene i form av metall-sulfater eller -nitrater som benyttes i produksjon av de aktive elektrodematerialene som så brukes i LIB-celleproduksjon. Det kan også være et mellomprodukt i form av en ferdig blanding som representerer den endelige batterielektrodekjemien, for eksempel en blanding av nikkell-, mangan- og kobolt-salter i et gitt forhold, for eksempel 6: 2: 2. Dette mellomproduktet vil måtte videreføres før det kan settes inn i battericelleproduksjon.

Krystalliserte nikkell- og kobolt-sulfater (og klorider) med høye renhetskrav brukes typisk i batteribransjen som utgangspunkt for den aktive katodemateriale-fremstillingen. Disse nikkell- og koboltkrystallene blir oppløst og danner metallsulfat-løsningene sammen med andre metaller som er nødvendige i den spesifikke batterikjemien, som mangan, hvor produksjonen av katodeforløperen starter.

For litiumbatterier blir litium typisk introdusert til katodeforløpermaterialet i litieringstrinnet i prosessen, hvor litiumkarbonatet eller litiumhydroksydråstoffet blir introdusert til den kommende katodestrukturen. Katodematerialet i pulverform blir blandet sammen med et bindemiddel og løsemiddel før denne flytende blandingen (slurryen) påføres en metallfolie (kobber eller aluminium) som fungerer som strømsamler.

Produksjon av precursor er hensiktsmessig å legge til rette for i Norge grunnet nærhet til råmaterialer, samt at det er betraktet som energiintensiv produksjon. Med økende fokus på bruk av fornybar energi til produksjon vil Norge ha et komparativt fortrinn så lenge kraft er rikelig tilgjengelig til konkurransedyktige priser.

SWOT-analyse

I del 2 av workshop-en valgte to grupper å fokusere på Precursor-er produksjon, se figur 3 og 4. Fra SWOT-ene - Den norske prosessen nærer sterk posisjon innen primære råvarer. Etterspørselen etter batterimaterialer i tilstøtende markeder forventes å vokse raskt, drevet av produksjonen av LIB i Europa. Det er for øyeblikket planlagt minst 11 Gigafactories i Europa (b). Gitt dette, er LIB precursor-marked av betydelig interesse og er en naturlig utvidelse av våre eksisterende råstoffprodukter, fornybar kraftprofil og kompetanse. Den tekniske utviklingen har vært drevet av andre geografiske markeder der norske selskaper, spesielt mindre selskaper, har begrenset innsikt. Med sitt store geografiske fotavtrykk kan Innovasjon Norge fylle en "scouting" -rolle innenfor viktige markeder som LIB-produksjon.

	Helpful to achieving the objective	Harmful to achieving the objective
Internal origin (Process industry)	<p>Strengths</p> <ul style="list-style-type: none"> • Videreutvikling av eksisterende produksjon og materialer → <u>Prosess og materialkompetanse</u> • Bygge videre på lokal infrastruktur (strøm, infrastruktur, varme, renseanlegg etc.) • Logistikk, transport → Geografisk nærhet, samlokalisering • Kort <u>resirk-loop</u> • Reelt lavt CO2-utslipp (fornybar energi) • Stabilt land, omgivelser, politisk, rammebetingelser (reputation) • Dyktige fagarbeidere, flat organisasjon 	<p>Weaknesses</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kapital • Mangel på kundebehov og forståelse av behov – Mye hemmelighet/IP • Utdanning, mangel på kompetanse (politisk, industriell) (for dårlig og få med teknologibakgrunn) • Businessmodeller
External origin (factors around us)	<p>Opportunities</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verdiskapning, arbeidsplasser, tiltrekke kompetanse • Few players in Europe – strong political will to establish • New, advanced products, need to • Need for low carbon products (consumer demand) 	<p>Threats</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lite gjennomsnittlig marked • Asia/Kina dominans – lite deling utad • Skatteregler (internasjonale selskaper), eks: tolltariffer • Link mot potensielle kunder, vanskelig å komme inn som ny utenifra (Track-record) • Manglende krav til utslipp/CO2 i produksjon (ekstra kostnad)

Figur 3 – SWOT analyse gruppe 1

	Helpful to achieving the objective	Harmful to achieving the objective
Internal origin (Process industry)	<p>Strengths</p> <ul style="list-style-type: none"> • Clean raw materials • Stable existing industry base • High competence in producing raw material • Sustainable production and energy • Cheap Energy 	<p>Weaknesses</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fragmented industry • Traditional industry base • Poor product innovation • Poor market knowledge • Poor knowledge amongst the investors • Economy very much dependent on oil industry
External origin (factors around us)	<p>Opportunities</p> <ul style="list-style-type: none"> • Extreme growth in the market • Oil industry is on its way down → May release capital and entrepreneurs and workforce • Norwegian marine sector → New solutions 	<p>Threats</p> <ul style="list-style-type: none"> • New actors will change the market → No need for existing (materials) → Commodities

Figur 4 – SWOT analyse gruppe 2

Anbefalinger – Precursor-er

Produksjon er precursor-er i Norge er naturlig neste steg i verdikjeden siden det kan bygges på eksisterende kompetanse og bedriftsinfrastruktur. Prosess 21 Vertskapsattraktivitet og rammebetingelser-gruppen oppfordres til å bruke precursor-er produksjon til «benchmarking» i deres arbeid.

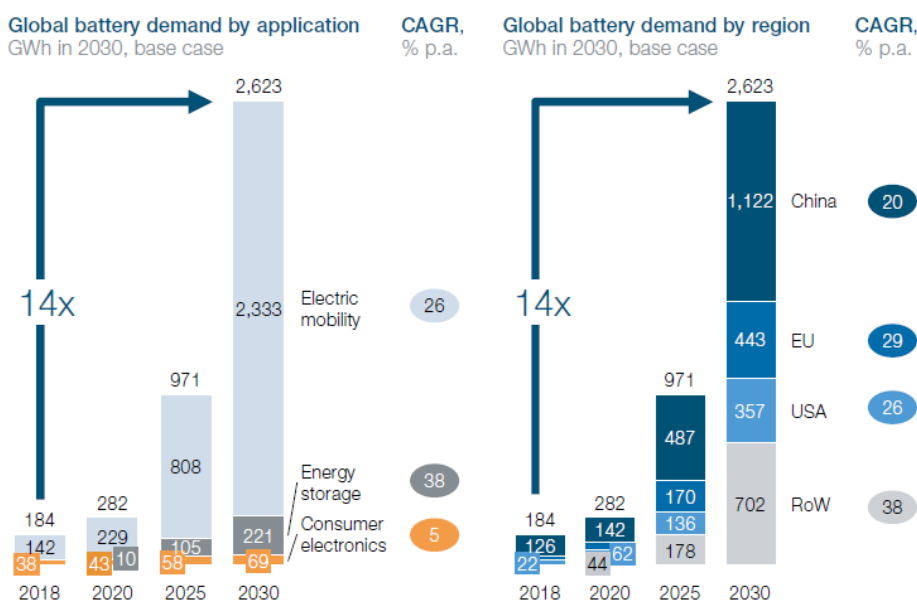
Markedskunnskap og kundeforståelse er en felles utfordring for de norske selskapene som ønsker å utforske nye markeder, dette gjelder spesielt for små selskaper/oppstartere med begrensede ressurser. Innovasjon Norge med sitt globale fotavtrykk har potensial til å gi kritisk informasjon om markedsutvikling og kundebehov for viktige segmenter/utvikling. Denne informasjonen samlet inn av feltkontoret, i regi av en sentral strategisk utviklingsplan, kan suppleres med eksterne markedsrapporter etter behov. Informasjonen skal være tilgjengelig på forespørsel som en del av støtten gitt av Innovasjon Norge.

Celleproduksjon

Det indre EU-markedet for LIB forventes å være 170 GWh innen 2025 og 443 GWh innen 2030 (6), se figur 5. Celleproduksjon: I dag er anslagsvis 350 GWh celleproduksjonskapasitet i drift hovedsakelig i Kina, Sør-Korea, Japan og USA. Ytterligere 510 GWh kapasitet er kunngjort gjennom 2025, totalt 860 GWh celleproduksjonskapasitet, hvorav 60% vil være lokalisert i Kina. For å imøtekomme 2600 GWh etterspørselen i 2030, er det imidlertid behov for ytterligere 1700 GWh kapasitet. Basert på dagens investeringsnivåer, vil det være nødvendig med et ekstra investeringsvolum på \$ 140 milliarder dollar frem til 2030 for å imøtekomme

etterspørselen. Ut fra sin tilgang til og overskudd av fornybarstrøm samt nærhet til det europeiske bilmarkedet, bør Norge har muligheter til å ta 2-5 gigafactories

Compared to today, global battery demand is expected to grow by a factor of ~14 to reach ~2,600 in 2030



Figur 5 - forventet vekst i etterspørselen etter batterikapasitet per region (5)

SWOT-analyse

I del 2 av workshopen, valgte en gruppe å fokusere på celleproduksjon i Norge, se figur 6. Så vidt vi vet er det to hoved-initiativer for utvikling av celleproduksjon i Norge. Freyr AS søker å bygge en 32 GWh-fabrikk i Mo i Rana. Dette prosjektet blir sett på som et av de mest avanserte i Europa og har mottatt 7 millioner euro i finansiering fra InnoEnergy, for å utvikle en teknologi-lisensiert-modell. Beyonder AS er et norsk energiteknisk selskap som har utviklet neste generasjon av bærekraftige Li-ion kondensatorer og superkondensatorer for tungindustrien. Beyonder AS planlegger å bygge et produksjonslokale på Vestlandet. Industribedrifter i denne skalaen er betydelige kapitalinvesteringer som har risikoelementer knyttet til markedsutvikling, IPR og lokal kompetanse. I tillegg, finnes BEBA/Graphene Batteries og Innlandet batteriprojekt.

	Helpful to achieving the objective	Harmful to achieving the objective
Internal origin (Process industry)	<p>Strengths</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cheap and green electricity • Local market • Weak geographical competition • Strong research groups in Norway + strong collaboration with international research groups • Political stability • Strong competence in automation • Quality reputation • Cost competitive on salary for special operators, experts and management 	<p>Weaknesses</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lack of competence • High salary for conventional labor and general operators • Lack of certain raw materials (electrolytes, separator etc.) • Lack of funding • Lack of special incentives • Extra cost due to high HSE requirements in Norway • Slow decision processes
External origin (factors around us)	<p>Opportunities</p> <ul style="list-style-type: none"> • Strengthen the battery value chain and open up for new spin-offs • Strengthen the research community • Increased export • Create new jobs in other sectors (i.e. transport) 	<p>Threats</p> <ul style="list-style-type: none"> • New and competing technologies • Low profitability • IP Leakage • Lack of freedom to operate due to complex IP landscape

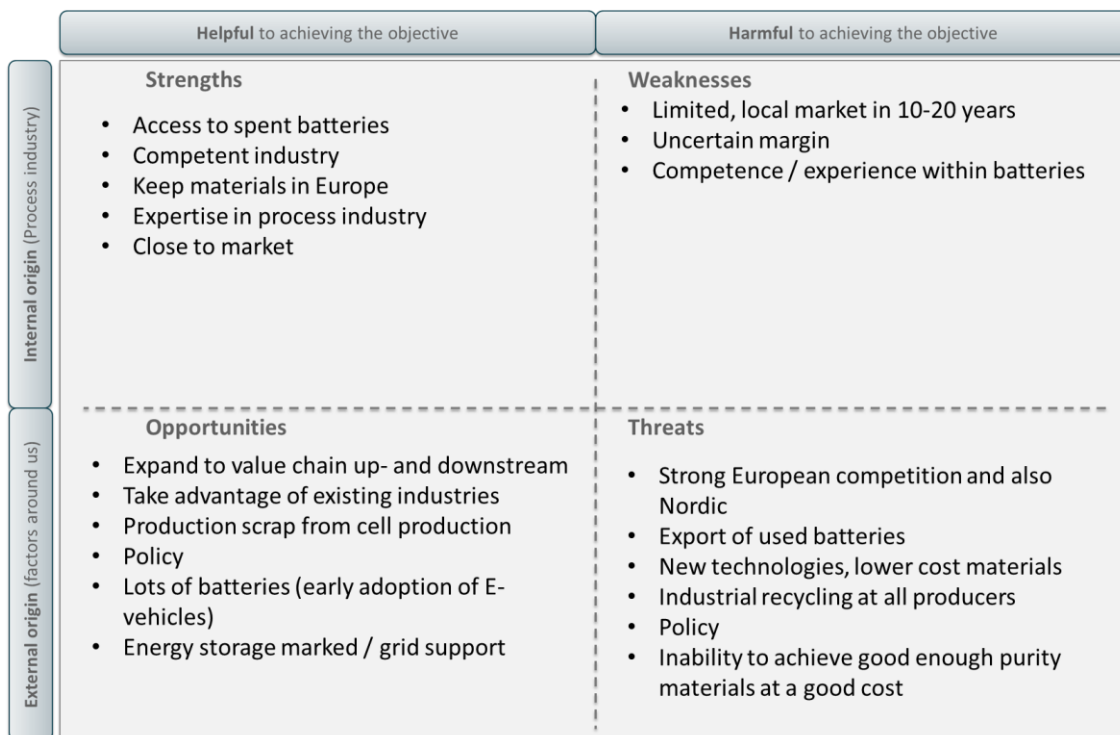
Figur 6 – SWOT analyse gruppe – Celleproduksjon

Anbefalinger – Celleproduksjon

Invest in Norway utvikler en norsk batteriverdiproposisjon for å øke utenlandske investeringer i Norge langs hele batteriets verdikjede. Som en del av den eksisterende verdikjeden som allerede eksisterer i Norge, bør prosessindustrien støtte dette initiativet. Eyde Cluster innehar allerede en støttepartnerrolle i dette arbeidet, dette bør kompletteres av flere aktører i bransjen. I tillegg oppfordres Prosess 21 Vertskapsattraktivitet og rammebetingelser-gruppe til å bruke en LIB-celleproduksjon som referansesak.

Gjenvinning

Til slutt må alle batterier gjenvinnes. Dette er på grunn av begrensninger i tilgjengeligheten av primærmetall kombinert med behovet for råvarer til nye batterier. Gjenbruk skjer for tiden hovedsakelig i stor skala i Kina, fordi de til dags dato har hatt en mer betydelig mengde batterier å resirkulere. Siden de produserer mye batterier og batteriforløpere, er de vant til å bruke resirkulerte metaller fra batterier som input for produksjon. En gruppe valgte å konsentrere seg om resirkulering, se figur 7.



Figur 7 – SWOT analyse gruppe – Gjenvinning

Sammendrag – Gjenvinning

Gjenvinning av utbrukte EV-batterier representerer en betydelig bærekraftig verdiskapningsmulighet for prosessindustrien i Norge. Det verdifulle materialet i EV-batterier må resirkuleres (helst etter bruk i annen applikasjon, for eksempel energilagringssystemer) på en måte som muliggjør gjenbruk av materialene i nye EV-batterier. Dette har potensiale til både å gi en stabil tilførsel av "nye" / sekundære råvarer til batteriproduksjon i Europa og samtidig redusere prosessindustrien i Norges avhengighet av materiale utvunnet fra guver.

Anbefalinger – Gjenvinning

Nye forskrifter i Kina krever at 98% av Ni, Mn og Co, sammen med 85% av Li, skal gjenvinnes under LIB-gjenvinning. Dette som målestokk for oppdateringen til EUs batteridirektiv som forfaller i 2020/21, og er en betydelig forbedring i forhold til 50 vektprosent som kreves i EU i dag. Derfor bør Norges Forskningsråd, Innovasjon Norge og ENOVA støtte og prioritere tiltak som søker å oppfylle eller overskride disse utvinningsmålene på en økonomisk måte. Pilot-E-programmet kan spille en nøkkelrolle. Ytterligere insentiver kan undersøkes, for eksempel høyere skrapbetaling for gjenvinningsaktører som oppfyller høyere materialgjenvinningsgrad.

Energisystemer

Bruk av gjenbrukte bilbatterier kan potensielt gi en kostnadsfordel sammenliknet med bruk av nye batterier, og sikrer en mer bærekraftig bruk av batteriene. Energisystemer var ikke dekket av workshopen, men henger sammen med gjenvinning og helhetlig vurdering av miljøfotavtrykk til LIB. Eyde gjennomførte videre et tilleggsmøte med Agder Energi for å

beskrive dette tema nærmere. Dette markedet er fremdeles i en tidlig fase av utviklingen med mange prosjekter bestilt av ikke-kommersielle grunner, men i stedet som proof-of-konsept-prosjekter. For å starte markedet for disse produktene og tjenestene bør man innlede med insentiver som redusert merverdiavgift (moms) for energisystemer som inneholder brukte EV-batterier. iii) MVA-frie mikrotransaksjoner for batteribaserte energilagringssystemer i et energibytte nettverk, kan vurderes.

Referanse

- 1- <https://www.faktisk.no/faktasjekker/xlZ/norge-sponser-elbileiere-med-40-milliarder-i-aret>
- 2- <http://nrdc.cn/information/informationinfo?id=209&cook=1>
- 3- <https://www.vinnova.se/m/strategiska-innovationsprogram/>
- 4- <https://www.prosess21.no/contentassets/48e3b64ebc364de8a4be6390dff489fd/entreprenorekspertgrupperapport.pdf/>
- 5- [http://www3.weforum.org/docs/WEF A Vision for a Sustainable Battery Value Chain in 2030 Report.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_A_Vision_for_a_Sustainable_Battery_Value_Chain_in_2030_Report.pdf)
- 6- European Battery Alliance - <https://www.eba250.com/>
- 7- Metals for a Climate Neutral Europe, [https://www.ies.be/files/Metals for a Climate Neutral Europe 0.pdf](https://www.ies.be/files/Metals%20for%20a%20Climate%20Neutral%20Europe%200.pdf).
- 8- <https://www.elkem.com/media/news-articles/elkem-to-establish-battery-graphite-pilot-plant-in-kristiansand-norway/>
- 9- <https://news.cision.com/freyr/r/freyr-secures--7-25-million-investment-from-eit-innoenergy-to-build-a-32-gwh-battery-cell-production,c2842971>
- 10- <http://beyond.no/home>
- 11- <https://www.revistadyna.com/search/energy-storage-keys-for-europe-in-coming-years>
- 12- <https://bellona.no/publication/batteriproduksjon-i-innlandet>
- 13- <https://www.norden.org/en/publication/mapping-lithium-ion-batteries-vehicles>
- 14- <http://nrdc.cn/information/informationinfo?id=209&cook=1>
- 15- <https://www.prosess21.no/contentassets/48e3b64ebc364de8a4be6390dff489fd/entreprenorekspertgrupperapport.pdf/>

Appendix

A – Participants

Navn	Selskap
Gunstein Skomedal	Elkem
Håvard Moe	Elkem
A.O Tezel	Abalonyx/Graphene Batteries
Alf Steinar Sætre	NTNU
Aslaug Hagestad Nag	Future Materials Katapult-senter
Brage Skånøy	Eyde Cluster
Bridget Cathrine Deveney	Elkem
Christian Rosenkilde	Hydro
Christina White	Glencore
Fride Vullum Bruer	SINTEF
Gro Eide	Elkem
Jordan Bedford	Elkem
Marit Dolmen	Elkem
Martin Myraker	Incepto
Ole Dotterud	Glencore
Oluf Bockmann	Glencore
Per Ramsdal	Glencore
Quang Thanh Nguyen	Elkem
Rune Wendelbo	Abalonyx/ Graphene Batteries
Stephen Sayfritz	Eyde Cluster
Stian Madshus	Elkem

Svein Kvernstuen	Beyonder
Thomas Kristiansen	Borregaard
Tommy Mokkelbost	Elkem
Tor Einar Johnsen	Forskningsrådet
Morten Lindquist	Norner