



Høgskulen
på Vestlandet

MASTEROPPGAVE

Batteri i fremtiden

Battery in the future

Bjørn Hønsi Følling

Christoffer Svellingen Følling

Innovasjon og Entreprenørskap

Fakultet for ingeniør- og naturvitenskap

Veiledere: Lars Martel Antoine Coenen og Kjell Eivind Frøysa

27.mai 2021

Vi bekrefter at arbeidet er selvstendig utarbeidet, og at referanser/kildehenvisninger til alle

kilder som er brukt i arbeidet er oppgitt, jf. *Forskrift om studium og eksamen ved Høgskulen på Vestlandet, § 12-1.*

Abstract

The world has major challenges with emissions of man-made greenhouse gases, which are mainly due to the combustion of fossil fuels (Store Norsk Leksikon, 2019). There is a focus on the green shift in Norway and the rest of the world where efforts are being made to reduce greenhouse gas emissions. One of the measures that has been initiated is the electrification of fossil vehicles, which involves a great focus on electrification and it entails a huge increase in the use of batteries in various applications. Batteries are needed in ferries, cars or energy storages. The Government of Norway has decided that fossil fuels in cars will be phased out, and transferred to, among other things, electricity within a few years. This has led to and will lead to an even greater need for electric vehicles, and thus batteries in electric cars. In order to be sustainable and use batteries as an energy source, the batteries must be utilized to the maximum. If the batteries in an electric car are no longer suitable for the purpose, which is to supply energy to the car, then what happens to these batteries? This thesis investigates the possibility of reusing used electric car batteries in other applications in Norway. In this project, research has thus been carried out on which business models are used and how used electric car batteries are handled during their lifetime. The master's thesis deals with sustainable business models for the reuse of electric car batteries.

The thesis has a value chain perspective on various players in the battery industry in Norway. Qualitative interviews have been conducted where, among other things, it has been revealed how the battery is handled, and which business models are used and developed.

Research has been done on what is a sustainable end-of-life mindset around batteries. With focus on reuse with second life and recycling of materials.

Various opportunities, challenges and choices of business models have been associated with the reuse and recycling of electric car batteries. The master thesis also discusses whether all electric car batteries should be reused.

Sammendrag

Verden har i dag store utfordringer med utslipp av menneskeskapte klimagasser som hovedsakelig skyldes forbrenning av fossile brensler (Store Norsk Leksikon, 2019). Det er fokus på det grønne skiftet i Norge og resten av verden hvor en prøver å få ned klimagassutslippene. Et av tiltakene som er satt i gang er elektrifisering av fossile kjøretøy, noe som innebærer stort fokus på elektrifisering og det medfører en enorm økning i bruk av batterier i forskjellige applikasjoner. Det kan være ferger, biler eller energilagring som nå har behov for batterier. Regjeringen i Norge har bestemt at fossilt drivstoff i biler skal fases ut, og over på blant annet elektrisitet innen få år, dette har ført og vil føre til et enda større behov for elektriske kjøretøy, og dermed elbilbatterier. For at det skal være bærekraftig å benytte batteri som energikilde må man utnytte batteriene maksimalt. Hvis batteriene i en elektrisk bil ikke lengre egner seg for formålet, som er å levere energi til bilen, hva skjer så med disse batteriene? Denne oppgaven undersøker muligheten for å gjenbruke brukte elbilbatteriene i andre applikasjoner. I dette prosjektet er det altså forsket på hvilke forretningsmodeller som benyttes og hvordan brukte elbilbatteri håndteres når levetiden. Masteroppgaven tar for seg bærekraftige forretningsmodeller ved gjenbruk av elbilbatteri.

Oppgaven har hatt et verdikjedeperspektiv over ulike aktører i batteribransjen i Norge. Det har blitt gjennomført kvalitative intervju hvor det blant annet har blitt avdekket hvordan batteri håndteres, og hvilke forretningsmodeller som benyttes og utvikles.

Det er forsket på hva som er en forsvarlig end-of-life tankegang rundt batteri, det være seg gjenbruk og gjenvinning.

Videre er det funnet ulike muligheter, utfordringer og valg av forretningsmodeller i forbindelse med gjenbruk og gjenvinning av elbilbatteri. Det blir også vurdert og diskutert om alle elbilbatteri bør gjenbrukes.

Forord

Denne masteroppgaven er skrevet i forbindelse med masterprogrammet Innovasjon og Entreprenørskap ved Høgskulen på Vestlandet. I løpet av de to årene vi har studert dette masterprogrammet har vi fått teoretisk innsikt i entreprenørskap, innovasjon og det grønne skiftet. Dette i kombinasjon med vår bakgrunn som elkraftingeniører og vår interesse for bærekraft og utvikling fant vi tema som interesserer oss. Vi fant fort ut at det er stor interesse for å vite mer om hva som skjer med elbilbatteri når de ikke lenger står i en fungerende elbil. Hvilke forretningsmodeller som er testet og benyttes i dag. Dette kan være med på å belyse hvilke forretningsmodeller som står seg ved bruk av batteri i fremtiden.

Det snakkes daglig om elbiler og hvordan de er med på å løse klimaproblemer. Den norske Regjeringen subsidierer kjøp av elbiler og Norge er verdensmestere i å eie elbiler. Stasjonære batterisystemer er også utbredt i resten av verden og dette markedet kommer stadig nærmere Norge og blir mer aktuelt. Det snakkes derimot ikke så mye om hva som skjer med elbilene, batteriene og råvarene når elbilen ikke lenger kan kjøre på veien. Derfor bestemte vi oss for at dette var noe vi ønsket å undersøke nærmere.

Tusen takk for gode tilbakemeldinger og innspill fra våre veiledere Lars Martel Antoine Coenen og Kjell Eivind Frøysa.

Vi ønsker også å takke våre fantastiske familier, spesielt takk til Ingvild, Maria og Josefine. Uten støtte fra alle dere ville dette aldri blitt en masteroppgave vi kan være stolte av.

Koronapandemien som har herjet under hele vår masteroppgave har skapt flere utfordringer. Det er derfor ekstra deilig å ha kommet i mål med oppgaven.

Bergen, mai 2021

Bjørn Hønsi Følling og Christoffer Svellingen Følling

Innholdsfortegnelse

Abstract	2
Sammendrag	3
Forord	4
Innholdsfortegnelse	5
1. Innledning	7
2. Forskningsspørsmål	9
3. Forskningsdesign og metode	11
3.1 Introduksjon	11
3.2 Populasjon og utvalgsriterier	13
4. Teori	14
4.1 Innovasjon	14
4.2 Forretningsmodell og bærekraft	17
4.3 Batteriteknologi	20
4.3.1 Generalisering av batterisystem	20
4.3.1.1 Battericelle	21
4.3.1.2 Batterimodul	23
4.3.1.3 Batteripakke	23
4.3.1.4 Batterisystem	24
4.3.2 Økonomisk bærekraft ved bruk av batteri	24
4.3.3 Sosial bærekraft ved bruk av batteri	25
4.3.4 Miljøvennlig bærekraft ved bruk av batteri	25
4.3.5 Markedspotensial	25
4.3.6 Forskningsgap	26
5. Forskning og funn	27
5.1 Introduksjon	27
5.2 Generelle funn	28
5.2.1 Tilgang på brukte Li-ion batteri	29
5.2.2 Forretningsmodeller	31
5.2.3 Sikkerhet og håndtering av brukte elbilbatteri	32
5.2.4 Batteriets livsløp	33
5.3 Funn vedrørende gjenbruk av elbilbatteri	34
5.3.1 Forretningsmodell ved gjenbruk av batteri	35
5.3.2 Muligheter ved gjenbruk	36
5.3.3 Utdfordringer ved gjenbruk	37
5.3.4 Nøkkeltreterier for å lykkes med gjenbruk	39

5.4 Funn vedrørende gjenvinning av elbilbatteri	39
5.4.1 Forretningsmodell ved gjenvinning av batteri	41
5.4.2 Muligheter ved gjenvinning	41
5.4.3 Utdfordringer ved gjenvinning	42
5.4.4 Nøkkelkriterier for å lykkes med gjenvinning	42
6. Drøfting av funn	44
7. Oppsummeringer og konklusjoner	55
7.1 Introduksjon	55
7.2 Svar på forskningsspørsmål	55
7.3 Anbefalinger til næring og myndighetene	61
7.4 Prosjektets begrensninger	61
7.5 Videre forskning	62
8. Referanser	64
9. Vedlegg	68
Vedlegg 1 - Intervjuguide	68
Vedlegg 2 - Informasjonsskriv	70

Figurliste

Figur 1 - Circular value chain (World Economic Forum report 2019)	9
Figur 2 - Det ansvarlige innovasjons komplekset (Jakobsen et al., 2019)	15
Figur 3 - Den triple bunnlinjen (Carson, 2019)	19
Figur 4 - Generalisert batterisystem (European commission, 2021)	20
Figur 5 - De ulike lagene i en battericelle (Twaice, 2019)	21
Figur 6 - De mest vanlige formatene på en battericelle (Twaice, 2019)	22
Figur 7 - Bilde av en batterimodul (Finn, 2021)	23
Figur 8 - Bilde av en batteripakke (Finn, 2021)	24
Figur 9 - Organisering av Autoretur AS (Autoretur, 2021)	30
Figur 10 - Batterisystemet til en Tesla model S (Energsoft, 2019)	49

1. Innledning

Det er flere store og små aktører i Norge og resten av verden som bidrar til omstilling av samfunnet ved miljøvennlig og bærekraftig forretning. Flere peker på at en viktig del av omstillingen er bruk av batteri for lagring av elektrisk energi, slik at man kan bruke denne energien når man trenger det, der man har behov, for å redusere fossile utslipp. For eksempel kan batteri brukes for å realisere utslippsfrie byggeplasser (Bjørheim, 2020). Batteri brukes også i elbiler og elferger og det er ventet at etterspørselen og bruksområdene til batterisystem vil være betydelig større om bare noen få år. Innen 2025 forventes det at batteriproduksjon i Europa vil være fem ganger høyere enn dagens nivå (Batteries Europe, 2020, s. 11). Det kan være aktuelt å bruke batterisystem i bolig og næring for å unngå dyre utbyggingskostnader, også kalt anleggsbidrag. Eller redusere høy nettleie ved stort effektuttak i strømnettet.

Batteriteknologien har hatt en enorm utvikling de siste årene, og det kommer til å skje mye med denne teknologien framover. Flere batteriprodusenter har annonsert at tid for lading av batteri reduseres. Det medfører at tilført effekt ved lading øker. I tillegg får batteri mer kapasitet, blir kompakte, får lavere vekt, levetiden blir lengre og produseres for å tåle flere ladesykluser. Samtidig som prisen på produksjon av nye batteri går ned. Dette var noen av momentene Elon Musk presenterte på Teslas *2020 Annual Meeting of Stockholders and Battery Day* 22. september 2020 (Elon Musk, 2020, 0:55:20). Tesla er blant aktørene som trenger og allerede bruker store volum batteri og benytter den fremste batteriteknologien. På *European conference on batteries* som ble holdt digitalt 24. november annonserte Elon Musk at de skal lage en batterifabrikk som i første omgang kan produsere inntil 100 GWh (gigawatt timer) pr år, og vil kunne utvides til å produsere inntil 250 GWh pr år og det vil bli verdens største batterifabrikk (European conference on batteries, 2020, 1:55:00). World Economic Forum har fått laget en rapport som peker på at batteriproduksjonen fra 2018 skal multipliseres med en faktor på 19 innen 2030 (World Economic Forum, 2019, s. 25). Rapporten til Batteries Europe peker på at økningen i samme tidsrom vil multipliseres med en faktor på 14 (Batteries Europe, 2020, s. 11). Det er uansett ventet en vesentlig økning i produksjon som skal skje de neste årene. Det er helt avgjørende at batteriutvikling gjøres ansvarlig og bærekraftig, og det har European Commission (EU) foreslått å følge opp ved å stille krav til at batteri som produseres i EU blant annet skal merkes med verdier for karbonavtrykk for produksjon, slik at en kan ta bedre valg av batterier i elbiler og industrien generelt. (European Commission, 2020, s. 107).

Flere andre aktører vil de neste årene tilby elbiler og ferger hvor kjøretøy og fartøy får lengre rekkevidde. Batterier har en begrenset levetid. Levetiden til batteriet avhenger av en rekke faktorer, som temperatur, opp- og utlading, cellekjemi og hvor ofte batteriet brukes (Jeff Dahn, 2019). Likevel praktiseres det at batteri i kjøretøy regnes som uegnet for videre bruk når batteriet har kun 70 -80% av energikapasiteten i forhold til når det var nytt. Etter mange år med bruk vil ikke batteriet ha god nok kapasitet til å levere nok energi til dets opprinnelige formål.

En rapport peker på at inntil en tredjedel av brukte Li-ion (litium ion) batterier i 2025 kan gjenbrukes (Batteries Europe, 2020, s. 39). Med gjenbruk menes det at batteri kan benyttes i andre applikasjoner etter bruk i for eksempel elbil. Li-ion batterier som gjenvinnes i dag, sier rapport og tidligere forskning at rett over 50% av materialene som gjenvinnes kan brukes i nye batteri (Batteries Europe, 2020, s. 50). Med gjenvinning menes at batteri resirkuleres og materialene kan benyttes til å lage nye batteri eller andre produkter. For gamle bly-batterier som benyttes i fossilbiler er det utviklet robotiserte metoder som gjenvinner 99% av materialene (Valmot, 2020, 10:57). En har dermed noe å strekke seg etter for å forbedre materialgjenvinningsgrad.

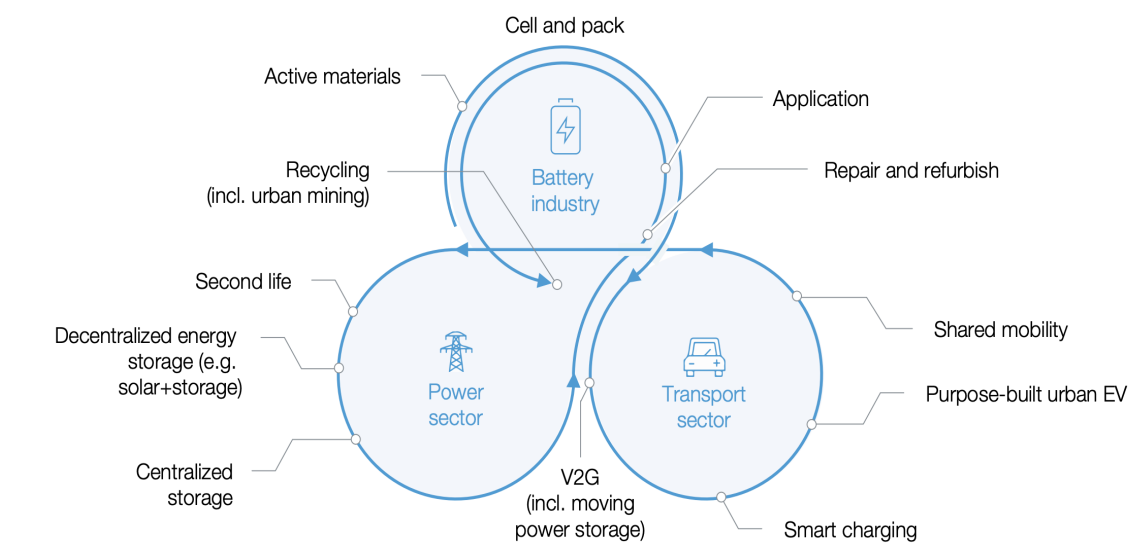
Begge masterstudentene i dette prosjektet har bakgrunn som elkraftingeniører med bachelorgrad fra Høgskulen på Vestlandet (HVL), 2-årig Fagskole med høyere fagskolegrad innenfor elkraft, fagbrev som elektrikere og jobber i dag i bedrifter hvor batteriløsninger er veldig aktuelt å arbeide med.

Denne oppgaven kan være nyttig for andre bedrifter eller personer som ønsker å forstå hvordan bærekraftige og ansvarlige forretningsmodeller generelt kan utformes ved gjenbruk av elbilbatteri. Batteriteknologi vil bli brukt i enda større skala innenfor flere ulike områder, det er derfor viktig at en kan ta beslutninger basert på batteriers livssyklus, egenskaper og tilhørende økonomi-, samfunn- og miljøpåvirkning.

2. Forskningsspørsmål

Det empiriske fenomenet masteroppgaven skal undersøke er om det er mulig å utnytte elbilbatterier på en ansvarlig og bærekraftig måte, spesielt med fokus på hvordan en håndterer elbilbatteri mot slutten av levetiden. Med elbilbatteri menes det i denne oppgaven Li-ion (litium ion) batteri som har stått i en elbil. Det er ventet at volumet av brukte Li-ion batteri kommer fra brukte elbiler. Det er interessant å undersøke hvordan det generelt er mulig å utvikle og implementere bærekraftig forretningsmodeller ved gjenbruk av elbilbatteri. Masteroppgaven vil spesielt undersøke om gjenbruk av brukte elbilbatterier i nye applikasjoner vil være mer bærekraftig enn å sende de rett til gjenvinning etter at de ikke lenger egner seg til sitt opprinnelige formål. Det er en del usikkerhet knyttet til om dette er fornuftig bruk av ressurser og om de økonomiske investeringene rundt dette vil være bærekraftig. Dette må undersøkes nærmere.

Figuren under viser hvordan Economic forum ser for seg at batteri kan brukes gjennom sitt livsløp.



Figur 1- Circular value chain (World Economic Forum report 2019)

En sirkulær prosess for batteri kan for eksempel se slik ut:

1. Battericelle blir produsert og pakket til et batterisystem.
2. Batterisystemet plasseres i en applikasjon, for eksempel i en elbil.
3. Batterisystemet vedlikeholdes gjennom levetiden.

4. Batterisystemet kan benyttes for V2G (Vehicle to grid) - energiforsyning fra bil til for eksempel hus eller hytte.
5. Batterisystemet lades smart for å bevare batteri, samtidig som en holder kostnader ved lading nede.
6. Det elektriske kjøretøyet kan benyttes til deling, for økt bruk på en bærekraftig måte.
7. Batterisystemet demonteres, og enkelte komponenter får et “second life” når det ikke lenger egner seg til å stå i en elbil.
8. Batteri som gjenbrukes kan plasseres i desentralisert eller sentralisert energi lagringssystem.
9. Batteriene repareres og overhales så lenge det gir mening.
10. Til slutt gjenvinning av batteri, slik at materialer kan brukes i nye batteri.

Dette beskriver en mulig prosess for å en bærekraftig utnyttelse av et batterisystem. I denne oppgaven foregår hovedforskningen på dette med gjenbruk av elbilbatteriene, altså fra punkt 7 i prosessen som er beskrevet over. Men det er naturlig at oppgaven også kommer innom de andre punktene i prosessen.

På bakgrunn av dette har vi valgt å definere følgende forskningsspørsmål i masteroppgaven:

Hvordan kan bedrifter utvikle bærekraftige forretningsmodeller ved gjenbruk av elbilbatteri?

For besvarelse av forskningsspørsmålet vil masteroppgaven undersøke følgende delspørsmål nærmere:

- Delspørsmål 1: Hva innebærer bærekraftige forretningsmodeller ved gjenbruk av elbilbatteri?
- Delspørsmål 2: Finnes det eksisterende forretningsmodeller som utnytter brukte elbilbatteri, og hvordan fungerer disse?
- Delspørsmål 3: Vil ny batteriteknologi utkonkurrere forretningsmodeller som gjenbraker elbilbatteri?
- Delspørsmål 4: Kan brukte elbilbatteri brukes til andre produkter etter degradering, eller vil det være mest bærekraftig å gjenvinne for å lage nye og effektive batteri?

I kapittel for oppsummeringer og konklusjoner vil vi komme tilbake til forskningsspørsmålet og delspørsmålene, og svare på disse.

3. Forskningsdesign og metode

3.1 Introduksjon

Masteroppgaven skal gjennomføre prosessbaserte intervju med mest mulig åpne og intelligente spørsmål for å belyse temaet det forskes på. Det har blitt utviklet en sirkulær prosess som består av:

- Seleksjon av ulike aktører i verdikjeden
- Data-analyse av funn
- Identifisere nye tilfeller
- Repetere prosessen til det er lite sannsynlig at det fremkommer ny innsikt

Det har blitt utarbeidet en intervjuguide som har vært utgangspunkt for en del spørsmål rundt hvilke valg og kriterier som blir gjort for bærekraftig utvikling og produksjon av batteri. Denne intervjuguiden ligger ved som vedlegg i oppgaven.

Prosjektet skal benytte semi-strukturert styrt åpent intervju med intervjuguide for å beskrive tema og fenomen som skal dekkes med fleksibel og dynamisk tilnærming (Easterby-Smith et. al. s.184). Dette er en intervjuform som passer godt med ønsket datainnsamling i masteroppgaven.

Semi-strukturert intervju benyttes for å få en bedre oversikt av intervjuobjektets meninger, holdninger og adferd knyttet til temaet. Ved semi-strukturert intervju bli intervjukandidatene stilt de samme spørsmålene, men oppfølgingsspørsmål og generelt utvikling av samtalen varierer mellom ulike intervjuobjekter. Dermed blir intervjuet mer som en samtale, hvor intervjuobjektet delvis kan styre samtalen inn mot deres kjerneaktiviteter og kunnskapsområde. Intervjuguiden benyttes som en støtte for å sørge for at samtlige deltagere har fått de samme hovedspørsmålene.

Ideelt sett er det ønskelig å gjennomføre ansikt-til-ansikt intervju for å bygge tillit, få dybdeinnsikt og se det i deres kontekst på et verksted eller i kontormiljøet. På grunn av koronapandemi planlegges masteroppgaven i hovedsak ved å gjennomføre synkrone fjern-intervju over plattformer som Zoom og Teams. Det er ønskelig å få til gode samtaler,

slik at det er en god dynamikk og kjemi i samtalen. Fordelen med fjern-intervju er at det er mulig å intervju informanter fra andre landsdeler uten å foreta en fysisk reise eller være i samme rom.

Som nevnt vil intervjuguiden benyttes som utgangspunkt, men det er i hovedsak ønskelig å få til en god dialog om temaet slik at en kan få verdifull innsikt ved at intervjuobjektet taler fritt. I dette prosjektet er det etablert et nasjonalt analysenivå som går på aktører som er en del av verdikjeden til batteribransjen i Norge. Prosjektet vil snakke med aktører og brukere av batteri for å få innsikt i forventet utvikling, utfordringer og krav. Leverandører, utviklere og gjenvinningselskap av batteriteknologi vil bli kontaktet for å forstå hvordan verdikjeden er satt opp i Norge i dag.

Prosjektet vil intervju nøkkelinformanter som sitter med mye god kunnskap om batteriteknologi, for å få verdifull informasjon og innsikt. Prosjektet ønsker å få teknisk innsikt, til dels økonomisk innsikt samt forståelse for definisjon av bærekraftig og ansvarlig utvikling av forretningsmodeller rundt batteri.

Metodeteorien peker på at en kvalitativ og kreativ prosess har til formål å undersøke respondentenes meninger og kunnskap. Korrekt gjennomføring av prosess og datasamling kan gi fordeler for alle som er involvert. Samtidig er det ikke gitt at fleksibiliteten den kvalitative forskeren har, er synonymt med at en får resultater. Det er avgjørende at aktiviteter, prosesser og innsamling av data er godt planlagt, strategisk gjennomtenkt og at forskerne evner å bruke innsamlet data til noe verdifullt (Easterby-Smith et al. s. 204).

Observasjon er ønskelig å benytte som metode i prosjektet. Det kan gi verdifull innsikt om hvordan batteri brukes, gjenbrukes og gjenvinnes. Samtidig kan det gi en bedre forståelse av hvordan forretningsmodeller knyttet til gjenbruk og gjenvinning fungerer. Observasjon regnes som vanskelig å få til i prosjektperioden, det begrunnes med strenge restriksjoner i store deler av Norge og verden i forbindelse med koronapandemi.

Dersom det er mulig med observasjon, ville det vært fornuftig med deltagende observasjon for å forstå prosessen knyttet til gjenbruk og gjenvinning enda bedre. Denne typen observasjon er en veldig god metode for å få god forståelse av en prosess eller oppgave. Man

får gjerne med seg små, viktige detaljer som man ikke ville fått med seg i for eksempel i et vanlig intervju (Easterby-Smith et al. s. 212).

3.2 Populasjon og utvalgskriterier

Analysenivået for oppgaven er verdikjeden til bedrifter som bruker eller har batteri som en viktig del av sin forretningsmodell og spesielt bedrifter som har til hensikt å utvikle, produsere, gjenbruke, gjenvinne eller eie Li-ion batterisystemer. Det er spesielt interessant med studie av bedrifter som har forretningsmodeller knyttet til gjenbruk av nye og gamle batterisystemer for å forske på deres erfaringer, ambisjoner og fremtidsutsikter.

Masteroppgaven vil se på mulighetene ved dagens batteriteknologi, men vurderer også om eventuelle forretningsmodeller ved gjenbruk vil utkonkurreres av ny teknologi i nær framtid. Casestudiet har til formål å avdekke likheter og fellestrekk hos ulike leverandører, produsenter og brukere, også kalt literal implication (Yin, 2018). Masteroppgaven vil også belyse ulikheter som fremkommer, dette kalles theoretical replication (Yin, 2018).

Masteroppgaven er et holistisk forankret casestudie, med formål om å undersøke bedrifters operasjonelle del og deres forretningsmodell. Oppgaven har ikke fokusert på de ulike nivåene innad hos de ulike aktørene. Det har som hovedregel vært interessant å intervju teknisk ansvarlig (CTO) eller tilsvarende som kjenner til det tekniske og forretningsmessige, eller kan koble på slike ressurser ved behov.

Resultater og funn skal analyseres, kodes, generaliseres og kvalitetssikres mot eksisterende vitenskap. Dette for å sikre at prosjektet kan få vurdert hvor troverdige funnene er.

Bedriftene som intervjues under prosjektet ble stort sett funnet gjennom søk og nettverk. Enkelte intervju førte også til en såkalt snøballeffekt ved at vi fikk tips om andre bedrifter som også kunne være aktuell å intervju i forbindelse med prosjektet.

4. Teori

Dette er en tverrfaglig masteroppgave som ser på batteriteknologi, og samtidig belyser den innovative delen knyttet til hvilke forretningsmodeller som benyttes. Prosjektet forsker på bærekraftige forretningsmodeller ved gjenbruk av elbilbatteri. Begreper som bærekraftig, forretningsmodeller og innovasjon er naturlig for besvarelse av oppgaven.

4.1 Innovasjon

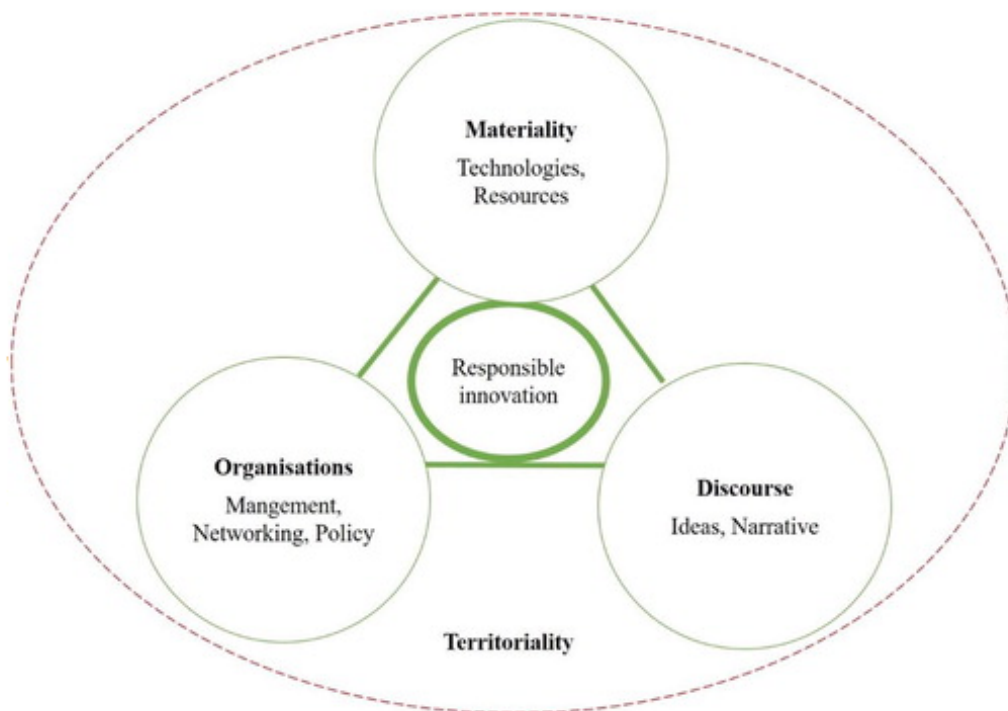
Litteraturen rundt begrepet innovasjon har utviklet seg mye de siste tiårene (Fagerberg et al., 2012) og det finnes flere ulike definisjoner på hva innovasjon er. Forskningen på området har økt mye. I denne masteroppgaven benyttes innovasjon med følgende definisjon;

“Nyskapning eller forandring av produkter, tjenester eller prosesser. Eller å bringe frem endringer i måten økonomiske goder eller andre verdier blir produsert på” (Store norske leksikon, 2019). Dette er en passende definisjon med tanke på innholdet i denne masteroppgaven. Bedriftene som intervjues i denne forskningen skaper nye produkter og tjenester ved gjenbruk eller gjenvinning av elbilbatterier. Aktørene sørger for bedre utnyttelse av noe som allerede er produsert, eller at materialene kan gjenvinnes. Aktørene innoverer ved å skape nye produkter og tjenester ved å gjenbruke eller gjenvinne eksisterende produkter.

Innovasjon sees på som viktig for en organisasjons presentasjon, suksess og overlevelse. Dette er grunnen til økt forskning på innovasjon (Anderson et al., 2014). Det er stadig mer fokus på at innovasjoner skal være ansvarlige innovasjoner. Det er ønskelig at bedrifter, entreprenører og lignende engasjerer seg mer for å få skape ansvarlige innovasjoner (Jakobsen et al., 2019). Stilgoe skriver i sin artikkel om rammeverket i ansvarlig innovasjon og har utarbeidet en definisjon på ansvarlig innovasjon som er som følger; *“responsible innovation means taking care of the future through collective stewardship of science and innovation in the present”* (Stilgoe et al., 2013). Altså å ta vare på fremtiden gjennom en felles forvaltning av vitenskap og innovasjon i nåtiden. Denne oppgaven forsøker å belyse forretningsmodeller og løsninger med innovativ teknologi som skal bidra til å ta vare på fremtiden.

Med begrepet CSR (Corporate Social Responsibility) menes bedriftenes ansvar og innvirkning på samfunnet (Commission, 2011). På norsk vil denne samlebetegnelse hete bedriftens samfunnsansvar. Dette kan defineres som bedriftens integrasjon av sosiale og miljømessige hensyn i sin daglige drift på frivillig basis, utover å overholde eksisterende lover og regler i det landet man opererer (Wikipedia, 2020).

Den analytiske modellen i figuren under ble utviklet av Jakobsen (2019) for å få en bedre forståelse av ansvarlig innovasjon på bedrifts nivå. Hvor tre dimensjoner blir sett på som et innovasjons kompleks (Jakobsen et al., 2019). Den materielle (materiality) dimensjonen inneholder aspekter som teknologi, infrastruktur og naturressurser. Den organisatoriske (organisations) gjelder ledelse, organisasjonsmåter, nettverk mellom aktører og politiske rammer. Diskurs dimensjonen (discourse) gjelder kunnskapen bak innovasjoner, nye ideer og artikler om hva som er, bør være og kan bli ansvarlige innovasjoner (Jakobsen et al., 2019).



Figur 2 - Det ansvarlige innovasjons komplekset (Jakobsen et al., 2019)

Et litt smalere begrep innen ansvarlige innovasjoner er grønne innovasjoner. Her menes nye løsninger både teknologiske, samfunnsmessige og politiske, som vil bidra til å løse de store klima- og miljøutfordringene verden står overfor (Forskningsmagasinet Apollon). Dette er

noe som står sentralt i masteroppgaven, nemlig å finne løsninger som utnytter ressurser på en bedre måte som igjen vil ha positive effekter på miljøet. Grønne innovasjon er derfor svært relevant for denne masteroppgaven.

Som nevnt arbeider begge masterstudentene i bedrifter som praktiserer åpen innovasjon. Med åpen innovasjon menes bedrifter som prøver å få til gode samarbeid og nye innovative løsninger sammen med andre bedrifter ved å dele kompetanse og erfaringer. Chesbroughs mener at en lukket strategi, lukket innovasjon, over tid viser seg å ha betydelig dysfunksjoner. På grunn av bedrifter over tid selv fant ut at det var nødvendig og fordelaktig å åpne seg opp mot andre bedrifter og mot eksterne miljøer i sine forsøk på utvikling. Altså være en bedrift med åpen innovasjons strategi (Chesbrough, H. W. 2006). For å få til bærekraftige forretningsmodeller, vil det være en kjempefordel å praktisere åpen innovasjon.

Begge masterstudentene er opptatt av innovasjon. En av studentene arbeider i en bedrifts innovasjon- og utviklingsavdeling, og er derfor spesielt godt kjent med denne type arbeid. For at en organisasjon skal jobbe med innovasjon og utvikling er det fordelaktig at flere ansatte driver med systematisk og kreativt forsknings og utviklingsarbeid (FoU). Forskning er systematisk arbeid for å skaffe til veie ny kunnskap. Utviklingsarbeid er systematisk eller eksperimentelt arbeid som utnytter eksisterende kunnskap for å utvikle nye eller forbedre materialer, produkter eller prosesser. Ved å se på statistikk hos statistisk sentralbyrå så kommer det frem at FoU årsverk har økt med 8,1% flere årsverk i perioden 2016-2017. Dette kan tyde på at FoU arbeid øker i omfang hos bedrifter, og at de har mer fokus på dette arbeidet (Statistisk Sentralbyrå, 2019).

Kreativitet og innovasjon i enhver organisasjon er avgjørende for suksess, Anderson går i sin artikkel gjennom forskning på dette området. Det diskuteres flere teorier om kreativitet og innovasjon (Anderson, et al., 2014). Kreativitet og innovasjon står sentralt ved undersøkelse og potensiell utvikling av forretningsmodeller i masteroppgaven.

4.2 Forretningsmodell og bærekraft

En forretningsmodell beskriver hvordan en organisasjon skaper, leverer og fanger opp verdier - økonomiske, sosiale eller andre former for verdier. Prosessen med å utvikle forretningsmodellen er en del av forretningsstrategien.

Denne oppgaven har sett nærmere på bærekraftige forretningsmodeller. Modeller som er med på å utfordre eksisterende, spesielt identifisere om det er behov for innovasjon for å lage nye velfungerende forretningsmodeller.

Bærekraft defineres som samspillet og integreringen mellom den miljømessige, sosiale og økonomiske dimensjonen (Lozano & Huising, 2011). Det handler om å ta vare på naturen og klimaet som en fornybar ressurs, sikre at alle mennesker får et godt og rettferdig liv og sikre økonomisk trygghet for mennesker og samfunn (FN, 201; WCED, 1987). For å etablere en bærekraftig forretningsmodell må bedriften integrere alle tre dimensjoner av bærekraft (miljø, sosiale og økonomi). Dette må gjøres i samarbeid med både interne og eksterne interessenter. En forretningsmodell vil være med å levere og skape verdi for både bedriften, kunden, samfunnet og miljøet (Bocken et al., 2015).

En viktig kilde til vellykket bærekraftig konkurransefortrinn er forbedring av bærekrafts ytelsen til organisasjonen og evnen til å raskt implementere nye forretningsmodeller. Forskning tyder imidlertid på at flere forretningsmodellinnovasjoner mislykkes (Geissdoerfer et al., 2018). Forskning innen området tyder på at det er et forskningsgap i følgende tre områder innen bærekraftig forretningsmodellinnovasjon;

- Implementering av forretningsmodell innovasjonsprosessen
- Verktøy som benyttes for implementering
- Forretningsmodellens utfordringer

Hvordan organisasjoner faktisk implementerer nye forretningsmodeller er fortsatt utforsket til tross for noen definisjoner av innovasjon som krever vellykket markedsføring (Geissdoerfer et al., 2018). I artikkelen skrives det også at man ønsker videre svar på følgende; hvordan en organisasjon omstilles fra en forretningsmodell til en mer bærekraftig forretningsmodell i praksis. Dette er videre delt opp i noen underspørsmål, som hvilke faser en organisasjon går gjennom, hva de viktigste aktivitetene er og hvilke utfordringer en organisasjon står overfor når de lager nye bærekraftige forretningsmodeller.

Det er en økende oppmerksomhet rundt behovet for mer bærekraftige forretningsmodeller. Utfordringene ved eksisterende forretningsmodeller legges under press som følge av flere sammenkoblede megatrender (Roome and Louch, 2016, Schaltegger et al., 2012).

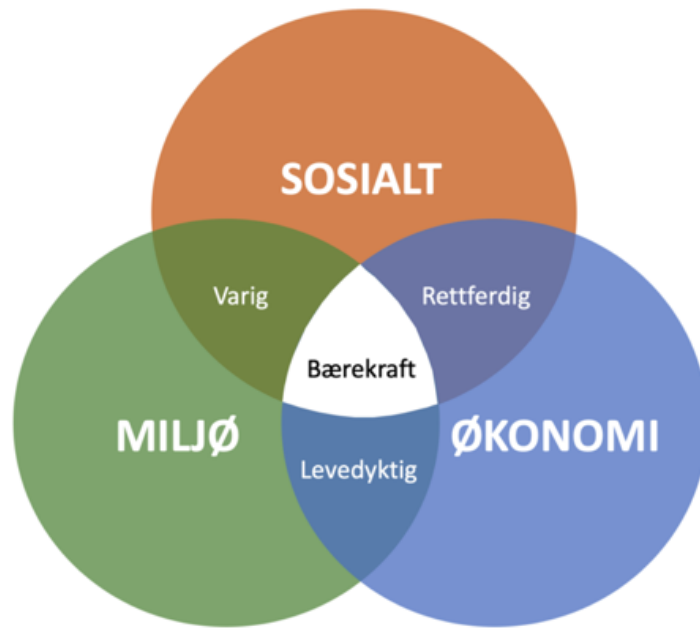
- Individuer, organisasjoner og myndigheter tar i økende grad innover seg omfanget av sosiale og miljømessige bærekraftsproblemer
- Vi står midt i en hurtig og massiv fremvekst av ny teknologi knyttet til digitalisering
- Kundepreferanser endres på systematiske måter som muliggjør nye måter å skape, levere og kapre verdi på (jf. Jørgensen & Pedersen, 2018)

Utviklingen av slike forretningsmodeller krever omfattende bærekraftige forretningsmodellinnovasjoner og kan i følge Gulbrandsen, Jørgensen og Pedersen (2019) defineres som :

“...innovasjoner som skaper signifikante positive effekter og/eller reduserer negative effekter på miljøet og/eller samfunnet, gjennom endringer i måte organisasjonen og dens verdinettverk skaper, leverer og kaprer verdier på.” (Bocken et al., 2014, oversatt av Gulbrandsen, Jørgensen og Pedersen (2019))

Dette er innovasjoner som er krevende og usikre, og det er begynt å vokse fram en omfattende litteratur som undersøker hvorfor slike forretningsmodellinnovasjoner er nødvendige. Flere stemmer fremhever at man hittil har forsket mye på spørsmål om hvorfor bedrifter skal arbeide med bærekraft, og at det nå er behov for å intensivere forskningen på hvordan bedrifter best kan lykkes med dette (Gulbrandsen et al., 2019).

Bærekraft går først og fremst ut på å ta et langsiktig ansvar for bedriften og om forholdet mellom hvordan faktorene økonomi, samfunn og miljø ivaretas (Carson, 2019). Det å kunne balansere disse tre faktorene er derfor viktig. Forskeren John Elkington ønsker at bedrifter må ta et utvidet ansvar og lanserte begrepet “den triple bunnlinjen”. Se figur under.



Figur 3: Den triple bunnlinjen (Carson, 2019).

Den sosiale bunnlinjen handler om hvilke effekt bedriften har på menneskene som er tilknyttet bedriften, både internt og eksternt. Dette innebærer blant annet arbeidstakere, kunder og lokalsamfunn. Det dreier seg om rettferdighet og ikke utnytte de menneskene som berøres av virksomheten (Carson, 2019).

Den miljømessige bunnlinjen handler om hvordan bedriften påvirker det ytre miljøet gjennom sin drift. Her kan det være ulike former for påvirkning, avhengig av bedriftens aktivitet (Carson, 2019).

Den økonomiske bunnlinjen går på verdien bedriften har igjen etter at kostnader er trukket fra produksjonen, men det kan også være bedriftens økonomiske ringvirkninger på samfunnet. En kan også se på den økonomiske bunnlinjen som et middel til å oppnå andre gode (Carson, 2019).

4.3 Batteriteknologi

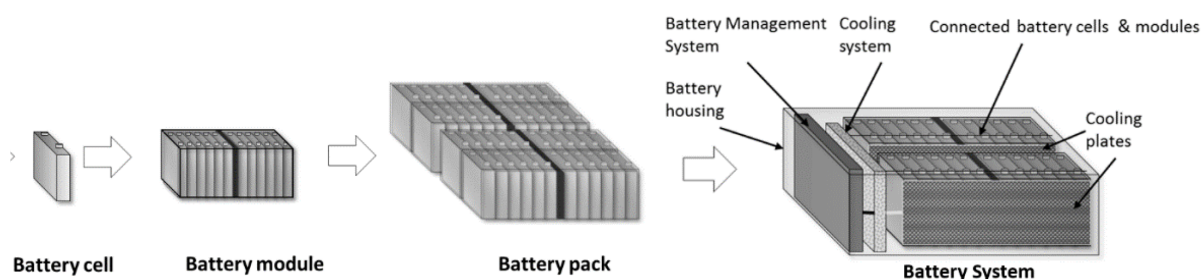
Flere aktører gjør en stor innsats for å omstille samfunnet til å bli grønnere og mer bærekraftig. En viktig del av omstilling er bruk av batteri for lagring av energi, slik at man kan bruke denne energien når man trenger det der man har behov for det.

Innenfor bærekraftig batteriteknologi peker rapporter og studier som nevnt i innledningen på flere viktige områder som må forbedres. Hele verdikjeden og materialbruken i batteriteknologi er stadig i endring, og det er her mye av innovasjonen skjer. Endret materialsammensetning gir et nytt produkt med nye egenskaper og produsenter etterstreber å konstant redusere giftige materialer samtidig som ytelsen skal forbedres og prisnivået reduseres.

For å gi en bedre forståelse av kompleksiteten knyttet til hvordan et batterisystem er bygget opp, ser vi det som relevant å belyse dette noe dypere i denne oppgaven.

4.3.1 Generalisering av batterisystem

Tradisjonell oppbygging av batterisystemet i en bil, båt eller annen applikasjon kan variere. Batterisystemer kan bli sammenstilt og pakket på ulike måter, og de fleste kjøretøy har som oftest et unikt oppsett tilpasset nettopp denne applikasjonen. For å forstå kompleksiteten ved demontering er det nødvendig å forstå hvordan et batterisystem er bygget opp. Det finnes en utbredt og generell måte å bygge opp og omtale et batterisystem, den består av ulike nivå og kan generaliseres som følger (*European commission, 2021*):

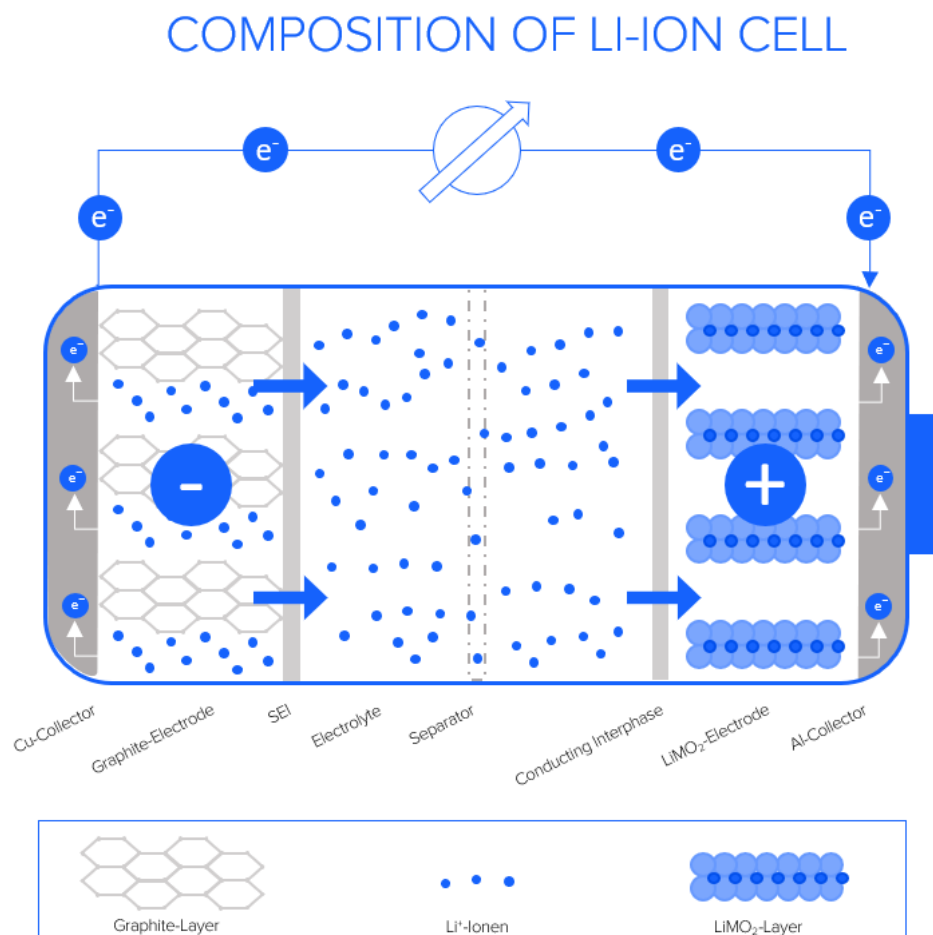


Figur 4: Generalisert batterisystem (*European commission, 2021*)

battericelle → batterimodul → batteripakke → batterisystem

4.3.1.1 Battericelle

En Li-ion battericelle kan veldig enkelt forklares som der elektrisiteten reagerer og flyter mellom negativ og positiv elektrode ved bruk. Ved oppladning går strømmen motsatt vei, og batteriet får tilført elektrisk energi (Store norske leksikon, 2019).

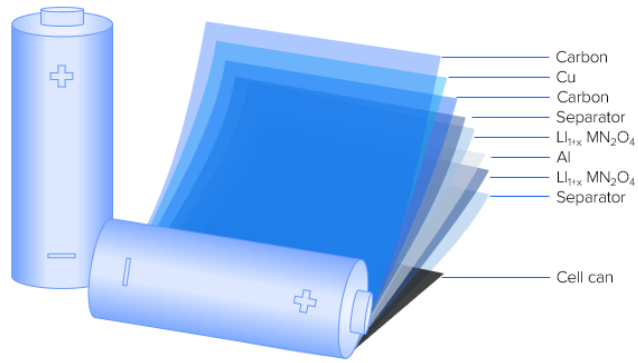


Figur 5: De ulike lagene i en battericelle (Twaice, 2019).

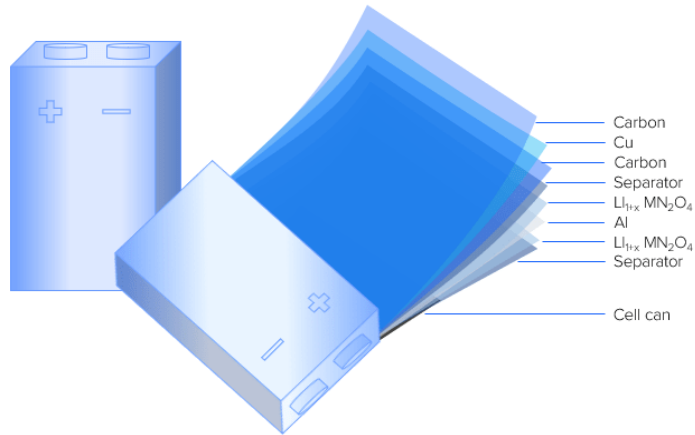
Oppbygging av en battericelle kan variere i størrelse, form og fasong. Kjemi på innsiden kan også variere, uavhengig av hvilken form og fasong battericellen har. Ulik kjemi benyttes i hovedsak for å møte ulike egenskaper som pris, lading, vekt, produksjon, sikkerhet med flere.

Typiske betegnelser for battericelle-formater er sylinder, prismatisk eller pose. Battericellen består av ulike lag, som grovt kan omtales som anode, katode, elektrolytt og isolator (Store norske leksikon, 2019). Oppbygging av de ulike lagene kan variere med ulike materialvalg og kjemi.

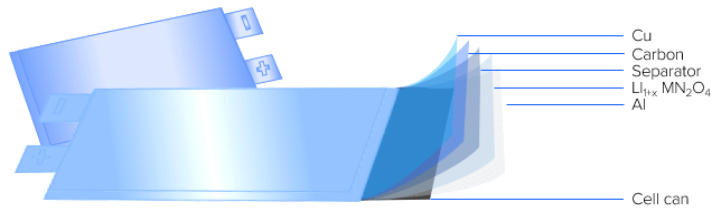
CYLINDRICAL CELL



PRISMATIC CELL



POUCH CELL



Figur 6: De mest vanlige formatene på en battericelle (Twaice, 2019).

4.3.1.2 Batterimodul

Batterimodul består av flere battericeller som er koblet sammen i en konfigurasjon, enten i serie eller parallell. En batterimodul kan også inneholde sikringer, temperatursensorer eller andre sensorer for å monitorere sikkerhet (Maiser, 2014). Spenningsnivå og andre elektriske egenskaper vil variere mellom ulike produsenter, systemer, kjøretøy og andre applikasjoner.

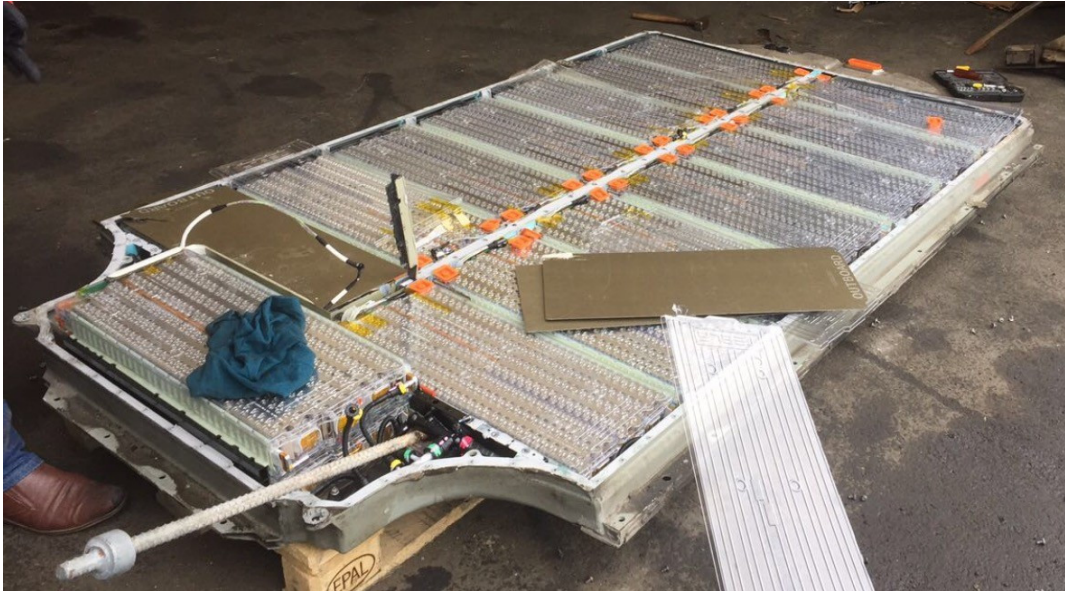


Figur 7: Bilde av en batterimodul (Finn, 2021). Bygget opp av 444 sylindriske battericeller med betegnelsen 18560. Batterimodulen inkluderer sikringer, temperatursensorer og elektronikk for overvåking og styring.

4.3.1.3 Batteripakke

Batteripakke består av flere battericeller eller batterimoduler som er elektrisk sammenkoblet. Batteripakken kan inneholde terminaler eller tilsvarende for tilkobling av systemet. Batteripakken inneholder typisk sensorer, og andre komponenter som gjør det mulig å kontrollere og monitorere batteripakken, som blant annet kan gi informasjon om cellespenning til et batterisystem (Maiser, 2014). Fysisk størrelse utseende og elektriske

egenskaper vil variere avhengig av hvilke applikasjon eller kjøretøy batteripakken er laget for, og ulike produsenter lager sine egne unike varianter. Spenningsnivå, energi- og effekt varierer.



Figur 8: Bilde av en batteripakke (Finn, 2021). En kan se at den inneholder 16 batterimoduler.

4.3.1.4 Batterisystem

Batterisystem består av en eller flere battericeller, batterimoduler eller batteripakker og har som hovedregel et Batteri Management System (BMS) som overvåker og kontrollerer batterisystemet. BMS utvikles i hovedsak av hver enkelt produsent og leverandør, slik at det er stor variasjon av hvilke BMS-løsninger som finnes. Batteripakken kan også inneholde kjøle- eller varmesystem (Maiser, 2014).

4.3.2 Økonomisk bærekraft ved bruk av batteri

Det er identifisert tekniske aktiviteter som er nødvendig for å drive den teknologiske utviklingen av batteri i en retning som reduserer kostnader ved produksjon.

Kostnadsreduksjon kan føre til at en oppnår elektrifisering av flere sektorer og applikasjoner. I verdikjeden til batteri er det flere nivå som må utvikles og forbedres. Blant annet er det nødvendig å bruke bærekraftige råmaterialer, øke gjenvinnbarhet, redusere karbonavtrykk

ved produksjon, unngå geografiske sensitiviteter for verdikjeder og sikre konkurransekraft i forhold til import og utvikling av forretningsmodeller ved bruk av batteri i ulike applikasjoner (Batteries Europe, 2020, s. 30).

4.3.3 Sosial bærekraft ved bruk av batteri

Forskning, utvikling og innovasjonsaktiviteter må bidra til å øke den sosiale bærekraften i verdikjeden for batteri ved å adressere behov for kompetanse, bruk av materialer, kritiske risikomomenter og etiske aspekter ved nye verktøy og maskiner. Universiteter og høyskoler står sentralt i å sørge for at samfunnet til enhver tid har kompetansen som trengs for å løse dagsaktuelle og fremtidige problemstillinger også innen batteriteknologi (Batteries Europe, 2020, s. 30).

4.3.4 Miljøvennlig bærekraft ved bruk av batteri

Forskning og utvikling må bidra til utvikling av teknologier for optimalisering av batteriproduksjon, redusere ressurser og energiforbruk ved produksjon. Batteribransjen må sikte mot å utvikle batteri med lavest mulig karbonavtrykk ved produksjon og gjennom levetiden. Det er avgjørende å løse problematikk ved “end-of-life”, hvor det trengs gode forretningsmodeller og tekniske løsninger for gjenbruk og gjenvinning (Batteries Europe, 2020, s. 30).

4.3.5 Markedspotensial

The European green deal peker på at det i 2025 vil være omtrent 25 GWh med brukte batteri tilgjengelig på det europeiske markedet, det antas videre at 10 GWh kan benyttes i nye applikasjoner som stasjonær lagring (Batteries Europe, 2020, s. 39).

Bare for å sette tallene i perspektiv: 25 GWh er det samme som 25 000 000 000 wattimer, dette lagringsvolumet tilsvarer batteripakker i omtrent 700 000 Volkswagen e-Golf som har en batteripakke på ca. 36 kWh (Norsk Elbilforening, 2020).

4.3.6 Forskningsgap

Det er identifisert flere utfordringer vedrørende gjenvinning og gjenbruk av elbilbatteri som må løses. Blant annet finnes det ikke noen godt dokumenterte tilfeller med gjenbruk av batterier, hvor en ser på ytelse og resterende levetid til batterisystemene. Det er heller ikke demonstrert noen effektive forretningsmodeller eller kostnadseffektive løsninger for å demontere batteripakker for gjenbruk. EU har derimot et ønske om at 20% av batterier skal gjenbrukes i nye applikasjoner innen 2030 slik at en kan redusere det totale karbonavtrykket i batteriets levetid ved å forlenge levetiden på eksisterende batteri (Batteries Europe, 2020, s. 39).

Det sentrale forskningsgapet som er identifisert er gjenbruk og gjenvinning av batteriteknologi og hvilken tilnærming en har for å utnytte ressursene enda bedre. Det handler ikke bare om et valg mellom elektrisitet og fossile alternativer som bensin og diesel, men en vesentlig del av hvordan Norge, Europa og resten av verden skal utnytte, produsere og lagre elektrisk energi med lavest mulig karbonavtrykk.

Forskere og teknologer verden over jobber på spreng for at batteri ikke skal være en flaskehals for reduksjon av karbonavtrykk. Batteriteknologien som brukes mest i mobiler og elbiler i dag er ulike varianter av Li-ion (litium ion) batterier (Store norske leksikon, 2019). Fordelen med Li-ion batterier er at litium er det letteste metallet på jorden, og det reagerer veldig lett med andre stoffer (Forskning.no, 2020). Derfor er det mulig å lage et batteri med to poler og få de ladede litium ionene til å bevege seg frem og tilbake mellom polene. Når et batteri brukes (leverer elektrisitet), går litium fra minussiden til plussiden. Samtidig strømmer elektroner gjennom elektronikk og gir elektrisk strøm til fremdrift av elbil. Når batteri lades opp tvinges litium tilbake til minussiden, og er ladet slik at det kan lades ut på nytt (Store norske leksikon, 2019).

Det første batteriet sies å være laget av Alessandro Volta i 1800 (Store norske leksikon, 2020), og selv godt over 220 år senere er dette et av områdene det brukes store summer på å forske og utvikle videre. Innen 2025 er det ventet at markedspotensialet for batteri i Europa er på rundt 250 milliarder Euro (Batteries Europe, 2020, s. 12).

5. Forskning og funn

5.1 Introduksjon

Innhenting av data til forskning i denne oppgaven har i hovedsak vært utført som digitale semi-strukturerte intervjuer på grunn av pågående koronapandemi og vedvarende høy smittesituasjon ved arbeid med denne masteroppgaven. Det har derfor vært begrensede muligheter for fysiske møter og intervjuer under dette arbeidet.

Forskning i denne masteroppgaven har derimot gitt verdifull innsikt i hvordan ulike aktører i som driver med Li-ion batteri tenker vedrørende bærekraftige forretningsmodeller knyttet til elbilbatteri.

I dette prosjektet har det vært hentet inn data fra følgende aktører:

Aktører som driver med gjenbruk

Bedrift 1: Liten, nyetablert

Bedrift 2: Liten, nyetablert

Bedrift 3: Stor, utvidelse av forretning

Aktører som driver med gjenvinning

Bedrift 1: Stor, utvidelse av forretning

Bedrift 2: Stor, utvidelse av forretning

Aktører som utvikler/produserer batteriteknologi

Bedrift 1: Stor, produksjon

Bedrift 2: Liten, utvikling av batteriteknologi

Kunde og eier av batterisystem

Bedrift 1: Stor, utvikling av forretning

Alle disse bedriftene har lokasjon i Norge.

Intervju med ulike aktører har vært av kvalitativ metode, som beskrevet i metodekapittelet. Intervjuene startet med en kort introduksjon av prosjektet og temaet for denne masteroppgaven. Deretter har det blitt gjennomført et semi-strukturert fjern-intervju over Microsoft Teams og Zoom. Intervjuobjektene har fått spørsmål etter en forhåndslaget intervjuguide og naturlige oppfølgingsspørsmål. Hovedformålet med intervjuguiden har vært å få en god prat rundt end-of-life tankegang for elbilbatteri og Li-ion batteri generelt, samt hvilke forretningsmodeller som benyttes. Enkelte aktører har presentert bedriften med kort powerpoint presentasjon, noe som har bidratt til at vi har fått noen visuelle observasjoner fra stillbilder. Ellers har intervjuene blitt gjennomført med kamera på, for å skape relasjon og den menneskelige kontakten.

De ulike intervjuobjektene har dybdekunnskap vedrørende batteriteknologi, bedriftens forretningsmodell og har reflekterte tanker rundt hvordan en bør tenke bærekraftig og ansvarlig bruk av batteri som en ressurs. Den sirkulære forskningsprosessen som ble utviklet i starten er benyttet. Oppfølgingsspørsmål har blitt stilt ulikt på grunn av at samtalene har utviklet seg i ulike retninger.

Gjenbruk og gjenvinning av Li-ion elbilbatteri er et relativt nytt forretningskonsept, utvalget av bedrifter å hente inn data fra er derfor begrenset. Det vært nødvendig å kontakte aktører i andre ledd i verdikjeden for å få nok aktører til å besvare spørsmål knyttet til brukte elbilbatteri i Norge og deres meninger om denne type forretningsmodeller.

Videre er kapittelet bygget opp ved å dele inn funn i forskjellige underkapitler som er funn generelt, funn tilknyttet aktører som driver med gjenbruk og aktører som driver med gjenvinning.

5.2 Generelle funn

Samtlige aktører har blitt spurt om deres hovedaktiviteter der de er ansatt. Intervjuobjektene jobber med gjenbruk eller gjenvinning av elbilbatteri, eller utvikler ny batteriteknologi som bidrar til ansvarlig og bærekraftig utvikling av batteribransjen i Norge. Intervjuobjektene representerer bedrifter som har bidratt med gode data for å besvare forskningsspørsmål i denne masteroppgaven.

De ulike intervjuobjektene har blitt spurt om hvordan deres bedrift oppstod. Bedriftene som driver med gjenbruk og nylig er startet forteller at var det personlig interesse for fornybare løsninger som førte til oppstart av bedriften. Det er ønsket om å ta den entreprenørielle rollen ved å etablere nye forretningsmodeller som er ansvarlige og bærekraftige.

Bedrifter som driver med gjenvinning har oppstått som en følge av at det er en naturlig forretningsutvikling. Dette skyldes økt tilgang på materialer å gjenvinne. Felles for oppstart av bedrifter som driver med gjenbruk og gjenvinning er at de har et uttalt mål om å skape lønnsom og bærekraftig forretning.

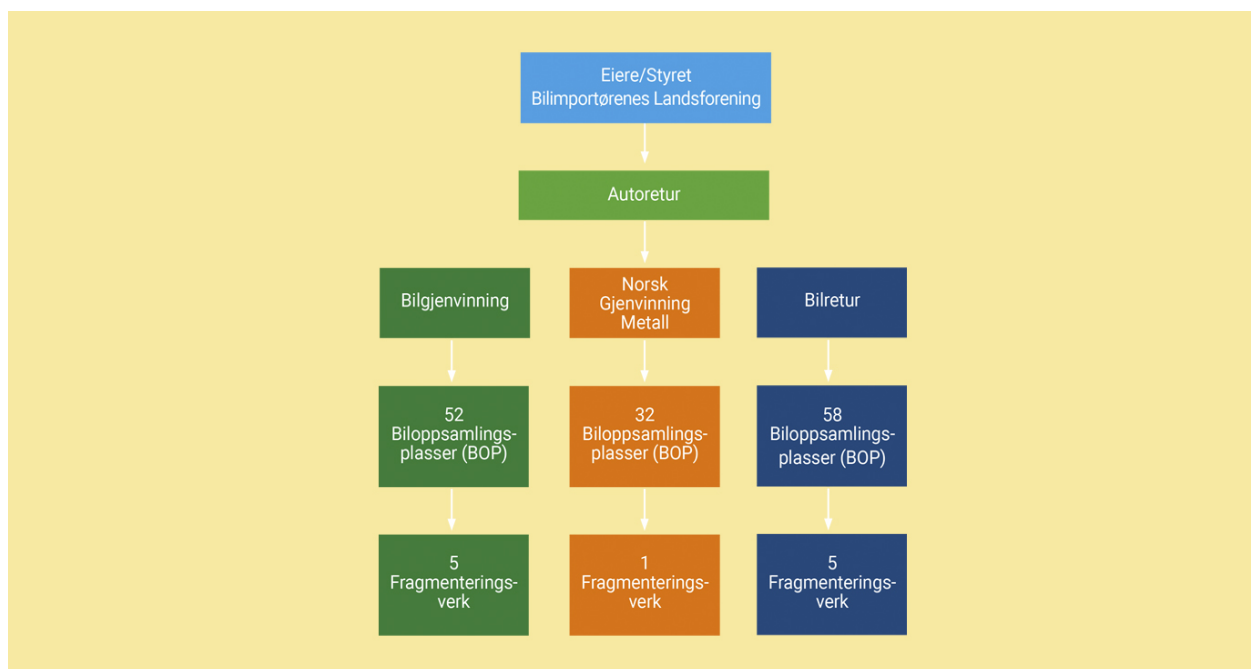
Bakgrunnen til intervjuobjektene er i hovedsak akademisk bakgrunn som ingeniør/sivilingeniør. I tillegg viser deltakerne stor interesse og har erfaring fra arbeid med fornybar energi som er fellesnevnerne.

5.2.1 Tilgang på brukte Li-ion batteri

Gjenbruk og gjenvinning er ikke en veldig stor bransje enda, men Norge er desidert størst i Europa. Slik gjenvinning fungerer i Norge i dag er det importør eller produsent av kjøretøy som er pliktig til å organisere seg som medlem av et godkjent retursystem ifølge "Forskrift om gjenvinning og behandling av avfall (avfallsforskriften)" §4. Majoriteten av norske bilimportører er registrert i Autoretur AS for oppfølgelse av denne forpliktelsen.

Autoretur AS er en non-profit organisasjon som sikrer at kommersielle og økonomiske hensyn ikke står i veien for at innsamling og gjenvinning av biler og elbiler er til miljøets beste. Ved import og produksjon av et kjøretøy og således elbiler, så er produsent ansvarlig for å dekke kostnader for gjenvinning av kjøretøy. Når kjøretøy, eller i denne forbindelse elbiler levers til retur av ulike årsaker, så er det kostnadsfritt for forbruker (Autoretur, 2021)

Vrakpant er en norsk ordning som fungerer som et incentiv for å levere inn utrangerte biler, slik at gamle og ødelagte biler blir levert til gjenvinning istedenfor å rulle på norske veier eller at de står og ruster i Norsk natur. Per i dag kan eier av kjøretøy få 3000kr for å levere inn en bil til bilopphugger (skatteetaten, 2021).



Figur 9: Organisering av Autoretur AS (Autoretur, 2021)

Illustrasjonen viser hvordan Autoretur AS er organisert og hvilke retur- og gjenvinning selskaper som samarbeider med dem. Autoretur har et nettverk med 142 biloppsamlingsplasser rundt om i landet (Autoretur, 2021).

Som hovedregel blir elbiler levert og demontert hos bilopphugger slik at eventuelle deler som fortsatt har en verdi kan selges på markedet. Blant annet demonteres Li-ion batteriet fra resten av elbilen som oftest hos bilopphuggere. Karosseri og det som er igjen av bilen kvernes opp og gjenvinnes slik at materialene som blir gjenvunnet kan selges som råvarer og benyttes til å lage nye produkter.

Li-ion batteri i elbil som ikke selges sendes som hovedregel sendes til Batteriretur AS (heretter Batteriretur). Batteriretur kan også ta vurdering av gjenbruk eller gjenvinning. Dersom batteriene har vært utsatt for store påkjenninger eller skader blir de sendt til Batteriretur som har kompetanse på håndtering av slike batteri. Dersom batteri er i tilsynelatende god forfatning er det interessant for aktører som gjenbraker elbilbatteri å kjøpe direkte fra bilopphugger. Bilopphuggere kan videreselge elbilbatteri direkte til bedrifter eller privatpersoner.

Spesifikk tilgang på batteri for gjenbruk og gjenvinning står beskrevet i kapitlene nedenfor.

5.2.2 Forretningsmodeller

Aktører som har deltatt i kvalitative intervju og forskning i denne masteroppgaven har bygget forretning rundt batterisystemer. I hovedsak leveres det tjenester som bidrar til at batterisystemer blir brukt ansvarlig.

Det viser seg et felles mål om at batteri har lavest mulig karbonavtrykk, er tilpasset formålet, og kan håndteres på en god måte for å redusere miljøavtrykk når systemet har gjort den opprinnelige jobben sin. Gjenbruk av allerede produserte batteri kan bidra til å redusere karbonavtrykket, ved å utnytte denne ressursen bedre.

Ved analyse og koding av intervju har prosjektet sett at det ikke er noen automatikk i at alle elbilbatteri som blir samlet inn og demontert fra kjøretøy går direkte videre til gjenvinning i dag. Det er et mulighetsrom for å inngå avtaler om kjøp av brukte batterisystem, samt at det er mulig utvikle forretningsmodeller for test og videresalg.

Aktører som kan gjenbruke og gjenvinne batterier er avhengig av at det kommer en jevn strøm av batterisystemer som kan benyttes til henholdsvis gjenbruk og gjenvinning. Forretningsmodellen til gjenbruk og gjenvinning er i hovedsak at en sørger for at batteri som kan gjenbrukes skal gjenbrukes og således vil generere et lavere totalt karbonavtrykk. Ved gjenvinning sørger en for at ulike materialer i et batteri sorteres og kan benyttes i produksjon av nye batterier. Foreløpig er det identifisert at gjenvinning i Norge en kostnad, men kan potensielt gjøres til en forretningsmodell dersom aktører lykkes med økt gjenvinningsgrad og konstant strøm av brukte batterisystemer.

Funn fra intervju er at en med sikkerhet kan si at aktører som i en eller annen form benytter batteri i sin forretningsmodell har et ønske om at batteri skal fremstilles, produsere og brukes ansvarlig og bærekraftig. Aktørene som deltok har ikke direkte blitt spurt om de praktiserer åpen innovasjon, men ut fra holdningen bedriftene uttrykker, så er det identifisert en felles interesse ved å dele informasjon om bransjen for at bransjen skal kunne forbedre seg ytterligere. Så her tyder det på at alle aktørene har en åpen innovasjonsstrategi.

5.2.3 Sikkerhet og håndtering av brukte elbilbatteri

For å gjøre en vurdering av ansvarlige og bærekraftige forretningsmodeller er funn knyttet til håndtering og sikkerhet viktig. Batteri kan potensielt inneholde en del energi, og det kan gå virkelig galt dersom de ikke blir håndtert riktig. Masteroppgaven ser derfor et behov for å belyse funn knyttet til nettopp håndtering som er vesentlig for å gi innsikt og forstå kompleksiteten knyttet til forretningsmodeller for gjenbruk og gjenvinning av batterisystemer.

Det er identifisert gjennomgående enighet om at sikkerhet ved håndtering er en av de største felles utfordringene ved gjenvinning og gjenbruk. I tillegg har det kommet frem at nærmest hver elbil-modell har et unikt batterisystem som er tilpasset bilens karosseri. Det medfører at en bilprodusent kan operere med flere ulike batterisystem som er pakket på ulike måter. En står dermed igjen med stor variasjon av ulike batteripakker, batterimoduler, battericeller og kjemi.

Grunnet høy kompleksitet er det derfor krevende å ivareta en sikker og trygg håndtering av alle elbilbatteri system. For å gjennomføre sikker demontering kreves det dokumentasjon og beskrivelser på hvordan arbeid skal gjøres, dette er noe som må lages av produsent.

Det er også identifisert at det kreves ulike spesialverktøy og spesialkompetanse i henhold til “forskrift om sikkerhet ved arbeid i og drift av elektriske anlegg” og “forskrift om landtransport av farlig gods”.

Ved arbeid på elbilbatterisystem stilles det strenge interne krav hos samtlige aktører, for økt sikkerhet ved arbeid. Som for eksempel at to og to jobber sammen. Det er likestrøm og ofte systemspenning på mellom 300 til 800 Volt. Batteri som skal sendes til gjenvinning må tømmes for resterende energi, slik at sikkerhet er ivaretatt i videre prosesser. Det er en felles enighet om at sikkerhet ved arbeid på batteri er gjennomgående viktig.

Flere av batterisystemene som kommer inn for gjenbruk eller gjenvinning kan stamme fra forsikringssak i forbindelse med kollisjon. Skadde batteri kan være farlig å transportere. Logistikken rundt frakt av batteri er viktig å håndtere på en sikker måte. Batteri som er skadet er ustabile og det kreves spesialtillatelse fra DSB. Spesialtillatelse fra DSB for transport av batteri, etter SP 376 (SP for Special provision utarbeidet av EU). Den sier i korte trekk at

dersom batteriet ikke er i samsvar med EU-testmanual som ble brukt når batterisystemet ble satt på markedet, da kreves det spesialtillatelse ved transport.

Det er identifisert en felles utfordringer ved gjenbruk og gjenvinning. Det er mangel på kunnskap og spesialkunnskap knyttet til arbeid og frakt av batterisystemer. Norge er allerede ledende på dette området, og har en mulighet til å ta en enda sterkere posisjon. Norge har hatt elbiler på veiene i flere år, først nå kommer Europa etter.

Et annet felles problem som er identifisert er at det kan være farlig om batteriet har stått lenge ubrukt, og en skal lade det opp eller ut. Det trekkes blant annet frem at om batteriet har stått i over et og et halvt år, kan det skjer ting i batteriet som tilsier at en kanskje ikke burde lade batteriet uten å gjøre noen tiltak. En kan gjøre tiltak og identifisere slikt med rett kunnskap.

5.2.4 Batteriets livsløp

Prosjektet har ut ifra intervjuene funnet at den optimale prosessen til et batteri. Denne har blitt gjentatt av flere intervjuobjekter, og er i hovedsak lik.

Gjenfortalt blir den slik:

1. I produksjonsprosessen må en ha så ren som mulig elektrisitet.
2. For å få gode miljøkostnader for batteriet er det også bra å maksimere levetiden batterisystemet har i kjøretøyet eller fartøyet.
3. Ved endt levetid bør batteriene gjenbrukes i nye applikasjoner hvor de ikke blir belastet så hardt. Belastningen kan for eksempel settes ned til 60% av tidligere maks effekt og da får batteriet en roligere eksistens. Erfaringskurver fra aktørene tilsier at batteriet varer en del flere år ved å nedjustere belastning.
4. Når batteriet går mot slutten på levetiden så må det være effektive metoder for å gjenvinne materialer slik at mest mulig kan brukes på nytt i nye batterier eller for produksjon av andre ting.

Det er knyttet stor usikkerhet til hvor fort ny batteriteknologi vil komme på markedet og hva det vil gjøre med dagens prisnivå. Det er sprikende antakelser om utviklingen til ny batteriteknologi. Enkelte aktører forventer at en vil se en like tydelig nedgang i produksjonskostnaden som det har vært de siste 5-10 årene. Andre aktører forventer at

produksjonskostnaden for nye batteri nærmer seg en utflating i pris, og at den årlige reduksjonen i produksjonskostnader for nye batterisystemer vil avta.

5.3 Funn vedrørende gjenbruk av elbilbatteri

Vedrørende gjenbruk, også kalt second life, så er det et relativt nytt marked. Second life har det vært mye snakk om i aviser, tidsskrifter og forskning, men til nå har ikke dette vært en stor bransje.

Brukte batterisystemer som er tilgjengelig på markedet kommer i hovedsak kommer fra elbiler som kondemneres, eller at batterisystem i elbil byttes på grunn av garanti eller forsikringssaker vedrørende batterisystemet.

Brukte batterisystem fra applikasjoner som ferger, busser, lastebiler med flere, vil bli tilgjengelig på “bruktmarkedet” de neste årene. Batterisystem som tilgjengeliggjøres fra forskjellige applikasjoner kan være degradert så mye at de ikke kan gjøre jobben lenger, men de kan fortsatt være egnet til bruk i second life applikasjoner. Ved å gjenbruke batteriene.

Det blir fortalt at hvilken tilstand batteriene har og hva som er av informasjon om batterisystemet og dets komponenter varierer. Enkelte elbiler som blir tilgjengelig har en god beskrivelse av hendelsesforløp før kondemnering. Det kommer også inn brukte elbilbatteri som har begrenset bruksdata og opphav. Spesielt bruksdata på hva batterisystemet har vært utsatt for av antall utladninger, ladesykluser, påkjenning ved hurtiglading er viktig for å vurdere gjenstående levetid. Dette er data som må hentes ut fra bilens Battery Management System, forkortet BMS. Det er ikke nødvendigvis like enkelt å hente data fra BMS, og dette systemet er ulikt bygget opp ulikt fra hver enkelt produsent. Det er heller ikke alle produsenter som gir tredjeparter tilgang til BMS.

Det forventes at myndigheter vil kreve at brukte batteri som kan gjenbrukes, skal gjenbrukes og at batteri som ikke kan gjenbrukes, skal sendes til gjenvinning slik at materialer kan brukes i nye batteri med forbedret batteriteknologi.

Gjenbrukte batteri egner seg ikke i alle typer applikasjoner, spesielt hvis det er store utladninger på kort tid og flere ladesykluser per dag. Gjenbrukte elbilbatteri bør benyttes til

oppgaver som krever få antall ladesykluser og kan for eksempel kutte lasttopper (peak-shave) om vår, sommer og høst i kombinasjon med et solcelleanlegg.

Samtlige aktører som driver med gjenbruk har testet at det er mulig å gjenbruke enkelte batterimoduler. Det foretas en selektering hvor batterimoduler med god helse sorteres ut og batterimoduler med dårlig helse eller skade sendes rett til gjenvinning. Det gjør at en får et betydelig bedre miljøregnskap ved å maksimere levetiden og utnytte eksisterende ressurser lengst mulig.

Ved gjenbruk av elbilbatteri er det ønskelig å demontere batterisystemet ned til at enkelte batterimoduler kan kontrolleres og benyttes på nytt i spesialdesignede batteripakker, egnet for second life bruk. Ved å ikke demontere batterisystemet helt ned til battericelle-nivå sparer en tid og kostnader. I batteripakker for second-life bruk er det en fordel om enkelte batterimoduler kan byttes ut, dersom det er behov.

Det er et mulighetsrom for betydelig automatisering med tanke på demontering, testing og montering av batterisystemer. Enkelte oppgaver er foreløpig ikke hensiktsmessig å automatisere, og må derfor utføres av opplært personell.

5.3.1 Forretningsmodell ved gjenbruk av batteri

Det er identifisert flere likhetstrekk og ulikheter i denne masteroppgaven. Felles for aktører som har forretningsmodell for gjenbruk av elbilbatteri, er at de kjøper brukte elbilbatteri fra biloppbugger eller returselskap. Hvert selskap har derimot sine egne leverandører og samarbeidspartnere.

Den største felles utfordringen det pekes på er å få sikre stabile volumer av homogene elbilbatterier. Med det menes like elbilbatteri. Det er i dag dårlige systemer for å ha kontroll på hvor de ulike elbilbatteri havner etter at de er demontert fra elbilen. Aktører som driver med gjenbruk må selv lage egne avtaler med returselskap eller biloppbuggere for å få tilgang på batterier. De mener også at det burde vært et bedre system på hvor batteriene havner.

Selv om de ulike aktørene benytter ulike kanaler for tilgang på brukte batteri, er det en felles enighet om at det foreløpig ikke har vært behov for å prøve andre forretningsmodeller for å få tilgang på brukte Li-ion batteri.

Mindre aktører som gjenbraker kjøper brukte batterisystem for ca. 1000 kr per kWh (Kilo Watt time). Prisen sies å ha økt de siste årene. Salgspris for batterisystem avtales i hovedsak ved diskusjon mellom kjøper og selger. Ved kjøp av batterisystemer direkte fra Batteriretur har aktørene faste priser på kjøp av brukte elbilbatteri. Ved en sjekk på markedsplassen [Finn.no](https://www.finn.no) 13.05.2021, klokken 20:00 koster en batterimodul på 5,3 kWh 9 950 kr, det tilsvarer en kostnad på 1 877 kr per kWh (Finn, 2021).

Second life batterisystem kan videreselges med en garantert levetid minst 5 år, og levetiden er gjerne på mer enn 10 år dersom det blir brukt under optimale forhold.

Aktører som driver med gjenbruk har ulik tilnærming vedrørende testing, ombygging og salg. Noen bedrifter utfører ombygging av batteripakkene selv, mens andre får hjelp av andre aktører til dette.

5.3.2 Muligheter ved gjenbruk

Norske aktører opparbeider seg en spisskompetanse på høyeffekts batterisystemer fra ulike produsenter og leverandører. Det gir mulighetsrom for at tradisjonelle bilverksted spør om bistand fra aktører som gjenbraker og gjenvinner, på grunn av deres spesialkompetanse på høyeffekts batteri. Aktører som gjenbraker har i enkelte tilfeller også hjulpet bilprodusenter og importører i Norge som har spurt om bistand for å gjøre garantiarbeid på batteri systemene.

Det kommer frem at Norge har god tilgang på brukte elbilbatteri, men ønsker seg mer stabil tilgang. Det er forventet betydelig økning i tilgang på brukte batteri i årene som kommer. Brukte batterisystem som kommer inn de neste årene kan stamme fra elbiler som har endt levetid, og ikke nødvendigvis på grunn av kollisjon eller andre årsaker.

Batterisystemer generelt lever mye lenger enn bransjen forventet for noen år siden. I startfasen trodde man at elbilbatteriet kun varte i 6-8 år, nå varer de i hele karosseriets levetid pluss litt til.

Det er stor enighet om at det vil være et marked for second life bruk av elbilbatterier. Et eksempel som ble trukket frem av flere er dersom en to år gammel elbil krasjer, og man på en god og sikker måte kan verifisere at batterimodulene ikke er skadet. I et slikt tilfelle vil de antagelig få et second life ved å bli gjenbruk i en annen applikasjon, som i et stasjonært energilagringssystem. Ved second life vil man nedgradere batteriet ganske mye for at det skal tåle nye år med bruk. Det vil si at en reduserer stress ved lading og bruk, unngår høyt effektforbruk også videre.

5.3.3 utfordringer ved gjenbruk

Som nevnt tidligere, så nevnes det at det er utfordrende å sikre stabile volumer av homogene batterier, og sikre at disse batteriene er gode nok. Det er per i dag ikke gode nok system på hvor utrangerte batterisystem fra elbiler blir av.

På cellenivå kan det være likheter mellom bilprodusenter, men på modul- og pakke-nivå er det ofte helt ulike løsninger. Batteripakker er svært ofte ulikt konfigurert per bilmodell fra samme merke/produsent. Dette gjør at kompleksiteten for demontering, testing og remontering er betydelig dersom en aktør gjenbruker elbilbatteri fra flere ulike leverandører og produsenter.

Det er ikke alle Li-ion batterier som er like praktisk å gjenbruke i second-life applikasjoner. Begrunnelse for at de ikke er praktisk kan være at de er montert på en kompleks måte, eller at batteriet består av en kjemi som gjør dem lite attraktiv for gjenbruk. Eksempel på slik kjemi er litium jern fosfat (LFP).

Det er ikke alle batterisystemer som lar seg demontere enkelt, det krever for mye ressurser, tid og spesialverktøy. Derfor ender noen batterityper opp med å bli gjenvunnet ved å bli kvernet opp i biter, slik at materialene kan benyttes i nye batterier.

En utfordring flere intervjuobjekter trekker frem er at kompleksiteten er høy for selskaper som skal gjenbruke batteri. I flere tilfeller må batterisystemet demonteres i omvendt rekkefølge enn det er bygget. I praksis er det vanskeligere enn det høres ut. Ved produksjon av nye batteri har en tilpassede maskiner og automatiserte prosesser som sørger for at dette går hurtig. Ved forsiktig demontering er det mye manuelt arbeid og en må selv programmere robotene som eventuelt skal demontere.

Ansvar og sikkerhet trekkes frem som svært viktige momenter. Ved gjenbruk, hvem har egentlig ansvaret? Hvis en ser på hvordan det er i Norge, så er bilimportøren ansvarlig for at batteriet får en end-of-life behandling. Det vil si at hvis batteriet tas ut av en elbil, leveres til gjenvinning og modulene som vurderes som "brukbar" sendes videre for second life bruk. Det må være helt klart hvem som har det faktiske ansvaret for batteriet hvis det begynner å brenne, eller om det skjer en annen uønsket hendelse.

Det er en generell forventning om at kostnad for produksjon av nye Li-ion batteri vil falle de neste årene. Det er litt ulik forventning i hvor mye. Enkelte mener at en vil nå et punkt hvor prisen på nye batteri er lav og et nytt batteri vil ha vesentlig bedre egenskaper enn et batteri som er 10 år gammelt. De siste 10 årene har vært en trend at priser for produksjon av battericeller har gått ned betydelig, de siste årene har denne reduksjonen flatet noe ut. Andre tror at vi vil se en trend på fortsatt reduksjon av kostnader per år de neste 5 årene, men at den vil avta noe i forhold til foregående år, dette på grunn av at en nå blant annet begynner å nærme seg at det er råvareprisen som er det største kostnaden ved produksjon av batteri.

Både store og små aktører peker på at dersom prisnivået for produksjon av nye battericeller faller vesentlig, så blir differansen på brukte og nye batteri mindre. Dersom ytelsene og levetiden for et nytt batteri stadig forbedres, mens et brukt batteri som i utgangspunktet er dårligere, har kortere levetid og i tillegg må nedgraderes ved second life bruk, så kan det være mer hensiktsmessig å kjøpe et nytt batteri. Det virker likevel å være en overveiende tro blant aktørene på at det vil være et marked for gjenbruk, størrelsen er derimot usikker og det er sprikende svar.

5.3.4 Nøkkelkriterier for å lykkes med gjenbruk

Dersom Norge skal lykkes med gjenbruk av batteri, er det nødvendig med et godt regelverk knyttet til håndtering av batteri. Det er kostbart og tungvint å frakte batteri til andre land for gjenbruk, derfor bør det utføres i Norge.

Et gjentakende moment som er nevnt tidligere er at sikkerhet og riktig kunnskap er avgjørende for at en lykkes med gjenbruk i Norge.

For å sikre god kvalitet og transparent bruksmønster for et batterisystem, pekes det på et behov for bedre tilgjengelighet av historisk data om batterisystemet og dets bruk og påkjenninger siden det var nytt. Enkelte store aktører ønsker nytt eller strengere regelverk, og mener det er nødvendig for å lykkes med gjenbruk. Det er blant annet foreslått et nytt EU-regelverk som kan være til hjelp.

5.4 Funn vedrørende gjenvinning av elbilbatteri

“Hele bilbransjen” inkludert bilimportører er medlem av Autoretur AS, som igjen er deleier i Batteriretur høyenergi AS. Batteriretur høyenergi AS er selskapet til Batteriretur som skal prosessere og gjenvinne elbilbatteri. Derfor har gjenvinningsbransjen etablert et tett samarbeid og god tilgang på brukte elbilbatteri.

Det påpekes at returselskap ikke har krav til fortjeneste, derfor kan de jobbe med kvalitet fremfor kvantitet ved gjenvinning.

Som nevnt tidligere er samtlige importører eller produsenter pliktig til å være medlem i en returordning, for å sikre en end of life behandling når bilen er ferdig med å gjøre sin jobb på veien. Det er avgjørende at biler og dens råvarer blir gjenvunnet, slik at råvarene kan benyttes for produksjon av nye produkter uten at en må utvinne råvarer på nytt. Elbilbatteri har en gitt levetid og må på et tidspunkt gjenvinnes. Enten rett etter elbil er levert til bilopphugger eller etter second life bruk. Myndigheter, bilbransjen og verdikjeden til batteri ønsker at mest mulig av råvarene skal gjenvinnes for å bli til nye batterier. Dette vil også reguleres av det tidligere nevnte EU-regelverket som er foreslått.

Batteriprodusenter som Northvolt, er svært opptatt av ansvarlig bruk av ressurser. Northvolt har bestemt seg for at de skal levere det reneste og grønneste batteriet, og det får de til på grunn av at de har sjekket opp alle sine leverandører på materialer.

Elbilbatteri som leveres for gjenvinning, er i utgangspunktet betalt av importøren ved innførsel. Ved kjøp av nybil er det tatt hensyn til kostnad for å gjenvinne batteriet. Gjenvinning av batteri har tidligere blitt gjort i utlandet. Ved å ha gjenvinningsanlegg i Norge så sparer en logistikk, slik at kostnaden kommer til å minske, samtidig som verdien av “black mass” fra batteri kommer til å øke. Pris på brukte batteri forventes å henge sammen med nypris på batterier.

Det ideelle er at gjenvinning kan gjøres uten kostnad, ved at en kan selge materialene som er gjenvunnet. Det kan være kobber, jern og “black mass”, som det kalles av flere aktører. “Black mass” består av de aktive batterimaterialene, altså det materialet som befinner seg på selve elektrodene. Dette er typisk nikkel, kobolt, mangan og litium. Gjenvinning av blybatteri fungerer optimalt i dag og er god butikk. Aktører som fra før driver med gjenvinning ser det naturlig å etablere lønnsom forretning ved gjenvinning av Li-ion batteri.

Utviklingen til markedet for gjenbruk og gjenvinning avhenger av hvem som har det største betalingsvilligheten for råvarer fra batterigjenvinning. Det virker å være en bred felles enighet om at det kommer an på hvem som er villig til å betale for brukte batteri, og at betalingsviljen akkurat nå ligger hos elbilprodusenter, eller deres batteriprodusenter. Grunnen til at en mener at det ligger hos elbilprodusentene er at de kjenner på at det er en råvareskvis, og de er villig til å betale en del for å få tilbake batteriene for gjenvinning. Spørsmålet blir egentlig hvor langt second life markedet er villig til å strekke seg for å anskaffe brukte batteri, før de må gi seg.

Et forslag til EU-regelverk håndterer til dels gjenbruk og gjenvinning ved at det gradvis vil stilles strengere krav til produsenter av batteri, elbiler og andre profesjonelle aktører som benytter batteri i deres systemer. Dette foreslåtte regelverk vil være svært viktig. Det er ventet at det foreslåtte regelverket blir vedtatt så tidlig som mot slutten av dette året (2021) eller begynnelsen av neste år. Den norske Regjeringen ved klima- og miljøverndepartementet er ansvarlig for implementering av regelverket, som foreløpig er en forordning.

5.4.1 Forretningsmodell ved gjenvinning av batteri

Masteroppgaven har avdekket at det er liten forskjell på hvordan aktører får tilgang på brukte batteri. Batteri som skal gjenvinnes har som hovedregel først vært hos en bilopphugger, før de blir solgt til aktører som gjenbraker og til slutt levert til Batteriretur for videre prosessering og gjenvinning.

Forretningsmodellen ved gjenvinning går ut på at aktører som driver med dette får tak i brukte elbilbatteri. Batteriene kan komme fra elbiler, ferger, industrielle applikasjoner eller second life bruk. Det kan være at aktørene som gjenvinner blir betalt for å resirkulere, eller at de får tak i “gratis” elbilbatteri som ingen andre vil ha. Deretter behandles elbilbatteri og tømmes for energi, kvernes slik at en får ut prosesserte og delvis adskilte materialer som kan selges til produsenter som trenger de ulike materialene. Aktører som gjenvinner gjør dermed andres “søppel” om til penger, ved å gjenvinne materialer og selge det på åpent marked, eller direkte til produsenter som skal lage nye elbilbatteri.

Det finnes også elbilprodusenter som leier ut batteriene, slik at når elbilen kondemneres, så skal de gamle batteriene leveres tilbake til elbilprodusenten, dette kan endre på det tradisjonelle mønsteret, dersom de ønsker å gjenvinne egne batteri.

5.4.2 Muligheter ved gjenvinning

Tilgang på brukte batteri kommer til å tidobles på omtrent 5 år, det er isåfall en betydelig økning. Fordi Norge har en høy elbilandel, kan norske bedrifter utvikle gode prosesser og fortsatt være ledende innenfor gjenvinning ved å lykkes med gjenvinning av batterisystem som kommer fra kondemnert elbil, eller andre Li-ion batterisystemer fra industrien.

Innledningsvis i oppgaven ble det nevnt at Norge har en suksesshistorie ved gjenvinning av blybatteri, hvor 99% av materialene gjenvinnes fra batteri som leveres inn. Dette bekreftes også av flere intervjuobjekter som spesifikt viser til dette.

En kan skape lønnsom forretning dersom en sikrer god tilgang på bruke elbilbatteri som kan gjenvinnes. Sikrer en gode avtaler med aktører som mottar elbiler og elbilbatteri, kan en tjene penger på å selge prosesserte materialer fra gjenvinning av elbilbatteri.

Generelt kommer det frem at gjenvinningsanlegg hadde vært mye rimeligere å legge til andre land med tanke på kostnad for arbeidskraft. Aktørene peker på at det er et sterkt ønske om å skape lokale arbeidsplasser i Norge, og at en kan kompensere med høy grad av gjenvinning for å gjøre jobben enda bedre enn utenlandske konkurrenter.

5.4.3 utfordringer ved gjenvinning

Ved gjenvinning er det ønskelig å reversere byggemåten, men det fungerer ikke akkurat slik i praksis. Høgskolen i Agder blant annet har sett på hvor mye som kan robotiseres. Problemet med robotisering er at batteri som kommer inn er ulike. Pakker, moduler og celler har ulike størrelser og fasonger. Det jobbes med å få til en delvis robotisering på grunn av at det i dag ikke er mulig med full robotisering.

Kunnskap om ulike batterisystem. Batterisystem må demonteres slik at videre arbeid kan utføres sikkert. Stor variasjon i batterisystemer fra ulike elbil leverandører gjør at en må ha kunnskap og flere ulike systemer. det kan være utfordrende å sikre effektive prosesser dersom det er lave volum og stor spredning i type batterisystemer.

Investeringer i et nytt gjenvinningsanlegg er kostbart og krever vesentlige investeringer. For å forsvare en slik investering er det avgjørende å sikre at en har inntekter til å forsvare en slik investering. Inntekter i denne sammenheng blir at en kan levere produkter og råvarer på andre enden, og da er en avhengig av at det kommer en konstant strøm av elbilbatteri som skal gjenvinnes.

I dag er det en kostnad å gjenvinne batteri. Myndigheter detaljregulerer ikke ansvaret vedrørende gjenbruk og gjenvinning. Det har både fordeler og ulemper. Aktør som gjenvinner inngår selv avtaler med enkelte elbilprodusenter eller importører for tilgang på skadede eller brukte batteri. I dag går dette fint, men det kan hende at flere aktører dukker opp, og det kan bli større konkurranse om tilgang på brukte elbilbatteri.

5.4.4 Nøkkeltreier for å lykkes med gjenvinning

At Norge har rimelig og ren elektrisitet pekes på som en av de viktigste nøkkeltreierne for at Norge skal drive med gjenvinning. Det er også viktig at en kan vise til høy grad av

automatisering. At Norge er flinke på automatisering tillater at en kan ha høyere lønninger til de som jobber på gulvet.

Regulerende myndigheter må være tydelig på at det forventes at elbilbatteri skal gjenvinnes og at gjenvinningsgraden er så stor som mulig. Nytt regelverk sikrer til dels at rammebetingelsene kommer på plass, men de kunne med fordel vært skjerpet ytterligere for å akselerere utviklingen.

Sikkerhet trekkes også frem som et nødvendig nøkkelkriterie for å etablere gjenvinningsanlegg. Det er avgjørende at elbilbatteri kan gjenvinnes på en måte hvor sikkerhet på person og maskiner er ivaretatt.

Norge må lykkes i hele verdikjeden for batteribransjen. utfordringen for øyeblikket er at prosjektene som foregår i Norge er fragmentert, hvor Norge er veldig gode på spesialområder, og har et stort behov for breddekunnskap utover i verdikjeden slik at produsenter som prosjekterer, kjøper og leverer ferdige applikasjoner kjenner til egenskapene for kjemi, bruksområder og hva som egentlig skjer under dekslet.

6. Drøfting av funn

I denne oppgaven har flere ulike bedrifter i verdikjeden til batteri blitt intervjuet angående bærekraftig tankegang om brukte elbilbatteri. Noen bedrifter er relativt nystartet og har ikke har så mange års erfaringer knyttet til forretningsmodellen deres. Andre bedrifter har drevet på en stund og har videreutviklet forretningen. I søket etter bedrifter å intervjuer har det vist seg at det dukker opp bedriftsnavn som enda ikke har startet drift/produksjon men de har en ide som skal testes ut. Dette er med andre ord et område som er i tidligfase, og det er naturlig fordi behovet for en helhetlig tankegang rundt batteri som råvare. Gjenbruk av brukte elbilbatterier er en ny forretningsmodell det har vært snakket en del om de siste årene, på grunn av økt tilgang og kvalitet. Forskning i denne oppgaven ser at muligheten for gjenbruk av brukte elbilbatterier er økende. Samtidig øker behovet for tilgang på denne type råvarer, slik som rapporten til World Economic forum og Batteries Europe peker på. Det er dermed behov for nye forretningsmodeller med innovative og ansvarlige løsninger. Spesielt innovasjon sees på som viktig for en bedrifts suksess. Noe som også er en av grunnene til økt forskning på innovasjon (Anderson et al., 2014).

Masteroppgaven har forsket på bakgrunnen til at disse bedriftene starter opp og utvikles. I hovedsak har forskning i denne oppgaven identifisert at faglig bakgrunn og entreprenørens interesse er viktige faktorer for at bedriftene er startet opp, eller har utviklet sin forretning. Gründerprogrammer og andre økonomiske motiv er også viktig for oppstarten av bedrifter som jobber med nettopp gjenbruk av elbilbatterier. Det generelle behovet for bærekraftige løsninger for energilagring i samfunnet er en sterk pådriver for at aktører og entreprenører ser muligheten for å dekke dette behovet. Gjenbruk og gjenvinning er bærekraftig og ansvarlig utnyttelse av elbilbatterier, spesielt når de ikke lengre er egnet for den tenkte oppgaven. Batteriet kan fremdeles ha lang levetid igjen etter at en bil kondemneres. Brukte elbilbatteri kan bygges om til applikasjoner som energilagring, og i tillegg skape arbeidsplasser rundt dette. Det blir stadig mer fokus på at innovasjoner skal være ansvarlige. Det er ønskelig at bedrifter og lignende engasjerer seg, tar ansvar og står bak ansvarlige innovasjoner (Jakobsen et al., 2019). Bedrifter som jobber med løsninger for gjenbruk, kommer absolutt under denne kategorien.

For at forretningsmodellen skal være bærekraftig er aktørene avhengig av stabile homogene volumer av gode batterier, noe som til tider kan være utfordrende. Det finnes foreløpig ikke et

vedtatt system eller regelverk som sikrer en sikker og god fordeling av brukte elbilbatteri. Slik det er nå må aktørene som skal gjenbruke batteri selv lage avtaler med aktører som får tilgang på brukte batteri. De som har førstehånds tilgang på batteri er som oftest bilopphuggere eller aktører som tradisjonelt har til formål å gjenvinne biler og batteriene. Selvstendige aktører som skal drive med gjenbruk av elbilbatteri må dermed kjøpe brukte batteri gjennom bilopphuggere eller Batteriretur. Her er det et stort forbedringspotensiale for å sikre at aktører får tilgang på batteri som kan benyttes og at flest mulig batteri blir gjenbrukt.

Det kan være flere fordeler med et overordnet system eller plattform som involverer alle berørte aktører i verdikjeden som batteriprodusenter, bilprodusenter, forsikringsselskap, gjenvinningselskap, bilopphuggere, bedrifter som ønsker å gjenbruke disse også videre. Et bedre system kan sikre en bedre utnyttelse av brukte elbilbatterier, gjerne at flere batterier blir gjenbrukt. Det vil også være mulig å lage systemet slik at kun seriøse aktører som kvalifiserer til det får lov å gjenbruke batteriene. En mulighet kan også være å kjøre diagnose på batteriene før de legges inn i systemet for videresalg, selv om dette gjerne kan bli for komplekst for flere av bedriftene som mottar batterier eller gamle elbiler med batteri. Men med en slik diagnose kan aktørene som ønsker å gjenbruke kan dermed få veldig god oversikt og kan enklere få tak i større volumer av gode elbilbatteri. Det er utfordrende å få hele verdikjeden med på et slikt komplekst system. Det er flere store og små aktører involvert med sine interesser og begrensninger. Det må nok et regelverk til for at et slikt overordnet system skal oppstå, ellers må markedet selv finne ut av det når volumene blir større. Et overordnet system vil være en fordel for hele verdikjeden og kan bidra til økt miljøgevinst for samfunnet.

Det viktig å få på plass et regelverk som regulerer hva som skal skje med elbilbatterier etter at de ikke kan benyttes til sitt opprinnelige formål, som er å forsyne elbiler med energi. Med et tydelig regelverk på plass vil man kunne sikre at elbilbatterier som kan gjenbrukes utnyttes enda bedre før de til slutt gjenvinnes og benyttes til produksjon av nye batterier. Et slikt regelverk er underveis på EU-nivå og ventes vedtatt i EU i løpet av inneværende år (2021). Tydelig regelverk vil forhåpentligvis føre til at brukte batterisystem i større grad blir håndtert sikkert og det bli enklere å ta avgjørelser på om batteriet egner seg for gjenbruk eller gjenvinning. Det foreslåtte regelverket vil kunne skape bedre rammevilkår og forutsigbarhet for aktørene som driver med gjenbruk og gjenvinning. Dette kan igjen føre til en oppblomstring av innovative bedrifter som ønsker en posisjon i denne bransjen. Det vil

samtidig sikre at fleste mulige batterisystemer utnyttes på best mulig måte. Det er også mulig at regelverket som er ventet innført i EU, gjerne blir litt for “enkelt” i første omgang for Norge som er kommet godt i gang med omstillingen fra fossilt drivstoff til lagring elektrisk energi. Et regelverk som stiller minimumskrav er bedre enn ingen minimumskrav.

Det foreslåtte regelverket sier at innen 1. juli 2024 skal alle oppladbare industrielle- og elbilbatteri som omsettes på det europeiske markedet ha en karbonavtrykk-deklarasjon for innholdet. Fra 1. januar 2026 vil det stilles strengere krav til terskelverdier for karbonavtrykk og allerede 1. juli 2027 strammes dette ytterligere inn. Nye batteri som omsettes på markedet skal dermed være i henhold definerte terskelverdier for karbon innhold (European commission, 2020, s. 18).

Fra og med 1. Juli 2027 vil produsenter av industrielle og elbilbatteri måtte merke og dokumentere innholdet av gjenvunnet cobalt, jern, litium og nikkell (European commission, 2020, s. 18).

Fra 1. januar 2030 stilles det krav om at produksjon av nye batteri skal inneholde et visst nivå av gjenvunnede materialer. Minimumsinnholdet av gjenvunnede materialer som forventes i nye batterier fra 1. januar 2030 er som følger: cobalt 12%, jern, 85%, litium og nikkell 4% (European commission, 2020, s. 18).

Fra 1. januar 2035 økes terskelen ytterligere og det vil stilles strengere krav om at minimumsandel gjenvunnede materialer fordeler seg slik for de ulike materialene: cobalt 20%, litium 10% og nikkell 12% (European commission, 2020, s. 18).

Det er en god begynnelse med et slikt regelverk, og bra for aktørene i bransjen og miljøet. Forhåpentligvis blir dette regelverket enda strengere og bidrar til omstilling. Som nevnt så er Norge kommet langt med omstillingen til elbiler slik at en ser økende volum på tilgjengelige batterier som kan gjenbrukes.

Bilprodusentene som indirekte setter nye batteri på markedet vil med nytt EU-regelverk få et større ansvar for at elbilbatteri skal være mulig å gjenbruke og gjenvinnes. Batteriprodusenter må derfor prosjektere og produsere elbilbatteri som skal være mulig å benytte i second life applikasjoner. Dette betyr at elbilbatteri som bli gjort tilgjengelig på markedet skal være

enkler å benytte i second life applikasjoner. Det kan føre til lavere kostnader ved testing og ombygging av second life batterisystemer. En slik utvikling vil bidra til at det blir enda mer aktuelt å drive med gjenvinning av elbilbatteri. Dette er et viktig punkt slik at batteriene blir tilrettelagt for gjenbruk allerede før de plasseres i sin opprinnelige applikasjon, som for eksempel en elbil. Dette vil gjøre det enklere for andre aktører eller bilprodusenten selv, og gjenbruke batteriene på en god måte.

Det nevnte forslaget til EU-regelverk sier noe om at industrielle batteri og elbilbatteri skal inneholde et Battery Management System (BMS) som minimum lagrer informasjon som trengs for å bestemme “state of health” og forventet levetid for batteriet. Tilgang til data og nødvendige parameter skal gjøres tilgjengelig for dem som har kjøpt batteriet, eller andre tredjeparter som opptrer på vegne av eier, for å vurdere verdi på batteriet, fasilitere vurdering for gjenbruk eller om det gir mening med gjenvinning av materialer til nytt batteri (European commission, 2020, s. 18). Et slikt BMS system kan gi mange fordeler side det blir tilgang for flere å hente ut data fra batteriene, det blir som en åpen strategi som vil forenkle mulighetene for innovasjoner tilknyttet gjenbruk av disse batteriene. Et steg i riktig retning for en mer bærekraftig utnyttelse av elbilbatteri.

Dersom det foreslåtte EU-regelverket vedtas, betyr det at tredjeparter og herunder aktører som gjenbraker og gjenvinner får bedre tilgang på data om batteriet. Det betyr igjen at aktører kan ta bedre beslutninger, levere bedre produkt og enklere vurdere tilstanden på et brukt batterisystem. Dersom et batterisystem ikke egner seg til gjenbruk så kan man sende det til gjenvinning. Alle batteriene vil til slutt bli gjenvunnet på et tidspunkt. Ved å regulere denne typen aktiviteter blir rammebetingelsene betydelig bedre for aktører som driver med gjenbruk av elbilbatteri.

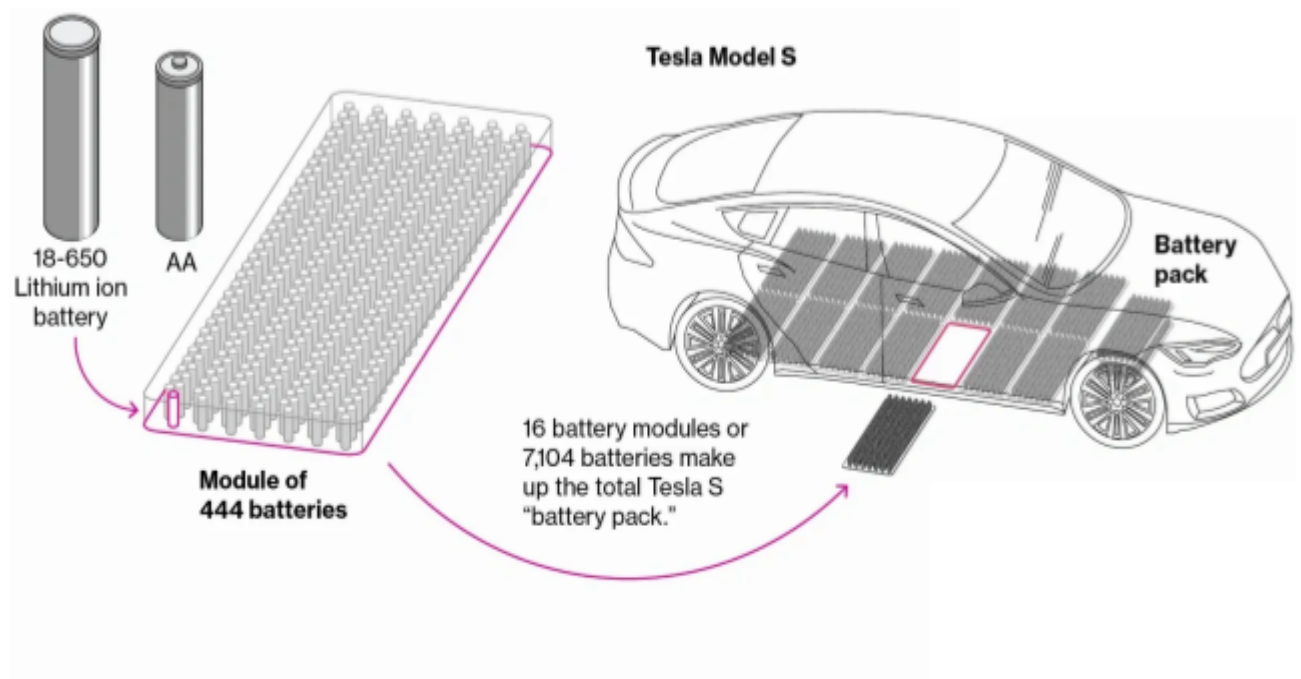
Funn fra forskning i denne masteroppgaven viser at kostnaden ved innkjøp av brukte elbilbatterier er relativt høy i dag. Dette på grunn av at det er flere aktører som ønsker tilgang på brukte elbilbatteri og konkurransen blir dermed større. Aktører som driver med gjenbruk forventer at etterhvert som volumet på tilgjengelige brukte elbilbatterier øker så vil prisen synke. For å få til lønnsomhet ved gjenbruk, er aktørene nødt til å demontere, teste og pakke om batteriene på en kostnadseffektiv måte. Aktørene forventer store muligheter for automatisering, slik at arbeid som for eksempel demontering av brukte batteripakker gjøres av roboter. Automatisering og robotisering av denne prosessen kan bidra til å gjøre gjenbruke

enda mer bærekraftig og lønnsomt. Helt konkret kan automatiseringen løses ved en robot som utfører demonteringen nøyaktig og effektivt. Det vil være en stor investering, men på sikt kan det lønne seg, spesielt ved større volum av like batteri. Det er forventet større konkurranse i markedet i årene som kommer. Dersom norske aktører skal være konkurransedyktig mot internasjonale aktører er automatisering og robotisering en viktig del av løsningen sammen med tilgang på ren energi og lave kraftpriser. De som er tidlig ute med å få til en god linje med automatisering av dette arbeidet har store muligheter til å ta markedsandeler på dette i en tidlig fase. Det kan være fornuftig å tilrettelegge for å kunne håndtere store volum slik at bedriften er klar når volumene av batterier for alvor begynner å bli store.

Siden dette er et tidlig marked, er det i aller høyeste grad rom for ytterligere innovasjon, ved å teste ulike teknologier og forretningsmodeller. Det kan være forskjellige forretningsmodeller som kan fungere her. Særlig dette med teknologien og hvordan få til automatiserte er et viktig punkt hvor man kan skape seg et fortrinn med gode innovasjoner. Aktørene holder fortsatt på å undersøke hvilke deler av prosessen som kan automatiseres og hvordan denne automatiseringen kan løses i praksis. Med de rette ideene så vil det sikkert være mulig å søke støtte hos Innovasjon Norge eller lignende ordninger. Slik støtte kan være en viktig bidragsyter til å skape gode løsninger for prosessen med å pakke om batteriene i nye løsninger.

I lys av funn, er det ønskelig å illustrere og beskrive et eksempel. Innholdet i et batterisystem kan forklares med en Tesla model S, som er en av de første elbilene som rullet på norske veier i stor skala. En Tesla model S har et batterisystem som er bygget opp med utgangspunkt i en battericelle som er sylindrisk og heter 18-650. Betegnelsen på battericellen betyr at den er 18mm bred og 65 mm høy, og er med det noe større enn AA-batterier som kjøpes på dagligvarebutikken.

En batterimodul består av 444 battericeller og totalt i en Tesla model S er det 16 batterimoduler, det utgjør over 7104 battericeller.



Figur 10: Batterisystemet til en Tesla model S (Energsoft, 2019)

Kompleksiteten er derfor stor og tidkrevende dersom en skal teste hver eneste battericelle. Dersom en kun tester batterimoduler, og kan avgjøre om den er mulig å gjenbruke eller gjenvinne, så er mye tid spart. En trenger dermed ikke demontere batterisystemet ned til hver enkelt battericelle og en trenger kun å teste 16 moduler istedenfor 7104 battericeller. Dersom en kun tester batterimodulene, kreves mindre arbeid, og en kan forhåpentligvis levere kostnadseffektive løsninger til ulike kunder. Det er likevel avgjørende at potensielle kunder gjøres kjent med eventuelle begrensninger i forhold til nytt batteri.

Ved å trekke det eksempelet nevnt ovenfor litt videre. En kondemnert Tesla model S kommer inn til en bilopphugger. Elbilen er relativt ny og det antas at elbilbatteriene kun har levd $\frac{1}{3}$ av den planlagte levetiden sin når bilen ble levert til bilopphugger. Batteriet kan være 2 - 3 år gammelt og bilen trenger ikke å ha rullet så mange kilometer. Bilen kan ha kommet inn av flere ulike årsaker som kollisjon, eller at andre dyre komponenter i bilen har sviktet. Batteriet kan dermed har så mye som $\frac{2}{3}$ av den beregnede levetiden igjen. I et slikt tilfelle vil det gi mening å gjenbruke elbilbatteri, dersom en kan verifisere at batteriene er intakt og kan gjenbrukes uten at det har redusert sikkerhet. Ved å for eksempel benytte batterimodulene i en second life applikasjon som energilagring. Sammen med et solcelleanlegg så vil batterimodulene i et slikt tilfelle få et roligere og enklere liv, enn når det stod i elbilen.

Ideen ved å gjenbruke elbilbatteri er at man kan skape en bærekraftig forretningsmodell som kan være med å bidra til det grønne skiftet og redusere karbonavtrykket ved gjenbruk og gjenvinning når den tid kommer. Karbonavtrykk er som kjent de totale klimagassutslippene forårsaket av en person, tjeneste eller produkt eller lignende, uttrykt som karbondioksid ekvivalent. I dette tilfellet vil det være elbilbatteriene sitt karbonavtrykk som avgjør om det er bærekraftige løsninger. For det kan være at karbonavtrykket er stort i den delen av verden batteriene er produsert, men avtrykket er mindre i land hvor batteriene bare brukes og eventuelt gjenbrukes. Dersom en batterifabrikk ligger i for eksempel Kina hvor strømmen er produsert ved energi fra kull så vil karbonavtrykket bli større enn hvis batteriene hadde blitt produsert i et land hvor dette produseres med fornybar energi.

Norge har god tilgang på fornybar energi, og det ville vært veldig bra om Norge kunne produsert elbilbatteriene lokalt. Norske elbiler kunne fått kortreiste batteri, deretter gjenbrukt batteriene i andre løsninger for å forlenge levetiden før det blir gjenvunnet. Gjenbruk og gjenvinning er Norge nødt til å lykkes med lokalt, dersom batteri skal ha lavest mulig karbonavtrykk. Ellers medfører det transport på vei eller sjø til andre land eller kontinent, noe som vil generere høyere karbonavtrykk. Transport av batteri er også å regne som farlig gods, så hvis man får redusert dette så får man også redusert en risikofaktor.

Etterhvert kommer det også elbiler som kan bytte hele batteripakken på kort tid på markedet. Det kan gjøre at bransjen må tenke nytt, og at forretningsmodeller må tilpasses. Det kan hende at en kan bruke batteri lenger i kjøretøy, dersom en kan få et nytt batteri ved langturer, og kan bruke et batteri med kortere rekkevidde til vanlig bykjøring.

Bilprodusenter som sitter batterisystemer på markedet er nødt til å tenke nytt og batteriteknologien vil utvikle seg videre fremover, det er det ingen tvil om. Den kinesiske bilprodusenten Nio har lansert at de vil etablere seg i Europa og Norge er første markedet deres (Valle, 2021). Denne bilprodusenten vil sette opp sitt eget ladenettverk med 180 kW hurtigladere, men vil i tillegg etablere flere batteribytte-stasjoner. Stasjonene er fullautomatisert og bytter batteriene mens kunde venter i elbilen. Dette gjør det mulig å kjøre videre med fulladet batteri på tre minutter. På denne måten har en mulighet til å bytte hele batteripakken på noen minutter, og det skiller seg ut fra andre elbil leverandører (Valle, 2021). Noen fordeler med dette er at man kan bytte til fulladet batteripakke fortere enn det tar

å lade opp en hvilken som helst annen elbil, og man har muligheten til å få tilgang til nyeste batteriteknologi om bilprodusenten oppgraderer batteripakken på et senere tidspunkt. Med en slik løsning antas det å være bilprodusenten som eier batteripakken, noe som kan gjøre det utfordrende for aktører som ønsker å gjenbruke elbilbatteri. I slike tilfeller vil det være avgjørende med avtaler mellom bilprodusent og aktører som gjenbraker. Her vil det nok også være aktuelt for bilprodusentene å gjenbruke batteriene selv, noe som etterhvert kan by på utfordringer for mindre aktører å få tak i brukte elbilbatteri.

Batteriproduksjon i Norge er viktig å lykkes med dersom Norge ønsker å bygge opp et sterkt fagmiljø. Norge har allerede gode forutsetninger til å lykkes innen verdikjeden til batteri ved at Norge har lave kraftpriser, ren kraft og har allerede et stort hjemmemarked for bruk av batteri i elbiler og maritime fartøy. Et regelverk som stiller strengere krav til produksjon, gjenbruk og gjenvinning er til Norges fordel. Norge kan få flere nye gründere som oppretter ny forretning når rammebetingelsene blir tydeligere og skjerpet.

Aktørene ser en reduksjon i prisen på brukte batterier. Dette henger sammen med at produksjonskostnaden på nye batteri skal lenger ned. Samtidig forbedres prosessene for gjenbruk, det kommer en mer konstant strøm av like batteri og det tillater stor skala fordeler ved behandling av brukte batteri. Automatisering og robotisering er avgjørende for å redusere kostnader knyttet til gjenbruk. Foreslått regelverk vil også stille krav om at batterisystemer som levers på markedet skal være designet for mulig gjenbruk. Informasjon fra batteriets BMS og generelle helse skal også være enklere å få tilgang på. Dette gjør at aktører som gjenbraker kan ta beslutninger på bedre datagrunnlag.

Ny batteriteknologi trenger ikke nødvendigvis å utkonkurrere gjenbruk av elbilbatteri. Bruksområder for nye og gjenbrukte batteri er ikke nødvendigvis det samme. Foreslått EU-regelverk vil også stille krav om at batterisystemer som kan gjenbrukes skal gjenbrukes, slik at en utnytter allerede tilgjengelige produkter lengst mulig. Hvordan utviklingen og prisnivået vil utvikle seg for tilgang på brukte elbilbatteri er dermed usikkert. Det stilles også krav om at elbilbatteri som ikke kan gjenbrukes, skal gjenvinnes. Foreslått EU-regelverk stiller strengere krav i slutten av dette tiåret. Regelverket kunne med fordel vært enda strengere allerede nå, da ville man fått en tvungen omstilling tidligere. Det kunne ført til at flere aktører eller gründere ville utviklet ny forretning allerede i dag.

Sikkerhet ved arbeid på elbilbatteri trekkes frem som viktig å lykkes med. Dette går på sikkerheten til alt fra servicepersonell, til dem som arbeider med demontering, testing og eventuelt remontering. Sikkerhet ved transport er også viktig å trekke frem, på grunn av at transport av batteri er å anse som farlig gods. Batterisystemene som leveres til gjenbruk og gjenvinning sies å inneholde en del energi selv om de er ferdig i sitt bruk. Denne energien må tømmes på en forsvarlig måte slik at det ikke skjer noen uønskede hendelser med skade på personell eller maskiner som arbeidet med batteriene. Energi som trekkes ut av elbilbatteriene kan også benyttes til blant annet øvrig bruk på bygget, eller til å lade opp batteri som er klar for second-life bruk. Aktører kan dermed benytte energien i batteriene de får inn, til å redusere deres kostnader til strømforbruk på anlegget. Det er også viktig å tenke på sikkerhet ved transport av batteriene, det er høye spenningen og potensielt mye energi. Ved transport av batteri regnes det som frakt av farlig gods, på grunn av brannfaren. Det er det viktig å pakke forsendelsen slik at det verken oppstår kortslutning eller kraftige slag på batteriene. Dette må aktørene ta hensyn til ved forsendelser, og kan dermed være med å påvirke utformingen av forretningsmodellen.

Ansvar for batteri som benyttes til gjenbruk er et viktig moment. Batteriprodusenter ønsker ikke å ha et ansvar ved gjenbruk av for eksempel 8 år gamle batteri, på grunn av at batteriet har vært brukt, de kjenner ikke helsetilstanden og er pr idag ikke designet for second life applikasjoner. Elbilprodusent som har produsert elbilen vil heller ikke ta ansvar for bruk i second life applikasjoner, på grunn av at de ikke har designet det selv. Det samme vil gjelde for den norske bilimportøren. Biloppbyggere eller andre aktører som demonterer og tester brukte batterisystem har sortert ut batteriet, og har en antagelse om at det tilsynelatende ser greit ut og kan virke i 5 år ved redusert effekt. De kan likevel ikke garantere at batteriet faktisk fungerer i 5 år. Det må i så fall være aktørene som selger brukte batterimoduler i et nytt batterisystem som har det fulle ansvaret ved salg. I dagens marked er det identifisert som utfordrende å kjenne til batteriets komplette historikk i tilstrekkelig grad for å garantere levetid og videre drift. Det er viktig at batterisystemer som anvendes i second life applikasjoner holder en høy sikkerhet, slik at uønskede hendelser ikke skjer. Uønskede hendelser og dårlig kvalitet på second life applikasjoner kan gjøre at markedet blir begrenset, og kundene ønsker ikke produktene dersom kvaliteten er lav. Det er avgjørende at produkter som kommer på markedet kan motbevise det som måtte være av fordommer, slik at det kan være aktuelt å benytte i flere markeder og segmenter.

Forventet levetid i second life applikasjoner vil variere mellom ulike battericeller, kjemi sammensetning, samt hvor hardt batteriene har vært belastet tidligere. I utgangspunktet pratet man om at elbilbatteri hadde en levetid på 6-8 år, deretter ble det oppjustert til 8-10 år og nå ventes det at batteriene varer hele bilens levetid og i tillegg klarer flere år med roligere second life bruk. Disse tallene er fremdeles noe usikker med det gir en pekepinn på hva man kan forvente.

Kompetanse på elbilbatteri og batterisystemer generelt er mangelvare. Det trengs personell med dyp kompetanse på batteriteknologi i Norge. Aktører som gjenbraker og gjenvinner vil opparbeide seg en unik kompetanse på ulike batterisystemer, og det har sine fordeler. En kan dermed utvide sin forretning eller tjenester ved å hjelpe verksteder eller importører i forbindelse med garantiarbeid, test eller service. Norge kan også selge sine tjenester utover landegrensene og kan tilby tjenester til det Europeiske markedet. Vi har gode muligheter for å bli ledende på kompetanse rundt gjenbruk og gjenvinning i Norge.

Ved salg av second life batterisystem velger noen bedrifter å installere disse hos kundene selv, mens andre bedrifter får andre til å gjøre dette. De ulike aktørene som tilbyr brukte batterisystem opererer med ulike forretningsmodeller. Enkelte fokuserer på å utføre arbeidet med ompakking selv samt levere produkter, mens andre fokuserer på å utvikle teknologi og løsninger, men hyrer inn andre aktører for selve ombyggingen og/eller fysisk installasjon. Dermed har enkelte av aktørene en større del av verdikjeden, mens andre kjøper kompetanse der den trengs og utvikler teknologien. Dette er valg som bedriftene tar, men det kan likevel utvikles bærekraftige forretningsmodeller om man velger den ene eller andre retningen. Begge deler kan ha fordeler, om man velger å selv installere dette må man ha kompetanse og ressurser tilgjengelig. Hvis man ikke velger å gjøre dette selv så må aktørene benytte seg av andre bedrifter som har opparbeidet seg denne kompetansen.

Avtaler med ulike leverandører kan være avgjørende for å sikre god tilgang på batteri som kan anvendes til gjenbruk og second life applikasjoner. Dersom aktører som skal drive med gjenbruk må betale mye for brukte batteri, eller sliter med å få tak i gode homogene batteri, så kan det gjøre det krevende å tjener penger på denne bransjen. Det er ventet at det vil komme flere aktører, og det vil komme flere brukte elbilbatteri på markedet. Dersom enkelte aktører skaffer seg avtaler eller samarbeid som sikrer dem god tilgang på batteri, så gjør det et en kan holde en jevn produksjon og man har mulighet til å få store nok volum til å drive

en lønnsom forretning. Gode avtaler og samarbeider mellom ulike aktører i verdikjeden kan også sikre at prosesser blir optimalisert, kostnader blir redusert og en kan tilby mer attraktive produkt til slutt kunder.

Det vil også være fornuftig med en åpen innovasjonsstrategi for å kunne tilegne seg kunnskap, erfaringer og samarbeid på en god måte. Om man skulle velge en lukket strategi vil det være vanskeligere å tilegne seg kunnskap og erfaringer som andre bedrifter allerede sitter på. For bransje som helhet vil dette også være bra. Klyngesamarbeid kan også være en fordel for å få fart på bransjen og skape gode nettverk innad i bransjen.

Det kan gi mening å inngå faste avtaler og samarbeid direkte med bilprodusenter for å komme tettere på dem som utvikler batterisystemene og setter dem på markedet. Det kan derimot være krevende å lande slike avtaler.

Tilgang på kunder er også avgjørende. For å drive bærekraftig og lønnsom forretning må det være et behov som dekkes. Behovet som kan dekkes av second life batteri er i hovedsak energilagring. Det kan være små systemer som støtter strømleveranse til hus- og hytter når strømmen er dyr, eller det på være til store næringsbygg som har behov for reservestromforsyning, eller reduksjon av effekttopper. Behovet for slike løsninger bør demonstreres og eventuelt beskrives nærmere. Den vanlig kvinne og mann i gaten går ikke rundt og tenker at de kunne tenkt seg et brukt batteri på huset eller hytten sin. Dersom en kunne illustrert med enkle eksempler hva det kan bety i kroner og øre i reduserte utgifter, så kan det være interessant. Dersom en lykkes med å holde kostnader nede, kan det være aktuelt for flere å anskaffe batterisystem til hytte, hus og industri.

7. Oppsummeringer og konklusjoner

7.1 Introduksjon

I dette kapittelet vil vi besvare forskningsspørsmålene og komme med oppfordringer til bedrifter og myndigheter. Vi vil også skrive noe om begrensninger knyttet til denne masteroppgaven og avslutningsvis komme med innspill til videre forskning.

Vi vil først besvare de fire delspørsmålene og til slutt benytte dette til å svare på forskningsspørsmålet som er satt for denne masteroppgaven.

7.2 Svar på forskningsspørsmål

Delspørsmål 1: Hva innebærer bærekraftige forretningsmodeller ved bruk av elbilbatteri?

Denne oppgaven har som formål å gi god innsikt og forståelse i forretningsmodeller som omhandler gjenbruk og gjenvinning av elbilbatterier. Det har blitt belyst hva som er viktige faktorer for at ulike bedrifter skal kunne få til bærekraftige forretningsmodeller ved gjenbruk av elbilbatteri. For å etablere en bærekraftig forretningsmodell må bedriften integrere alle tre dimensjoner av bærekraft (miljø, sosiale og økonomi) (Bocken, 2015). En bærekraftig forretningsmodell ved gjenbruk av elbilbatteri innebærer at bedriftene som driver med dette blant annet kan oppnå økonomisk overskudd på arbeidet, noe som igjen kan føre til andre goder for bedriften og ansatte. Bedriftene må også utføre ombyggingen av batteriene på en måte som minimerer karbonavtrykket utover det som allerede er blitt satt ved produksjon av batteriene, slik at det blir en miljøgevinst av dette. Ombyggingen bør også gjøres på en slik måte at det blir lett å gjenvinne batteriene når det er tid for det. Automatisering av deler eller hele ombyggingen er viktig for å få dette til å bli lønnsomt og effektivt. I tillegg kan det også være et godt tiltak for å styrke den sosiale bærekraften ved å få ned sykefraværet og skader, ved å automatisere monotone og gjentakende bevegelser.

Som vi skriver i kapittel 4.2 forretningsmodell og bærekraft så skriver Carson i sin artikkel at bærekraft går først og fremst ut på å ta et langsiktig ansvar for bedriften og om forholdet mellom hvordan faktorene økonomi, samfunn og miljø ivaretas (Carson, 2019). Det å kunne balansere disse tre faktorene er viktig. Bedriftene som har deltatt i denne forskningen har vært inne på disse tre faktorene, noe som da bekrefter at teoriene rundt bærekraftig forretningsmodeller implementeres hos bedriftene som ønsker å skape bærekraftige forretningsmodeller.

En bærekraftig forretningsmodell ved gjenbruk av elbilbatteri innebærer altså å finne en balanse mellom økonomi, samfunn og miljø. Eksempelvis så kan dette være at det blant annet blir en gevinst for miljøet med lavere miljøavtrykk, det kan gi fordeler til samfunnet i form av bedre klima og det kan være et økonomisk overskudd for bedriften selv ved salg av produktene.

Delspørsmål 2: Finnes det eksisterende forretningsmodeller som utnytter brukte elbilbatteri, og hvordan fungerer disse?

Aktørene som har blitt intervjuet i denne oppgaven er enten nyoppstartet eller etablert bedrift som har utvidet sitt forretningsområde. Aktørene som har blitt intervjuet har derfor ikke så altfor mange år med erfaring med sin forretningsmodell, men bedriftene mener at de har funnet en bærekraftig forretningsmodell ved gjenbruk av elbilbatterier. De mener videre at denne fungerer bra. Bedriftene kjøper inn brukte men gode elbilbatteri til lavest mulig kostnad, de kontrollerer batteriene, for så å sammenstiller dette til andre produkter til lavest mulig kostnad og så effektivt som mulig. Deretter selger de dette videre til kunder som har behov for de aktuelle produktene.

Bedriftene er avhengig av å få tak i store nok volum med homogene batteri, kompetanse til å kunne gjøre noe med batteriene og kunder med betalingsvilje for produktene. Hvis de har dette så skal det være mulig for bedriftene å gjøre sin forretningsmodell bærekraftig.

Aktører som driver med gjenvinning av elbilbatteri er også relativt nystartet, og det finnes enkelte initiativ som er helt i startgropen. Gjenbruk og gjenvinning er ikke nødvendigvis konkurrenter, men det er to ulike forretningsmodeller som er i ulike ledd i verdikjeden, og

skal tjene penger på brukte elbilbatteri. Batteri som kan gjenbrukes, bør gjenbrukes. Batteri som ikke kan gjenbrukes bør gjenvinnes.

Svaret på spørsmålet er ja, det finnes forretningsmodeller som utnytter brukte elbilbatterier, og disse fungerer greit per i dag. Men de aktuelle bedriftene har ikke så lang erfaring knyttet til dette. Det er forventet at det vil bli flere aktører som vil kjempe om tilgang på brukte batteri, og det vil da opparbeides enda mer erfaring rundt disse forretningsmodellene på sikt.

Delspørsmål 3: Vil ny batteriteknologi utkonkurrere forretningsmodeller som gjenbraker elbilbatteri?

Batteriteknologien og særlig batterier for elbiler er i en enorm utvikling. De blir kraftigere, mindre, rimeligere og ny batteriteknologi vil utvikles. Aktørene vi har intervjuet tror ikke ny batteriteknologi kommer til å utkonkurrere forretningsmodeller som gjenbraker elbilbatterier. For enkelte kunder kan det være attraktivt med gjenbruk, for andre kan det være at det ikke egner seg. I flere år fremover vil brukte elbilbatteri av dagens teknologi tilgjengeliggjøres. Det forventes også at nye batterisystemer skal være enklere å gjenbruke. Nye batterisystemer skal være designet for enklest mulig gjenbruk, og helse og status om batteriet skal være enklere å få tilgang til. Det kan ikke utelukkes at forretningsmodeller som eksisterer i dag må tilpasses den nye teknologien og markedets utvikling. Det kan være utfordrende for mindre aktører hvis bilprodusentene ønsker å gjenbruke eller gjenvinne elbilbatteriene selv etterhvert. Særlig hvis det blir flere bilprodusenter som tilbyr batteribytte og eier batteriene.

Hvis elbilprodusentene trenger brukte batteri for å fylle kriteriene for gjenbrukte materialer ved produksjon av nye batteri, kan det bli konkurranse om brukte elbilbatteri. Da må gjerne forretningsmodellene tilpasses noe, og samarbeidet med bil- og batteriprodusent blir viktigere. Men så lenge elbilbatteri har en viss restlevetid etter at de ikke lengre egner seg til bruk i elbiler så vil det være mulig å gjenbruke disse batteriene. Om det er økonomisk lønnsom å benytte gjenbrukte elbilbatteri kommer også an på den teknologiske utviklingen av ny batteriteknologi, samt hvor mye prisene for produksjon av nye batteri reduseres.

Kort oppsummert så ser det ikke ut til at ny batteriteknologi vil utkonkurrere forretningsmodeller som gjenbraker elbilbatterier med det første, men på sikt kan det være at forretningsmodellene må tilpasses noe.

Delspørsmål 4: Kan brukte elbilbatteri brukes til andre produkter etter degradering, eller vil det være mest bærekraftig å gjenvinne for å lage nye og effektive batteri?

Dersom de rette faktorene er på plass vil det være mulig å gjenbruke batteri. Det er derimot avgjørende å sikre tilgang på store volum av homogene elbilbatteri, etablere effektiv testing, demontering og ompakking av batterimodulene. Rett kompetanse er viktig, særlig rundt batteriteknologi. Kunder som har behov for løsningene og er villige til å betale for disse, og etterhvert et godt regelverk er nødvendig slik at brukte elbilbatteri som kan gjenbrukes, blir gjenbrukt.

En slik utvidet utnyttelse av brukte elbilbatteri vil være økonomisk hvis aktører klarer å pakke batteriene om på en kostnadseffektiv måte slik at de sitter igjen med fortjeneste på dette etter at løsningene er solgt til kunde. Dersom man slipper å produsere nye batteri til applikasjonene som selges vil det også være en gevinst for miljøet. Dermed utnytter man et produkt med tilhørende råvarer som allerede er blitt produsert ved å forlenge levetiden før gjenvinning. Det vil være ansvarlig å gjenbruke disse batteriene av samme grunn som at det er bærekraftig, men i tillegg bidrar til å for eksempel dekke et behov for energilagring med et minimalt karbonavtrykk utover det som allerede er skapt i forbindelse med produksjon av disse batteriene til sin opprinnelige funksjon.

Gjenvinning av elbilbatteri er foreløpig ikke en stor bransje, men det er en nødvendig utvikling som er i tidlig fase. Materialgjenvinningsgraden forbedres stadig ved gjenvinning, men det er fortsatt et stykke arbeid å gjøre for å få til tilnærmet 100% gjenvinning av materialer. Dersom elbilbatteri er oppbrukt og ikke egner seg for gjenbruk, da bør det gjenvinnes. Masteroppgaven har ikke fått avdekket kostnader eller lønnsomhet for gjenbruk vs. gjenvinning, dette er noe som må undersøkes nærmere når de ulike aktørene har kommet i gang og har erfaring å vise til.

Oppsummert så er ikke gjenbruk og gjenvinning nødvendigvis konkurrerende, men kan være komplementerende for bærekraftig bruk av batteri. Det vil være mest bærekraftig å utnytte ressursene best mulig ved å gjenbruke elbilbatteri som det er mulig å gjenbruke. Til slutt kan man uansett gjenvinne disse batteriene.

Forskningsspørsmål: Hvordan kan bedrifter utvikle bærekraftige forretningsmodeller ved gjenbruk av elbilbatteri?

Masteroppgaven har intervjuet ulike bedrifter og har innhentet data i forbindelse med intervju. Prosjektet har fått mye god informasjon om hvordan bedriftene oppstod og hva som gjør at deres forretningsmodell ble til. For at bedrifter skal utvikle bærekraftige forretningsmodeller ved gjenbruk av elbilbatteri er det viktig å ha rett kompetanse og interesse rundt temaet. Bedriftene må balansere økonomi, samfunn og miljø på en riktig måte for å lykkes med en dette. Det er også viktig at aktørene kjenner teorien og den tekniske delen av elbilbatteriene, rett og slett fordi man må kunne dette for å forstå hvordan man skal kontrollere batteriene og utvikle disse til andre produkter på en sikker måte. Det er viktig å behandle batteriene på en sikker måte for å unngå ulykker.

Det er foreløpig ikke et etablert regelverk og felles plattform som organiserer handelen av brukte elbilbatteri på en god måte. Det er dermed viktig å ha gode samarbeidspartnere for å skaffe nok brukte elbilbatterier. Her kan man få til avtaler direkte med biloppbyggere, gjenvinningselskap eller lignende. Uten stort nok volum av homogene batteri som kan bygges om er det vanskelig å få til en bærekraftig forretningsmodell.

Det er også viktig for bedriftene å produsere og bygge om batteriene til produkter som kunder har behov for og ønsker å kjøpe. Produktene som selges må også være et marked og betalingsvilje for. Rimelige batteribanker for energilagring er et produkt som antas å være økende etterspørsel de neste årene. Det vil blant annet være behov for batteri i løsninger for solceller på for eksempel hytter uten innlagt strøm. På lang sikt er det viktig at det også kommer et regelverk som setter noen føringer for en bedre utnyttelse av brukte elbilbatteri.

At bedriftene som ønsker å skape slike forretningsmodeller har en åpen innovasjonsstrategi vil også være en fordel for å tilegne seg erfaringer og kompetanse. Og ikke minst et godt

nettverk av bedrifter i samme bransje. Klyngesamarbeid kan også være en god ide å være en del av. I slike klynge kan det veksles kunnskap og nettverk kan bygges.

For å oppsummere kan bedrifter utvikle bærekraftige forretningsmodeller ved gjenbruk av elbilbatterier ved å:

- Sikre store volum av homogene batteri til lav pris og gode innkjøpsavtaler
- Effektiv demontering, testing og remontering av applikasjoner for å holde kostnader nede, gjerne ved automatisering.
- Samarbeid med leverandører og produsenter.
- God tilgang på kunder og ved å tilby det markedet etterspør.
- Rett kompetanse og fokus på sikkerhet ved arbeid og leveranser.
- Balansere faktorene økonomi, samfunn og miljø på en rett måte.
- Ha en åpen innovasjonsstrategi for å kunne tilegne seg kunnskap og samarbeid på en god måte.

Etter arbeid med denne masteroppgaven ser vi at det absolutt bør prioriteres å gjenbruke elbilbatteri for å utnytte allerede produserte ressurser maksimalt. Vi håper det blir best mulig tilrettelagt for dette gjennom hele verdikjeden rundt elbilbatterier. Dette er ressurser hvor alle involverte bør samarbeide best mulig for å få til bærekraftige løsninger med lave karbonavtrykk.

7.3 Anbefalinger til næring og myndighetene

I masteroppgaven kommer det frem at bedriftene savner et godt regelverk knyttet til gjenbruk og gjenvinning av brukte elbilbatterier og andre batteri. Det er ventet at det vil komme, men det er foreløpig ikke vedtatt. Med et slikt regelverk kan man få en påtvunget bedre utnyttelse av ressursene som er lagt ned i produksjon av elbilbatteri og som en følge av regelverket kan man forhåpentligvis få en bedre kontroll på hvor batteriene havner og hvilken helse de har. Et bedre samarbeid mellom alle aktører i verdikjeden vil være en fordel for alle ved at man får utnyttet ressurser på en best mulig måte. Et godt regelverk og en felles plattform for hele verdikjeden kan føre til godt samarbeid og bedre kontroll på tilgjengelige brukte elbilbatteri.

Støtteordninger for å stimulere til at verdikjeden til batteri blir mer helhetlig hadde vært en fordel. Norge trenger at hele verdikjeden for batteri til fartøy og kjøretøy etablerer seg i Norge. Som nevnt i oppgaven, Norge har et hjemmemarked og har gode forutsetninger for å lykkes, men det trengs politisk vilje og støtte middel apparat for stimulere til.

Norge trenger også gründerere, og entreprenører som kan utvikle og innovere batteribransjen. Det er nødvendig for å drive utviklingen samt at Norge får miljø og bedrifter som er helt i front for utvikling av batteriteknologi og bærekraftige forretningsmodeller.

Vi oppfordrer til gode støtteordninger og stipend for gründerere og bedrifter som ønsker å satse på nye innovative løsninger knyttet til gjenbruk og gjenvinning av brukte elbilbatteri. Penger som investeres i dette kan bidra til et grønnere og mer bærekraftig samfunn, som er til alles nytte. Gode klyngesamarbeid og åpen innovasjonsstrategi fra bedriftene sin side er også noe som kan føre til positive effekter for bransjen.

7.4 Prosjektets begrensninger

Under arbeidet med denne masteroppgaven har det vært noen begrensninger.

Koronapandemien har herjet i hele verden under hele vårt arbeid, og det har bydd på utfordringer. Det har vært vanskelig å møte intervjuobjekter fysisk, det har tidvis vært vanskelig for prosjektdeltakere å møtes fysisk. Det har til dels vært utfordrende med videomøter da disse stort sett ble gjennomført hjemmefra med resten av familiene i huset.

Temaet vi har valgt å forske på og skrive om er av begrenset størrelse, særlig da at antallet bedrifter som har erfaring med forretningsmodeller ved gjenbruk av elbilbatterier er få. Det er ikke alle som svarer på henvendelser på mail eller telefon. Det har derfor vært en stor jobb å skaffe relevante intervjuobjekter til oppgaven. Dette fordi gjenbruk av elbilbatterier er relativt nytt. De intervjuobjektene vi har snakket med har derimot hatt solid kompetanse og har bidratt med god informasjon.

Masterprosjektet har også forsøkt å komme i kontakt med biloppbyggere som ser på muligheten for utvikle sin forretning for gjenbruk av brukte elbilbatteri, men har ikke lyktes med å komme i kontakt med slike aktører. Det hadde vært interessant å høre hva biloppbyggere selv tenker rundt dette.

7.5 Videre forskning

Ved videre forskning ville det vært interessant å undersøke hvilke erfaringer bedriftene har gjort seg etter noen år til med forretningsmodellen de benytter i dag. Om denne fortsatt er den beste eller om den må tilpasses nye markeder eller konkurrerende batteriteknologi.

Det ville også være interessant å undersøke hvordan samarbeidet mellom aktørene i verdikjeden utvikler seg etterhvert som strengere regelverk innføres. Et godt samarbeid og rammevilkår har mye å si for hvordan forretningsmodeller ved gjenbruk av elbilbatterier utvikler seg.

Det kunne også være spennende å se nærmere på hvordan gjenbruk av elbilbatteri vs. gjenvinning av elbilbatteri til ny batteriteknologi utvikler seg. Om en er avhengig av begge forretningsmodellene, eller om den ene vil utkonkurrere den andre. Bare tiden vil vise.

Hvordan bedrifter omstiller forretningsmodellen sin til en mer bærekraftig forretningsmodell i praksis er noe som er veldig aktuelt og som kan være god nytteverdi for andre bedrifter som ønsker en mer bærekraftig omstilling. Så det er et tema det absolutt kunne vært fornuftig å forske videre på.

Det finnes idag ulike batteri-miljø i ulike deler av Norge, rundt batterifabrikker som er planlagt. Hvilke tanker de ulike fabrikkene har for end of life vedrørende gjenvinning og gjenbruk hadde vært interessant å vite mer om. Dette er noe som også kunne bidratt til å kunne utvikle enda bedre forretningsmodeller

Oppsummert så er det enda en relativt nytt tema hvor det kan gjennomføres mye spennende og nyttig forskning.

8. Referanser

- Anderson, N., Potocnik, K. & Zhou, J. (2014). *Innovation and creativity in organizations: A state-of-the-science review, prospective commentary, and guiding framework*. Journal of management.
- Autoretur. (2021). *Innmelding*. <https://autoretur.no/innmelding/>
- Bjørheim, K. (2020, 4. desember). De har utviklet verdens første hurtiglader for byggeplassen: – Interessen er enorm. Hentet fra <https://www.tu.no/artikler/de-har-utviklet-verdens-forste-hurtiglader-for-byggeplassen-interessen-er-enorm-br/503327>
- Bocken, N. M., Short, S. W., Rana, P. and Evans, S. (2014). *A literature and practice review to develop sustainable business model archetypes*. Journal of cleaner production.
- Borgan, E. (2020, 28.januar) Mobilen må fortsatt lades hver dag. Når kommer egentlig batterirevolusjonen vi stadig blir lovet? Hentet fra <https://forskning.no/fysikk-naturvitenskap/mobilen-ma-fortsatt-lades-hver-dag-nar-kommer-egentlig-batterirevolusjonen-vi-stadig-blir-lovet/1626868>
- Carson, S. W. (2019). *Etikk for beslutningstakere: virksomheters bærekraft og samfunnsansvar*. Oslo, Cappelen Damm akademisk.
- Chesbrough, H. W. (2006). *Open innovation: The new imperative for creating and profiting from technology*. Harvard Business Press.
- Commission, E. (2011). *A renewed EU strategy 2011-14 for Corporate Social Responsibility*. Brussels, European Commission.
- Easterby-Smith, M., Thorpe, R., Jackson, P. and Jaspersen, L. J. (2018). *Management and business research*. Los Angeles, Sage.

Energsoft. (2019). *Battery Prices Dropped Again*.

<https://energsoft.com/blog/f/battery-prices-dropped-again>

Elon Musk. (2020, 22. september). *2020 Annual Meeting of Stockholders and Battery Day*

[Videoklipp] Hentet fra https://www.tesla.com/no_no/2020shareholdermeeting

European conference on batteries. [Bundesministerium für Wirtschaft und Energie] (2020,

27. november). Eröffnungssession der "European Conference on Batteries" vom

24.11.2020 [Videoklipp]. Hentet fra <https://battery-conference.eu>

European Commission. (2020). *Regulation of the european parliament and of the council -*

concerning batteries and waste batteries (repealing Directive 2006/66/EC and

amending Regulation (EU) No 2019/1020). Hentet fra

https://ec.europa.eu/environment/waste/batteries/pdf/Proposal_for_a_Regulation_on_batteries_and_waste_batteries.pdf

European Commission. (2021). *RA nalysis of sustainability criteria for lithium-ion batteries*

including related standards and regulations. Hentet fra

<https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC123925>

Fagerberg, J., Fosaas, M. and Sapprasert, K. (2012). *Innovation: Exploring the knowledge*

base. Research policy.

Finn. (2021). *Batteri Tesla batteri celler batteri modul battery Tesla*.

<https://www.finn.no/bap/webstore/ad.html?finnkode=98314337>

Geissdoerfer, M., Vladimirova, D., & Evans, S. (2018). *Sustainable business model*

innovation: A review. *Journal of cleaner production*.

Gulbrandsen, E. A., Jørgensen, S. and Pedersen, L. J. T. (2019). *Bærekraftige*

forretningsmodeller. <https://www.magma.no/barekraftige-forretningsmodeller1>

Jagland, J. R. (2019) *Bærekraftige forretningsmodeller. En casestudie i Mester Grønn*.

Norges miljø- og biovitenskapelige universitet, Handelshøyskolen.

Jakobsen, S-E., Fløysand, A. and Overton, J. (2019). *Expanding the field of Responsible Research and Innovation (RRI)-from responsible research to responsible innovation*. Taylor & Francis.

Maiser, E. (2014). Battery packaging - Technology review.. Hentet fra <https://aip.scitation.org/doi/pdf/10.1063/1.4878489>

Nickelsen, T. (2017, 9.februar) Hva er grønne innovasjoner? *Forskningsmagasinet Apollon*. Hentet fra https://www.apollon.uio.no/artikler/2017/1_innledning_tema.html

Norsk elbilforening. (2020, 20. desember). *Volkswagen e-Golf*. Hentet fra <https://elbil.no/elbil/vw-e-golf/>

Roome, N. and Louche, C. (2016). *Journeying toward business models for sustainability: A conceptual model found inside the black box of organisational transformation*. Organization & Environment.

Schaltegger, S., Ludeke-Freund, F. and Hansen, E. G. (2012). *Business cases for sustainability: the role of business model innovation for corporate sustainability*. International Journal of Innovation and Sustainable Development.

Sentralbyrå, S. (2019). *Forskning og utvikling*. www.ssb.no/fou.

Stilgoe, J., Owen, R. and Macnaghten, P. (2013). *Developing a framework for responsible innovation*. Research Policy.

Store norske leksikon. (2019). *Batteri*. <https://snl.no/batteri>

Store norske leksikon. (2019). *Innovasjon*. <https://snl.no/innovasjon>

Store norske leksikon. (2019). *Batteri*. <https://snl.no/klimagasser>

Store norske leksikon. (2020). *Voltas søyle*. https://snl.no/Voltas_søyle

Skatteetaten. (2021). *Vrakpant*. <https://www.skatteetaten.no/satser/vrakpant/>

Tek.no. (2021) *Slik blir Nios storsatsing i Norge*.

https://www.tek.no/nyheter/nyhet/i/419Xq9/batteribyttestasjoner-og-mobil-service-slik-blir-nios-storsatsing-i-n?utm_source=vgfront&utm_content=hovedlopet_row4_pos2

The European Technology and innovation platform - Batteries Europe. (2020). *Strategic research agenda for batteries (Deliverable D3.6)*. Hentet fra

https://ec.europa.eu/energy/topics/technology-and-innovation/batteries-europe/news-articles-and-publications/sra_en

Twaice. (2019). *Batteries explained – from cell formats to chemistries*.

<https://twaice.com/articles-battery-technology/>

Valle, M. (2021). *Nio kommer til Norge i september. Bygger batteribyttestasjoner*.

<https://www.tu.no/artikler/nio-kommer-til-norge-i-september-bygger-batteribyttestasjoner/509944>

Valmot, O.R. (2020, 17. desember). *Episode 308: Moberg & Valmot – Nå må Europa få fart på batteriproduksjonen* [Audio Podcast]. Hentet fra

<https://www.tu.no/artikler/na-ma-europa-fa-fart-pa-egen-batteri-produksjon/502488>

World Economic Forum. (2019). *A Vision for a Sustainable Battery Value Chain in 2030 -*

Unlocking the Full Potential to Power Sustainable Development and Climate Change Mitigation (september 2019). Hentet fra

http://www3.weforum.org/docs/WEF_A_Vision_for_a_Sustainable_Battery_Value_Chain_in_2030_Report.pdf

Yin, R. K. (2018). *Case study research and applications: design and methods*. Los Angeles, Sage.

9. Vedlegg

Vedlegg 1 - Intervjuguide

Generelle introduksjonsspørsmål

- Kan du fortelle kort hva bedriften deres har som hovedaktivitet?
- Hvordan oppsto denne bedriften?
- Hva er din bakgrunn?

Til aktører som gjenbraker batteri

- Fortell oss om deres forretningsmodell knyttet til gjenbruk av batteri?
- Hvordan fungerer denne forretningsmodellen?
- Hva er de største utfordringene med gjenbruk av brukte batteri?
- Ser dere noen forbedringspotensial med denne forretningsmodellen?
- Kan produksjon for gjenbruk av batteri foregå i Norge, eventuelt hvilke nøkkeltrekk må en lykkes med?
- Har dere prøvd andre forretningsmodeller som ikke har fungert?
- Har dere vurdert å endre forretningsmodell?
- Er det bærekraftig å gjenbruke batteri?
- Er det ansvarlig å gjenbruke batteri?
- Hva er mest bærekraftig, gjenbruk eller gjenvinning for produksjon av nye batteri?

Aktører som gjenvinner batteri

- Fortell oss om deres forretningsmodell knyttet til gjenvinning av batteri?
- Hvordan fungerer denne forretningsmodellen?
- Hva er de største utfordringene med gjenvinning av batteri?
- Hva er de største fordelene med gjenvinning av batteri?
- Hvor stor er etterspørselen etter avfall fra gjenvunnede batteri?
- Ser dere noen forbedringspotensial med denne forretningsmodellen?
- Har dere prøvd andre forretningsmodeller som ikke har fungert?
- Har dere vurdert å endre forretningsmodell?
- Er det bærekraftig å gjenvinne batteri?
- Er det ansvarlig å gjenvinne batteri?
- Hva er mest bærekraftig, gjenbruk eller gjenvinning for produksjon av nye batteri?
Begrunn

Batteriteknologi

- Hva er de viktigste årsakene for at en bør gjenbruke/gjenvinne batteri?
- Hvor får dere batterier fra?
- Har dere vurdert andre måter å skaffe batteri på?
- Hvilke kostnader er knyttet til tilgang på nok batteri?

- Har dere faste samarbeidspartnere?
- Hvilken nøkkelkriterier må løses for at en skal få til effektiv gjenbruk/gjenvinning av batteri?
- Hvilken rest-levetid har brukte batteri? (kWh/år)
- Hvordan er fremtidsutsiktene ved å gjenbruke batteri?
- Hvilke applikasjoner egner seg for brukte batteri?
- Er det manuelt eller automatisert arbeid for gjenbruk/gjenvinning av batteri?

Aktører som bruker batteri

- Hvor viktig er batteri i deres forretningsmodell?
- I hvilken grad er dere opptatt av at bruk av batteri skal være ansvarlig og bærekraftig?

Aktører som produserer nye batteri

- Hva legger dere i bærekraftig bruk av batteri?
- Hvordan kan en sørge for å utnytte ressursene og materialene i batteri?
- Hvilken forretningsmodell har dere ved salg av batteri?
- Hvordan kan en sørge for at forbrukere og ulike applikasjoner som utvikles er ansvarlig innovasjon?
- Bør en gjenbruke eller gjenvinne batteri ved bruk i nye applikasjoner? Hvorfor? hvordan?

Avslutning

Noe annet du ønsker å tilføye?

Vedlegg 2 - Informasjonsskriv

Vil du delta i forskningsprosjektet

Batteri i fremtiden

Dette er et spørsmål til deg om å delta i et forskningsprosjekt hvor formålet er å å forske på bærekraftige forretningsmodeller.. I dette skrivet gir vi deg informasjon om målene for prosjektet og hva deltakelse vil innebære for deg.

Formål

Formålet med prosjektet er å forske på bærekraftig forretningsmodeller ved utnyttelse av batterier.

Dette prosjektet foregår som en masteroppgave ved studiet Innovasjon og entreprenørskap ved Høgskulen på Vestlandet

Hvem er ansvarlig for forskningsprosjektet?

Høgskulen på Vestlandet er ansvarlig for prosjektet.

Hvorfor får du spørsmål om å delta?

Du/dere er utvalgt til å delta i dette prosjektet da dere innehar kompetanse og erfaringer rundt forretningsmodeller ved utnyttelse av batteri.

Hva innebærer det for deg å delta?

Vi har utarbeidet en intervjuguide som vi ønsker at du/dere svarer på under et videointervju (som Zoom eller Teams)

Deltakelsen innebærer å svare på spørsmål via videointervju i ca. 30-45 min.

For å samle dataene så ønsker vi å ta opp intervjuet via lydopptaker eller ved opptaksfunksjonen som finnes på for eksempel Zoom eller Teams.

Det vil da være spørsmål som:

- Litt generelt om bedriften
- Litt rundt forretningsmodell ved gjenbruk av batteri
- Eventuelt spørsmål om gjenvinning av batteri
- Og noe spørsmål om batteriteknologi

Det er frivillig å delta

Det er frivillig å delta i prosjektet. Hvis du velger å delta, kan du når som helst trekke samtykket tilbake uten å oppgi noen grunn. Alle dine personopplysninger vil da bli slettet.

Det vil ikke ha noen negative konsekvenser for deg hvis du ikke vil delta eller senere velger å trekke deg.

Ditt personvern – hvordan vi oppbevarer og bruker dine opplysninger

Vi vil bare bruke opplysningene om deg til formålene vi har fortalt om i dette skrivet. Vi behandler opplysningene konfidensielt og i samsvar med personvernregelverket.

De som vil ha tilgang til innsamlet data er prosjektgruppen (studentene og veilederne)

For å sikre at ingen uvedkommende får tilgang til eventuelle personopplysninger så vil eventuelle navn og andre personopplysninger erstattes med en kode som lagres på en egen navneliste adskilt fra øvrige data.

Deltakere vil ikke kunne gjenkjennes i oppgaven.

Hva skjer med opplysningene dine når vi avslutter forskningsprosjektet?

Opplysningene anonymiseres når prosjektet avsluttes/oppgaven er godkjent, noe som etter planen er i juni 2021

All datamaterialet anonymiseres ved prosjektslutt.

Dine rettigheter

Så lenge du kan identifiseres i datamaterialet, har du rett til:

- innsyn i hvilke personopplysninger som er registrert om deg, og å få utlevert en kopi av opplysningene,
- å få rettet personopplysninger om deg,
- å få slettet personopplysninger om deg, og
- å sende klage til Datatilsynet om behandlingen av dine personopplysninger.

Hva gir oss rett til å behandle personopplysninger om deg?

Vi behandler opplysninger om deg basert på ditt samtykke.

På oppdrag fra Høgskulen på Vestlandet har NSD – Norsk senter for forskningsdata AS vurdert at behandlingen av personopplysninger i dette prosjektet er i samsvar med personvernregelverket.

Hvor kan jeg finne ut mer?

Hvis du har spørsmål til studien, eller ønsker å benytte deg av dine rettigheter, ta kontakt med:

- Høgskulen på Vestlandet ved Lars Martel Antonie Coenen (e-post: lars.coenen@hvl.no)
- Vårt personvernombud: Trine Anikken Larsen (e-post: trine.anikken.larsen@hvl.no)

Hvis du har spørsmål knyttet til NSD sin vurdering av prosjektet, kan du ta kontakt med:

- NSD – Norsk senter for forskningsdata AS på epost (personverntjenester@nsd.no) eller på telefon: 55 58 21 17.

Med vennlig hilsen

Christoffer Svellingen Følling
(Student)

Bjørn Hønsi Følling
(Student)

Lars Martel Antonie Coenen
(Veileder)

Samtykkeerklæring

Jeg har mottatt og forstått informasjon om prosjektet *batteri i fremtiden* og har fått anledning til å stille spørsmål. Jeg samtykker til:

å delta i intervju

Jeg samtykker til at mine opplysninger behandles frem til prosjektet er avsluttet

(Signert av prosjektdeltaker, dato)