



# Rapport

2022-05-30

Øystein Dingen Endresen  
Martine Særvold Pedersen  
Iina Pauliina Laaksonen  
Frode Knutsen Ness  
Synnøve Sunne Hasslan

## Analyse av fremtidig godsmengde i Arendal Havn

## Innhold

Sammendrag .....	3
<b>1 Innledning.....</b>	<b>4</b>
1.1 Bakgrunn .....	4
1.2 Avgrensninger.....	4
<b>2 Metode og fremgangsmåte.....</b>	<b>5</b>
2.1 Prosjektgruppen.....	5
2.2 Innsamling av etablert kunnskap .....	5
2.3 Kontakt med nøkkelpersoner .....	5
<b>3 Funn.....</b>	<b>6</b>
3.1 Batteriproduksjon .....	6
3.1.1 Innpakking av battericeller .....	6
3.1.2 Eksport fra Morrow Batteries.....	7
3.1.3 Råmaterialer til Morrow .....	9
3.2 Potensielle underleverandører .....	10
3.3 Transport mellom havnen og Morrow Batteries .....	12
3.3.1 Miljøpåvirkning av transport .....	13
3.4 Kapasitet i Arendal Havn.....	13
3.4.1 Dagens utstyr og kapasitet .....	13
3.4.2 Fremtidens utstyr og kapasitet.....	14
<b>4 Forecast .....</b>	<b>16</b>
<b>4 Konklusjon .....</b>	<b>21</b>

## Sammendrag

En studentgruppe ved Universitetet i Sørøst-Norge har på vegne av Arendal havn undersøkt den fremtidige godsmengden i Arendal havn. Målsetningen for prosjektet er å identifisere varestrømmer inn og ut av havnen i forbindelse med nyetableringen av batterifabrikken i Eyde Industripark. Det er gjort en begrensning om at godset tilknyttet batterifabrikken kommer i container, både import og eksport.

Datagrunnlaget er samlet inn av en studentgruppe bestående av fire studenter fra ulike kull. Det er utført litteraturstudier, undersøkelser av liknende prosjekter og intervjuer med nøkkelpersoner. Det er vært behov for å ta antagelser, da det er mye uvisshet rundt store deler av datagrunnlaget. Antagelsene er forsøkt å være åpne og ikke for restriktive.

Av de mest sentrale funnene fra undersøkelsene er det utarbeidet en forecast på godsmengden for Arendal havn frem mot 2030. Undersøkelsen baserer seg på Morrow Batteries sine tre faser – pilotprosjekt, middel case og fullproduksjon. Best case gir en godsmengde på 300 000 TEU i året ved fullproduksjon, mens worst case gir en godsmengde på omtrent 22 000 TEU i året ved fullproduksjon. Det er også presentert et enkelt regnskap på miljøavtrykk ved bruk av lastebiler på fossilt brennstoff mellom Arendal havn og Morrow Batteries. En tur mellom havnen og fabrikken vil gi et utslipp på 4 643 g CO<sub>2</sub>. Ved fullproduksjon og bruk av lastebiler med en TEU vil dette gi et utslipp for de produserte battericellene på 1 039 420 kg. Det er også gjort en kartlegging av kapasiteten på utstyret i Arendal havn. Det er tilstrekkelig med kapasitet for worst case og middel case, men det er ikke tilstrekkelig kapasitet for best case.

## 1 Innledning

For å kunne nå FNs bærekraftsmål nr. 13 «Stopp klimaendringene» er det essensielt å fokusere på løsninger som er både grønne og utslippsfrie. Det er også regjeringens mål. Dette beskrives gjennom blant annet Klimakur 2030 (Miljødirektoratet et al., 2020), som omhandler tiltak og virkemidler for å nå klimamålene satt av EU og egen regjering. En av fokusområdene til Klimakur omhandler elektrifisering av veitransporten. I Norge har vi svært bærekraftig strømproduksjon som gjør at produksjon av elbilbatterier og battericeller er optimalt for å ta del i arbeidet mot bærekraftsmålene. Når Morrow Batteries skulle etablere produksjon av battericeller valgte de Norge, og etter nærmere undersøkelser av potensielle plasseringer ble Eyde industripark valgt.

### 1.1 Bakgrunn

Morrow Batteries ble etablert i 2020. Deres mål er å utvikle og produsere de mest kostnadseffektive og bærekraftige battericellene i verden. Etter å ha en håndfull med mulige lokasjoner på Sørlandet ble det i desember 2020 klart at plasseringen ble Eyde Industripark. Begrunnelsen for valget var at Arendal kunne tilby den beste totalpakken. Tomten til Morrow Batteries er på 940 mål og ligger strategisk plassert rett ved E18. Tomten ligger dessuten med god tilgjengelighet til både strøm og vann til kjøling som er essensielt.

En pilotfabrikk vil være første steg for Morrow Batteries. Denne vil ha kapasitet på 0,6 MWh. Planlagt er at det innen 2027 vil stå ferdig en gigafabrikk som årlig vil produsere 800 000 battericeller og ha en kapasitet på 43 MWh. Et elbilbatteri består av en betydelig mengde med battericeller. Som referanse har en 2018 Nissan Leaf 192 battericeller i sin motor. Morrow Batteries sikter seg inn mot elbilprodusentene i Europa, og ønsker å levere miljøvennlige battericeller til markedet ved bruk av norsk, miljøvennlig energi.

Som følge av dette vil Arendal Havn, som nærmeste havn, merke følgene av denne etableringen. Arendal havn har tradisjonelt hatt lite containertrafikk. Det er også store usikkerheter i hvor store mengdene blir når batterifabrikken blir operasjonell. Denne rapporten vil derfor undersøke hvilken effekt etableringen av Morrow Batteries vil ha på Arendal havn.

### 1.2 Avgrensninger

Innsamlet datagrunnlag dekker kun årene mellom 2022 og 2030. Produksjon etter 2030 er ikke inkludert i denne rapporten, og beregnet godssmengde vil derfor kun gjelde frem til 2030. Store deler av rapporten baserer seg på offentlig tilgjengelig data. Det er tatt en antagelse om at disse tallene er korrekte. Rapporten regner en container som en TEU.

Estimatene for godsvolumet er i Arendal Havn er basert på Morrow Batteries forventede produksjon. Det er ikke inkludert andre bedrifter som antas å etableres som følge av Morrow Batteries. Informasjon angående andre bedrifter som kan tenkes å etableres er anonymisert og det har ikke vært troverdig datagrunnlag til å estimere en godsmengde fra disse bedriftene.

## 2 Metode og fremgangsmåte

I dette kapitlet vil det presenteres hvordan prosjektgruppen har arbeidet, og hvilke undersøkelser som er blitt gjort.

### 2.1 Prosjektgruppen

Det ble etablert en studentgruppe på fire personer for å løse denne oppgaven. Gruppen består av to studenter fra førsteåret, en student fra andreåret og en student fra tredjeåret. Denne typen gruppesammensetning gir et diversifisert kunnskapsgrunnlag. Det er også et sprik i alder hos studentene, som gir ulike perspektiver på bakgrunn av erfaring.

### 2.2 Innsamling av etablert kunnskap

Store deler av rapporten baseres på tilgjengelig etablert kunnskap. Det første som ble gjort var å samle den informasjonen som er offentlig tilgjengelig om Arendal Havn, Morrow Batteries og generelt om batteriproduksjon. Det ble identifisert et behov for å få mer innsikt i den kommende produksjonen for å kunne identifisere godsstrømmene. For å fylle dette informasjonsbehovet ble nettsidene til aktørene er flittig brukt, samt aktuelle nyhetskilder slik som Teknisk Ukeblad.

Innsamlet data ble strukturert og analysert i et samlet dokument som alle prosjektdeltagerene hadde tilgang til.

### 2.3 Kontakt med nøkkelpersoner

For å kunne tette hullene etter analysen av den etablerte kunnskapen ble det identifisert nøkkelpersoner som kunne supplere med informasjon.

Fra Arendal Havn har vi hatt kontakt med havnefogd Rune Hvass. Han har besvart alle spørsmål i forbindelse med havnen og vært en ressursperson i prosjektarbeidet. Det er også blitt tatt kontakt med Jan Ingman Veiby, som har vært praksisstudent i Arendal havn.

Stephen Sayfritz, Vice President Battery Materials i Morrow Batteries, har også vært til svært stor hjelp når det kommer til spørsmål angående innhold i batterier, og generelle spørsmål om Morrow Batteries og deres produksjonsplaner.

Vi har også vært i kontakt med Arendal Kommune, da henholdsvis Mats Maltby som er kommunikasjonsrådgiver.

### 3 Funn

I dette kapittelet presenteres funnene fra undersøkelsene.

#### 3.1 Batteriproduksjon

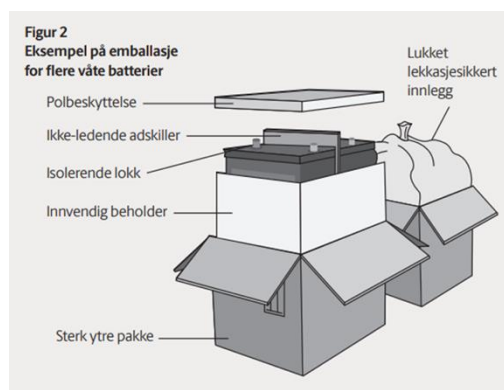
Det vil være et stort behov for råmaterialer for å produsere battericellene. Disse råmaterialene vil bli kjøpt inn fra internasjonale aktører i første omgang, ettersom råmaterialene ikke produseres lokalt. Råmaterialene vil, i følge personlig kommunikasjon med Morrow, bli transportert via containere på skip. Dette er også i tråd med nasjonale og internasjonale målsetninger om godsoverføring. Dessuten gir transport på kjøll betydelig lavere utslipp per tonn enn tilsvarende veitransport. Transportetappen mellom fabrikken til Morrow Batteries og Arendal havn er ønsket at skal foregå med autonome, elektriske lastebiler.

Battericellene til Morrow batteries har følgende mål:

Spesifikasjoner for Morrow Batteries battericeller	
Lengde	173 mm
Bredde	45 mm
Høyde	115 mm
Vekt	2,2 kg

##### 3.1.1 Innpakking av battericeller

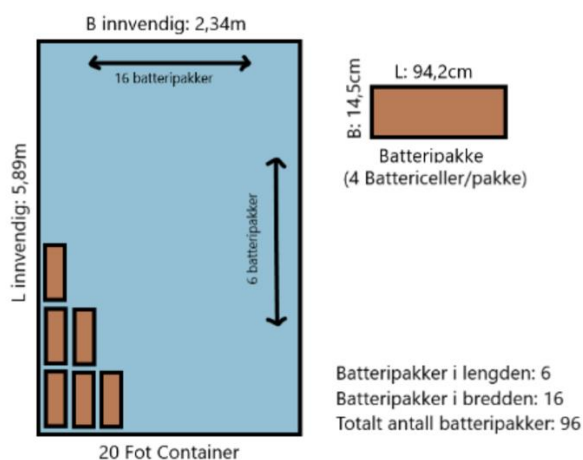
For å kunne gjøre nøyaktige beregninger på godsvolum gjennom Arendal Havn må vi også ha konkrete tall på hvor mange battericeller man kan laste inn i en container. Ettersom battericellene er tunge og relativt sjøre er det blitt uttalt at de ikke kan plasseres på toppen av hverandre. Batteri, og battericeller, faller dessuten under kategorien «farlig gods» som krever ekstra tiltak ved frakt. Hver enkelt battericelle må pakkes inn i spesialemballasje. For denne rapporten er det tatt utgangspunkt i UPS sin oppbygging av spesialemballasje. Denne inkluderer fler lag med beskyttelse for å sikre trygg frakt.



På grunn av lite informasjon rundt innpakning av batterier er det tatt noen forutsetninger på dette punktet. Vi har tatt utgangspunkt i 4 battericeller per spesialemballasje. Battericellene blir pakket på langs, og det er en ikke-ledende adskiller mellom hver av battericellene. Det er også antatt en sikkerhetsdistanse på 5 cm mellom cellene, og tykkelsen på emballasjen er også antatt til 5 cm. Dimensjonene på spesialemballasjen vil bli som følgende:

Spesifikasjoner for spesialemballasje	
Antall celler	4 stk
Sikkerhetsavstand	50 mm
Lengde	942 mm
Bredde	145 mm
Høyde	215 mm

Vi tar utgangspunkt i en TEU som har innvendige dimensjoner på L: 5,89m, B: 2,34m og H:2,37m. For å utnytte arealet i containeren vil man kunne laste 16 pakker i lengden, og 6 pakker i bredden som illustrert under. Dette resulterer i totalt 96 pakker, eller 384 battericeller, per TEU per lag. Dersom emballasjen er sterk nok til å bære flere lag kan man, med høydebegrensningen, teoretisk laste 11 lag. En full container vil da holde 1056 pakker, totalt 4224 battericeller.



### 3.1.2 Eksport fra Morrow Batteries

Produksjonen fra Morrow Batteries er delt inn i tre faser. Den første fasen er under pilotprosjektet, hvor det er en kapasitet på 0,6 GWt. Den andre fasen, kalt mellomstadie, er ved kapasitet på 32 GWt. Tredje fase tilsvarer fullproduksjon og en kapasitet på 43 GWt.

#### Pilotfase

Denne fasen er under oppbygging nå, og antas å vare fra nå til 2025. I denne fasen produseres batterier med nikkelik katode. Under pilotfasen vil produksjonen ligge på 1 200 000 battericeller. Hver celle veier 2,2 kg som gir en eksportmengde på 2 640 000 kg, tilsvarende 2 640 tonn.

### *Mellomstadie*

Mellomstadiet består av produksjon av batterier med manganrik og koboltfri katode (LNMO). Fasen antas å vare mellom 2025-2030. I den andre fasen vil produksjonen ligge på 64 000 000 battericeller, tilsvarende 140 800 000 kg eller 140 800 tonn.

### *Fullproduksjon*

Under fullproduksjonen vil fabrikken, i tillegg til å produsere ved full kapasitet, produsere battericeller med svovelkatode. Denne er helt uten tungmetaller. Når batterifabrikken har bygd opp til fullskala produksjon vil det tilsvare 86 000 000 battericeller, tilsvarende 189 200 000 kg eller 189 200 tonn.

Ut i fra disse stadiene, og antall battericeller per TEU antas det at eksporten ut fra Morrow vil se ut som følgende i de forskjellige fasene, basert på hvor mye man kan laste i en container. I følge kommunikasjon med Morrow Batteries kommer det mest sannsynlig kun til å lastes i ett lag, men utregninger for halvfulle og fulle containere er også medberegnet.

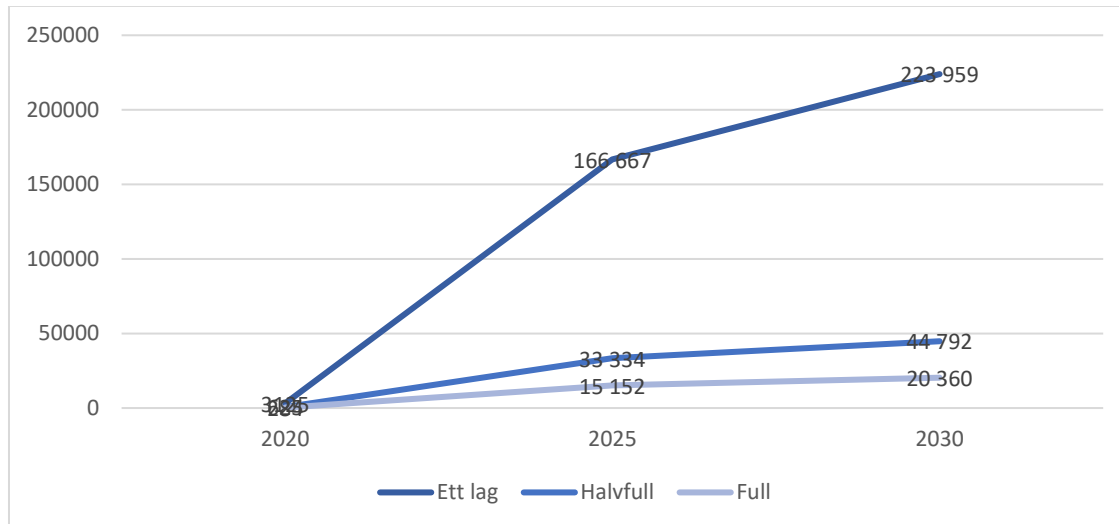
Ett lag	Pilotfase	Mellomstadie	Fullproduksjon
<b>Antall kg battericeller</b>	2 640 000	140 800 000	189 200 000
<b>Antall battericeller</b>	1 200 000	64 000 000	86 000 000
<b>Antall TEU per år</b>	3125	166 667	223 959
<b>Antall TEU per måned</b>	260	13 889	18 664
<b>Antall TEU per dag</b>	9	457	614

Halvfull	Pilotfase	Mellomstadie	Fullproduksjon
<b>Antall kg battericeller</b>	2 640 000	140 800 000	189 200 000
<b>Antall battericeller</b>	1 200 000	64 000 000	86 000 000
<b>Antall TEU per år</b>	625	33 334	44 792
<b>Antall TEU per måned</b>	52	2 778	3 733
<b>Antall TEU per dag</b>	1,7	91	123

Fulle containere	Pilotfase	Mellomstadie	Fullproduksjon
<b>Antall kg battericeller</b>	2 640 000	140 800 000	189 200 000
<b>Antall battericeller</b>	1 200 000	64 000 000	86 000 000
<b>Antall TEU per år</b>	284	15 152	20 360
<b>Antall TEU per måned</b>	23	1 262	1 696
<b>Antall TEU per dag</b>	0,8	42	56



Dette gir oss denne grafen:



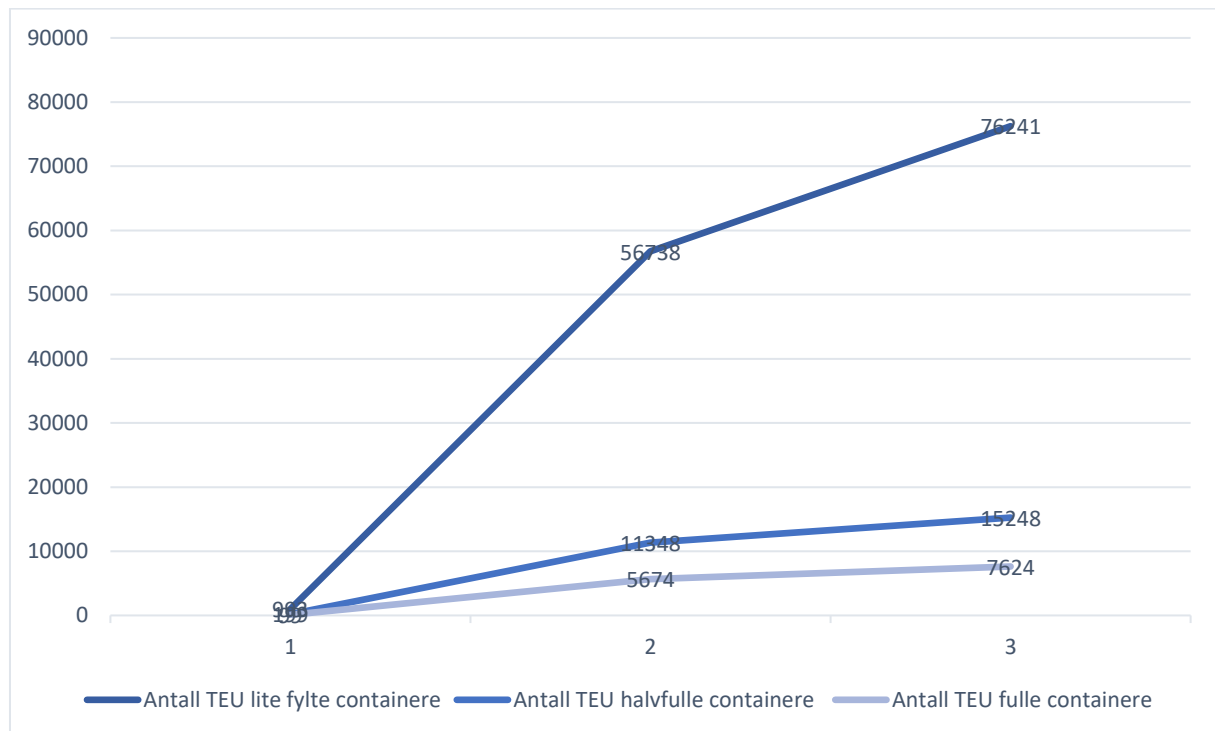
Å laste i kun et lag fører til en drastisk økning i antall TEU, mens fullasting fører til en mer håndterbar mengde med gods. Det er allikevel mer trolig at fyllingsgraden på containerne vil ligge nærmere best case enn worst case per i dag.

### 3.1.3 Råmaterialer til Morrow

For å lage battericeller er det behov for diverse råmaterialer. Ut i fra dialog med Morrow antar de at i starten vil alle råvarer komme fra utlandet med skip. Disse vil da gå gjennom Arendal havn i containere. Følgende de tidligere fasene vil råmaterialbehovet se slik ut:

Råmateriale målt i tonn	Pilotfase	Mellomfase	Fullproduksjon
<b>Anode actives</b>	543,48	28985,6	38949,4
<b>Binder</b>	8,52	454,4	610,6
<b>Conductive carbon</b>	8,52	454,4	610,6
<b>Cu foil</b>	214,8	11456	15394
<b>Cathode actives</b>	1132,84	71084,8	95520,2
<b>Binder</b>	33,36	1779,2	2390,8
<b>Conductive carbon</b>	13,32	710,4	954,6
<b>Al foil</b>	116,4	6208	8342
<b>Electrolyte</b>	520,44	27756,8	37298,2
<b>Transport av separator og hard cases (Al)</b>	208,32	11110,4	14929,6
<b>Totalt råvarebruk</b>	2800	160000	215000

Det gjøres en antagelse at alle råvarer kjøpes fra forskjellige bedrifter og at det derfor vil bli sendt i egne containere.



### 3.2 Potensielle underleverandører

Etableringen av Morrow Batteries fører mest sannsynlig med seg økt industriell aktivitet og etablering av nye aktører i området rundt. Nye aktører kan være samarbeidspartnere, underleverandører og eventuelle andre som er interessert i å etablere seg i nærhet av et industriområde. Med forventet utbygging av Arendal Havn med både tørrhavn og containeroperasjoner vil området være tiltrekkende for andre bedrifter som importerer og eksporterer varer via sjøveien. Det er derfor naturlig å anta at godsmengden vil være større enn kun godsmengden fra Morrow Batteries. Det er per i dag kun én bindende leveringsavtale gjort av Morrow Batteries. Denne er med Haldor Tapsøe. Det er i tillegg skrevet juridisk bindende intensjonsavtaler med Vianode og POSCO.

Arendal kommune er også en sentral kilde når det kommer til underleverandører. Kommunen er grunneiere for området. Ettersom aktørene som kommunen er i kontakt med er anonyme har det ikke være mulig å finne eksakte tall på disse aktørene. Det vil derfor gjøres antagelser basert på tilgjengelig data. Resultatene er basert på antall ansatte, type bedrift og arealbehovet til de ulike bedriftene.

Navn	Land	Produksjon	Areal	Kraft	Byggestart	Ansatte
<b>NN</b>	USA	Resirkulering	20 daa	1 MW	Produksjon Q4 22	60
<b>NN</b>	Asia	Katodemat.	320-400 daa	Uavklart	Byggestart Q1 24	200
<b>NN</b>	China	Katodemat.	170 daa	100 MW	Produksjon Q4 24	600
<b>INN</b>	Sør-Korea	Katodemat.	330 daa	40 MW	Produksjon Q4 23	900
<b>NN</b>	Sør-Korea	Elektrolytter	30-40 daa	1,6 MW	Produksjon Q1 24	40-50
<b>NN</b>	USA	Resirkulering	Uavklart	Uavklart	Uavklart	Uavklart

### *Haldor Topsøe*

Dette er et dansk kjemiselskap som skal samarbeide med Morrow Batteries om batteriteknologi og i tillegg levere opp til 150 tonn koboltfrie LNMO katodematerialer.

Topsøe har produksjon i Danmark, noe som er i nærhet til Norge. CEO Morrow, Terje Andersen uttalte at sammen med Haldor Topsøe vil de undersøke potensialet for å bygge en fabrikk for katodeaktive materialer i umiddelbar nærhet, noe som vil ha stor påvirkning for godsmaterialer inn og ut av Arendal Havn.

I følge deres egen utregning har LNMO katodematerialene en tap density (tetthet etter å ha blitt presset sammen) på 2,3 g/cm<sup>3</sup>. En vanlig 20-fotscontainer har et volum på 33 130 710.5 cm<sup>3</sup> som vil tilsvare 76,2 tonn. Maks lastekapasitet er 28,2 tonn. Dersom vi fyller containerene til maksimalt tillatt vekt vil 150 tonn med LNMO katodematerialene tilsvare 6 containere årlig.

### *Vianode*

Vianode er et Elkem-selskap som produserer bærekraftige batterimaterialer. De leverer anodematerialer som Grafitt og silisiumholdige anodematerialer og har åpnet en industriell pilotfabrikk i Kristiansand som har kapasitet på 200 tonn og planlegger å etablere et storskala-anlegg på Hærøya for produksjon av batterimaterialer. Vianode har som mål at de skal kunne produsere totalt 60 000 tonn batterigrafitt.

### *POSCO*

POSCO chemical er et globalt kjemisk energimaterialselskap som produserer katode og anodematerialer. Produksjonssentrene er lokalisert i Sør-Korea og POSCO bygger en masseproduksjonsbase for batterimaterialer i Europa og planlegger innen 2030 å ha en produksjonskapasitet på 400,000 tonn, Katodematerialer og 260 000 tonn anodematerialer. Dersom disse etablerer seg i Arendal kan dette føre til mindre import av råmaterialer for Morrow. Det kan få konsekvenser for den totale gjennomstrømningen i Arendal havn.

### *Gjenvinning av bilbatterier*

Morrow Batteries, i samarbeid med Li-cycle og ECO STOR, skal starte et gjenvinningsanlegg med kapasitet på 10 000 tonn LMNO batterier hvert år. Dette antas å være i drift fra 2023. Det finnes ingen kilder til hvor disse bilbatteriene skal komme fra, og det er derfor usikkerhet ved om disse vil komme gjennom havnen. Et gjennomsnittsbatteri, funnet ved utregninger av prosjektgruppen, veier 514 kg. Altså vil dette være rundt 19 455 bilbatterier.

### 3.3 Transport mellom havnen og Morrow Batteries

I samtale med havnefogden er det vurdert å investere i Vera Trucks fra Volvo. Dette er et autonomt og elektrisk kjøretøy designet for å frakte containere i en fast rute. Disse kjøretøyene vil frakte både innkommende og utgående gods mellom havnen og tørrhavnen/Morrow Batteries. Vera Trucks vil bli styrt fra et kontrollsenter, og det vil derfor ikke være nødvendig og bemannes. På offentlig vei kan Vera Trucks kjøre opp mot 40 km/t.

Vi regner med en avstand på 5 km hver vei ettersom dette er omtrentlig anslått lengde på den nye veien mellom Arendal havn og Morrow Batteries. Dette vil være en offentlig vei og det vil derfor også være annen trafikk å ta hensyn til. Det vil derfor være mulig at hastigheten blir redusert noe på dagtid på grunn av dette.

Hvis vi tar som utgangspunkt at Vera kan kjøre 15 km/t på dagtid vil transportarbeidet se slik ut på en vanlig dag:

<b>på dag(07-23)</b>	<b>16 timer</b>
<b>kapasitet</b>	15 km/h
<b>avstand</b>	5 km
<b>tid</b>	20 min
<b>antall Vera</b>	4 stk
<b>Conatainer per time</b>	12 stk
<b>total</b>	192 stk

Dersom vi øker til 40 km/t og tar utgangspunkt i en natt på 8 timer vil transportarbeidet se slik ut:

<b>på natt (23-07)</b>	<b>8 timer</b>
<b>kapasitet</b>	40 km/h
<b>avstand</b>	5 km
<b>tid</b>	7,5 min
<b>antall Vera</b>	4 stk
<b>container per time</b>	32 stk
<b>total</b>	256 stk

Det er mye tid å spare på å kunne kjøre 40 km/t. I begge utregningene er det tatt hensyn til at det er 4 Vera Trucks. Hvis vi ser bort i fra tidsbruk til omlasting og en antagelse om at det kjøres gods begge veier, vil man ved hastighet på 15 km/t kunne transportere 3 containere i timen per Vera. Når vi øker hastigheten så vil transporten kunne dekke 8 containere i timen.

### 3.3.1 Miljøpåvirkning av transport

Transporten mellom Arendal Havn til Dryporten og batterifabrikken vil bli utført med trailere, noe som vil slippe ut mye CO<sub>2</sub> dersom man bruker trailere som går på fossilt brensel. Et miljøvennlig alternativ er å bruke helelektriske trailere. Vi har tatt utgangspunkt i SSB sine tall om at en trailer slipper ut 928,6 g/km. Avstanden mellom Arendal Havn og Batterifabrikken er omtrent 5 km. Om man ser på utslippene ved bruk av elektrisk trailer isolert sett på strekningen mellom Arendal havn og batterifabrikken vil det være nullutslipp.

Ved fossilt brennstoff vil utslippsutregningen se slik ut ved bruk av lasting i kun ett lag:

Lastebil med drivstoff		Utslipp 1 TEU pr.	Utslipp 2 TEU pr.
<b>Utslipp</b>	928,6 g/km		
<b>Avstand</b>	5 km		
<b>Antall containere per år 0,8gwh</b>	3 125 stk	14 509 kg	7 255 kg
<b>Antall containere per år 32gwh</b>	166 667 stk	773 835 kg	386 918 kg
<b>Antall containere per år 43gwh</b>	223 959 stk	1 039 420 kg	519 710 kg

Denne utregningen tar kun utgangspunkt i transporten av en container. Summen for utslippet per container blir 4 643 g CO<sub>2</sub>. Retningsbalansen for import/eksport skiller stort, på bakgrunn av valget om å kun stable en i høyden inne i containerene. Det vil derfor gå et betydelig antall tomme turer fra Arendal havn til Morrow Batteries. Ved bruk av elektriske lastebiler vil det lokale utslippet være 0, uavhengig av last. Det vil derfor være store muligheter for å kunne redusere det miljøvennlige fotavtrykket ved å velge denne typen kjøretøy for denne transporten.

## 3.4 Kapasitet i Arendal Havn

Det er også blitt gjort en undersøkelse på Arendal havn sitt utstyr og kapasitet på dette utstyret.

### 3.4.1 Dagens utstyr og kapasitet

I dag disponerer havnen forskjellig utstyr til håndtering, lasting og lossing av forskjellige typer gods. Per dags dato disponerer havnen en kran, en trucker og fire hjullastere, mer spesifisert:

Utstyr	Bruksområde		
	Container	Bulk	General Cargo
Kran Gottwald HMK 260E – Mobil havnekran	X	X	X
Trucker: 12t			X
Hjullastere: Volvo LH180	X	X	X
Hjullastere * 3stk 150-250	X	X	X

For å klare å måle hvor mye bulk, containere og general cargo utstyret kan håndtere har vi valgt å måle dette i antall løft per time for containere og stykk gods og antall m<sup>3</sup> per time for bulk gods.

Videre er det gjort noen forutsetninger når det kommer til maskinenes kapasitet på antall løft per time og m<sup>3</sup> bulk per time. Noen av tallene har vi fått fra Rune Hvass, de andre tallene har vi gjort antagelser på basert på hva samme type maskiner bruker i gjennomsnitt i andre havner. Tallene er basert på havnens daglige åpningstid, som er fra kl 07.00-21.00 hver dag. Effektivitetsberegning basert på dagens utstyr vil fra disse beregningene se slik ut:

Effektivitetsberegning - Kapasiteten på utstyret						
Havneutstyr	Antall løft p/time	m <sup>3</sup> bulk p/time	Antall løft p/dag (14t)	m <sup>3</sup> bulk p/dag (14t)	Antall løft p/år	Total m <sup>3</sup> bulk p/år
<b>Kran Gottwald HMK 260E - Mobil havnekran (15-18 løft/t, 600 tonn/t)</b>	16	42	224	9408	<b>81760</b>	<b>3433920</b>
<b>Trucker 12t - Elektrisk. (Håndterer ikke containere)</b>	11	0	154	0	<b>56210</b>	0
<b>Hjullaster Volvo LH180 (skuffevolum 3,7 - 16 m<sup>3</sup>) Forutsetter 11 m<sup>3</sup>/løft</b>	11	121	154	1694	<b>56210</b>	<b>618310</b>
<b>Hjullaster * 3stk, 150-250. Forutsetter 6 m<sup>3</sup>/løft</b>	11	66	154	924	<b>168630</b>	<b>337260</b>

### 3.4.2 Fremtidens utstyr og kapasitet

For å møte fremtidens økende godsmengde skal havnen investere i nytt og bedre utstyr for å klare å håndtere den inn- og utgående lasten. I løpet av 2022 skal Arendal Havn anskaffe en elektrisk Kalmar reachstacker. I tillegg skal havnen investere i en ny havnekran, en Libherr 550 LHM som skal leveres i løpet av August 2022. Denne kranen vil kunne øke havnens effektivitet med ca 30% til ca. 24/time på containere og omtrent doble kapasitet på bulk til 1000-1100tonn per time. Fra senest 2023 vil havnen ha følgende utstyr som kan brukes på følgende bruksområder:

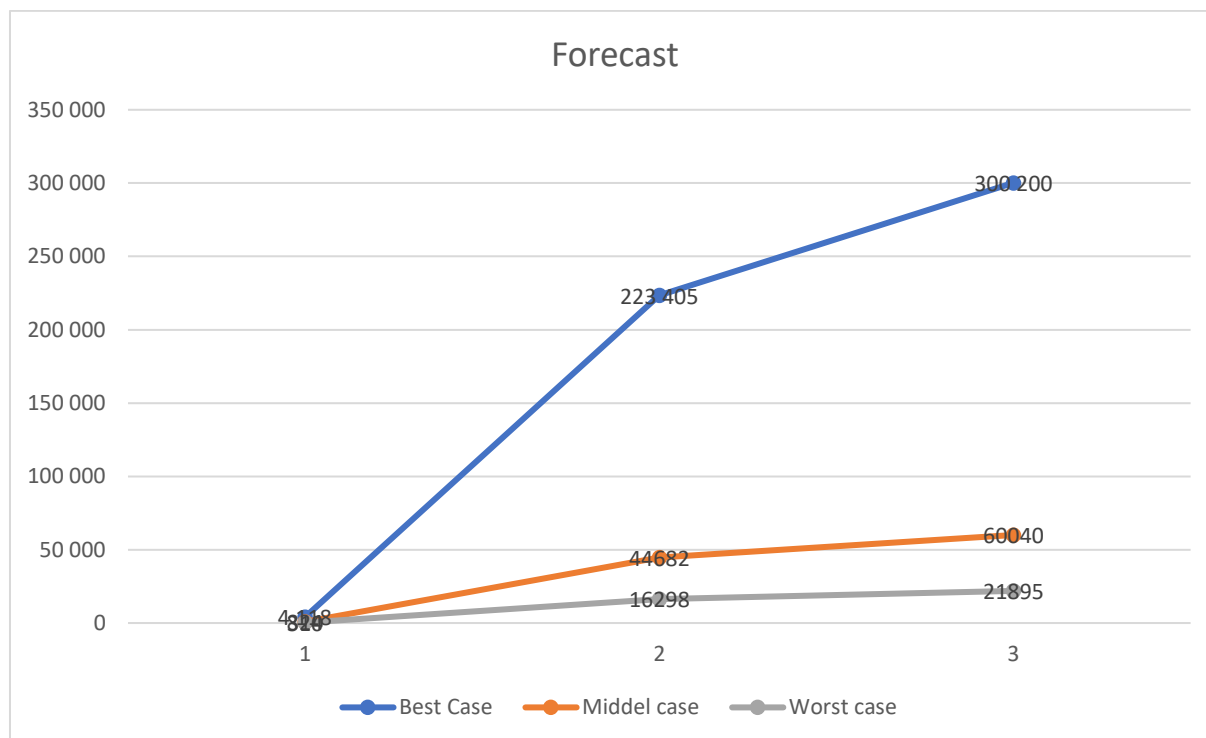
Disponibelt utstyr i dag:	Bruksområde		
	Container	Bulk	General Cargo
<b>Kran Gottwald HMK 260E - Mobil havnekran</b>	X	X	X
<b>Kran Libherr 550 LHM - Mobil havnekran</b>	X	X	X
<b>Trucker: 12t</b>			X
<b>Hjullastere: Volvo LH180</b>	X	X	X
<b>Hjullastere * 3stk 150-250</b>	X	X	X
<b>Reach Stacker: KALMAR - Elektrisk</b>	X		

Videre har vi foretatt samme utregninger som i dagens kapasitet, bare at det har blitt regnet med de to nye maskinene, ny mobil havnekran og reach stacker. Havnens åpningstider vil også bli utvidet fra å være åpen 14 timer i døgnet til å operere i 24 timer i døgnet. Det vil derfor bli en markant økning i utstyret max kapasitet. Effektivitetsberegning på fremtidens utstyr vil dermed bli seende slik ut:

Effektivitetsberegning - Kapasiteten på utstyret i fremtiden						
Havneutstyr	Antall løft p/time	m <sup>3</sup> bulk p/time	Antall løft p/dag (24t)	m <sup>3</sup> bulk p/dag (24t)	Antall løft p/år	Total m <sup>3</sup> bulk p/år
<b>Kran Gottwald HMK 260E - Mobil havnekran (15-18 løft/t, 600 tonn/t)</b>	12	42	288	12096	<b>105120</b>	<b>4415040</b>
<b>Kran Libbher 550 LHM - Mobil Havnekran (30% container, 100% bulk - økt eff.)</b>	16	84	374	31450	<b>136656</b>	<b>11479104</b>
<b>Trucker 12t - Elektrisk. (Håndterer ikke containere)</b>	11	0	264	0	<b>96360</b>	<b>0</b>
<b>Hjullaster Volvo LH180 (skuffevolum 3,7 - 16 m<sup>3</sup>) Forutsetter 11 m<sup>3</sup>/løft</b>	11	121	264	2904	<b>96360</b>	<b>1059960</b>
<b>Hjullaster * 3stk, 150-250. Forutsetter 6 m<sup>3</sup>/løft</b>	11	66	264	1584	<b>96360</b>	<b>578160</b>
<b>Reach Stacker: KALMAR - Elektrisk</b>	15	0	360	0	<b>131400</b>	<b>0</b>

## 4 Forecast

Basert på de nevnte funnene er det utarbeidet en forecast på godsmengden i Arendal havn frem til 2030 i forbindelse med Morrow Batteries etablering.



Best case er i stor del preget av pakkingen med kun én i høyden. Dette gir en svært liten utnyttelse av containeren, som gjør at antallet TEU blir svært høyt. Dersom man kan pakke litt mer vil man få en høyere utnyttelse av containeren, og dermed også få et lavere miljøavtrykk per battericelle. Summen blir da på hele 300 000 TEU i året, med hovedandelen på eksport. Dette vil gi en svært skev retningsbalanse for Arendal havn. Som referanse er 300 000 TEU mer enn godsvolumet i Oslo Havn, Norges største containerhavn. Vi ser også at dersom best case blir aktuell må Arendal havn investere i mer utstyr enn planlagt. Om begge kranene kun driver med containerløft vil summen av årlige løft bli totalt 240 000. Om dette skal holde forutsetter dette at deler av godset kommer i FEU. Det er nødvendig å holde oppe bulk operasjonene også, som igjen reduserer antall løft. Ved dette godsvolumet kan det lønne seg å investere i annet stableutstyr enn Reachstackere også, for å optimalisere plassbruken i tørrhavnen.



Middel case er basert på at man kan laste litt mer inn i containerene, men verken import eller eksport er fulle containere. I dette scenariet er retningsbalansen 75% eksport, så problematikken rundt dette gjelder også her. Dette kan også begrunnes i at det er lavt datagrunnlag på disse tallene. Prosjektgruppen har måttet ta mange antagelser rundt disse og hvordan disse råmaterialene fraktes. Det er også lite data rundt potensielle aktører som ønsker å etablere seg. Det er stor sannsynlighet at de har behov for egne råmaterialer som også kommer gjennom havnen. Dette kunne dessverre ikke konkretiseres i denne rapporten da datagrunnlaget er for svakt. Det er dermed trolig at dette middelscenariet i realiteten er høyere.

I worst case scenariet er leverandørene som planlegger eller interessert i å etablere seg i nærområdet trukket fra råmaterialeimporten, og det er antatt at disse bedriftene kjøper inn lokalt, eller bruker andre transportmoder som transport. Den bygger også på en høy utnyttelsesgrad av containerene, som krever en solid emballasje rundt battericellene. Denne forecasten havner på 21 895 TEU i året. Dette er en betydelig økning i containere for Arendal havn. Det er allikevel sannsynlig at den planlagte utstyrsparke er tilstrekkelig for denne godsmengden.

## 5 Transportetapper

### Forutsetninger

Det har vært behov for å ta en rekke forutsetninger for å regne ut ulike scenarier for godsmengde mellom Arendal Havn og Eyde Industripark. I utregningene er det ikke tatt hensyn til transportdistanse, men dette vil bli forklart i denne rapporten.

Det er mange usikkerhetsmomenter i scenarieutviklingen omhandlende fremtiden i Eyde Industripark. Tallgrunnlaget er basert på i stor grad prosjekterte tall og grunnlaget er hentet fra et lite utvalg informanter. I tillegg til at det generelle tallgrunnlaget er til dels usikkert er det store usikkerheter i hvordan transporten mellom våthavnen og tørrhavnen/industriparken vil foregå. Dette gjør at det er utfordrende og skissere scenarier.

Transportarbeidet må utføres, men godsflyten vil varere særlig basert på løsningen som velges. Denne rapporten vil inneholde skisseringer av ulike løsninger for transportarbeidet.

Alle scenariene i denne rapporten bygger på tall for fullproduksjon for Morrow fabrikken i Eyde industripark. Det er sannsynlig at godsmengden vil øke etter fler etablerer seg i nærheten. Vi har ingen sikre estimater på hvor stor denne økingen eventuelt vil bli, så dette er ikke med i tallgrunnlaget for denne rapporten.

I denne rapporten er det beregnet antall transportetapper. En transportetappe tilsvarer en tur mellom våthavn og industripark. Tur-retur vil derfor tilsvare to transportetapper.

### Godsmengde til vogntog

Når vi har omregnet fra TEU til vogntog har vi valgt å ta utgangspunkt i ordinære vogntog. Disse tar 2 TEU per transportetappe (Spurkeland, 2022). Vi har også sett på Vera trucks fra Volvo, da det har vært en diskutert løsning tidligere. Fordelen med Vera trucks er at disse er autonome, og kan fungere tilnærmet hele døgnet. Vera trucks har en rekkevidde på ca 300 km (GaadiWaadi, 2018) som vil si 60 transportetapper før den trenger å lade. Dette kan føre til mer effektiv transport, avhengig av fartsgrense. Disse truckene er kun egnet til å kjøre i maksimalt 40 km/t. Den nye veien skal være en allmenn åpen vei og får trolig høyere fartsgrense enn 40 km/t på gitte strekninger ettersom det er utenfor tettbebygd strøk (Statens Vegvesen, 2021). Det ble også vurdert modulvogntog som kan ta 3 TEU. Det vanligste er vogntog som tar 2 TEU, så i disse utregningene er dette tatt utgangspunkt i. Godsmengden er oppgitt i tidligere rapport i TEU, altså ordinære 20-fots containere. Vi legger til grunn at disse kan plasseres slik de er på vogntoget.

### Høy fyllingsgrad i containere

For høy fyllingsgrad hadde vi årlig 20 360 TEU i eksportretning og 7 624 TEU i importretning. Dette vil si totalt 10 180 transportetapper fra våthavnen og 3 812 transportetapper fra industriparken. Dette gir en retningsbalanse på 73% av godset i eksportretning. For å flytte godset vil det si at det trengs 38,3 transportetapper per dag (gitt transport hver dag). Dersom vi antar transport kun arbeidsdager og ikke arbeid på natten vil det tilsvare et transportvolum på 4 vogntog i timen.

Dette er ikke medregnet tomturer. Det er derfor stor sjanse for et større godsvolum. Dersom det medberegnes at vogntogene skal tur-retur vil dette tilsvare 20 360 transportetapper årlig. Dette vil gi en daglig (gitt transport hver dag) transportmengde på 55,8 strekninger, eller 2,3 etapper i timen. Dersom vi antar transport kun arbeidsdager og ikke arbeid på natten vil det tilsvare et transportvolum på 5,3 transportetapper i timen.

### Middels fyllingsgrad i containere

For middels fyllingsgrad har vi en årlig godsmengde på 44 797 TEU eksport og 15 248 TEU import. Dette vil si en total godsmengde på 60 045 TEU, tilsvarende et behov for transportarbeid tilsvarende 30 023 vogntog. Retningsbalansen ved middels fyllingsgrad er på 75%, altså går 3 av 4 vogntog retning våthavn og eksport.

Beregnet kun transportarbeidet tilsvarer dette 82 transportetapper daglig på veien ved transport hver dag. Dersom vi kun ser på transport på arbeidsdager tilsvarer det 125 transportetapper daglig. Dette tilsvarer 3,4 og 5,2 transportetapper i timen dersom det er transport hele døgnet. Dersom det skal begrenses slik at det ikke er transport på nattestid vil tilsvarende tall øke til 5,1 og 7,8.

Disse tallene inkluderer kun transportetapper med gods. Dersom vi skal regne med tomme transportetapper også vil total mengde tilsvare 44 797 turer. Dette tilsvarer daglig 123 etapper daglig, eller 187 etapper hver arbeidsdag. Dersom vi antar at transport kun arbeidsdager og ikke arbeid på natten vil det tilsvare 11,6 transportetapper per time.

### Lav fyllingsgrad i containere

Lav fyllingsgrad tilsvarer den høyeste godsmengden. Dette er hele 223 959 TEU eksport og 76 241 TEU import. Dette gir et totalt behov for 150 100 årlige transportetapper, med en retningsbalanse på 75%. Dette er tilsvarende middels fyllingsgrad og er eksport.

Beregnet kun transportarbeidet tilsvarer dette 411 transportetapper ved transport hele døgnet, hver dag. Dersom vi kun ser på arbeidsdager vil det tilsvare 625 transportetapper i løpet av døgnet. På timebasis vil dette tilsvare 17,1 og 26 transportetapper i timen. Hvis vi skal se på transport kun på dag/kveld og ikke natt vil dette tilsvare 25,7 og 39,1 transportetapper.

Disse tallene inkluderer kun transportetapper med gods. Dersom vi skal se på totale transportetapper, altså inkludert tomme turer, vil vi få totalt 223 959 transportetapper. Dette tilsvarer 613 daglige etapper, eller 933 transporter hver arbeidsdag. Dersom vi antar at transporten kun vil være på arbeidsdager og ikke natt vil dette tilsvare 58,3 transportetapper i timen.

### Usikkerhetsmomenter

Vi vet ingenting om hvordan transporten er tenkt satt opp. Dette er veldig relevant for mengden godstrafikk på veien. Antall vogntog (og eventuelle sjåførere) er et viktig aspekt som ikke er regnet på i denne rapporten. Dette avhenger av mange faktorer, blant annet om det skal leies inn transport eller om havnen skal kjøpe inn egne vogntog. Dersom det skal leies inn kan man leie inn fler ved behov

som kan føre til ujevnt trykk i veibelastningen fra godstransport. Dette kan gjøre at det er mer eller mindre transport i for eksempel rush-tidene. Denne rapporten gir kun grunnlag for et behov og regner på jevn godsstrøm hele tiden. Den antar også at dersom det er mulig tar lastebilden med gods begge veier.

Det mangler datagrunnlag for å kunne regne ut hvor mange vogntog som hadde kjørt vil det være behov for mer data rundt lastning og lossing av containere, mengden containere som skal til tørrhavn og mengden som skal direkte til Morrow, antall sjåførere, antall skipsanløp, antall containere per skipsanløp, type lastebil som tenkes brukt og drivstoff.

Det er også gjort beregninger på transport kun i arbeidstid. Dette vil gi høy fyllingsgrad 7,3, middels fyllingsgrad 15,6 og lav fyllingsgrad 78,2 transportetapper i timen.

Vi har også sett på om to faste anløp i uken kan ha en påvirkning på tallene. Det hadde svært liten påvirkning på tallene og ga i noen tilfeller en liten økning og andre en liten minking. Her tok man utgangspunkt i lik transportmengde. Dette er lite reellt. Etersom det ikke er containerdrift i Arendal havn per i dag har vi lite datagrunnlag for godsmengden per skip, og antall skipsanløp. Dette avhenger i stor grad av hvordan utbyggingen av havnen vil bli.

## 6 Konklusjon

I denne rapporten er det undersøkt den kommende godsmengden til Arendal havn i forbindelse med etableringen av Morrow Batteries. Denne etableringen vil føre til en økt godsmengde i Arendal havn. Det er planlagt at alt gods knyttet til Morrow Batteries kommer lastet i containere. Datagrunnlaget for eksport er betydelig sterkere enn datagrunnlaget for import.

Funnene er kategorisert i de tre planlagte fasene til Morrow Batteries – pilotfasen, middelfasen og fullproduksjon. Det er også utarbeidet worst case, best case og middel case i godsvolum. Den største faktoren som skiller disse er hvor mye som lastes i containerene. Best case gir en godsmengde på 300 000 TEU i året ved fullproduksjon, mens worst case gir en godsmengde på omtrent 22 000 TEU i året ved fullproduksjon.

Det er også presentert et enkelt regnskap på miljøavtrykk ved bruk av lastebiler på fossilt brennstoff mellom Arendal havn og Morrow Batteries. Dette baserer seg på den nye veien som skal bygges, og en transportetappe. En tur mellom havnen og fabrikken vil gi et utslipp på 4 643 g CO<sub>2</sub>. Ved fullproduksjon og bruk av lastebiler med en TEU vil dette gi et utslipp for de produserte battericellene på 1 039 420 kg.

Det er også gjort en kartlegging av kapasiteten på utstyret i Arendal havn, både dagens situasjon og med de planlagte innkjøpene. Utrekningene som gjelder de planlagte innkjøpene tar utgangspunkt i 24/7 drift av havnen. Det er tilstrekkelig med kapasitet for worst case og middel case, men det er ikke tilstrekkelig kapasitet for best case.