

**SYNTESERAPPORT 2021**



 INNLANDET  
BATTERY INITIATIVE

**LWE**<sup>®</sup>

 Innlandet  
fylkeskommune

**BEBA**

Eidsiva.

 **intek**

 NTNU

 **SINTEF**

## SYNTESERAPPORT

INNLANDET BATTERY INITIATIVE © 2021

### UTGIVER

Innlandet Battery Initiative

### INITIATIVTAKERE

Eidsiva Energi og BEBA

### STYRINGSGRUPPE

Are Koppang (Laje Nettservice), Trond Carlson (Innlandet Fylkeskommune),  
Frederic Hauge (BEBA), Jørn Wroldsén (NTNU), Anita Hager (Intek), Jon Sandvik  
(SINTEF)

### PROSJEKTLEDER

Lars Belvin (Eidsiva Energi)

### SEKRETARIAT

Vegard Sherling Kristensen (BEBA), Stefan Wächter (BEBA), Bjarne Gilhuus-Moe  
(BEBA)

### ARBEIDSGRUPPE 1

Stephen D. Wolthusen (NTNU), James G. Wright (NTNU)

### ARBEIDSGRUPPE 2

Jon Sandvik (SINTEF), Lars Rognås (SINTEF)

### ARBEIDSGRUPPE 3

Rolv Marius Faleide (Laje Nettservice), Kristian Elseth (Laje Nettservice)

## INNHold

1	SAMMENDRAG
2	ANBEFALINGER
2	INTRODUKSJON
2	VERDIKJEDEN FOR BATTERIER
3	AKTØRER I NORGE
5	INNLANDET BATTERY INITIATIVE
6	MEDLEMMER
6	EIDSIVA ENERGI
6	BELLONA HOLDING
6	INNLANDET FYLKESKOMMUNE
6	LAJE NETTSERVICE
6	NTNU
6	SINTEF MANUFACTURING
7	INTEK
7	ANDRE AKTØRER
8	LEVERANSER
8	ARBEIDSGRUPPE 1: CYBER SECURITY
9	RAPPORTENS MÅL
9	KONKLUSJON
11	ARBEIDSGRUPPE 2: PRODUKSJONSTEKNOLOGI FOR MODULBASERT BATTERICELLEPRODUKSJON
14	ARBEIDSGRUPPE 3: GRIDBATTERIER
15	ANVENDELSEROMRÅDER FOR BATTERIER I KRAFTFORSYNINGEN
15	MARKEDET FOR 1 MWH BATTERICONTAINER TIL UTJEVNING AV FORBRUK
15	REGULERKRAFTMARKEDET OG AGGREGERTE BUD
16	BATTERIER TIL NETTFORMÅL
16	CASE 1: BATTERIER TIL ARRANGEMENTER OG ANDRE KORTVARIGE FORMÅL
16	CASE 2: UTSLIPPSFRIE BYGGEPLASSER
17	CASE 3: PLUSSKUNDER/EGENPRODUKSJON
17	CASE 4: PLANLAGTE UTKOBLINGER I NETTET

## SAMMENDRAG

En storstilt elektrifisering av samfunnet står i stor grad bak den globale etterspørselsveksten for batterier. Nye løsninger for transport, maritim sektor, nettinfrastruktur og andre fremvoksende batterimarkeder skaper nye forretningsområder og industrielle muligheter. Norge har i denne konteksten, en omfattende og mangfoldig industrisektor som kan innrette seg batteriindustrien som kommer til Norge, i første omgang blant annet igjennom initiativene til Freyr, Morrow, Beyond og Joint Battery Initiative (JBI).

Disse initiativene har sitt hovedfokusområde på battericelleproduksjon som i dag er en av de mest spennende nye industrimulighetene for Norge og Europa. Disse muligheter eksisterer ikke bare for battericelleproduksjon, men langs hele verdikjeden til batterisektoren. Om den norske industrisektoren ikke tar en direkte rolle i battericelleproduksjon, som Hydro og Equinor nylig har gjort, kan de bli en leverandørindustri for de fremtidige celleprodusentene og skape egne eksportmuligheter på grunnlag av dette.

Innlandet har pekt seg ut som en høyaktuell lokasjon for både å etablere storskala battericelleproduksjon og for å etablere en industriell leverandørkjede for batterisektoren. Eidsiva Energi og Bellona gjennomførte i 2018 en mulighetsstudie for storskala battericelleproduksjon som viste nettopp dette. Mulighetsstudien viser at Innlandet er konkurransedyktig for etablering av storskala batteriproduksjon og FOU-sentre for batteriteknologiutvikling.

Prosjektet:

- *Identifiserte, i samarbeid med NHO, relevante bedrifter og FOU-miljøer i Innlandet.*
- *Gjennomførte møter med relevante eierkommuner og potensielle vertskommuner for batteriproduksjon.*
- *Gjennomførte arbeidsmøter med Innlandet fylkeskommune, Laje, SINTEF Manufacturing og NTNU.*

Resultatet ble etableringen av Innlandet Battery Initiative (IBI) som jobber for etableringen av en slik leverandørkjede, og ikke minst å tiltrekke seg en storskala batteriaktør eller industriaktør som kan etablere battericelleproduksjon i regionen.

IBI er et prosjekt som er eid av Eidsiva Energi og Bellona Holding. Initiativet er finansiert av Innlandet Fylkeskommune og Laje Nettservice og er støttet av Innovasjon Norge.

Prosjektet er organisert gjennom:

- *En styringsgruppe hvor Innlandet Fylkeskommune, Laje, NTNU, SINTEF Manufacturing, Bellona Holding og Eidsiva Energi sitter.*
- *Et sekretariat som er drevet av Eidsiva Energi og Bellona Holding, hvor Eidsiva Energi har prosjektlederrollen.*
- *Tre arbeidsgrupper som omhandler cyber security, produksjonsteknologi, og gridbatterier.*

**Arbeidsgruppe 1:** NTNU har ledet arbeidsgruppen knyttet til cyber security. Det har blitt gjennomført på oppdrag fra IBI, hvor NTNU har ferdigstilt en forskningsartikkel som har hatt som mål å utforske utfordringer og muligheter knyttet til cybersikkerhet blant annet for bruk av batterier i strømnettet.

**Arbeidsgruppe 2:** SINTEF Manufacturing har ledet arbeidsgruppen knyttet til produksjonsteknologi. Det har blitt gjennomført på oppdrag fra IBI, hvor Sintef har gjennom interne arbeidsmøter har fremskaffet en aktøroversikt i batterisektoren, en oversikt over produksjonsteknologier på Raufoss, og forretningsmuligheter i batteriverdikjeden.

**Arbeidsgruppe 3:** Laje Nettservice har ledet arbeidsgruppen knyttet til gridbatterier. Laje har gjennom arbeidsmøter og dialog med industriaktører vurdert flere case-studier og forretningsmuligheter for mulige applikasjoner for batterier i strømnettet.

Basert på arbeidet som har blitt gjort i arbeidsgruppene har det kommet flere anbefalinger fra arbeidsgruppene som vil fremkomme i kapitlene i denne rapporten og de respektive underlagene fra arbeidsgruppene. I tillegg har IBI kommet frem til fem anbefalinger for veien videre med utgangspunkt i målet om å tiltrekke en storskala battericelleprodusent til regionen og etablere en leverandørkjede for battericelleproduksjon.

## ANBEFALINGER

Innlandet Battery Initiative har gjennom sin arbeidsperiode kommet frem til fem anbefalinger om arbeidet som bør gjøres videre i regionen fremover å fremme FoU og industriutvikling langs batteriverdikjeden, og for å kunne tiltrekke seg storskala batteriproduksjon til regionen.

1. *Innlandet Battery Initiative anbefaler å igangsette prosjekter med eksisterende og nye prosjektpartnere med mål om å få etablert batteriproduksjon på kartlagte lokasjoner i Innlandet.*
2. *Innlandet Battery Initiative anbefaler å utrede mulighetene for etablering av et nasjonalt ledende FOU-testsenter for utvikling og sertifisering av nye styrings- og energisystemer og batteriteknologi.*
3. *Innlandet Battery Initiative anbefaler å bygge opp kompetanse innen produksjonsutstyr og -teknologi til dagens og neste generasjons batterifabrikker i tråd med prinsippene for industri 4.0.*
4. *Innlandet Battery Initiative anbefaler å utvikle robuste og sikre styringssystemer for batterier til bruk i kritisk infrastruktur.*
5. *Innlandet Battery Initiative anbefaler å igangsette forretningsutvikling og pilotering av batterier til bruk i kraftnettet og annen infrastruktur.*

## INTRODUKSJON

Norges industrialisering og velstandsutvikling er historisk tett knyttet til utnyttning av energiresurser. Vannkraftressursene ble først utnyttet mekanisk til sagbruk, tekstilmøller og industri. Så kom de store vannkraftutbyggingene hånd i hånd med utviklingen og ekspansjonen av den kraftkrevende industrien. Utvikling av kunnskap og ferdigheter i industri og forvaltning har gjort oss i stand til å utvinne naturressursene og gjøre de enorme verdiene om til velstand og velferd.

Egenskapene til den norske vannkraften er et konkurransefortrinn for å bygge «grønne elektriske verdikjeder». Samtidig vil økt etterspørsel etter fornybar kraft også skape økte investeringer og mer aktivitet i den etablerte fornybarnæringen. Mange av mulighetene fremover ligger i å videreutvikle de fortrinnene vi har innen fornybar energi basert på samspill og synergier med den øvrige industrien.

Det er flere områder hvor vi ser muligheter for vekst og verdiskaping fremover som følge av energi- og klimaomstillingen. Arbeidet blant annet med Grønne elektriske verdikjeder og andre analyser viser at vi har et godt utgangspunkt innen flere verdikjeder. En fellesnevner er at satsingene kan bidra med betydelig ny jobb- og verdiskaping, samt å bidra til å trygge eksisterende jobber. En annen fellesnevner er økende etterspørsel etter disse løsningene i EU, som er vårt største marked.

## VERDIKJEDEN FOR BATTERIER

Batteriproduksjon, -teknologi, og -materialer er avgjørende for det grønne skiftet – fordi batteriet er kjernen i mobile, elektriske verdikjeder. Transporten på vei og sjø, samt behovet for energilagring når vinden ikke blåser og solen ikke skinner skaper marked for en stor industri. Skal vi lykkes med å elektrifisere transportsektoren må vi ha mange flere og bedre batterier, og satsingen på sirkulærøkonomi må forsterkes.

Det pågår allerede en voldsom utvikling av storindustri innen batterier i Europa, drevet fram av bilindustrien.

EU satser tungt på å legge om næringslivet i mer bærekraftig retning og samkjører sine ambisjoner gjennom European Battery Alliance. EU og medlemslandene legger nå aktivt til rette for utvikling av batteriindustri gjennom tett samarbeid mellom næringsliv og myndigheter. EU-kommisjonen har allerede godkjent 6,1 milliarder euro i statlig støtte til europeiske batteriprojekter. I Europa vris også en betydelig andel av de næringspolitiske virkemidlene fra forskning og utvikling mot å fremme produksjon av battericeller, -teknologi og materialer i stor skala.

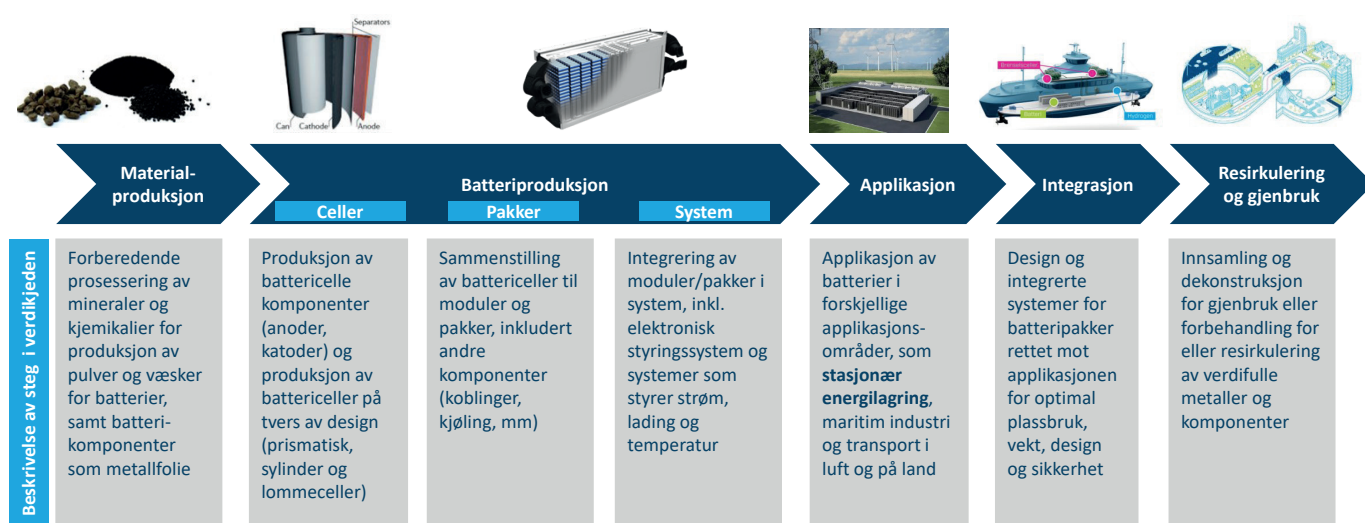
Norges fornybare energiresurser og arbeidskraft med verdensledende industrikompetanse gir oss et svært godt utgangspunkt for å utvikle konkurransedyktig batteriindustri. Norsk industri har betydelig erfaring med materialteknologi, og høyteknologiske industrielle prosesser. Våre sterke kort er effektivitet, kompetanse og kvalitet, og vi leverer produkter med høyt kompetanse- og teknologiinnhold. Vi har en industri som driver med kontinuerlig omstilling, internt i selskapene og i samarbeid med akademia. Dette samarbeidet og denne skaperkraften kan vi mobilisere når vi nå etablerer nye, grønne næringer som en batteriverdikjede i Innlandet. Batteriproduksjon er en av de industrielle verdikjedene der vekstmulighetene kan være størst, og der inntekter og arbeidsplasser kan komme først. Også for Innlandet kan dette bety betydelig ny sysselsetting.

Basert på fornybar kraft, kunnskap og kompetanse på råvarer og produksjonsprosesser i verdenstoppen, vil Norge kunne etablere en ny høyteknologisk, bærekraftig storindustri for Europa – i Norge. Skal vi lykkes med dette må vi raskt sikre rammevilkår for batteriproduksjon som er konkurransedyktige med EU. Det må legges til rette for industrialisering og skalering av prosjekter gjennom hele verdikjeden. Et tett samarbeid mellom myndigheter, næringsliv og akademia er avgjørende.

## AKTØRER I NORGE

Vi har gjennomført en kartlegging av aktører i verdikjeden for batteriteknologi i Norge. Oversikten er strukturert ut ifra to dimensjoner: Verdikjeden for batteriteknologi og aktørgrupper som er aktive i denne verdikjeden.

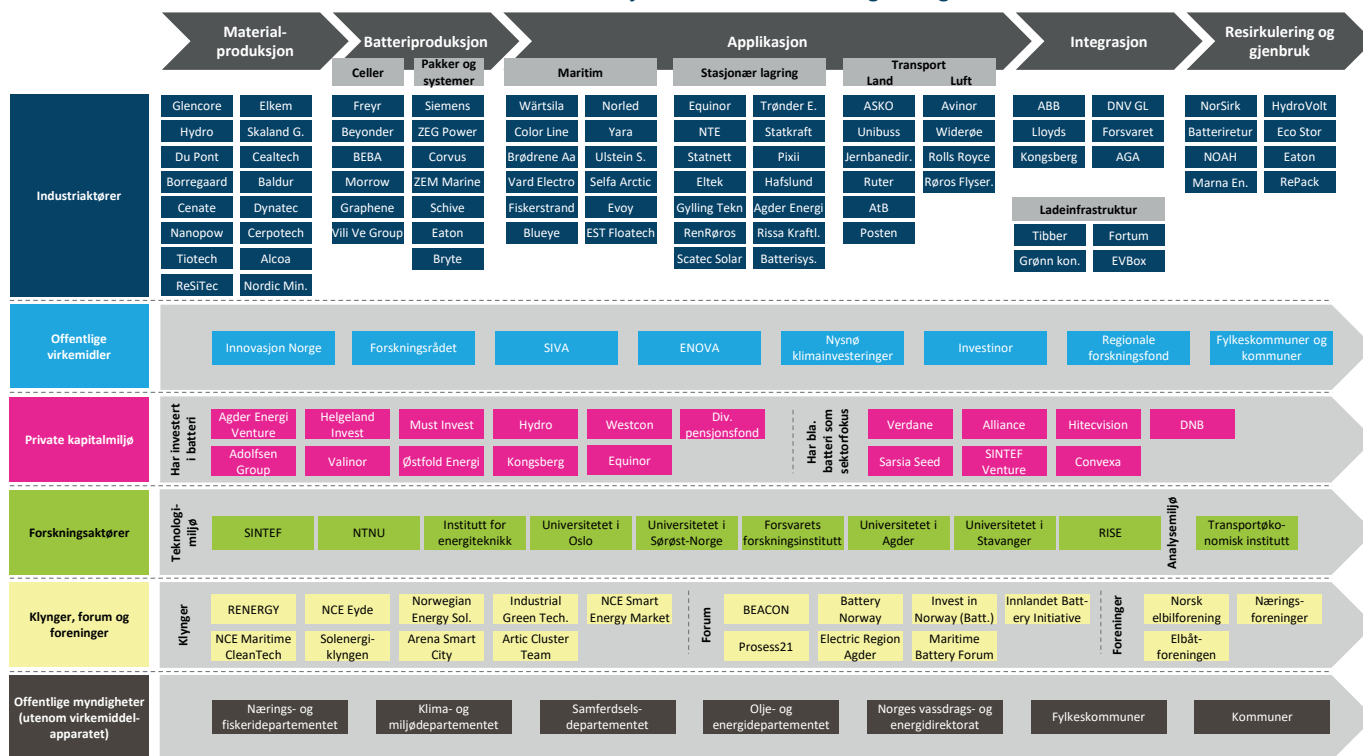
Verdikjeden for batteriteknologi begynner ved utvinning og prosessering av råmaterialer, inkluderer komponentproduksjon, celleproduksjon, sammensetting samt applikasjon og integrasjon og ender ved gjenbruk og resirkulering. Beskrivelse av verdikjeden for batteriproduksjon og bruk er vist i figur 1 under.



Figur 1: Beskrivelse av verdikjeden for produksjon og bruk av batterier (Kilde: SINTEF)



Aktørgrupper som er aktive i denne verdikjeden inkluderer industriaktører, offentlige virkemidler, private kapitalmiljøer, forskningsinstitusjoner, klynger, forum og foreninger, samt offentlige myndigheter.



Figur 2: Stakeholdere i verdikjeden for batteriteknologi i Norge (Kilde: SINTEF)

Aktørene har blitt inkludert etter faste kriterier for inklusjon i de ulike aktørgruppene. Industriaktører omfatter selskaper som er aktive i en eller flere av stegene i verdikjeden på figur 1. For selskaper under applikasjon er de mest betydelige brukerne innen applikasjonsområdene maritim sektor, flyindustri, stasjonær lagring og transport inkludert. Selskapene må være norske eller ha en underavdeling som er lokalisert i Norge.

Offentlige virkemidler er norske virkemidler som direkte eller indirekte skal stimulere til mer innovasjon og verdiskaping i næringslivet og er mest relevante for batteriverdikjeden.

Private kapitalmiljø er definert som finansielle eller industrielle investorer som enten allerede har investert i batteriaktører, har uttalt fokus på batteriteknologi, eller som har uttalt fokus på fornybar energi generelt. Investorene må være norske og investere i Norge (ikke utelukkende).

Forskningsaktører er offentlige og private aktører som driver forskning langs verdikjeden for batteriteknologi. Klynger, forum og foreninger er klynger som jobber med problemstillinger knyttet til batteriteknologi langs et eller flere steg i verdikjeden; forum som er etablert med mål om innovasjon, verdiskaping og erfaringsutvikling innen denne verdikjeden; foreninger og organisasjoner for selskaper i "industriaktør" eller "applikasjoner" gruppen.

Offentlige myndigheter er nasjonale og lokale myndigheter utenom virkemiddelapparatet som er direkte eller indirekte relevante for verdikjeden for batteriteknologi i Norge.

En systematisk kartlegging av stakeholdere i verdikjeden for batteriteknologi i Norge basert på de ovennevnte kriterier viser et omfangsrikt nettverk som kan danne en solid basis for etablering av en bærekraftig storindustri innenfor batteriteknologi i Norge. Figur 2 viser en oversikt over alle kartlagte aktører.

Noen av de viktigste, mest modne aktører skal beskrives kort i det følgende mens detaljerte funn er presentert i appendiks B Kartlegging av aktører i verdikjeden for batteriteknologi i Norge.

Batteriproduksjon, eller mer nøyaktig battericelleproduksjon står sentralt i batteriverdikjeden. Det finns per i dag ingen cellefabrikker i Norge, men flere aktører har som mål å endre på dette. FREYR har som mål å etablere et storskala LIB produksjonsanlegg i Mo i Rana med byggestart i 2021 og produksjonsstart i 2023. Morrow jobber med å posisjonere seg for vertikal integrering i verdikjeden (fra materialleverandørleddet, til kunder, til resirkulering) for å sikre tilgang til råmaterialer og konkurransedyktige priser. I Arendal skal de etablere et industrialiseringssenter for teknologi og småskalaproduksjon som skal stå ferdig i 2023 og en storskala fabrikk med planlagt byggestart 2022 og driftsstart 2024.

Med Joint Battery Initiative har to av Norges største industriselskaper, Equinor og Hydro slått seg sammen med en ledende internasjonal batteriprodusent, Panasonic, og ønsker sammen å bygge en storskala batterifabrikk i Norge og vurdere flere egnete tomter i Norge med mål om å komme i gang innen 2025/2026.

Batteriproduksjon der ferdige komponenter settes sammen til batteripakker, spesielt rettet mot maritim bruk har blitt etablert i Norge allerede i noen år, med f.eks. Siemens sin batterifabrikk i Trondheim eller Corvus' fabrikk i Bergen. Med forventet sterkt økning i brukte batterier kommer også et stigende fokus på kommersiell resirkulering av batterier. Samarbeidet mellom norske Hydro og den svenske batteriprodusenten Northvolt (HydroVolt) om å bygge et anlegg for resirkulering av brukte elbatterier i Fredrikstad er et eksempel på denne aktiviteten.

## INNLANDET BATTERY INITIATIVE

I 2018 lanserte Eidsiva Energi og Bellona en mulighetsstudie for storskala batteriproduksjon i Innlandet. Mulighetsstudien viser at Innlandet er konkurransedyktig for etablering av storskala batteriproduksjon og FOU-senter for batteriteknologiutvikling.

- *Prosjektet identifiserte i samarbeid med NHO relevante bedrifter og FOU-miljøer i Innlandet.*
- *Det ble gjennomført møter med relevante eierkommuner og potensielle vertskommuner for batteriproduksjon.*
- *Det ble gjennomført møter med Raufoss med SINTEF Manufacturing og NTNU.*

IBI er et prosjekt som er eid av Eidsiva Energi og Bellona Holding. IBI er finansiert av Innlandet Fylkeskommune og Laje Nettservice og er støttet av Innovasjon Norge.

Prosjektet er organisert gjennom:

- *En styringsgruppe hvor Innlandet Fylkeskommune, Laje, NTNU, SINTEF Manufacturing, Bellona Holding og Eidsiva Energi sitter.*
- *Et sekretariat som er drevet av Eidsiva Energi og Bellona Holding, hvor Eidsiva Energi har prosjektlederrollen.*
- *Tre arbeidsgrupper som omhandler cyber security, produksjonsteknologi, og gridbatterier.*

**Arbeidsgruppe 1:** NTNU har ledet arbeidsgruppen knyttet til cyber security. Det har blitt gjennomført på oppdrag fra IBI, hvor NTNU har ferdigstilt en forskningsartikkel som har hatt som mål å utforske utfordringer og muligheter knyttet til cybersikkerhet blant annet for bruk av batterier i strømnettet.

**Arbeidsgruppe 2:** SINTEF Manufacturing har ledet arbeidsgruppen knyttet til produksjonsteknologi. Det har blitt gjennomført på oppdrag fra IBI, hvor SINTEF gjennom interne arbeidsmøter har fremskaffet en aktøroversikt i batterisektoren, en oversikt over produksjonsteknologier og industri 4.0 og forretningsmuligheter i batteriverdikjeden.

**Arbeidsgruppe 3:** Laje Nettservice har ledet arbeidsgruppen knyttet til gridbatterier. Laje har gjennom arbeidsmøter og dialog med industriaktører vurdert flere case-studier og forretningsmuligheter for mulige applikasjoner for batterier i strømmettet.

Basert på arbeidet som har blitt gjort i arbeidsgruppene har det kommet flere anbefalinger fra arbeidsgruppene som vil fremkomme i kapitlene i denne rapporten og de respektive underlagene fra arbeidsgruppene. I tillegg har IBI kommet frem til fem anbefalinger for veien videre med utgangspunkt i målet om å tiltrekke en storskala battericelleprodusent til regionen og etablere en leverandørkjede for battericelleproduksjon.

## MEDLEMMER

Med utgangspunkt i de komparative fortrinnene identifisert i regionen etablerte Eidsiva og BEBA Innlandet Battery Initiative. Dette er en innovasjons- og kunnskapsklynge for batteriindustri som så langt består av beskrevet under:

### *EIDSIVA ENERGI*

I over hundre år har Eidsiva, og selskapets forløpere, bidratt til elektrifisering og utvikling av samfunnet. Først og fremst gjennom utøvelse av vår kjernevirksomhet. I tillegg gjøres store investeringer hvert år for å sikre tilgangen til fornybar energi. Eidsiva eies av Oslo kommune (gjennom Hafslund E-co), Innlandet Energi Holding og Åmot kommune.

### *BELLONA HOLDING*

Bellona Holding AS er et selskap heleid av Miljøstiftelsen Bellona, en uavhengig ideell stiftelse, som arbeider for å løse verdens klimautfordringer blant annet gjennom å identifisere og akselerere bærekraftige klimaløsninger. Bellona Holding sin virksomhet er investering i selskaper som utvikler miljøvennlig teknologi samt aktiviteter i naturlig tilknytning til dette.

### *INNLANDET FYLKESKOMMUNE*

Innlandet fylkeskommune har tatt rollen som en regional utviklingsaktør og sitter i dag i styringsgruppen til IBI. Fylkeskommunen har ansvaret for viktige samfunnsoppgaver innen videregående opplæring, samferdsel, samfunnsplanlegging, klima og miljø, kulturarv, næringsutvikling, kultur, tannhelse og folkehelse.

### *LAJE NETTSERVICE*

Laje er innlandets ledende entreprenørselskap for bygging av infrastruktur innen områdene energi, telekommunikasjon og veilys/veiteknikk. Innovasjoner innen våre fagområder er en viktig del av vår identitet. Vi har stort fokus på å videreutvikle oss med nye spennende prosjekter slik at vi klarer å være aktuelle i dagens samfunn og ikke minst for fremtiden.

### *NTNU*

Norges teknisk- naturvitenskapelige universitet er et internasjonalt orientert universitet med hovedsete i Trondheim og campuser i Gjøvik og Ålesund. Ved Campus Gjøvik utdannes relevante kandidater for industrien med både bachelor, master og ph.d. NTNUs hovedprofiler på Gjøvik er knyttet til morgendagens helse- og omsorgstjenester, informasjons- og cybersikkerhet og bærekraftige produkter og vareproduksjon. NTNUs Institutt for informasjonssikkerhet og kommunikasjonsteknologi er også vertskap for senter for forskningsdrevet innovasjon SFI NORCICS og det offentlig private samarbeidet Center for Cyber and Information Security (NTNU CCIS). På Gjøvik har NTNU relevant infrastruktur tilgjengelig i tillegg til en læringslab for effektiv flyt og produksjon. En tilsvarende infrastruktur finnes hos Universitetet i Sørøst Norge, avdeling Kongsberg.

### *SINTEF MANUFACTURING*

SINTEF er en av Europas største uavhengige forskningsorganisasjoner. SINTEF Manufacturing i innlandet er ledende innen produkt- og produksjonsutvikling, materialteknologi, og produksjonsteknologi. SINTEF har

kjernekompetanse innen områder som lettvektsdeler/-systemer for batteri til transport, masseproduksjon og automatiseringsløsninger, kyber-fysiske systemer (industri 4.0), sirkulær økonomi, produksjonsledelse, industrialisering, smart organisering og logistikk. SINTEF Manufacturing har i tillegg mye infrastruktur tilgjengelig relevant for modulbasert masseproduksjon og batteriproduksjon.

## INTEK

Med mer enn 30 års erfaring med å levere robotløsninger, har Intek fått en ledende rolle i industriell robotisering og automatisering i Norge. Virksomheten er allerede en del av batteriverdikjeden i Norge, med leveranser til batterifabrikker i Trondheim og Bergen. Intek har vært sentrale i utviklingen av automatiserte løsninger for batterifabrikkene for Corvus og Siemens.

## ANDRE AKTØRER

I tillegg til medlemmene i IBI trekker vi fram følgende aktører som har viktige bidrag når det gjelder en batterisatsning i Innlandet:

### **Manufacturing Technology katapulten (MTNC)**

MTNC er lokalisert på Raufoss med industriell masseproduksjon som en av flere hovedsatsningsområder. Manufacturingkatapulten kan brukes til å vurdere ulike konsepter for automatisering avhengig av valgt batterinisse/modul. Sammen med Kongsberg Innovasjon med partnere bygger MTNC opp en node på Kongsberg med infrastruktur for automatisert batterimodulproduksjon. Dette skjer som ledd av tildelingene gjennom Grønn Plattformprosjektet "Batnett".

### **NCE Manufacturing-klyngen**

Har lang tradisjon for å stille både infrastruktur og kompetanse tilgjengelig for andre i klyngen tilgjengelig gjennom en sterk delingskultur. NCE Manufacturing sitt hovedformål er videreutvikling av en bærekraftig og lønnsom eksportindustri i Norge. I tillegg eksisterer det et stort økosystem med leverandør- og servicebedrifter tilgjengelig i området, som kan bistå både under utvikling av en ny batterisatsning, men også være tilgjengelig for ulike service- og vedlikeholdsoppdrag i en driftsfase.

### **Fagskolen Innlandet**

Samlokalisert med NTNU campus Gjøvik ligger en av Norges største fagskoler med 1150 studenter med både fag- og høyskolenivå. Fagskolen har relevante studietilbud innen f.eks. ledelsesfag, økonomi og logistikk og TIP (teknologi og industrifag) som gir relevant fagkompetanse til industrien. Læringsfabrikken som er etablert sammen MTNC AS, gir skolen nærhet til industrien og gir studentene tilgang til moderne utstyr og kompetanse for industriell vareproduksjon.

### **Gjøvikregionen International School (GIS)**

GIS er samlokalisert på Campus Gjøvik og har programmene Primary Years Programme (PYP) og Middle Years Programme (MYP). Med International Baccalaureate (IB) på Gjøvik videregående skole har man et komplett utdanningsløp for internasjonale studenter. Det gir et konkurransefortrinn i forhold til å tiltrekke seg internasjonalt ledende eksperter innenfor en batterisatsning i Innlandet.

### **Total Innovation**

Total Innovation er et innovasjons- og kommersialiseringselskap, med base i Gjøvikregionen. Total Innovation er nært knyttet til industriklyngen NCE Raufoss, TotAl-gruppen, SINTEF Manufacturing og NTNU på Gjøvik, og kjerneaktiviteten er å utvikle vekstbedrifter (start-ups) med stort potensial.

### **Komm-In**

Investeringsfond med base i industri- og kompetansemiljøene i Innlandet. Hovedfokuset investeringer er på kompetansebaserte vekstbedrifter i Innlandet, med vekt på teknologibaserte konsepter med relasjoner og synergier til kompetansemiljøer i regionen.

## LEVERANSER

IBI har i 2020 gjennomført tre studier fordelt på tre ulike arbeidsgrupper. Disse er:

1. *Arbeidsgruppe 1: BMS, EMS & Cyber Security*
2. *Arbeidsgruppe 2: Produksjonsteknologi*
3. *Arbeidsgruppe 3: Gridbatterier*

Alle arbeidsgruppene leverte sluttrapporter fra arbeidet i årsskiftet 2020/2021 som presenteres i denne synteserapporten. Under følger et utdrag fra sluttrapportene til arbeidsgruppene.

## ARBEIDSGRUPPE 1: CYBER SECURITY

Dagens kraftmarked fungerer slik at mengden kraft som produseres alltid, innenfor toleranser, må være lik kraft forbruket. Dette grunnleggende ved kraftmarkedet betyr at aktørene, kraftprodusenter og netteiere, må akseptere at det vil være ineffektivitet i prosessene. Med elektrifiseringsgraden i dagens samfunn må aktørene være i stand til å møte den teoretiske forbrukstoppen i et område, eller risikere blackouts.

Introduksjonen av store mengder ny fornybar energi fører til at det leveres kraft på tidspunkter som ikke nødvendigvis sammenfaller med forbruket. For å kunne levere elektrisitet i de teoretiske toppene må det gjøres store investeringer i overføringskapasitet/ strømnettet.

Et batterilagringsystem (BESS) er et cyberfysisk system (CPS) som koordinerer lagring og utladning av elektrisk kraft over et kollektiv av celler. Deres distribusjon på tvers av elektriske overførings- og distribusjonsnettverk er blitt foreslått og allerede utplassert i noen tilfeller for å tillate frakopling av produksjon og forbruk av elektrisitet, noe som er spesielt viktig i nærvær av svingende fornybare energikilder og økt nettstabilitet.

Massedistribusjonen av BESS-er over nettet gjør det mulig at overskuddskapasitet lagres og distribueres når det er nødvendig i forbrukstopper. Denne endringen i den grunnleggende forståelsen av elektrisk produksjon vil muliggjøre mer elastiske overførings- og distribusjonsnettstrukturer. Det ville også innføre en tidsmessig buffer som effektivt kan utnyttes sammen med fornybare energikilder som vind- og solenergi, og dermed gi nettopperatører bedre tid for å balansere tilbud og etterspørsel aktivt.

Innføringen av BESS-systemer gjør det mulig å distribuere strøm fra ny fornybar kraftproduksjon, da de kan lagre overflødig kraft som produseres når været er gunstig og levere kraft når etterspørselen er høy. Disse generasjonsformene med lavere driftskostnad og økt etterspørselsfleksibilitet fører til distribuerte og elastiske nettverkstopologier som lettere kan kompensere for overføringskabelfeil og produksjonskapasitet som faller ut, samt toppene i etterspørselen. Et eksempel på at distribusjonsnettverk kan møte den raske utrulling av elektrisk mobilitet og teknologiene som trengs for hurtiglading av elektriske kjøretøyer. For at introduksjonen av denne fleksibiliteten i elektrisk produksjon skal skje, må det implementeres et nivå av automatisering og koordinering mellom BESS-ene og nettstyringssystemet, slik at beslutninger kan tas og pålitelig implementeres uten å destabilisere kraft- markedet eller -systemet. Tidsskalaen for disse avgjørelsene må ligge i intervallet under sekunder for å få opp underskudd av etterspørsel som vanligvis blir møtt av økt produksjon.

Dette nivået av samtrafikk og koordinering kan håndteres av smart grid-standarder, Se f.eks. Ballarat Energy Storage System<sup>1</sup> og teknologier, men de introduserer også nye nivåer av trusler og forstyrrelser i strømnettet. Ved å samhandle informasjonen i kraftproduksjon og nettoverføring til en nasjon med internetteknologier, kan trusselmakere forstyrre og skade nettet på måter som utfordrer tradisjonelle sikkerhetskrav og rutiner. De kan kompromittere sikkerhetsutstyr, som krets brytere [115], for å endre nettverkets topologi, redusere nettets overføringsgrense og sende falske data for å få energiledelsessystemet til å ta sub-optimale beslutninger eller direkte brytes ned. Med innføringen av BESS-er i et elektrisk nett, åpnes en mulighet for å omgå mange sikkerhetstiltak og -barrierer som nettverksbasert kraftelektronikk og styringssystemer kan ha, til å direkte manipulere strømforsyningen i nettverket. Hvis et BESS er kompromittert, kan dette levere kraft vilkårlig

<sup>1</sup> <https://arena.gov.au/projects/ballarat-energy-storage-system/7>

på upassende tider som tvinger nettet ut av sikre og effektive driftsrammer. Disse angrepene vil være vanskeligere å oppdage da nettets styringssystemer vil handle på legitime data i nåværende tilstand. Å være i stand til å kontrollere strømforsyningen på tvers av overførings- eller distribusjonsnett vil gjøre det mulig for ulike typer aktører å forårsake strømavbrudd og skade industrielt utstyr koblet til nettet, samt manipulere prisen på strøm.

Målet med denne rapporten er å identifisere og gi sammenheng til mulige vektorer for trusler og forstyrrelser av nettbaserte BESS-er som er basert på litium-ion (Li-ion) batteriteknologi. Vi brukte et modifisert FAIR<sup>2</sup> rammeverk for å identifisere sikkerhetsmessige konsekvenser av designbeslutningene som må tas på hvert lag i nettbaserte cyber-fysiske system. Hver av disse risikokategoriene analyseres med henblikk på de sannsynlige truslene som bare en statlig aktør kan koordinere ressurser mot. Med de potensielle angrepsvektorene som er identifisert, undersøker vi hva slags forsknings- og utviklingsprogrammer som er mulig å forstå omfanget av og utvikle sikkerhetskontroller for å dempe de identifiserte sårbarhetene. Evalueringen som presenteres vil hjelpe leseren med å ta designbeslutninger for nettverksbaserte BESS, og å identifisere de potensielle sårbarhetene de ønsker å bruke ressurser på for å utvikle en bedre estimering av sannsynligheten.

Massedistribusjonen av BESS-er har potensial til å øke effektiviteten og bærekraften i et nasjonalt kraftmarked. For å utnytte denne potensielt økte fleksibiliteten, må imidlertid kommunikasjonsnettverket som styrer BESS-ladning og utlading sikres mot ondartede aktører.

## RAPPORTENS MÅL

Rapporten søker å gi innsikt i følgende emner:

1. *Identifisering av passende risiko- og trussel- analysemodeller som er i stand til å studere cyberfysiske systemer og deres eksplisitte eksterne virkninger.*
2. *Kartlegging av trussel landskap som design, produksjon og drift av BESS må håndtere, hvor områder der IBI sannsynligvis vil være i stand til å tilføre verdi vektlegges.*
3. *Kartlegging av det nyeste innen forskning inne ovennevnte områder, og identifisering av mulige områder for videre forskning og utvikling som skal gjennomføres.*

Det bemerkes at for tema (3) ovenfor, er det intet eksplisitt skille på teknologienes modenhets nivå (TRL) som forskningen skal gjennomføres på; som det antas at all slik forskning til slutt vil måtte resultere i en operativ TRL.

## KONKLUSJON

Nett-tilkoblede BESS som er bygget vil sannsynligvis bli kompromittert og i alle fall forsøkt kompromittert, potensielt før det til og med blir brakt online. Det er det eneste denne rapporten med sikkerhet kan fortelle leseren. Med det faktum i bakhodet vil vi understreke at i stedet for å behandle systemet med fullstendig mistillit eller å optimistisk se bort fra dette faktum, bør BESS-systemet bygges og drives med en sunn blanding av skepsis og optimisme.

I den tilgjengelige engelske språklige underlagsrapporten til syntesedokumentet har vi presentert designbeslutninger, teknologier og potensielle sikkerhetskontroller som må utvikles for at BESS-systemet skal tas i bruk, og vi har påpekt hvordan hver av disse potensielt kan øke risikoen i systemet. Ved å utvikle en grundig forståelse av hvordan alle disse teknologiene integreres sammen, kan det imidlertid bygges et system som nærmer seg absolutt sikkerhet for kontradiktorisk kompromiss. Målet med å sikre BESS-systemet bør være å distribuere teknologier med en viss nettverkstopologi som gjør det mulig å beregne sannsynligheten for at en systemenhet blir kompromittert, og kunne isolere denne uten å forstyrre den sikre leveransen av elektrisk kraft.

<sup>2</sup> Factor Analysis of Information Risk

Årsaken er at det optimale toppmålet til nettverket er todelt. For det første vil en betydelig mengde maskinvare for å bygge BESS-ene og kommunikasjonsinfrastrukturen bli bygget utenfor Norge. Dette på grunn av økonomiske og industrielle kapasitetsbegrensninger, som ikke vil kunne garantere sikkerheten til produksjonsanleggene og forsyningskjeden. Dette gir sofistikerte trusselmakere god mulighet til å angripe en delmengde av enheter på grunn av den innsatsen som kreves for å utnytte denne angrepsvektoren, før BESS-systemet til og med tas i bruk, som ble diskutert i avsnitt 4.2.1. i underlagsrapporten.

Den andre årsaken er Smart Grids QoS (Quality of Service)-standarder for levering av sikkerhetskritiske meldinger. Aspekter av nettverkskommunikasjonen vil bli overført over internett i det åpne. Dette vil gi trusselagenter et stort vindu for å utføre rekognosering, manipulere meldinger og injisere sine egne kommandoer i BESS-kommunikasjonsnettverket. Det bør tas for gitt at det vil være uautoriserte aktører som trer inn i nettverket. Med disse to fakta i tankene, bør fokuset på systemets aktiva kontroll være å sikre rask oppdagelse og isolering av kompromitterte systemer, da det er vanskelig å integrere tradisjonelle forebyggende kontroll av aktiva i ICS (Industrial Control System)/ Smart Grid, som kryptering, på grunn av de strenge sanntids kravene i QoS.

Når det kompromitterte systemet er isolert, kan det gjennomføres analyse og avvikling, eller det kan gjeninnføres i nettverket under overvåking med begrenset tilgang. For at denne typen svar skal muliggjøres, må et forskningsprogram utvikles, slik at overflødige kommunikasjonskanaler, maskinvare og sensorer kan integreres i beslutningsprosesser i Smart Grid og BESS-systemet. I tillegg til integrasjonsmetodene, må det også utvikles systemer og prosesser for segmentering. Disse systemene vil bli distribuert med det formål å frustrere en trussel agent innsats for å forankre og spre deres påvirkning over nettverket. Hovedutfordringen med disse systemene er å balansere dem med hvordan de bremser den legitime meldingsoverføringen. Disse to typene systemer skal tillate operatører av BESS-systemet å utvikle et nivå av myk tillit til det, der kommandoene de gir medfører en målt usikkerhet om at systemet vil ignorere dem.

Ethvert system med myk tillit må være dynamisk nok til å endre nivået på overvåking og håndtering av sikre feil det trenger å forberede når det er usikkert om en enhet vil følge kommandoene. I denne rapporten har vi utforsket prosesser som IBI kunne undersøke og gruppere for å estimere og redusere risikoen for enheter som fungerer med BESS. Hoveddrivkraften i vårt forslag har vært hvilke programmer som kan etableres og kontrolleres på norsk territorium, gitt begrensningene i industriell kapasitet. Vi identifiserte flere områder der forskning vil øke sikkerheten til BESS-systemet som kan integreres med de strenge QoS-standardene til et BESS-kommunikasjonsnettverk, og som kan opprettes innen norsk territorium og spesifikt i IBI-sammenheng.

Disse er:

- *Utvidelse av protokollanalysemetoder for å se på løfter om alternative sikkerhets tiltak. Dette vil muliggjøre testing av motstandsdyktigheten til enheter mot ICS-fokuserte angrep, og muliggjøre utvikling av strengere standarder som sikrer interaktiv funksjon av enheter, og muliggjøre en undersøkelse av hvor gode forskjellige protokoller integreres med hverandre.*
- *Utvikling av algoritmer og dynamiske topologier som kan brukes til å identifisere og isolere potensielt kompromitterte enheter uten å forstyrre data- og elkraft- overføring. Dette vil tillate utvikling av et mykt tillitsystem som beregner hvor sannsynlig det er at enhetens oppførsel vil forstyrre systemet.*
- *Opprettelse av et testbed-program for å teste alle utviklede aktiva kontroller og nettoperatører for å forutse og reagere på sikkerhetssituasjoner.*
- *Utvikle kapasiteten til å analysere og teste maskinvare og programvare, slik at det kan bygges et program som Storbritannias cybersikkerhetsevalueringscenter.*

## ARBEIDSGRUPPE 2: PRODUKSJONSTEKNOLOGI FOR MODULBASERT BATTERIPRODUKSJON

Reindustrialisering er et nærings- og industripolitisk initiativ som i de seinere årene har fått en sentral rolle i hele EUs virkemiddelapparat for strategisk utvikling av europeisk industri. Initiativet kan anses som en videreføring og operasjonisering av det opprinnelige tyske Industri 4.0-initiativet.

Noen av motivene for reindustrialisering er å bremse de negative effektene av globalisering og å demme opp for den negative utviklingen i handelsbalansen med f.eks. Kina. EU har erkjent at industripolitiske og handelspolitiske virkemidler må tas i bruk for å gjenreise europeisk industriproduksjon. Dette sammen med behovet for en grønnere og mindre ressursødeleggende industri er bakgrunnen for reindustrialisering, og som danner et viktig bakteppe for videreutvikling av norsk industri, herunder bærekraftig, effektiv og moderne modulbasert batteriproduksjon.

Konkurransedyktighet i vareproduksjon blir ofte forbundet med omsetningspris i markedet. Selv om pris er en sentral konkurransefaktor, er det også andre faktorer som etter hvert vil påvirke konkurranseforholdene i større grad enn i dag.

- *Nærhet til markedet og dermed mindre miljøfotavtrykk ifm. transport*
- *Tette relasjoner/allianser mellom tilbyder og kunde*
- *Kombinert salg av produkter og tjenester som krever både kulturell og geografisk nærhet*
- *Dokumentert miljøregnskap for produksjonsprosessen etter internasjonale standarder*

Batteriproduksjon, -teknologi, og -materialer er avgjørende for det grønne skiftet – der batteri er kjernen i mobile, elektriske verdikjeder. Transporten på vei og sjø, samt behovet for energilagring når vind sol ikke har full effekt, skaper marked for en ny stor industri. Skal verden lykkes med å elektrifisere transportsektoren trenger vi nye og bedre batterier, og satsingen på sirkulærøkonomi må forsterkes også med hensyn på gjenvinning av batterier.

Det pågår allerede betydelig utvikling av storindustri innen batterier i Europa, blant annet drevet fram av bilindustrien. EU satser tungt på å legge om næringslivet i mer bærekraftig retning og samkjører sine ambisjoner gjennom European Battery Alliance. EU og medlemslandene legger nå aktivt til rette for utvikling av batteriindustri gjennom tett samarbeid mellom næringsliv og myndigheter. EU-kommisjonen har allerede godkjent 6,1 milliarder euro i statlig støtte til europeiske batteriprojekter. I Europa tildeles også en betydelig andel av de næringspolitiske virkemidlene fra forskning og utvikling mot å fremme produksjon av battericeller, -teknologi -og materialer i stor skala.

Norges fornybare energiresurser og arbeidskraft med verdensledende industrikompetanse gir oss et svært godt utgangspunkt for å utvikle konkurransedyktig batteriindustri. Norsk industri har betydelig erfaring med materialteknologi og høyteknologiske industrielle prosesser. Våre sterke kort er effektivitet, kompetanse og kvalitet, og vi leverer produkter med høyt kompetanse- og teknologinnhold. Vi har en industri som driver med kontinuerlig omstilling, internt i selskapene og i samarbeid med academia. Dette samarbeidet og denne skaperkraften kan vi mobilisere når vi nå etablerer nye, grønne næringer som en batteriverdikjede i Innlandet. Batteriproduksjon er en av de industrielle verdikjedene der vekstmulighetene kan være størst, og der inntekter og arbeidsplasser vil komme. For Innlandet kan dette bety betydelig ny sysselsetting.

Basert på fornybar kraft, kunnskap og kompetanse på råvarer og produksjonsprosesser i verdenstoppen, vil Norge kunne etablere en ny høyteknologisk, bærekraftig storindustri for Europa – i Norge. Men skal vi lykkes med dette må vi raskt sikre rammevilkår for batteriproduksjon som er konkurransedyktige med EU. Det må legges til rette for industrialisering og skalering av prosjekter både gjennom verdikjeder og livssyklus. Et tett samarbeid mellom myndigheter, næringsliv, utdanning og forskning er avgjørende.

For å sikre et globalt bærekraftig fotavtrykk innen ny industriutvikling i tillegg til økt effektivitet og



konkurranseskraft, må bedrifter realisere sine digitale visjoner. Industri 4.0 og kyber-fysiske systemer spiller i dag en nøkkelrolle i denne tankegangen hvor bruk av maskinlæring, kvalitetsstyring med in-line målinger og nullfeilsproduksjon står sentralt.

Målet med industri 4.0 er å integrere høyeffektiv produksjon med state-of-the-art informasjons- og kommunikasjonsteknologi. Med industri 4.0 er det mulig å masseprodusere skreddersydde produkter som batterimoduler, som kan møte individuelle kundebehov, krav til lavere priser, men samtidig ha høy kvalitet. Industri 4.0-fabrikken ser slik ut: smarte maskiner koordinerer produksjonsprosessene selv ved hjelp av kunstig intelligens, smarte service-roboter som samarbeider med mennesker (cobots) for å klargjøre produktene og smarte (førerløse) transportenheter utfører logistikken. Industri 4.0 definerer også hele livssyklusen til et produkt fra konsept til utvikling, produksjon, bruk, vedlikehold og resirkulering. Resirkuleringselementet er viktig for å oppnå bærekraftig bruk av batterier til alle formål. Materialteknologikompetansen som finnes i Innlandet er viktig i så måte.

Visjonen for bruk av Industri 4.0 har flere egenskaper som påvirker teknologien over hele verdikjeden:

- *Den horisontale integrasjon via en ny generasjon av globale verdikjedenettverk som er konsentrert rundt produkt og produksjonslivssyklus. Hvor de globale verdikjedenettverkene er integrert og gir optimalisert vareflyt i sanntid. Dette gir høy fleksibilitet i produksjonssammenheng og viktig i samspill mellom aktørene innen produksjonssystemer for å håndtere kompleksitet.*
- *Det vertikale verdikjede nettverk av smarte produksjonssystemer har fokus på fabrikkperspektivet. Hvor utfordringene til fabrikk- eller produksjonsmiljøet er fokus med operasjonell drift, finansiering, planlegging, konstruksjon og gjenvinning av materialer.*

Begge disse aksene er viktige å ta hensyn til i utviklingen av moderne og komplekse batterifabrikker.



Figur 3: De fire industrielle revolusjoner  
(Kilde: Lær av de beste - Hvordan skaffe seg konkurransekraft gjennom digitalisering, SINTEF)

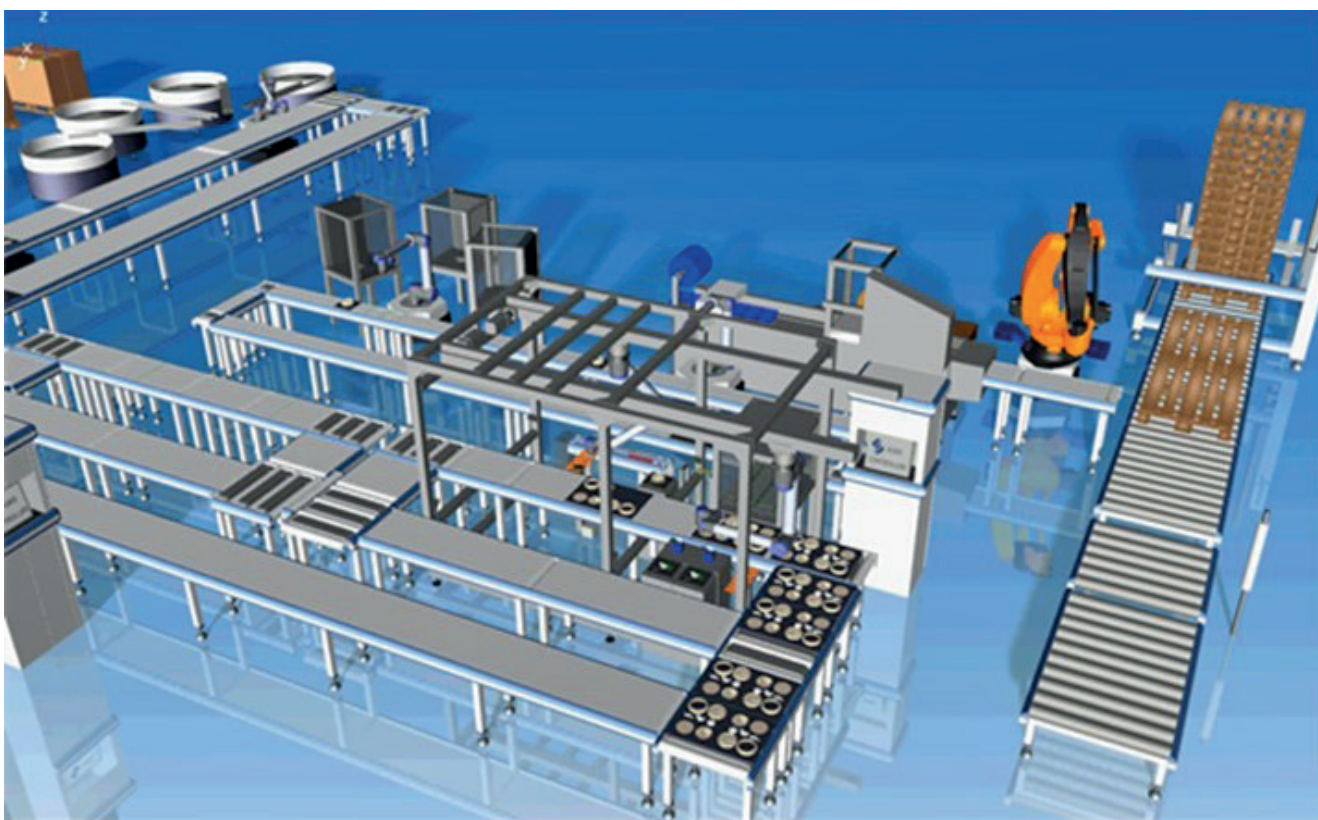
I Industri 4.0 beskrives alle de fire industrielle revolusjoner i sammenheng, se figur 3 over. Men ved utvikling av nye industrier er det viktig å se disse samlet og i sammenheng. De er faktisk alle like aktuelle og viktige.

- *“Industri 1.0 Industrialisering”*: produksjonsstrategier, valgte produksjonssystemer, produkt versus service prinsipp, remanufacturing
- *“Industri 2.0 Organisering”*: Fabrikk layout, arbeidsplasser, produksjonsformer (masseproduksjon, skreddersøm, etc), flyt, verdikjeder, livssyklus
- *“Industri 3.0 Automatisering”*: avanserte og nye automatiseringsløsninger
- *“Industri 4.0 Digitalisering”*: digitale tvillinger, maskinlæring, kyber-fysiske systemer

Industri 4.0 er et rammeverk for kommunikasjon i verdikjedebasert produksjonsteknologi- og styring. I planlegging av en batterifabrikk må det prosjekteres både for fabrikkplanlegging med tilhørende teknologivalg, samt produksjonsplanlegging inkludert -styring og -drift.

I fabrikkplanleggingsfase planlegger man for å dekke antatt framtidige kapasitets- eller kapabilitetsbehov. Slike antakelser vil være beheftet med usikkerheter, og krever at løsninger planlegges med fleksibilitet (eks. flyttbare grenser mellom produksjonsavsnitt, automatisert logistikk, fundamentering for flytting av produksjonsutstyr, arealer for kapasitetutvidelse). Vi ser på automatisering som en grunnpilar for å oppnå effektiv produksjons- og konkurransevne knyttet til batteriproduksjon. Dette omhandler temaer som driftstid og opptid, in-line og realtime sensor- og bildebasert kvalitetskontroll med maskinlæring (for å oppnå ”zero defect manufacturing”), og en moderne vedlikeholdsstrategi. Dette åpner for også for tilstandsbasert prediktivt vedlikehold som reduserer faren for maskinsammenbrudd med tilhørende nedetid.

Produksjonsteknologi omfatter også ulike driftsaspekter ved et produksjonsanlegg. Innholdet i disse aspektene vil være avhengig av hvilken produksjonsform som er valgt, dvs. linjeproduksjon, celleproduksjon eller kombinasjoner av disse. I produksjonssammenheng utvikler man en funksjonsmodell som dokumenterer prosess-sekvenser, materialflyt, ressursbehov og tidsforbruk. Basert på dette gjennomføres kapasitetsberegninger og linjebalansering på ulike løsningsforslag.



Figur 4: Eksempel på produksjonssimulering (Kilde: SINTEF)

Konseptutviklingsfasen tar utgangspunkt i løsningsforslaget fra forrige fase. Målet er å demonstrere ett eller flere løsningskonsepter gjennom simulering. Hvis løsningskonseptene omfatter produksjonsteknologi på systemnivå, f.eks. integrasjon av nye produksjonslinjer, modifikasjon av eksisterende fabrikklayout, osv., vil det ofte være behov for å prediktere hvordan de realiserte planene vil samspille med resten av produksjonsapparatet med mange ulike innfallsvinkler slik som logistikk, kapasitet og fleksibilitet. Med moderne 3D-modellerings- og simuleringsverktøy er det mulig å bygge virtuelle demonstratorer digitalt (se Figur 4).

Fysiske demonstratorer er effektive for å teste ut konsepter og løsninger fra tidligere faser, og inneholder fysiske eksperimenter. Dette kan være verifikasjon knyttet til produksjonsceller eller eksperimentelle produksjonsoppsett. Manufacturing Technology katapulten (MTNC), SINTEF Manufacturing og NTNU har i dag utstyr for testing av delelementer knyttet til moderne batteriproduksjon. SINTEF investerer i en battericelleproduksjonslinje i Trondheim. Til sammen eksisterer det, og vil utvikles, betydelig nasjonal infrastruktur knyttet batteribransjen i Norge.

Organisering av hvordan mennesker i et produksjonssystem samhandler har tradisjonelt ligget i utkanten av fagdomenet produksjonsteknologi, men er et viktig kjennetegn og konkurransefortrinn for å oppnå effektiv produksjon i Norge. "Den norske modellen", handler om at partene i arbeidslivet (arbeidsgiver og arbeidstaker) og myndighetene samarbeider tett. De store kjennetegnene ved den norske modellen på bedriftsnivå er flate strukturer, gjensidig tillit mellom ansatte og ledelsen, lavt konfliktnivå, arbeidstakernes rett til innflytelse på eget arbeid, og robuste samarbeidsmodeller. I tillegg er vi en nasjon med høy aksept for teknologi og gjennom mange år med høyt kostnadsnivå også opparbeidet stor omstillingsevne. Den norske samarbeidsmodellen er arbeidslivets praktiske samarbeidsferdigheter. Denne modellen bør også ligge til grunn i utvikling av ny batteriindustri i Innlandet. "Den norske modellen" gir grunnlag for felles innovasjon og forbedringer rundt produkter (batterimoduler) og prosessforbedringer (fabrikken).

En batterisatsing i Innlandet bør ha følgende ambisjoner for 2030:

- *Innen 2025: betydelig økt industriell aktivitet langs hele batteriverdikjeden med unntak av utvinning og raffinering av råmaterialer.*
- *Effektiv og høyt automatisert og digitalisert produksjon av batterimoduler, -systemer og -pakker med store markedsandeler og høy eksportandel bygget på prinsippene for industri 4.0.*
- *Utvikling av fremtidige industrielle arbeidsplasser i bedriftene.*
- *Bærekraftige fabrikker med null feil i produksjon, null avfall, null skrap og med null utslipp (CO2 frie).*
- *Modulbasert produkt og produksjon med fokus på utvikling av sirkulære verdikjeder.*

### ARBEIDSGRUPPE 3: GRIDBATTERIER

Opgaven til IBIs arbeidsstrøm 3 har hatt som mål å realisere en regional batteripilot til stasjonær lagring. Bakgrunnen for arbeidsstrøm 3 er at storskala elektrifisering skaper nye muligheter og utfordringer i strømmettet. Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) har uttrykt behovet for å benytte batterier til gridbalansering og andre netjtjenester. Hovedarbeidet for arbeidsstrøm 3 har bestått av å utrede hvilke egenskaper et gridskalabatteri trenger, samt å kartlegge mulige bruksområder i Innlandet.

Rapporten tar for seg flere forskjellige scenarier hvor batterier kan være aktuelle og hvilke egenskaper batteriet er nødt til å ha. Batterier kan blant annet løse problemene med for svake lavspenningsnett og redusere investeringsbehovet for dette. Studien tar for seg forskjellige scenarier hvor det er relevant å benytte gridskala batterier og egenskapene som er gjeldene. I lav spenningsnett er det spesielt mulig å redusere investeringene i nett ved å benytte grid skala batterier.

## ANVENDELSESOMRÅDER FOR BATTERIER I KRAFTFORSYNINGEN

Batterier i kraftforsyningen bør brukes til følgende formål:

1. *Reaksjoner i nettet som går raskere enn 2-3 minutter. Dette kan for eksempel gjelde store frekvensvariasjoner eller effektsvingninger i sentralnettet. Man kan her tenke seg en samlokalisering av et stort batteri for å balansere nettet f.eks. i forbindelse med ilandføringsanleggene på mellomlandsforbindelser.*
2. *Utjevning av variabel fornybarproduksjon over tid. Et eksempel er en solcellepark på en lett overskyet dag, der produksjonen varierer mellom 20% og 80% svært hurtig.*
3. *Utjevning av forbruk over tid. Uttak med kort brukstid og høy effekt kan få svært høy nettleie per mengde levert energi. For eksempel kan det være snakk om et hytteområde eller et tilkoblingspunkt i nettet for elektrifisert transport.*

Batterier demonstreres som praktisk anvendelige mellom minutter og opp til ett døgn, mellom 1 kW og 250 MW. Batterier og svinghjul har et ganske stort overlappende bruksområde, mens eksempelvis det påstås at superkondensatorer fortsatt kun er anvendelige for sekunder. Utviklingen på superkondensatorer er på framgang for tiden, og det er plausibelt at for eksempel busser og trikker kan komme seg mellom to stopp ved hjelp av superkondensatorer. I den andre enden av skalaen ligger brenselceller på timer til sesonglagring, med batterier et sted mellom disse. Slik sett utfyller superkondensatorer-batterier-brenselceller hverandre veldig godt. Trolig vil et lagringsanlegg bestå av kombinert teknologi for å gi et bredere ytelsesområde.

## MARKEDET FOR 1 MWH BATTERICONTAINER TIL UTJEVNING AV FORBRUK

Trolig er markedet på sikt svært stort for batterilagring i nettet. Kjøretøyer vil trolig ha nye battericeller i flere tiår fremover mens utviklingen på celleteknologi fortsatt er i rask utvikling. Et marked for brukte batterier vil oppstå da gamle batterier fra kjøretøyer både representerer et stort avfallsproblem, og batteriene trolig har mye brukstid igjen etter at selve kjøretøyene ikke lengre kan brukes.

Det vil også utvikles batterier som er for store i volum, for tunge eller trenger for mye hjelpeanlegg til noen praktisk anvendelse i kjøretøyer. For eksempel brenselceller og flytbatterier havner trolig i denne kategorien. Fremtidens batterier ligner i den forstand mer på prosessanlegg som vil finne sitt marked i stasjonære batterier, med økt størrelsesordener energilagringsskapasitet og opp til ti ganger lengre levetid enn det vi er kjent med fra nåværende battericelleteknologi.

## REGULERKRAFTMARKEDET OG AGGREGERTE BUD

Fremveksten av uregulerbar kraft som sol- og vindkraft vil utfordre systemdriften, og åpne opp for mindre bud eller aggregerte bud. Statnett har allerede redusert minste kvantum til 1 MW i regulerkraftmarkedet, som åpner opp for aktiv sluttbrukerstyring (f.eks. Tibbers elbillading) og battericontainere som blir presentert under.

Aggregerte bud er også interessant, da man kan få eksisterende infrastruktur, «Lazy Assets», involvert i systemdriften. Telekomindustrien er en aktør som besitter større kvantum lagring, og som kunne disponert 10-20% av denne til bidrag i systemdriften uten at det fikk noen ulemper for egen installasjon. Kanskje vil det være bedriftsøkonomisk lønnsomt å øke størrelsen på batteribanken for å kunne delta enda mer i regulerkraftmarkedet?

## BATTERIER TIL NETTFORMÅL

Når et nettselskap skal gjøre en vurdering om det lønner seg å bygge ut/oppgradere strømmettet er det flere punkter som må vurderes.

Vurderingskriterier ved investering av nytt eller forsterkning av strømmettet:

- Antall abonnenter
- Antall kilometer høyspentnett
- Antall nettstasjoner
- Antall kilometer lavspentnett

Geografiske variabler:

- Andel jordkabler
- Andel luftlinjer
- Andel sjøkabler

Utfordringen med investeringsvurderingen oppstår når anlegget er underdimensjonert kun på spesifikke tidspunkter. Tidspunktene kan forekomme daglig, ukentlig, månedlig, kvartalsvis, årlig eller mer sjeldnere. Med dagens overvåkingsutstyr kan man gjøre en analyse og se trender i effektforbruket. Det er derfor mulig å kunne enkelt forutse, på kort sikt, når strømmettet vil være overbelastet.

En annen utfordring kan oppstå når det skal gjøres en investeringsvurdering basert på langsiktige planer. Muligheten for at vurderingen er en feil vurdering er stor i forhold til vurderingen av det kortsiktige behovet. Løsningen kan være et mobilt kraftverk som kan bistå strømmettet i de knutepunktene det er behov, når det er behov. Med et slikt kraftverk vil man utsette investeringene i de områdene hvor anlegget kun er tidvis overbelastet til det er helt nødvendig med en oppgradering. Skal det brukes et mobilt kraftverk så må det gjøres en investering i et slikt kraftverk. Fordelen er at når behovet ikke lenger er til stede på den enkelte plassen så kan kraftverket flyttes til et annet sted hvor behovet er oppstått uten ytterligere investeringer. På lang sikt kan man derfor redusere investeringsbehovet samtidig som man reduserer risikoen med overflødige investeringer.

En tredje utfordring kan oppstå når det er områder med stor last og lav brukstid. Områder som har hatt vekst i antall abonnenter som til tider overbelaster strømmettet, eller eksisterende abonnenter med nytt forbruksmønster. For å illustrere mulige bruksområder for batterier beskriver vi noen konkrete eksempler nedenfor.

### CASE 1: BATTERIER TIL ARRANGEMENTER OG ANDRE KORTVARIGE FORMÅL

I Norge arrangeres skirenn nesten hver helg forskjellige steder. Langrennsirkuset alene vil trolig kunne behøve 2 battericontainere på 1 MWh i kontinuerlig drift hele vintersesongen. Filminnspillinger i Norge vil trolig også behøve 2-5 slike containere kontinuerlig.

Når det arrangeres store arrangementer så krever dette store mengder energi, ofte i områder hvor infrastrukturen ikke er tilstrekkelig for å forsyne arrangementet. Per dags dato blir det ofte tatt i bruk store diesel-aggregater til å forsyne slike arrangementer. Dette er hendelser som kan planlegges i god tid i forveien, men hvor strømmettet er underdimensjonert eller ikke-eksisterende. Her kunne batteriløsninger delvis eller fullstendig erstattet bruken av slike aggregater.

### CASE 2: UTSLIPPSFRIE BYGGEPLASSER

Elektrifiseringen av byggeplasser er helt i startgropen her i landet. Trolig er battericontainere i første omgang mest ettertraktet i byområder med luftkvalitetsproblemer slik som Oslo og Bergen. Det er vanskelig å

forestille seg hvor stort markedet for hurtiglading på anleggsmaskiner kan bli, når anleggsmaskinene kommer på markedet.

Det er en økende trend at flere offentlige aktører utfordrer entreprenørbransjen til å lage utslippsfrie byggeplasser og bruk av støyreducerende utstyr. Her kan batterier vær en del av løsningen på slike anleggsplasser da man med stor sikkerhet vet at det lokale strømnettet ikke er dimensjonert for ladning av flere store elektriske maskiner samtidig.

I 2019 alene var det solgt 918 473 000 liter anleggsdiesel. Hvis bare 1% av dette kan erstattes med elektrifiserte maskiner vil dette være nesten 10 millioner liter diesel. Med en virkningsgrad på 30% tilsvarer det 30 GWh. Kanskje halvparten av dette kan lades over natt, og vi kan anta 200 arbeidsdager i et år – slik at 75 MWh må «hurtiglades» hver eneste dag. Man kan derfor gå ut i fra at man minimum vil behøve 40 slike containere installert på byggeplasser de neste 5 årene, og kanskje 1000-4000 i løpet av 25 år.

### CASE 3: PLUSSKUNDER/EGENPRODUKSJON

Det kan være flere grunner til at enkeltpersoner eller store eiendomsselskaper ønsker å være plusskunder eller være med å produsere strøm til deler av eget forbruk. For private boliger kan man enkelt selge strøm tilbake på lavspentnettet slik ordningen er i dag, men det er ikke på strømutgifter de store besparelsene ligger. Ved å installere en enkel batteribank og tilhørende elektronikk i husstanden, med muligheten til automatisk utkobling fra lavspentnettet når det ikke er behov, så vil hver enkelt husstand kunne spare inn store beløp på nettleie. Dette vil også være en fordel for nettselskapene da de kan utsette oppgradering av lavspentnettet.

For de store eiendomsselskapene med store bygninger vil det ikke være attraktivt å levere effekt tilbake på strømnettet. Grunnen er at ved en gitt størrelse så må man søke om konsesjon. På grunn av dagens avgifter vil det ikke lønne seg å selge overskuddsenergi tilbake på lavspentnettet. Det vil derimot være meget lønnsomt å ta vare på egen produksjon og bruke den selv. Det er spesielt her store besparelser på nettleie er mulig, samt at det muliggjør å redusere effekttoppene som også er kostnadsdrivere. Med store bygninger og store anlegg kreves det også stor kapasitet til å lagre egen produksjon.

### CASE 4: PLANLAGTE UTKOBLINGER I NETTET

Hvert nettselskap har sine dieselaggregater som brukes til å midlertidig forsyne lavspentkunder ved trafoskifte. Tidligere Eidsiva Nett har minimum 3 slike aggregater. Trolig kunne bransjen behøve 50-100 slike containere bare til planlagte utkoblinger, og trolig vil de ha tjent inn investeringen etter 800-2000 driftstimer på aggregatet.

