



Fossilfri anleggs plass

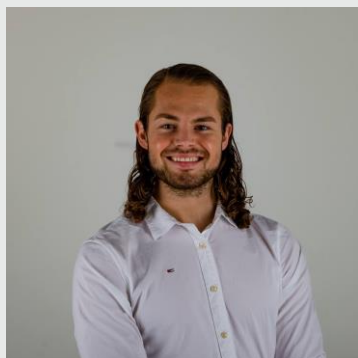
Prosjektet undersøker hvilke muligheter som finnes for å realisere anleggsvirksomhet uten bruk av fossilt drivstoff.



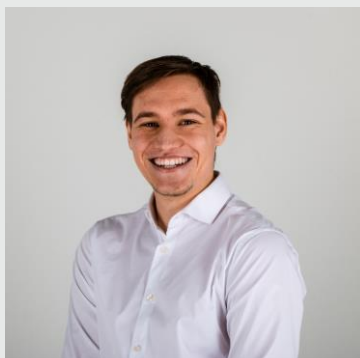
Elisabeth Bakketeig



Vegard Skregelid Johansen



Lars Kristian Steinberg



Birk Ludwig Aigner Schoder

Universitetet i Agder, 2018

Fakultet for teknologi og realfag
Institutt for ingeniørvitenskap

VEILEDER

Rein Terje Thorstensen, UIA
Olav Rønningen, Kruse Smith



Obligatorisk egenerklæring/gruppeerklæring

Den enkelte student er selv ansvarlig for å sette seg inn i hva som er lovlige hjelpemidler, retningslinjer for bruk av disse og regler om kildebruk. Erklæringen skal bevisstgjøre studentene på deres ansvar og hvilke konsekvenser fusk kan medføre. Manglende erklæring fritar ikke studentene fra sitt ansvar.

1.	Jeg/vi erklærer herved at min/vår besvarelse er mitt/vårt eget arbeid, og at jeg/vi ikke har brukt andre kilder eller har mottatt annen hjelp enn det som er nevnt i besvarelsen.	☒
2.	Jeg/vi erklærer videre at denne besvarelsen: • ikke har vært brukt til annen eksamen ved annen avdeling/universitet/høgskole innenlands eller utenlands. • ikke refererer til andres arbeid uten at det er oppgitt. • ikke refererer til eget tidligere arbeid uten at det er oppgitt. • har alle referansene oppgitt i litteraturlisten. • ikke er en kopi, duplikat eller avskrift av andres arbeid eller besvarelse.	☒
3.	Jeg/vi er kjent med at brudd på ovennevnte er å betrakte som fusk og kan medføre annullering av eksamen og utestengelse fra universiteter og høgskoler i Norge, jf. Universitets- og høgskoleloven §§4-7 og 4-8 og Forskrift om eksamen §§ 31.	☒
4.	Jeg/vi er kjent med at alle innleverte oppgaver kan bli plagiatkontrollert.	☒
5.	Jeg/vi er kjent med at Universitetet i Agder vil behandle alle saker hvor det forligger mistanke om fusk etter høgskolens retningslinjer for behandling av saker om fusk.	☒
6.	Jeg/vi har satt oss inn i regler og retningslinjer i bruk av kilder og referanser på biblioteket sine nettsider.	☒

Publiseringsavtale

Fullmakt til elektronisk publisering av oppgaven

Forfatter(ne) har opphavsrett til oppgaven. Det betyr blant annet enerett til å gjøre verket tilgjengelig for allmennheten (Åndsverkloven. §2).

Alle oppgaver som fyller kriteriene vil bli registrert og publisert i Brage Aura og på UiA sine nettsider med forfatter(ne)s godkjennelse.

Oppgaver som er unntatt offentlighet eller taushetsbelagt/konfidensiell vil ikke bli publisert.

Jeg/vi gir herved Universitetet i Agder en vederlagsfri rett til å gjøre oppgaven tilgjengelig for elektronisk publisering:

☒ JA ☐ NEI

Er oppgaven båndlagt (konfidensiell)?
(Båndleggingsavtale må fylles ut)

☐ JA ☒ NEI

- Hvis ja:

Kan oppgaven publiseres når båndleggingsperioden er over?

☐ JA ☐ NEI

Er oppgaven unntatt offentlighet?

☐ JA ☒ NEI

(inneholder taushetsbelagt informasjon. Jfr. Offl. §13/Fvl. §13)

Forord

Denne bacheloroppgaven betegner avslutningen på vårt treårige ingeniørstudium innen fornybar energi ved Universitetet i Agder. Rapporten er skrevet i samarbeid med entreprenørselskapet Kruse Smith, hvor AF Gruppen også har hatt tett oppfølging. Oppgaven er skrevet våren 2018, og har et omfang på 20 av 180 studiepoeng.

Oppgaven er hentet fra kompetansetorget som en del av samarbeidet mellom Universitetet i Agder og Nye Veier. Omfang og avgrensninger er nærmere diskutert med intern og ekstern veileder. Oppgaven var opprinnelig tiltenkt studenter fra byggdesign-studiet, men ble tildelt oss på grunn av det fornybare fokuset ved problemstillingen, og stor interesse fra gruppen.

Prosjektet har vakt stor interesse blant flere utenforstående personer. I starten av semesteret ble det arrangert en workshop hvor flere aktører fra industrien ble invitert til å gi tilbakemelding på planlagt oppgaveløsning. I løpet av prosjektperioden ble dette prosjektet, i tillegg til tre andre fra Nye Veier-samarbeidet, presentert for samferdelsminister Ketil Solvik-Olsen.

Konsekvensene ved bruken av fossile drivstoff får stadig større oppmerksomhet på verdensbasis. Norge er et av landene som skrev under på Paris-avtalen i 2012, hvor målsettingen er betydelige klimakutt frem mot 2030. Fossilfrie anleggsplasser kan bli et krav i framtiden, ettersom dette vil medføre betydelig reduksjon i utslipp av klimagasser.

En stor takk til veiledere og samarbeidspartnere som har vært til stor hjelp gjennom hele prosjektet. Vår eksterne veileder fra Kruse Smith, Olav Rønningen, og vår interne veileder fra UiA, Rein Terje Thorstensen. Også en stor takk til AF Gruppen for god kommunikasjon gjennom hele oppgaven.

Summary

The scope of the bachelor thesis is defined to mainly assess the possibilities and challenges with the implementation of fossil-free, and zero-emission alternatives to construction machinery in Norway. Environmental concerns are becoming increasingly important in construction projects, and are now being included as a separate assessment factor (in addition to price) when contracts are awarded for new road installations. This thesis is set to investigate today's occurrence of, and the possibilities surrounding the implementation of fossil-free construction sites. Calculations carried out from our case indicate a CO₂ -eq reduction of almost 50 percent with a total change from conventional diesel to the biofuel HVO on the entire machinery of the construction company, AF Group. This corresponds to an environmental saving equivalent to removing 1.8 percent of all passenger cars in Norway for a whole year.

INNHOLDSFORTEGNELSE

OBLIGATORISK EGENERKLÆRING/GRUPPEERKLÆRING	I
PUBLISERINGSAVTALE.....	II
FORORD	III
SUMMARY	IV
FIGURLISTE	VIII
TABELLISTE.....	IX
1 INNLEDNING	1
2 SAMFUNNSPERSPEKTIV.....	2
2.1 PRESENTASJON AV OPPGAVEN SATT I SAMFUNNSPERSPEKTIV	2
2.2 KLIMAGASSUTSLIPP SIN VIRKNING PÅ KLIMAET I VERDEN.....	3
2.3 KLIMAGASSUTSLIPP SIN VIRKNING PÅ KLIMAET I NORGE	5
3 TEORI.....	6
3.1 FOSSILFRI ANLEGGSPASS	6
3.1.1 NORGES FØRSTE FOSSILFRIE TUNNEL- OG ANLEGGSPROSJEKT	7
3.2 MILJØ.....	7
3.2.1 MILJØ OG REGELVERKET FOR OFFENTLIGE ANSKAFFELSER	8
3.2.2 BVP	9
3.2.3 EUROPEISK UNION UTSLIPPSKRAV FOR ANLEGGSMASKINER	10
3.2.4 MILJØFREMMENDE TILTAK	11
3.2 DIESEL.....	14
3.2.1 KONVENSJONELL DIESEL.....	16
3.3 BIODIESEL.....	17
3.3.1 FAME	17
3.3.2 HVO	19
3.3.3 PRODUKSJON AV BIORÅOLJE I NORGE.....	23
3.3.4 MILJØPÅVIRKNING	24
3.4 ELEKTRISITET.....	25
3.4.1 ULIKE ENERGIKILDER.....	25
3.4.2 INNFØRING AV ELEKTRISKE ANLEGGSMASKINER.....	27
3.4.3 BATTERITEKNOLOGI OG ELEKTRISK DRIFT	30
3.4.4 LCA BATTERIPRODUKSJON.....	30
3.4.5 ØKONOMISK ASPEKT	32
3.5 HYDROGEN.....	33
3.5.1 LAGRING OG PRODUKSJON	33
3.5.2 MULIGHETER	33
3.5.3 UTFORDRINGER.....	34

3.5.4 INFRASTRUKTUR	34
3.5.5 INNFØRING AV HYDROGEN-MASKINER	34
4 FORSKERSPØRSMÅL	35
4.1 PROBLEMFORMULERING	35
4.2 AVGRENSTING	35
5 CASE	36
5.1 PROSJEKTBEKRIVELSE E18 ARENDAL-TVEDESTRAND	36
5.1.1 REDUKSJON AV UTSLIPP PÅ PROSJEKTER PER I DAG	38
5.1.2 TILTAK GJORT AV AF GRUPPEN	38
5.1.3 FEILKILDER	39
5.2 SAM EYDE VIDEREgåENDE SKOLE	40
6 METODE	43
6.1 VALG AV METODE	43
6.2. KVALITATIV METODE	43
6.2.1 LITTERATURSTUDIE	44
6.2.2 CASESTUDIE	44
6.2.3 SEMISTRUKTURERT INTERVJU	44
6.2.4 DELTAKENDE OBSERVASJON	45
6.2.5 TELEFONINTERVJU	45
6.2.6 SEMINAR	45
6.3 KVANTITATIV METODE	46
6.3.1 SPØRREUNDERSØKELSE	46
6.4 EVALUERING AV DATA	46
6.4.1 VALIDITET	46
6.4.2 RELIABILITET	46
7 RESULTATER	47
7.1 EGENSKAPER VED HVO, FAME, OG KONVENSJONELL DIESEL	47
7.2 FOSSILFRIE ALTERNATIVER	48
7.3 E18 ARENDAL – TVEDESTRAND	49
7.3.1 BEFARING	49
7.3.3 UTSLIPP DIVERSE KLIMAGASSER KONVENSJONELL DIESEL	50
7.3.4 GJENNOMSNITTLIG FORBRUK PER MASKINTYPE	51
7.4 SAM EYDE VGS.	51
7.5 MILJØMESSIGE FORBEDRINGS POTENSIAL	53
7.5.2 ELEKTRISITET	56
7.6 ØKONOMISKE KONSEKVENSER	59
7.6.1 HVO	59
7.6.2 ELEKTRISITET	60
7.7 UTFORDRINGER VED INNFØRING AV FOSSIL- OG UTSLIPPSFRIE ALTERNATIVER	64
8 DISKUSJON	66

8.1 FREMTIDIGE MULIGHETER FOR REALISERING	66
8.2 MILJØMESSIGE KONSEKVENSER.....	67
8.2.3 ELEKTRISITET.....	70
8.2.4 ELEKTRISITET SAMMENLIGNET MED KONVENJONELL DIESEL.....	70
8.3 ØKONOMISKE KONSEKVENSER.....	71
8.3.1 HVO	71
8.3.2 ELEKTRISITET.....	72
8.4 UTFORDRINGER VED INNFØRING.....	72
8.4.1 DAGENS SITUASJON.....	72
8.4.2 PÅVIRKNINGSMULIGHETER	73
8.5 FREMTIDIGE UTSIKTER.....	76
<u>9 KONKLUSJON.....</u>	<u>78</u>
<u>10 ANBEFALINGER.....</u>	<u>80</u>
<u>11 REFERANSER.....</u>	<u>81</u>

FIGURLISTE

FIGUR 1 - ILLUSTRASJON AV DRIVHUSEFFEKTEN [16].	4
FIGUR 2 - DE ULIKE KONKURRANSEFASENE VED EN ANBUDSPROSESS; FASE 1,2,3 OG 4 FRA VENSTRE TIL HØYRE [18].	8
FIGUR 3 - PRODUKSJONSPROSESSEN TIL KONVENJONELL DIESEL [61].	16
FIGUR 4 - PRODUKSJONSPROSESSEN TIL FAME [69][62].	18
FIGUR 5 - PRODUKSJONSPROSESSEN FOR HVO [79][62].	19
FIGUR 6 - OVERSIKT OVER DEN GLOBALE PRODUKSJONEN AV HVO [87].	20
FIGUR 7 - LIVSLØPET TIL BIODRIVSTOFF OMSATT I NORGE [92].	21
FIGUR 8 - ETTERSØRSELEN ETTER BIODRIVSTOFF (VENSTRE) OG RESULTERENDE ETTERSØRSEL ETTER LANDAREALER(HØYRE) [92].	22
FIGUR 9 - FRA RÅSTOFF TIL BIODRIVSTOFF [93].	23
FIGUR 10 - TOTAL ENERGIPRODUKSJON 2014 [101].	25
FIGUR 11 - ELEKTRISK GRAVEMASKIN FRA HITACHI [123].	27
FIGUR 12 - DUMPEREN SOM SKAL ELEKTRIFISERES FRA KOMATSU [41].	27
FIGUR 13 - KONSEPTBILDE AV «ULRIKKE» [125]	29
FIGUR 14 - «ULRIKKE» BRYTER GJENNOM [126].	29
FIGUR 15: FLYTTDIAGRAM [137].	31
FIGUR 16 - PROSJEKTOMFANG E18 ARENDAL-TVEDESTRAND [42] [156].	36
FIGUR 17 - VIRKSOMHETENES TOTALE UTSLIPP SISTE 3 ÅR (TONN CO ₂ -EKVIVALENTER KLIMAGASSUTSLIPP) [114].	40
FIGUR 18 - DET TOTALE UTSLIPP AV CO ₂ -EQ PER UKE.	50
FIGUR 19 - OVERSIKT OVER CO ₂ -, NO _x OG PM UTSLIPP TOTALT FOR ALLE MASKINER OG PER MASKIN PER TIME, PER DAG OG PER UKE.	50
FIGUR 20 - OVERSIKT OVER GJENNOMSNTTLIG FORBRUK PER MASKINTYPE SOM BRUKES UNDER PROSJEKTET.	51
FIGUR 21 OVERSIKT OVER KOSTNADER FOR HVO OG ANLEGGSDIESEL VED SAM EYDE VGS.	52
FIGUR 22 TOTAL UTSLIPP TONN CO ₂ -EKVIVALENTER VED SAM EYDE VGS FRA 2014 TIL 2016.	52
FIGUR 23 – DIFFERANSEN OVER TONN CO ₂ -EQ UTSLIPP PER UKE, MÅNED OG TOTALT VED BRUK AV KONVENJONELL DIESEL OG HVO.	54
FIGUR 24 - OVERSIKT OVER UTSLIPP CO ₂ PER ANTALL PERSONBILER PER ÅR [178] [179].	54
FIGUR 25 - OVERSIKT OVER DIFFERANSEN AV UTSLIPPSMENGDEN CO ₂ , NO _x OG PM VED HVO SAMMENLIGNET MED KONVENJONELL DIESEL.	55
FIGUR 26 - ANDEL AV TOMGANGSKJØRING TID OG FORBRUK.	56
FIGUR 27 - UTSLIPP AV CO ₂ -EQ MED NORSK STRØMMIKS.	57
FIGUR 28 - UTSLIPP AV CO ₂ -EQ MED EUROPEISK STRØMMIKS.	57
FIGUR 29 - UTSLIPP AV CO ₂ -EQ MED 100 PROSENT VANNKRAFT.	58
FIGUR 30 - UTSLIPP AV CO ₂ -EQ MED DEFINISJONER FOR ZEB.	58
FIGUR 31 - SAMMENLIGNING MELLOM KOSTNAD PÅ AVGIFTSFRI ANLEGGSDIESEL OG AVGIFTSFRI HVO [V.13].	59
FIGUR 32 - UTGIFTER FOR ULIKE FOSSILFRIE SCENARIO.	61
FIGUR 33 – UTGIFTER ETTER HALVERT BATTERIKOSTNAD FOR ULIKE FOSSILFRI SCENARIO.	62
FIGUR 34 - NØDVENDIG INSTALLERT EFFEKT VED ULIKE SCENARIO.	63
FIGUR 35 - SPØRREUNDERSØKELSE SPØRSMÅL 2	64
FIGUR 36 - SPØRREUNDERSØKELSE SPØRSMÅL 1	64
FIGUR 37 - SPØRREUNDERSØKELSE SPØRSMÅL 4	64
FIGUR 38 - SPØRREUNDERSØKELSE SPØRSMÅL 3	64
FIGUR 39 - SPØRREUNDERSØKELSE SPØRSMÅL 6	65
FIGUR 40 - SPØRREUNDERSØKELSE SPØRSMÅL 5	65

TABELLISTE

TABELL 1 - EU REGULERINGER FOR KJØRETØY SOM IKKE ER BENYTTET PÅ VEI (NON-ROAD VEHICLES) [V.11].	10
TABELL 2 - BESKRIVELSE AV TALLENE BENYTTET I TABELL 1 [V.11].	10
TABELL 3 - OVERSIKT OVER HVILKE KRAV KRAKK MENER MÅ INNFØRES I BYGG- OG ANLEGGSVIRKSOMHETEN [51].	13
TABELL 4 - MILJØPÅVIRKNING VED BRUK AV ULIKE DRIVSTOFF [98].	24
TABELL 5 - CO ₂ -EQ FOR DIVERSE ENERGIKILDER OG STANDARDER.	27
TABELL 6 - FAKTA OM E18 PROSJEKTET MELLOM ARENDAL OG TVEDESTRAND [156].	37
TABELL 7 - GROV OVERSIKT OVER MASKINPARKEN TIL AF GRUPPEN [V.5].	37
TABELL 8 - GROV OVERSIKT MASKINPARK SAM EYDE [V.12].	41
TABELL 9 - OVERSIKT OVER HVILKE PRODUSENTER SOM TILLATER OG IKKE HAR ÅPNET FOR BRUK AV HVO (EN 15940) [V.10].	41
TABELL 10 - OPPSUMMERING AV EGENSKAPER VED KONVENSJONELL DIESEL, HVO, OG FAME.	47
TABELL 11 - MULIGE KONSEKVENSER SOM FØLGE AV FORSKJELLER I EGENSKAPENE TIL HVO OG KONVENSJONELL DIESEL.	47
TABELL 12 - TILGJENGELIGE ELEKTRISKE MASKINER.	48
TABELL 13 - OBSERVASJONER VED BEFARING MED AF GRUPPEN.	49
TABELL 14 - OVERSIKT OVER DIESELFORBRUK OG UTSLIPP AV CO ₂ -EQ FOR HELE MASKINPARKEN TIL AF GRUPPEN.	49
TABELL 15 – KOSTNAD FOR KLIMAKVOTER VED SAM EYDE VGS.	52
TABELL 16 - OVERSIKT OVER DIFFERANSEN AV CO ₂ -EQ UTSLIPP VED KONVENSJONELL DIESEL OG HVO.	53
TABELL 17 - OVERSIKT OVER REDUKSJONEN VED CO-, NO _x OG PM UTSLIPP VED FORBRENNING AV HVO I FORHOLD TIL KONVENSJONELL DIESEL [V.9].	55
TABELL 18 - UTSLIPP AV CO ₂ PER KWH FOR BATTERIER	59
TABELL 19 - OVERSIKT OVER KOSTNADER VED BRUK AV KONVENSJONELL DIESEL VS. HVO UNDER ET UKENTLIG PERSPEKTIV PÅ E18 STREKNINGEN MELLOM ARENDAL OG TVEDESTRAND [V.13] [181].	60

1 INNLEDNING

Norge skrev under på Parisavtalen i 2015. Denne avtalen pålegger land som har signert avtalen å redusere CO₂-eq¹ utslippet med 40 prosent innen 2030, med målsetning om en omstilling til lavutslippssamfunn innen 2050. For å oppnå dette må Norge redusere sine klimagassutslipp² med 60-80 prosent relativt til 1990. Per 2016 har utslippsmengden i Norge hatt en økning på 3,3 prosent, noe som kan tyde på manglende motivasjon. Anleggsmaskinene ved anleggsplasser står for omtrent 4 prosent av det totale klimagassutslippet i Norge i dag. Dette er en industri med stort forbedringspotensial innen miljø- og klimagasser, og vil være en nødvendig start for Norge som nasjon for å innlede reduksjoner av klimagasser mot 2030.

Nye Veier er en byggherreorganisasjon med flere prosjekter over hele Norge. E18 mellom Arendal og Tvedestrand er ett av fire de har pågående hvor AF Gruppen er totalentreprenør og står for gjennomføringen. Anleggsprosjektet er ett av Norges største gjennom tidene, hvor maskinparken består av over 300 maskiner. AF Gruppen har 155 anleggsmaskiner, som i all hovedsak drives av konvensjonell diesel, hvorav dieselforbruket er på omtrent 50 000 liter daglig.

Utslipp av klimagasser som karbondioksid (CO₂), karbonmonoksid (CO), nitrogenoksid (NO_x) og svevestøv (PM) er kritisk for den globale oppvarmingen og påvirkningen av lokal luftkvalitet. Ved å ikke redusere utslipp før det er for sent, vil konsekvensene kunne være katastrofale for både miljø, menneskeheten og dyrelivet i verden. Klimaet er allerede under endring, men det er ikke for sent å gjøre noe som kan gi positiv effekt. Innføring av fossile anleggsplasser vil være et skritt i riktig retning for å redusere klimagassutslipp, bedre luftkvalitet i områder med nær tilknytning til anleggsplassene, og stanse eller redusere den globale oppvarmingen.

Biodiesel, hydrogen, og elektrisitet har hatt stor teknologisk utvikling, og er alle lovende alternativer til å erstatte de konvensjonelle fossile drivstoffene. Fornybare alternativer kan være et bidrag til å redusere den globale oppvarmingen, i tillegg til å bringe frem et nytt bærekraftig³ konsept. Reservoarene for fossile energikilder vil på et tidspunkt tørrlegges, og det vil da være viktig å ha etablert alternativer som medfører et mer stabilt klima, renere luft og bedre livskvalitet.

¹ En metode å regne ut klimagassutslipp er ved bruk av CO₂-ekvivalenter. Dette er en samlet benevnelse på alle klimagassene som slippes ut ved forbrenning, der hver enkel klimagass har en gitt styrke. Ved omregning til CO₂-ekvivalenter vektlegges denne styrken og man ser da på deres globale oppvarmingspotensial i et hundreårsperspektiv. På engelsk blir dette definert som "Global Warming Potential" (GWP) [182][183].

² Klimagasser/drivhusgasser defineres som gasser som bidrar til drivhuseffekt ved å varme opp klimasystemet i verden. Konsentrasjonen av klimagasser i atmosfæren påvirkes av menneskelig aktivitet slik som avskoging og forbrenning av fossilt brensel. Gassene som inkluderes som en klimagass/drivhusgass er vanligvis CO₂, metan, lystgass, f-gasser m/mer [15].

³ Bærekraftig er en betegnelse på utvikling som imøtekommer dagens behov, uten å påvirke den kommende generasjon [184].

2 SAMFUNNSPERSPEKTIV

2.1 Presentasjon av oppgaven satt i samfunnsperspektiv

Dagens samfunn er under kontinuerlig endring, både når det gjelder teknologisk utvikling og strengere krav til klima og miljø. Norge var en av 195 land som skrev under på Parisavtalen som trådte i kraft 22. April 2015. Denne avtalen innebærer en reduksjon av klimagassutslippene i verden, slik at den globale oppvarmingen skal kunne begrenses til under 2°C [1]. I følge en fornyet klimalov som trådte i kraft 01.01.2018, setter Norge mål om å redusere klimagassutslipp med 40 prosent innen 2030 i forhold til referanseåret 1990. Neste skritt er å redusere utslippene med ytterligere 40-45 prosent innen 2050. For å oppnå denne målsettingen, er det ingen tvil om at tiltak må iverksettes [2].

Per 2016 viste tall fra SSB⁴ at mengden av drivhusgass-utslipp var 3,3 prosent høyere enn i 1990. Sverige klarte derimot å oppnå en reduksjon på 26 prosent i løpet av samme periode. Olje- og gassutvinning står for en stor andel av økningen i Norge, ettersom det i 2016 ble sluppet ut 6,8 millioner tonn mer enn i referanseåret 1990. Dette tilsvarer omtrent 28 prosent av de samlede norske utslippene [3].

Miljødirektoratet publiserte i starten av 2018 data for klimagassutslipp i Norge, og la frem en statistikk som viste at 31 prosent av det totale klimagassutslippet hadde opphav fra transportsektoren. Anleggsmaskiner går inn under «andre mobile kilder» som utgjør 2,3 millioner tonn og står dermed for omtrent 14 prosent av transportutslippene. Dette viser at anleggsmaskiner står for omtrent 4 prosent av de totale norske utslippene [4].

Gjennom EØS-avtalen, som ble inngått i 2008, inkluderes flere norske industrier i det europeiske kvotesystemet. Kull- og gasskraftverk, i tillegg til andre industribedrifter og petroleumsvirksomheten er eksempler på noen av virksomhetene som er kvotepliktig i Norge. Per mai 2018 vil dette tilsvare omtrent 50 prosent av Norges totale utslipp [5] [6]. I dag er det i tillegg lagt inn et krav fra regjeringen om at 30 prosent av vektleggingen ved en offentlig anskaffelse⁵ skal tilfalle miljø. Dette vil gjøre det enklere å sette krav i forhold til miljømerking av produkter og tjenester, og på dette vis gjøre det mer attraktivt å fremme det grønne skiftet [7].

I løpet av de siste ti-årene har det vært en viss skepsis til bruken av biodrivstoff. Økt bruk av biodrivstoff vil medføre reduksjon av klimagasser, men kan også føre til noen negative konsekvenser. Produksjonen av biodrivstoff i Norge er i dag begrenset, og importering er derfor nødvendig. Siden råstoff som brukes til produksjon av biodrivstoff hovedsakelig produseres i u-land, kan det oppstå konflikter ved at det tar opp areal tiltenkt jordbruk. Økt etterspørsel av biodrivstoff vil medføre et

⁴ SSB står for Statistisk Sentralbyrå som er en faglig uavhengig organisasjon som står for å samle inn og publisere statistikk nasjonalt, regionalt og lokalt [185].

⁵ Offentlig anskaffelse er et allment uttrykk som omhandler anskaffelser av varer og tjenester eller andre ytelser til stat og kommune. Regelverket er med å sikre at pengene som blir brukt under forvaltning av varer, tjenester m/flere blir utnyttet på en best mulig måte, og bidrar til et konkurransedyktig næringsliv [186].

større behov for landbruksareal, som kan gå ut over matproduksjon, mangfold, økosystemer og føre til ytterligere avskoging [8]. Ved å høste skogressurser på en bærekraftig måte vil dette derimot ikke være et problem. En gjennomsnittlig skog bruker omtrent 100 år for gjenvekst, sammenlignet med regnskogen som bruker omtrent 100 millioner år [9].

Hydrogendrevne kjøretøy har også blitt møtt med kritikk og skepsis. Foreløpig er prisen for høy og tilgjengeligheten for dårlig til at hydrogen skal kunne konkurrere som drivstoff, i tillegg er brenselcelleteknologien og lagringsmetodene fortsatt underutviklet. En annen utfordring ved hydrogenteknologien er energibehovet ved komprimering av hydrogengassen grunnet hydrogens lave volumtetthet. Denne prosessen krever omtrent dobbelt så mye strøm per kjørte kilometer, sammenlignet med å lade et batteri [10].

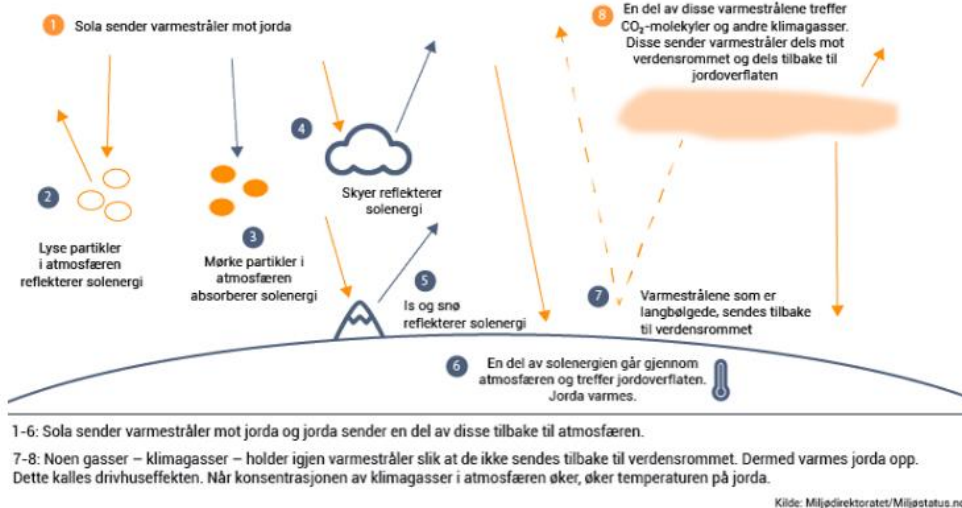
Elektrisitet er en mye brukt form for energi, men likevel er det omdiskutert hvor miljøvennlig bruken er. I Norge betegnes elektrisiteten som «ren» ettersom den i all hovedsak produseres ved hjelp av fornybar vannkraft, men Norge er også ett av de landene i verden som bruker mest elektrisitet per innbygger. Ved å redusere forbruket av elektrisitet, kunne denne energien vært eksportert til andre land som produserer elektrisitet ved hjelp av fossile kilder [11]. Ved liten tilgang til elektrisitet må man ta i bruk importert elektrisitet eller aggregat, noe som blir betegnet som «uren» elektrisitet siden mye av opprinnelsen til energien er fra fossile kilder. Det er derimot vist stor pågang av elektrisk teknologi de siste årene, hvor det ble registeret en økning på 40 prosent av elektrisk drevne personbiler i Norge fra 2017 til 2018 [12].

Innen elektrisk drift av kjøretøy er også batterier et viktig element å se på når det kommer til miljø og bærekraft. I dag er litumbatterier den batteritypen som brukes mest på markedet for elektrisk drevne kjøretøy. Produksjon av slike batterier krever mye energi og mange avanserte stoffer, noe som fører til en nedsatt miljøgevinst om man tar for seg livsløpet til en elektrisk drevet bil. I en artikkel fra forskning.no, blir det anslått at produksjonen av et litium-ion batteri slipper ut like mye karbondioksid til at en fossildreven bil kan kjøre mellom 50 – 150 000 kilometer. I artikkelen avkrefter ikke forsker Linda Ager-Wick Ellingsen dette, men påpeker at det er en liten sum i et ellers stort regnestykke. Tatt med i en sammenligning med konvensjonelle transportmidler må man også medregne produksjon av drivstoff, samt driften til kjøretøyet. Batteriet har likevel en lang vei å gå, ved å bli lettere, mer energieffektive og enklere å gjenbruke [13][14].

2.2 Klimagassutslipp sin virkning på klimaet i verden

Som en del av drivhuseffekten absorberer kloden stråling fra solen i form av varme, hvor noe av dette reflekteres tilbake til verdensrommet. Skyer og drivhusgasser i atmosfæren absorberer noe av denne varmen, og bidrar til et levelig klima på jorden. Siden den før-industrielle tid har mengden klimagasser i atmosfæren økt med 40 prosent [15]. Om denne trenden fortsetter, vil differansen mellom innstråling og utstråling av energi bli høy. Dette medfører økt global temperaturendring, som kan gi merkbare og katastrofale følger i fremtiden. En illustrasjon over denne prosessen kan man se på Figur 1 [16].

HVORFOR ENDRES KLIMAET?



Figur 1 - Illustrasjon av drivhuseffekten [16].

Målsettingen ved Parisavtalen er å begrense den globale oppvarmingen til 2°C. En slik økning vil kunne ha katastrofale følger, spesielt for den fattigste delen av verden. En temperaturøkning vil også kunne medføre varierte nedbørsmønstre og store kontraster mellom vått og tørt, som vil skape utfordringer for matproduksjon flere steder i verden, ettersom disse har stor påvirkning på vekstpotensialet innen jordbruk. Zimbabwe er et av de landene som ventes å bli hardest rammet av klimaendringene. 70 prosent av landets befolkning er direkte eller indirekte avhengig av landets jordbruk, enten i forhold til maten eller økonomien ved produksjonen. Om den globale temperaturen heves med rundt 3 grader, anslår FN en produksjonsnedgang på omtrent 30 prosent [17].

Oppvarmet hav vil også kunne være en konsekvens. Dette vil medføre smelting av isbreer, permafrost og landisen på Antarktis som igjen vil føre til høyere havnivå, hvorav flere øygrupper og kystområder ligger faretruende til for å bli liggende under vann [18] [19]. I tillegg til dette har FN anslått at store populasjoner kan bli tvunget til å flytte fra sine nåværende hjemsted på grunn av ekstremvær som flom og hetebølger. Tilgang på rent drikkevann vil også bli mer problematisk i den fattige delen av verden. Det antas at 7 prosent av verdens befolkning vil få dårligere tilgang på vann for hver celsiusgrad den globale temperaturen øker [20].

Et stigende havnivå, dårligere vannforsyning, jordskjelv, flom og tørke er alle konsekvenser som vil føre til en økning av klimaflyktninger i verden. Flyktningekrisen i verden er høyere nå enn det den har vært siden 2. verdenskrig, mye grunnet naturkatastrofer. I 2015 ble 19,2 millioner mennesker sendt på flukt da dette var et tilfelle [21]. Ekspertene mener antall flyktninger i dag er liten i forhold til hva som kan ventes om klimaavtalen ikke blir vellykket. En uttalelse fra Frankrikes president, Francois Hollande i The Guardian: «Lykkes vi ikke med å få en vellykket klimaavtale i Paris, og vi ikke får noen vesentlige tiltak for å kutte utslipp, vil vi ikke få hundretusener av flyktninger de neste 20 år, men millioner» [22].

2.3 Klimagassutslipp sin virkning på klimaet i Norge

Til tross for at konsekvensene er ventet å vise seg som verst på den sørlige halvkule, vil det også bli konsekvenser i Norge. Ved en 2 graders økning anslås det på Sør-, Øst- og Vestlandet å bli en nedbørsøkning på opptil 40-50 prosent. Noe som kan føre til for stor pågang for vann- og avløpssystemer i enkelte byer, og føre til en forurensning av drikkevannet. Med tanke på den antatte stigningen av havnivået er det også fryktet at flere områder i den sørlige delen av Norge vil ligge under vann, inkludert bryggen i Bergen [17].

3 TEORI

3.1 Fossilfri anleggsplass

Denne oppgaven spesialiserer seg spesifikt på fossilfrie anleggsplasser. Den definerte ulikheten mellom en anleggsplass og en byggeplass er ikke spesifikk, men skilles gjerne ut ifra hvilke arbeidsoppgaver som er tilknyttet området. En byggeplass kan defineres som et område som inneholder byggeteknisk arbeid, mens bygg som ikke kan tilknyttes bygningsvirksomheten kan defineres som anleggsplass [23]. En tommelfingerregel er at byggeplasser er en vertikal byggeprosess, mens en anleggsplass er horisontal.

Ulikheten mellom fossilfri og utslippsfri anleggsplass er viktig for oppgaven å defineres. Ved en fossilfri anleggsplass, vil anlegget ikke kunne benytte seg av fossile energikilder som slipper ut mengder CO₂ gasser som bidrar til økt konsentrasjonen av klimagasser i atmosfæren. Energikilder som kan benyttes ved slike tilfeller er biodrivstoff, hydrogen, batteridrevne kjøretøy og elektrisitet. Ved et utslippsfritt område, defineres anlegget som fri for direkte klimagasser eller lokale partikler. Ved et utslippsfritt anleggsområde, vil det kun være mulig å benytte hydrogen, batteridrevne- eller elektriske kjøretøy [24]. Direkte klimagasser kan defineres som utslipp som foregår på stedet, mens indirekte klimagasser også inkluderer produksjon og transport av ulike materialer, ressurser og energikilder. Et eksempel på en direkte kilde til klimagassutslipp er ved forbrenning av fossil diesel [25].

Anleggsmaskinene ved en anleggsplass blir betegnet som såkalte «Non-road-vehicles», av den grunn at de ikke er tiltenkt veitrafikk [26]. Anleggsmaskiner er derfor ikke pliktig til å betale veiavgift, og kan etter loven bruke anleggsdiesel. Dette er en diesel som inneholder 100 prosent fossil diesel som passer til både lette og tunge kjøretøy [27]. Anleggsdiesel blir også kalt for avgiftsfri diesel, som er en betegnelse på et produkt som ikke belastes av veibruksavgiften. Dette gjør avgiftsfri diesel blir et billigere alternativ til tradisjonell konvensjonell diesel. Avgiftsfri diesel har blitt tildelt en annen farge enn tradisjonell diesel, i tillegg til at den er tilsatt sporingstoffer. Dette er blitt gjort for å unngå ulovlig bruk av produktet, ved at det brukes for veitrafikk [28].

3.1.1 Norges første fossilfrie tunnel- og anleggsprosjekt

Veidekke og Statnett gjennomfører per. april 2018 Norges aller første fossilfrie tunnel- og anleggsprosjekt. Prosjektet gjennomføres i Oslo sentrum, og foregår i forbindelse med at Statnett legger nye strømkabler mellom Smestad og Sogn transformatorstasjoner. Miljøleder i Veidekke ASA Hege Hansesveen, sier at grunnen til at de satser på fossilfrie bygge-og anleggsplasser er:

«Vi skal drive selskapet i henhold til FNs 2-gradersmål. Det vil si at vi skal fase ut alt det fossile på lang sikt og redusere selskapets egne klimagassutslipp med 50 prosent reduksjon innen 2030 og 90 prosent reduksjon innen 2050. I tillegg er det å følge opp kundekravene som blir stilt og selskapets fremtidige målsetninger viktige faktorer for selskapets fokus på fossilfrie løsninger» [V.17].

Miljøleder i Veidekke Entreprenør AS, Anette Moritz sier at drivstoffet som er benyttet på prosjekter har vært sertifisert, bærekraftig og palmeoljefri fornybar diesel (heller ikke biprodukter fra palmeolje-industrien) [V.17]. I tillegg til dette er de fleste av maskinene som er benyttet i tunnelarbeidet elektriske. I prosjektet regner de med å redusere utslippene med 78 prosent, som utgjør en reduksjon på 3 500 tonn CO₂. Massetransport til og fra anleggsplasser er antatt å være den største utslippskilden for CO₂ på prosjektet [29].

Anette Moritz nevner også videre:

«Utfordringer i forhold til realisering av en fossilfri anleggsplass er blant annet begrenset tilgang på utslippsfrie maskiner, usikkerhet ved å prøve ny teknologi og økte prosjektkostnader» [V.17].

Det blir jobbet med å fase inn ulike elektriske anleggsmaskiner så fort de er kommersielt tilgjengelige [30].

3.2 Miljø

Helt siden starten av den industrielle revolusjon har fossile energikilder som olje, kull og gass vært ansett som de beste alternativene på grunn av enkel utvinning, lagring og transport. For å utvikle et bærekraftig samfunn, er det nødvendig å komme frem til nye løsninger ettersom energibehovet i verden stadig øker. For å minimalisere miljøpåvirkningene er det nødvendig at det globalt sett utøves bærekraftige og fornybare løsninger, hvor blant annet Norge kan stå frem som et foregangsland.

Generelt sett er det klimagassene CO₂, metan, lystgasser og F-gasser⁶ som omtales i forbindelse med økt drivhuseffekt. CO₂-konsentrasjonen i atmosfæren er ansett å være den gassen som bidrar mest til global oppvarming, mens CO, SO_x, NO_x og PM har en større påvirkning på den lokale luftkvaliteten [15]. Det er også blitt påvist i tidligere undersøkelser at eksponering for nedsatt luftkvalitet kan medføre problemer med luftveier, hjertesykdommer, lungekreft, infeksjoner, kronisk bronkitt og kan forverre eksisterende hjerte og lungesykdommer eller føre til tidlig død [31].

⁶ F-gasser (HFKer, PFKer og SF6) er syntetiske stoffer som brukes innen forskjellige sektorer og områder. De fleste av dem har ikke en ozonnedbrytende egenskap, men kan medføre økt global oppvarming [187].

Oslo og Trondheim er eksempler på storbyer i Norge med stor sentrumstrafikk, hvor det blir foretatt jevnlig målinger av forurensningsnivået i luften [32]. Om dette nivået blir for høyt, må det ifølge veitrafikkloven⁷, iverksettes tiltak. Eksempler på dette kan være piggdekkgebyr, tidsbestemte bompengeretakster, redusert fartsgrense eller midlertidig forbud for bestemte kjøretøy med høyt utslipp [33]. Disse tiltakene iverksettes for å bevare helse og trivsel, og i tillegg opprettholde naturens evne til bærekraftighet [34].

3.2.1 Miljø og regelverket for offentlige anskaffelser

I Norge er alle offentlige anskaffelser pålagt å følge en anbudsfasen. Offentlige anskaffelser omfatter alle kontrakter med verdi på over 100 000 kr [35]. Nye Veier sine prosjekter faller inn under denne kategorien [36]. En anbudsfasen i den offentlige sektor kan deles inn i fire [Figur 2]. Fargestyrken på fasene indikerer hvor store begrensninger oppdragsgiveren har når det kommer til loven om offentlige anskaffelser. Jo sterkere farge, desto flere regelverk må tas hensyn til [37].



Figur 2 - De ulike konkurransefasene ved en anbudsprosess; Fase 1,2,3 og 4 fra venstre til høyre [18].

[18]

Første fase kalles gjerne tilbudsfasen hvor behovet for den gitte varen eller tjenesten som planlegges å anskaffes blir diskutert. Som man kan se på Figur 2, har denne fasen lys farge, og oppdragsgiveren har begrensede regelverk å ta utgangspunkt i. Det er derimot sagt at oppdragsgiveren kun skal utføre en anskaffelse dersom det er et høyt behov for produktet eller tjenesten. Den ansvarlige skal også sørge for at anskaffelsen har en lav miljøbelastning gjennom hele livsløpet, samt gjøre vurderinger ovenfor alternative løsninger for å dekke behovet. Dette kan eksempelvis være bruktkjøp, ombruk og reparasjon av eksisterende materiale. Et annet punkt som også må følges er regelverket innenfor spesifikasjonen til produktet [37].

⁷⁷ Veitrafikkloven er en lov som viser til alle bestemmelser innen trafikk, der i blant skilt, hastighet, registrering, trafikkopplæring og lignende [188].

Andre fase blir ansett som den mest kontrollerte fasen hvor oppdragsgiver har to fremgangsmåter å forholde seg til:

- 1. Det kan stilles krav til leverandørenes kapasitet og kompetanse innen det faglige og tekniske innenfor rammene av formålet til kontrakten.*
- 2. Oppdragsgiver kan avvise en leverandør om det viser seg at de er skyldige innenfor faglige eller etiske krav i bransjen, der i blant miljølovgivning [37].*

Dette innebærer at oppdragsgiver har et krav om å informere alle eventuelle arbeidstakere angående hvilke krav som stilles for å få tildelt kontrakten. Økonomiske krav kan normalt sett ikke knyttes til miljø, foruten enkelte oppdrag hvor hensynet til miljø er spesielt viktig. Punkt to krever at overtredelsen må være dokumentert før det er mulig å avvise den valgte leverandør. Denne loven innebærer også at det er mulig å avvise en leverandør om miljømessige avgifter ikke er betalt.

Tredje fase omhandler tildeling av jobben til en leverandør om det skulle forekomme flere tilbud. Regelverket sier her at oppdragsgiveren kan velge det med mest økonomisk fordelaktige tilbud. Ved punkt to i fasen vil også den miljømessige vektleggingen inkluderes i vurderingen, for eksempel reduksjon av klimagasser.

Fjerde fase omhandler oppdragsgiverens mulighet til å stille krav til utførelsen. Dette vil si at leverandøren forplikter seg til å gjennomføre arbeidet slik det er beskrevet i kontakten. Kravene vil variere fra kontakt til kontrakt, men en oppdragsgiver må etter omstendighetene vurdere en balansegang mellom det økonomiske spekteret og miljøgevinsten [37].

3.2.2 BVP

Best value procurement (BVP) er en metodikk for anskaffelser som sikrer at den beste leverandøren blir valgt for å tilfredsstille prosjektmålene. Metoden tillater oppdragsgiveren selv å bestemme hvordan ulike prestasjonsmål ved anskaffelsen skal vektlegges. Nye Veier sitt veiprojekt E18 Rugtvedt-Dørdal var det første prosjektet i Norge til å gjennomføre BVP. Erfaringer fra andre land viser at BVP-metoden fører til store kostnadsbesparelser ved å effektivisere anskaffelsesprosessen, i tillegg til at den bidrar til at totalentreprenøren sikrer eierskap til kontrakten. Evalueringskriteriene tilknyttet valg av totalentreprenør ved E18 Rugtvedt-Dørdal vektet slik: 25 prosent tilbudssum, 25 prosent presentasjonsbegrunnelse, 15 prosent risikovurdering, 10 prosent tilleggsverdi og 25 prosent på kvalifikasjoner og erfaring fra nøkkelpersoner [38]. Presentasjonsbegrunnelse, risikovurdering og tilleggsverdi evalueres opp mot de overordnede målene som er satt. Ett av de prestasjonsmålene er ifølge Nye Veiers rådgiver for ytre miljø, Magnus Thomassen: «... å minimere belastningene på klima og ytre miljø, dette er ett av prestasjonsmålene vi velger totalentreprenør ut ifra». Han nevner videre viktigheten av at Nye Veier utfordrer totalentreprenøren til å finne løsninger på å minimere belastninger på miljø og ytre miljø, men at de ikke ønsker å detaljstyre svaret [V.1].

3.2.3 Europeisk union utslippskrav for anleggsmaskiner

Europeiske anleggsmaskiner er pålagt å forholde seg til fastsatte «utslippsgrenser» basert på hvilken årsmodell og hvor stor motorkapasitet de har. Nivåene blir delt inn i ulike «stage» fra I til IV. Stage I ble lansert i 1997 og var det første utslippskravet som ble stilt til motorer for kjøretøy som ikke ble benyttet på vei, såkalt «Non-road vehicles», og i 2001-2003 ble stage II lansert og senere implementert. Hvert steg er kategorisert avhengig av motorens effekt og utslipp av nitrogen oksider (NO_x), non-metan hydrokarboner (NMHC) og svevestøv (PM). I henhold til internasjonale forskrifter har utslippskravene ved de ulike nivåene blitt stadig strengere i løpet av årene. I Tabell 1 beskrives kravene som blir stilt i forhold til år, motoreffekt og nivå, mens tabell 2 viser ett eksempel [V.11].

kW	hp	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
56 - 74	75 - 99				7.0 1.3 0.40				4.7 0.40				3.3 0.19 0.025			0.40 * 0.19 0.025
75 - 129	100 - 174			6.0 1.0 0.30				4.0 0.30					3.3 0.19 0.025			0.40 * 0.19 0.025
EU		Stage I			Stage II			Stage III A			Stage III B			Stage IV		

Tabell 1 - EU reguleringer for kjøretøy som ikke er benyttet på vei (non-road vehicles) [V.11].

NO_x	7,0 (Maksimum mengde nitrogen oksider (NO_x) tillat i g/KWh)
NMHC	1,3 (Maksimum mengde Non- metan hydrokarbon (NMHC) tillat i g/KWh)
PM	0,40 (Maksimum mengde svevestøv (PM) tillat i g/KWh)
NMHC + NO_x	4,7 (Maksimum mengde NMHC og NO_x tillat i g/KWh)
PM	0,40 (Maksimum mengde svevestøv (PM) tillat i g/KWh)

Tabell 2 - Beskrivelse av tallene benyttet i tabell 1 [V.11].

Motorprodusenter og maskinleverandører har ulike metoder for å tilfredsstille de nye kravene, hvor noen benytter nye og forbedrede filtertyper mens andre gjennom å optimalisere forbrenningen [39]. I 2014 la europakommisjonen⁸ frem et nytt forslag til den nye kategorien stage V. I denne kategorien omfattes alle motorklasser for motorer under 19 kW og over 560 kW. Forslaget vil ha hovedfokus på å ytterligere redusere svevestøv, og mengden sot vil bli regulert i henhold til vekt. Det nye nivået vil etter planen tre i kraft i løpet av 2019 [40].

⁸ Et av styringsorganene i EU som har som oppgave å fremlegge forslag til Rådet og Parlamentet. En tilleggsoppgave er å overvåke at alle lovgivninger gitt av EU overholdes [189].

3.2.4 Miljøfremmende tiltak

For nytenkende aktører kan satsing på fossilfrie løsninger både ha fordeler og ulemper. Norges økte fokus på miljø fører til at bransjen må omstille seg for å svare til målsetningen om et nullutslipps-samfunn. I tillegg til å gjennomføre et prosjekt mest mulig effektivt og økonomisk, skal prosjektet nå også gjennomføres slik at det gagnar miljø og klima. Dette kan derimot komme i konflikt med økonomi og effektivitet. Ved å være en ledende aktør under denne utviklingen kan man i tillegg oppnå anerkjennelse både nasjonalt og internasjonalt, noe blant annet Veidekke har lyktes med gjennom sin satsning på fossilfrie bygg- og anleggsplasser [41].

Volvo kan også nevnes som en leverandør som har troen på et grønt skifte for anleggsmaskiner. Leverandøren er i dag under utvikling av en hybrid hjullaster, batteridrevne autonome dumpere og elektriske minigravere. Daglig leder for produkt og salg av tunge kjøretøy hos Volvo, André Gulholm, presiserer at teknologien for realisering enda er umoden. Dette gjør utviklingen til en kostbar prosess, og fremgangen går dermed i et altfor lavt tempo. Gulholm mener derimot at fremtiden for alternative drivstoffer ser lovende ut, og tror utviklingen vil foregå raskere i tiden som kommer [V.14].

Per mai 2018 er det ingen spesifikke avgifter som går direkte på frigjorte klimagasser i anleggsbransjen. Som nevnt tidligere i oppgaven finnes det derimot kvotepliktige virksomheter. Anleggsplasser i Norge faller ikke inn under denne kategorien og må derfor ikke betale klimakvoter [42]. Klimakvoter er markedsbestemt på det europeiske karbonkvotemarkedet og endres kontinuerlig. Kostnaden per kvote er 129 kr for hvert tonn frigjort CO₂-eq (03.05.18) [5]. Hensikten med dette systemet er å redusere klimagassutslippet med 43 prosent fra 2005 til 2030. I 2015 inngikk Stortinget en avtale med EU for å oppfylle klimamålene frem mot 2030. Avtalen innebar utslippsreduksjoner for både kvotepliktig og ikke-kvotepliktig sektor, herunder også anleggsplasser [6].

Regjeringen: «Klima og miljøkrav ved offentlige anskaffelser».

1. Mai 2017 fremla Regjeringen en ny forskrift om miljø og klima i offentlige anskaffelser som skal bidra til en økt prioritering av miljø under kjøp av varer og tjenester. Gjennom den nye forskriften, og ytterligere veiledning fra Difi, skal innkjøpsmakten brukes som et aktivt verktøy for å redusere klimagassutslipp i Norge [43]. Forskriften kan bidra til å oppnå gode rutiner innen prioritering av klima og miljø innad i en virksomhet. Det å etterspørre miljøvennlige løsninger hos leverandørene vil kunne bidra til en omstilling i Norge, og det er kundens ønske som er den viktigste pådriveren [44].

I følge SSB, ble det brukt 450 milliarder kroner på innkjøp av varer og tjenester i 2014 [44]. I starten av 2016 uttalte kommuneorganisasjonen KS⁹ at Regjeringen burde prioritere mer av statsbudsjettet for å promotere miljøetsatsing i Norge. En rapport framlagt av Direktoratet for forvaltning og IKT, og Miljødirektoratet resulterte i at klimasmarte anskaffelser kunne redusere klimagassutslippene i Norge med oppmot 70 prosent. Slik som det er i dag, bidrar offentlige anskaffelser hvert år til et utslipp på omtrent 12 millioner tonn CO₂-eq [45].

⁹ KS er Kommunesektorens organisasjon hvor alle kommuner og fylkeskommuner i Norge er medlem. Deres visjon er en kommunesektor som er selvstendig og nyskapende, hvor det arbeides mot best mulig rammebetingelser for utvikling av gode lokalsamfunn [190].

Det ble i 2016 bestemt av Regjeringen at det skulle stilles miljø- og klimakrav til disse innkjøpene. Forslaget er en ny bestemmelse som skal bidra til å styrke vektleggingen av klima og miljø ved offentlige anskaffelser. Dette betyr i praksis at alle oppdragsgivere i offentlig sektor skal ha en grønn plan for innkjøpene sine. Anskaffelsesloven har også tidligere hatt miljøforpliktelser, men som ifølge klima og miljøminister Vidar Helgesen ikke har stilt tilstrekkelige strenge krav. Det har ved flere anledninger vist seg at leverandører med miljøvennlige produkter er blitt utkonkurrert av andre mindre miljøvennlige leverandører på grunn av pris. Næringsminister Monica Mæland presiserer at hensikten med det nye lovforslaget er å endre dette, og gjøre det mer gunstig å velge miljø fremfor pris [46].

Miljøorganisasjonene, og bransjen selv, mener problematikken rundt økonomiske prinsipper innenfor miljø er tredelt. For det første er kunnskapen til de innkjøpsansvarlige for lav, med et høyt press på at beslutninger må tas raskt. For det andre stilles det for dårlige og for få krav til miljøstandarder, og for det tredje er veiledningstilbudet ved det offentlige for dårlig [47].

I forhold til det nye lovforslaget som ble fremlagt i 2016, mener Bellona¹⁰ at Regjeringen må sette klare retningslinjer på hvilke krav som kan stilles under de ulike anbuds rundene. Det er i motsetning til dette flere diskusjoner angående hva som er det mest effektive virkemiddelet for å fremme alternativer som er gunstige for miljøet. Direktøren i interessepolitikk i KS er blant dem som er skeptisk til lovpålagte bestemmelser og mener Regjeringen heller burde utvikle verktøy som er enkle for virksomheter å bruke. Loven ble sendt inn for behandling i 2016 [48].

Å stille krav til offentlige anskaffelser vil kunne redusere miljøpåvirkningen ikke bare ved innkjøp, men også ved produksjon og transport. I forhold til dette råder Regjeringen oppdragsgiver å utforme sine spesifikasjoner slik at leverandørene enklest mulig kan tilby sine miljøvennlige løsninger. Et eksempel på et slikt krav kan være: «*Utslipp fra transportmidler (dersom luftforurensning er viktig i nærområdet)*» [44].

Statens vegvesen: «Krav til klimakutt i konkurransegrunnlag».

Statens vegvesen er også en aktør som kan bidra til å legge til rette for fossilfrie og utslippsfrie løsninger. Dette har de gjort ved å starte et prosjekt som heter «Krav til klimakutt i konkurransegrunnlag», eller KraKK [49]. KraKK er et utviklingsprosjekt i Vegdirektoratet som samarbeider med vest- og øst-regionene. I løpet av 2018 er målet med prosjektet å levere konkrete forslag til hvordan Statens vegvesen kan innføre klimafremmende tiltak gjennom deres kontrakter, maler, håndbøker etc. Satsningen til prosjektet baseres på etatenes mål i henhold til nasjonal transportplan¹¹ om å redusere klimapåvirkningen ved anlegg og drift med 40-50 prosent innen 2030.

I et dokument tilsendt av prosjektlederen i KraKK, henvises det til en samlet vurdering angående status og utfordringer knyttet til anleggsvirksomhet. De forutser at tyngre anleggsmaskiner i fremtiden skal vil være hydrogendrevet, eller ha elektrisk drift. Dette er teknologi som fremdeles er

¹⁰ Bellona er en miljøstiftelse som arbeider for løse klimautfordringene i verden, hvor identifisering og gjennomføring av bærekraftige klimaløsninger er en prioritet [191].

¹¹ En nasjonal transportplan vedtatt av Stortinget for perioden 2018-2029. Formålet med planen er å optimalisere effektiv bruk av virkemidler og et styrket samspill innad i trafikken [192].

under utvikling, og det er kun et fåtall slike maskiner som er kommersielt tilgjengelig i dag. Omtrent 2/3 av karbonavtrykket på et anlegg sies å komme fra materialbruk. KraKK mener at det vil være nødvendig med karbonfangst og lagring for å nå fremtidige mål. Hvordan dette skal løses for fremtiden er derimot ikke enda bestemt (Fredriksen, prosjektleder i Statens vegvesen) [V. 14].

I følge en artikkel publisert av Anleggsmaskinen i 2017, vil Vegvesenet gjennom KraKK begynne å stille krav til mer miljøvennlig drift i anleggsbransjen. Dette gjøres for å få fortgang i omstillingen til det grønne skiftet hvor man bytter fra konvensjonell diesel til fornybare alternativer. Ulike tiltak som har vært diskutert er produktdeklarasjoner, hybridgravemaskiner, biodiesel, stage IV-motorer og tippnett. Fagsjefen i MEF¹² poengterer i samme artikkel at man på sikt burde ha klimakrav som kan følges opp og kontrolleres av byggherren. Kravene bør også kunne utvikles videre i bransjen slik at konkurransegrunnlaget ikke endres [50]. Leder for KraKK har tidligere uttalt seg til Vegnett om at det vil komme krav til mer miljøvennlig drift i deres fremtidige kontrakter. Noen av tiltakene KraKK foreslår oppsummeres i Tabell 3.

Tippnett er ett av Vegvesenets planlagte tiltak. Dette er en tjeneste som KraKK mener har et stort potensiale, og som de ønsker å markedsføre videre til bransjen. Tjenesten er opparbeidet av flere gründere hvor prinsippet er å ta i bruk en digital utviklingstjeneste for å effektivisere transport av ulike mengder masse over kortest mulige distanser. Eksempelvis: en sprengningsjobb tar plass i Oslo og vil føre til et overskudd av masserester. En annen person på samme område ønsker tilgang til masser for å gjennomføre et annet prosjekt. Ved å registrere seg i Tippnett vil en slik «byttehandel» foregå internt mellom selger og kunde, og medfører en langt kortere transportdistanse enn ved kjøring og henting fra nærmeste depot [52].

Nr.	Krav	Kommentar
1	Produktdeklarasjoner	EPD ¹³ fremlegges der slike eksisterer
2	Hybridgravemaskiner	Mange maskiner under fem tonn er tilgjengelig som elektrisk styrt, og vegvesenet kan i fremtiden gjøre at krav på et antall elektriske maskiner ved en kontrakt.
3	Biodiesel	Ved bedre tilgjengelighet i fremtiden, kan vegvesenet kreve at en viss andel av den totale drivstoffbruken skal være avansert biodiesel ¹⁴ i kombinasjon med sertifisert biodiesel ¹⁵ .
4	Drift og vedlikehold	Stilles krav om en standard på Euro VI og Steg IV for lastebiler og traktorer for å redusere helseskadelige utslipp.
5	Tippnett	Innmelding i tippnett for å redusere tid, penger og miljø ved masseforflytninger.
6	Piloter	Nye metoder og utstyr skal nå innføres, og skal inn i handlingsprogrammet for å testes.

Tabell 3 - Oversikt over hvilke krav KraKK mener må innføres i bygg- og anleggsvirksomheten [51].

¹² MEF (Maskinentreprenørenes forbund) er en frittstående bransje- og arbeidsorganisasjon hvor over 2060 ulike bedrifter blir representert, hvor maskinell anleggsvirksomhet er medlemsbedriftene med størst tyngde [193].

¹³ EPD (Environmental Product Declaration) er kortfattet informasjon som inneholder produktets miljøprestasjon gjennom hele livssyklusen [194].

¹⁴ Avansert biodiesel vil si biodiesel av 2. Generasjon som kan fremstilles av avfall og rester [67].

¹⁵ Sertifisert biodiesel vil si biodiesel av 1. generasjon der råstoffene som brukes under produksjon også kan brukes til å produsere mat eller dyrefôr [67].

Tiltak satt i verk

Byrådet for miljø og samferdsel i Oslo har i år satt et krav gjennom tildelingsbrev til Bymiljøetaten, som iverksetter tiltak slik at alle anleggskontrakter inngått i 2018 skal være fossilfri eller utslippsfri. Dette kravet skal bidra til at Oslo skal nå sitt mål om å redusere klimagassutslipp fra egen drift og prosjekter med 95 prosent innen 2030 (referanseår 1990). Med dette vil alle fremtidige anleggsprosjekter i Oslo ha et minimumskrav om å driftes fossilfritt, ved bruk av fornybar diesel. Det endelige målet er omstilling til utslippsfri drift ved elektrisitet og hydrogen. Entreprenørene må i tillegg gi månedlige rapporteringer til Bymiljøetaten angående hvilke maskiner som brukes, hvilken euroklassifisering maskinene har, og hva utslippstallene er for drivstofforbruket [53].

3.2 Diesel

Diesel er et fossilt drivstoff som i dag brukes i biler, båter, og de fleste andre typer maskiner over hele verden. Drivstoffet ble i flere tiår ansett som et avfallsstoff ved raffineringen av parafin til lampeolje. Dieselens potensial ble derimot oppdaget for alvor eksperimentelt på slutten av 1800-tallet, under utprøving av ulike typer drivstoff i Rudolf Diesels oppfinnelse «kompressor-dieselmotoren» som først ble patentert i 1894 [54].

Utformingen på Diesels motor var grov, men åpnet likevel store muligheter for stasjonær drift. I 1898 ble det for første gang installert en dieselmotor i en fabrikk, mens det i 1899 ble bygget et dieseldrevet kraftverk. Mye har utviklet seg siden den gang, men prinsippet med at dieselen selv antenner som følger av at høyt trykk inne i sylindren er fortsatt det samme [55].

Det finnes mange ulike typer diesel med forskjellige egenskaper. Ett av de grunnleggende skillene mellom dem betegnes av hvilke råstoffer som ligger til grunn for dieseltypen. Dersom den er laget av naturlige råvarer, som raps- eller soyaolje, karakteriseres det som biodiesel. Hvis dieselen er laget av uorganiske karbonforbindelser sies den å være konvensjonell, eller fossil.

For å skille produkter fra hverandre har EU opprettet en egen komité for standardisering, CEN. CEN er ansvarlige for å stille krav i forhold til egenskapene til produkter som formidles i landene som er underlagt komiteen, med hensikt å kvalitetssikre produktene [56]. Kravene som stilles blir samlet i en standard og gitt et «EN-nummer», slik at like typer diesel får samme standard. Kravene i drivstoffstandardene stilles i forhold til egenskaper ved drivstoffene. Produsenter av motoriserte kjøretøy går gode for at kjøretøyene de produserer skal være velfungerende ved bruk av drivstoff som tilhører gitte standarder. Dette innebærer at alle garantier gjelder så lenge drivstoffet som brukes oppfyller standardene.

Noen av egenskapene dieselstandardene stiller krav til, og som vil variere for de ulike typene diesel, er cetantall, massetetthet, viskositet, svovelinhold, og kuldetoleranse. Ulike råstoff ved produksjon av diesel kan føre til variasjoner i egenskapene, også innad i dieseltypene. Variasjonene vil være større for noen typer diesel enn for andre.

Cetantallet er et mål på dieselens antenningsegenskaper. Høyt cetantall indikerer gode antenningsegenskaper, som medfører god og stabil forbrenning i motoren. Stabil forbrenning medfører mindre bråk og vibrasjoner fra motoren, og kan redusere forbruket. Lavere utslipp kan også være et resultat av høyt cetantall, spesielt i forhold til utslipp av NO_x og HC [57].

Drivstoffets viskositet beskriver graden av flyktighet¹⁶, mens massetetthet beskriver masse per volum. Disse egenskapene henger tett sammen, og endrer seg normalt sett proporsjonalt. Ettersom innsprøyting av diesel til sylindrene kontrolleres volumetrisk vil disse egenskapene være avgjørende for en velfungerende forbrenning i motoren. Drivstoffsystemet i motorer vil være kalibrert for at tettheten og viskositeten til det benyttede drivstoffet skal befinne seg innenfor et bestemt intervall. For store avvik fra intervallene vil kunne resultere i lekkasjer, eller feil på innsprøytingssystemet, som over tid vil være skadelig for motoren [57]. Kvalitative forsøk har påvist at redusert tetthet vil føre til lavere utslipp av PM og NO_x for tunge kjøretøy (anleggsmaskiner), men kan også føre til høyere drivstofforbruk og lavere motoreffekt [57].

Svovelinholdet i drivstoffet vil kunne føre til korrosjon og slitasje på motoren. Jo høyere innhold av svovel, desto større reduksjon på motorens levetid. Lavere svovelinhold i drivstoffet vil også kunne føre til lavere utslipp av PM og SO_x-forbindelser [57].

Ulike typer diesel vil ha ulik kuldetoleranse. Kuldetoleransen vil fungere som et slags frysepunkt, og når dieselen temperatur blir lavere enn hva den tåler, vil den danne makrokrystalline strukturer som kan bli store nok til å tette drivstoffilter, og skape alvorlige problemer for drivstoffsystemet [57]. Krystalliseringen kan i noen tilfeller omfatte hele drivstoffet og danne en fast gelé som tetter hele systemet [58].

For å unngå dette må dieselen ha en kuldetoleranse som er tilfredsstillende i forhold til klimaet i områdene hvor den skal brukes, kravet vil dermed variere ut ifra hvor, og for hvilken sesong dieselen skal distribueres. «Cold filter plugging point», CFPP, er en måte å måle kuldetoleranse på. CFPP utforskes eksperimentelt ved en standardisert filtreringstest, hvor CFPP-verdien betegner den laveste temperaturen hvor alle dieselenes molekyler slipper gjennom filteret. Det finnes tilsetningsstoffer for å bedre diesels kuldetoleranse [57].

Dieselenes energitetthet forteller hvor stort energiinnholdet er per enhet. Energitettheten vil påvirke motoreffekten, og kan for eksempel måles i MJ/kg eller MJ/L [59]. Det stilles ikke krav til energitetthet i standardene, men det er en nyttig egenskap for en senere sammenligning.

¹⁶ Lav viskositet indikerer høy flyktighet.

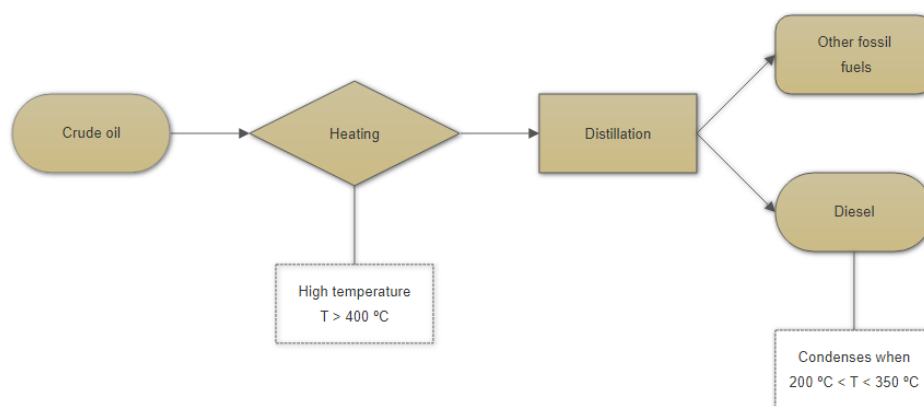
3.2.1 Konvensjonell diesel

Den mest brukte dieselen på verdens basis i dag er konvensjonell (fossil) diesel. Denne dieselen er framstilt ved å foredle ikke-fornybare petroleumsressurser (råolje) hentet ut fra geologiske formasjoner under jordskorpa eller under havbunnen, hvor de har blitt dannet over millioner av år ved å bli utsatt for varme og høyt trykk [60].

Råolje i sin naturlige form er satt sammen av hydrokarboner med ulik lengde. Bensin, diesel, og andre fossile drivstoff vil bestå av molekyler med bestemte lengder av disse hydrokarbonene. Hydrokarbonenes kokepunkt vil være avhengig av hvor lange kjedene er, så produksjonsprosessen (destilleringen) utnytter forskjellen i kokepunkt for å skille dem fra hverandre [61].

Produksjonsprosess

Figur 3 viser en enkel illustrasjon av produksjonsprosessen til konvensjonell diesel. Først vil råoljen varmes opp i en ovn, til en temperatur der alt har kondensert og dannet en damp (over 400 °C). Dampen blir deretter sendt inn i et destillasjonstårn hvor dampens temperatur vil avta gradvis etter hvert som den stiger. Når dampen når en høyde hvor temperaturen er lavere enn kokepunktet til en av typene hydrokarboner i dampen, vil disse hydrokarbonene kondensere. Hydrokarbonkjeder med lik lengde vil kondensere ved samme høyde, og da vil destillasjonstårnet være utstyrt med strategisk plasserte destillasjonsplater for å fange opp væskene etter hvert som de oppstår [61]. Væskene vil deretter samles i separate tanker, hvor hver tank vil inneholde hydrokarboner av lik molekyllær oppbygning. Hydrokarbonene som danner diesel vil kondensere når temperaturen er mellom 200 og 350 °C [61].



Figur 3 - Produksjonsprosessen til konvensjonell diesel [61].

Konvensjonell diesel har energitetthet på 42,5 MJ/kg [62]. Standarden for konvensjonell diesel, EN 590, angir at tettheten skal holde seg innenfor intervallet 0,820 – 0,845 kg/L, og viskositeten mellom 2,0 – 4,5 mm²/s. Cetantallet skal være høyere enn 51 [63]. CFPP-verdien for konvensjonell diesel som er kommersielt tilgjengelig i Norge er -32 °C, mens tilsvarende verdi for konvensjonell anleggsdiesel er -35 °C [V.18].

3.3 Biodiesel

Historisk sett er biodiesel gammelt nytt. Biodiesel var ett av drivstoffene som ble utprøvd i Diesels kompresjonsmotor på slutten av 1800-tallet. Rudolf Diesel så for seg at rene vegetabiliske oljer skulle kunne drive tidlige dieselmotorer i avsidesliggende områder hvor fossile løsninger ikke ennå var tilgjengelige [54].

Forskning på den moderne teknikken for framstilling av biodiesel ble påbegynt i Belgia på 1930-tallet, hvor biodieselindustrien ikke ble etablert i Europa før på slutten av 1980-tallet [64]. Med det stadig økende fokuset på fornybare løsninger har produksjon og bruk av biodiesel eskalert, og er i dag en betydelig industri [65].

Norge har forpliktet seg overfor EU om at 10 prosent av energiforbruket innen transport skal komme fra fornybare kilder innen 2020. Elektrisk drift i biler er majoritetsbæreren i denne omstillingen, men økt bruk biodrivstoff vil også spille en viktig rolle [66].

Forbrenning av biodiesel som er laget av biologisk materiale vil ikke bidra til økt mengde CO₂ i atmosfæren. Med dette menes ikke at forbrenningen skjer utslippsfritt, men at stoffene som frigjøres allerede vil sirkulere i naturens kretsløp (fotosyntesen), og dermed bli en del av nye planter og trær [67]. For at dette skal kunne skje må landbruksarealene forvaltes bærekraftig, noe som i korte trekk innebærer at ressursene utnyttes på en måte som ikke ødelegger for framtidige generasjoners ressurstilgang [68].

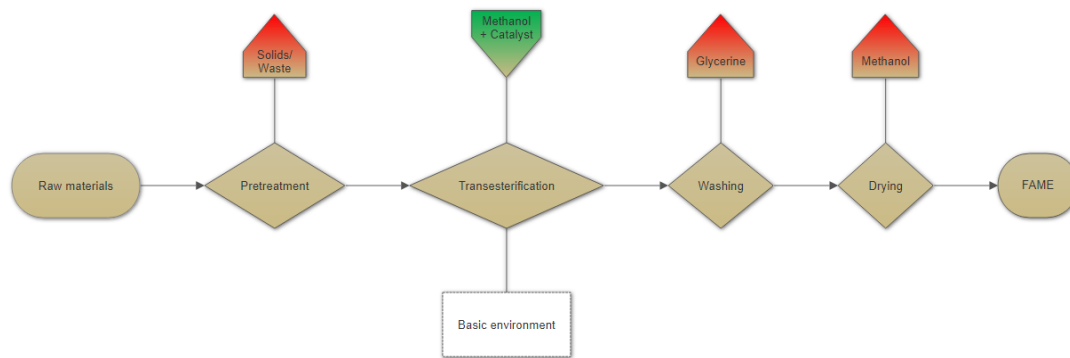
Ulike typer biodiesel kategoriseres gjerne basert på om råstoffene de er laget av er konvensjonelle eller avanserte. Konvensjonell biodiesel (1. generasjons) lages av råstoffer som også kunne vært brukt til mat- eller dyrefôrproduksjon, mens avanserte biodrivstoff (2. generasjons) lages av biprodukt (rester og avfall) fra andre næringer [67].

3.3.1 FAME

Den tradisjonelle biodieselen er en type syntetisk diesel hvor råstoffene som benyttes er fornybare. Råstoffene kan være fettsyrer med opphav fra planter, dyr eller brukte matoljer. Biodiesel kalles ofte FAME, «Fatty Acid Methyl Esters» som er beskrivende for måten råstoffene videreforedles på [Figur 4]. Biodiesel som leveres av Circle K er laget av rapsolje, ettersom dette skal gi bedre egenskaper blant annet i forhold til kuldetoleranse [V.18].

Produksjonsprosess

Figur 4 viser en enkel illustrasjon for hvordan produksjonsprosessen av FAME kan foregå. Råstoffene blir først behandlet ved at de blir fysisk presset, eller utsatt for kjemiske løsninger, slik at vegetabiliske oljer og fettsyrer (triglyserider) skilles fra de uønskede stoffene. De rensede triglyseridene gjennomgår deretter en transesterifisering der de i et basisk miljø reagerer med en alkohol (ofte metanol), under påvirkning av en katalysator. Sluttproduktene, glyserin og biodiesel, skilles fra hverandre etter dette stadiet. En etterbehandling (vasking og tørking) er nødvendig for at biodieselen skal få tilfredsstillende drivstoffspesifikasjoner [69][62].



Figur 4 - Produksjonsprosessen til FAME [69][62].

Egenskaper

FAME er tildelt standarden EN 14214. Ett av de vanligste råstoffene til denne produksjonen er rapsolje, hvor produktet har en energitetthet på 37,1 MJ/kg [62]. Ifølge EN 14214 må tettheten befinne seg mellom 0,860 og 0,900 kg/L, viskositeten mellom 3,5 og 5,0 mm²/s, og cetantallet må være 51 eller høyere [70]. CFPP-verdien på kommersielt tilgjengelig FAME (B100¹⁷) som skal selges i Norge må være -10 °C [V.18]. Toleransen kan i beste fall komme ned i - 20 °C. Dårlig respons på tilsetningsstoffer med hensikt å bedre kuldetoleransen har en god del av skylda for dette [71].

FAME har altså egenskaper som i stor grad er lik de som fossil diesel har, men den molekulære strukturen er ulik. Ettersom prosessen innebærer en esterifiseringsfase vil strukturen til det ferdige produktet inneholde oksygen, noe som gjør det ekstra utsatt for oksidering og nedbryting [72].

Drivstoffet vil forringes hyppigere dersom det utsettes for ugunstige forhold, noe som for FAME innebærer at det utsettes for blant annet varme, solskinn, eller om det kommer i kontakt med vann. Følgelig vil transport, oppbevaring og tanking kreve en del tilrettelegging [73]. Når FAME oksiderer eller brytes ned kan organiske syrer eller polymere dannes som et biprodukt, noe som vil kunne føre til korrosjon eller tetting av drivstoffilter i kjøretøy [74].

På grunn av de negative effektene FAME har på kjøretøy brukes det ikke i ren form (B100). Men biodiesel er løselig med konvensjonell diesel, noe som innebærer at små andeler B100 kan blandes med konvensjonell diesel. På denne måten beholdes den gode driftssikkerheten i motoren, samtidig som forbrenning av blandingen vil medføre lavere utslipp [75].

Den europeiske standarden for konvensjonell diesel (EN 590), som oppfylles av konvensjonell diesel som selges i Norge, tillater opp til 7 prosent innblanding av FAME (B7) uten at merking for dette er påkrevd [76]. Som en konsekvens av dette vil for eksempel all diesel som selges fra Circle K sine norske stasjoner inneholde 5 – 7 prosent biodiesel [77].

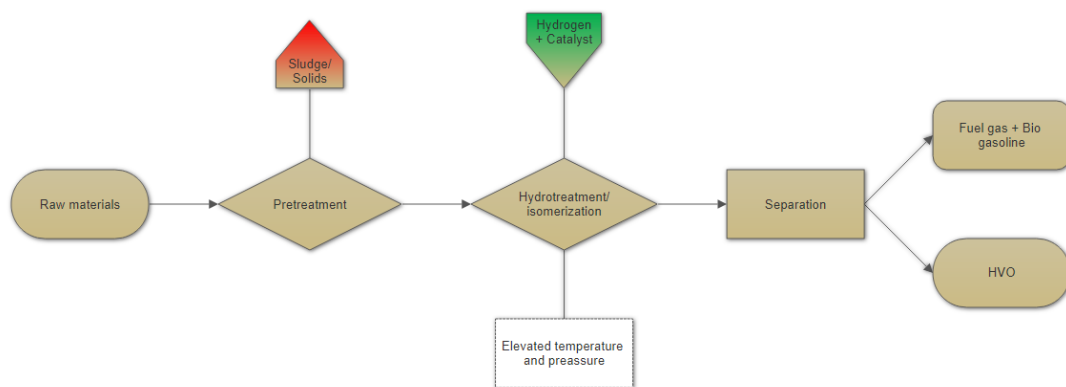
¹⁷ Dette er en betegnelse som viser hvor stor prosentandel av biodrivstoff som er innblandet i konvensjonell diesel. Betegnelsen B100 betyr 100 prosent ren FAME [195].

3.3.2 HVO

HVO er en forkortelse for «hydrotreated vegetable oil» og er en annen type biodiesel, også kalt fornybar diesel. HVO kan, i likhet med FAME, produseres av planteoljer, dyrefett og brukte matoljer, men produksjonsprosessene er annerledes. Noen av de vanligste råstoffene brukt til HVO-produksjon er palmeolje og avfallsstoffer, for eksempel fra slakteindustrien (talglolje) [78]

Produksjonsprosess

Figur 5 viser en enkel oversikt over de viktigste delprosessene ved produksjonen av HVO. Råstoffene gjennomgår først en forbehandling som innebærer å skille ut slam og andre uønskede stoffer. I hydrogeniserings- og isomeriseringsprosessen heves temperaturen (350 – 450 °C) og trykket (350 – 450 bar), og hydrogen og katalysator tilsettes. Reaksjonen mellom katalysatoren, hydrogenet og de forbehandlede råstoffene under de gitte forholdene vil føre til at hydrokarbonene danner rette kjeder tilsvarende den konvensjonelle diesels molekylære struktur, med lignende egenskaper. Prosessen avsluttes med en separasjonsprosess, hvor HVO skilles fra biproduktene, biopropan og biobensin, som er andre fornybare energibærere [79][62].



Figur 5 - Produksjonsprosessen for HVO [79][62].

Egenskaper

En traktor av typen Clas Ares ble ved «Latvian University of Agriculture» testet for drift på både HVO100¹⁸ og ren konvensjonell diesel. Moment og motoreffekt var ca. 5 prosent dårligere da traktoren gikk på HVO [80]. Energitettheten til HVO produsert av palmeolje er 44,0 MJ/kg [62]. Standarden for HVO, EN 15940, har satt at tettheten må være innenfor 0,765 – 0,800 kg/L, og viskositeten mellom 2,0 og 4,5 mm²/s. Cetantallet må være høyere enn 70 [63]. HVO responderer bra på tilsetningsstoffer som fremmer kuldeteransen. I tillegg til dette vil det være mulig å regulere kuldeteransen i isomeriseringsdelen av produksjonsprosessen, slik at den vil kunne tåle helt ned til -40 °C [81]. I Norge må kommersielt tilgjengelig HVO for bruk på vinteren ha CFPP-verdi på -32 °C [V.18].

¹⁸ HVO100 betyr 100 prosent ren HVO [67].

I hydrogeniseringen i produksjonsprosessen av HVO [Figur 5] vil hydrogenet som tilsettes gå sammen med oksygenet tilstede i de forbehandlede råstoffene og danne vanndamp, som senere vil fjernes. Følgelig vil sluttproduktet være fritt for oksygen og like korrosjonsvennlig og robust som konvensjonell diesel [72]. HVO vil også kunne benytte samme infrastruktur som konvensjonell diesel [82].

HVO er løselig med konvensjonell diesel, og innblanding av HVO vil bedre de negative klimapåvirkningene samtidig som drivstoffegenskapene bevares eller forbedres [83]. Den gode kuldeteransen til HVO tillater høye konsentrasjoner ved blanding i drivstoff til personbiler [84], og mange produsenter av tyngre kjøretøy lar allerede garantiene sine gjelde ved bruk av HVO100 [V.10].

Tilgjengelighet

Den årlige produksjonen av HVO var på omtrent 5,9 milliarder liter i 2017 [85]. Til sammenligning er det norske dieselforbruket på 3,9 milliarder liter per år (diesel både med og uten avgift) [86]. Figur 6 viser en oversikt over verdens produksjonskapasitet på HVO, med produsenter og lokasjoner. Figuren er hentet fra en artikkel skrevet av Greenea, ett av verdens ledende konsulentfirma innen megling og markedsanalyse for biodrivstoffindustrien. Artikkelen anslår en del lavere HVO-produksjon enn hva det som tidligere ble introdusert, men figuren gir en oversikt over hvilke produsenter som er på markedet, og hvor i verden det foregår produksjon [87].



Figur 6 - Oversikt over den globale produksjonen av HVO [87].

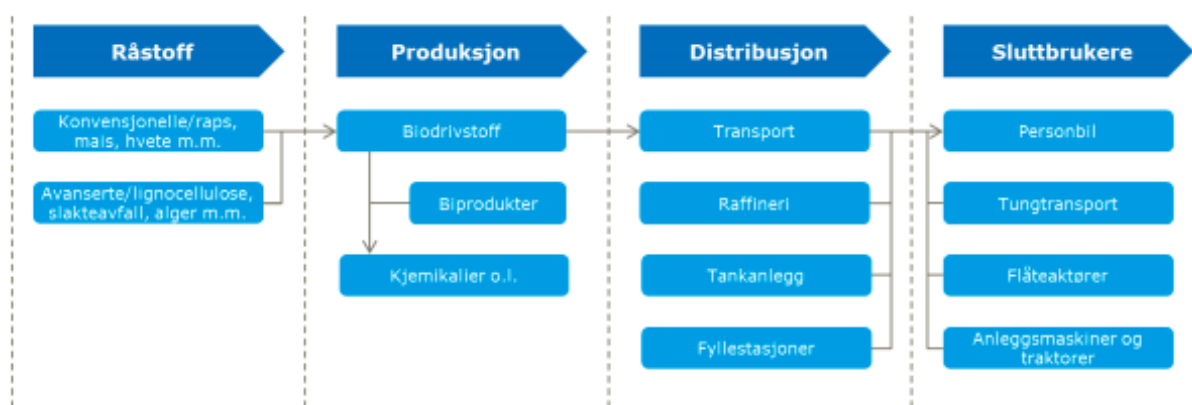
De største aktørene innenfor salg av HVO100 i Norge i dag er Circle K og Eco-1. Per mai 2018 har Eco-1 seks stasjoner, mens Circle K har fem stasjoner som tilbyr produktet. Det finnes også flere mindre aktører som tilbyr HVO100, hvor det er mulig å bestille til bulk kunder med egne anlegg [88] [89]. Det finske selskapet Neste Oil er verdens ledende produsent av fornybar diesel (HVO), med årlig produksjon på 2,6 millioner tonn. 76 prosent av råstoffene i denne dieselen stammet fra avfall og rester fra andre industrier, mens 23 prosent stammet fra palmeolje [90]. Neste Oil er den ledende produsenten som distribuerer produktet til aktørene i Norge og som selger det videre.

Et totalt antall på ni fyllestasjoner over hele Norge er derimot en begrenset kapasitet for å gi et tilstrekkelig tilbud til den Norges befolkning. Circle K og Eco-1 har derimot vist stor interesse for feltet, og planlegger videreutvikling av tilbudet om fornybar diesel i fremtiden. I tillegg til dette, er det også vist et stort nasjonalt initiativ til å produsere mer fornybart i Norge [91].

Kostnad

Et vendepunkt innen satsing på HVO i Norge var da regjeringen fjernet veibruksavgiften til produktet i 2016. Dette utgjorde en reduksjon på 3 kr per liter, og førte til en mindre differanse mellom konvensjonell diesel og HVO100 ved personlig transport. Prisforskjellen mellom anleggsdiesel og HVO er derimot fortsatt høy [91].

I følge tall hentet fra SSB, steg mengden biodrivstoff til veitransport i Norge fra 0 til omtrent 1 500 GWh i tidsperioden 2005 til 2014. Det ble rapportert om totalt 188 millioner liter biodrivstoff i 2015. I dag er det lite produksjon av biodrivstoff i Norge, og det meste importeres fra andre land i Europa. Dette vil medføre en del ekstra kostnader i forhold til blant annet frakt, infrastruktur. Rambøll, en global samfunnsrådgiver innen ingeniørtjenester, har kartlagt de ulike barrierene ved bruk av fornybare alternativer i transportsektoren i Norge [Figur 7]. Dette er en oversikt over livsløpet til biodrivstoffet som er omsatt i Norge, hvor barrierer identifiseres under hvert ledd [92].



Figur 7 - Livsløpet til biodrivstoff omsatt i Norge [92].

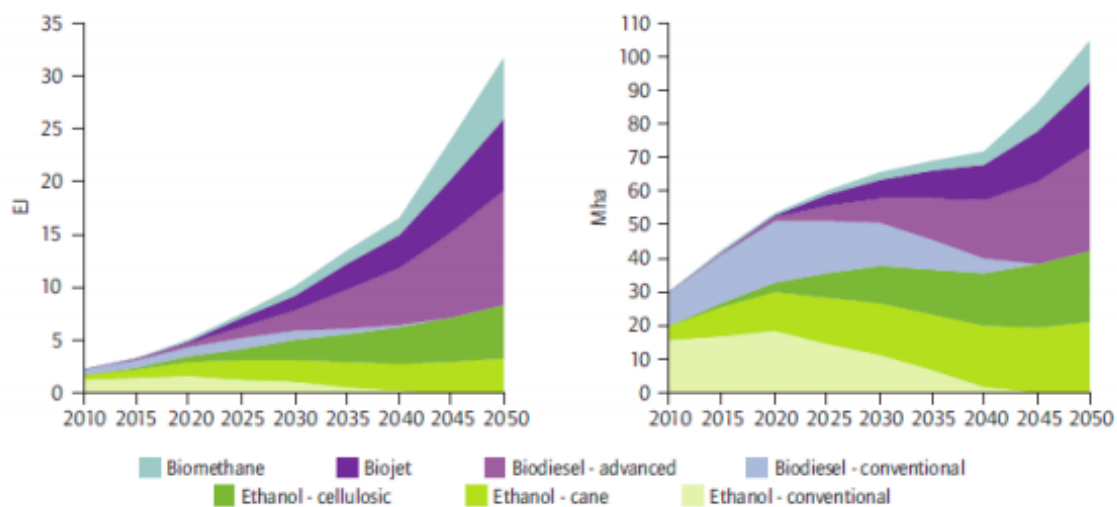
Import av store mengder drivstoff skjer fortrinnsvis over sjø. Skip som frakter fossilt drivstoff er ofte store og har derfor mulighet til å frakte flere produkter samtidig. Dersom de samme installerte tankene kunne bli brukt til å frakte HVO og fossilt drivstoff, ville kostnadene i teorien vært den samme. I praksis blir derimot produktene importert på separate skip fra utenlandske havner.

Per 2015 har det ikke blitt etablert tankanlegg for biodrivstoff i nærheten av fossile raffineri. Dette hindrer muligheten for samlastning med fossilt drivstoff, noe som gir økt fraktkostnad. Om produktet ikke har et høyt nok salgsvolum i Norge, må tankskipene laste alt på samme sted.

Distribueringen innenlands skjer videre med tankbiler. Dette er situasjonen for HVO i dag, og fører til en langt dyrere logistikk, og som i seg selv er lite miljøvennlig [92].

Innføring av nye drivstoff krever investeringer i ny infrastruktur. Eksempelvis vil dette kunne innebære utbygging av ekstra tanker og pumper på fyllestasjoner hvor produktet skal distribueres. Som følge av den dårlige kuldeteransen vil konvensjonelt biodrivstoff, FAME, kreve spesielle tanker og pumper. Dette er ikke tilfelle med HVO. Dersom man investerer i flere pumper enn hva etterspørselen tilsier vil dette kunne ha en negativ økonomisk konsekvens for produktet, og kan være problematisk når man lanserer et nytt produkt slik som HVO [92].

Kostnaden av selve produksjonen vil utgjøre en vesentlig faktor for prisen til sluttproduktet. HVO blir betegnet som et avansert biodrivstoff, hvor produksjonsprosessen er avansert og anlegget er komplekst. Dette gjør at prosessen blir krevende, og kostnadene vil øke sammenlignet med ikke-avanserte biodrivstoff. Hvilket råstoff som blir brukt under produksjon vil også ha noe å si for produksjonskostnadene, og avhenger av tilbud og etterspørsel. I tillegg til dette vil tilsetningsstoffer som hydrogen, katalysatorer og enzymer påvirke det endelige økonomiske utfallet [92].



Figur 8 - Etterspørselen etter biodrivstoff (venstre) og resulterende etterspørsel etter landarealer(høyre) [92].

Tall hentet fra 2015, viser en høyere etterspørsel av HVO enn hva markedet kunne tilby, noe som fører til et monopol på leveranse av bærekraftig, avansert biodrivstoff. Dette bidrar til stigende priser på produktet. Som man kan se i Figur 8 er det ventet en økt etterspørsel etter de ulike biodrivstoffene frem mot 2050, noe som samsvarer med de fremtidige produksjonsplanene i Norge [92].

3.3.3 Produksjon av bioråolje i Norge

Dersom biodrivstoff skal kunne overta for konvensjonelt drivstoff må det produseres mer. En bedrift som ser potensialet i biodrivstoff er trelastkonsernet Bergene Holm, gjennom deres datterselskap Biozin AS, som planlegger et storskalaanlegg for biodrivstoffproduksjon på Åmli i Aust-Agder. Produksjonsanlegget vil bruke om lag 700 000 m³ trevirke og produsere rundt 120 000 m³ bioråolje i året, som senere kan raffineres til drivstoff [93].

Med dagens produksjon utnytter Bergene Holm ca. 50 prosent av hver tømmerstokk som går igjennom anlegget. Biozin AS ønsker å utnytte alt av biprodukter fra sagbruksproduksjonen og skogbruket, som spon, avkapp, flis og bark. Produksjonsmetoden som Biozin benytter seg av baserer seg på en ny metode som garanterer kvalitet og utbytte. Ved å sette trykk og varme på biproduktene får de en blanding av bensin, diesel og parafin. Produksjonen vil i tillegg gi overskuddsvarme som kan bli utnyttet til lokal fjernvarme [94].



Figur 9 - Fra råstoff til biodrivstoff [93].

Biozin har gjennom et samarbeid med det svenske oljeselskapet Preem AB isom vil kjøpe bioråoljen for å gi den en riktig kjemisk innblanding. Preem vil videre stå for distribusjon av produktet illustrert i Figur 9. Samlokalisering av sagbruk og anlegget til Biozin vil skape en mer bærekraftig produksjon av biodrivstoffet, samtidig vil utnyttelse av biomasse fra skogen være et godt alternativ til fossilenergi dersom skogen forvaltes forsvarlig [V.16].

3.3.4 Miljøpåvirkning

For å få en mer korrekt forståelse av hvordan bruk av biodiesel påvirker miljøet har livsløpsanalyse (LCA) blitt et viktig verktøy. En LCA er en studie som tar i betraktning en større del av drivstoffets livsløp [95]. I verste fall vil utslipp knyttet til biodiesel kunne være høyere enn for fossil diesel [96].

«Well-to-wheels analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context» er en rapport som utforsker ulike energibæreres samlede miljøpåvirkning. Rapporten tar hensyn til produksjon, transport, og konvertering av råstoffer, samt distribusjon av det ferdige drivstoffet. Altså drivstoffets livsløp fra råstoff til ferdig drivstoff som kan fylles på tanken (WTT). Klimagass-utslippene til noen aktuelle av de nevnte dieseltypene er oppsummert i Tabell 4.

Drivstoff	WTT ¹⁹ [g CO ₂ -eq/MJ _{fuel}]	TTW ²⁰ [g CO ₂ -eq/MJ _{fuel}]	WTW ²¹ [g CO ₂ -eq/MJ _{fuel}]
Konvensjonell diesel (EN 590)	15,4	73,2	88,6
FAME, rapsolje (EN 14214)	59,6	-	59,6
HVO, palmeolje (EN 15940)	48,6	-	48,6
HVO, talgolje (EN 15940)	24,5	-	24,5
HVO, avfall (EN 15940)	8,1	-	8,1
<i>Rapportene ekskluderer indirekte og direkte utslipp knyttet arealbruksendringer (LUC). Utslipp knyttet til karbonbinding og karbonutslipp til atmosfæren som et resultat av menneskeskapte inngrep [97].</i>			

Tabell 4 - Miljøpåvirkning ved bruk av ulike drivstoff [98].

Disse utslippene vil utgjøre store ulikheter i klimagassutslipp, men er vanskelig å estimere og vil kunne variere mye for samme typer råstoff. Om palmeolje er dyrket på områder som tidligere var urørt regnskog, vil utslippene knyttet til arealbruksendringene alene være på 175,4 g CO₂-eq/MJ_{palm} [99]. Biodrivstoffindustrien er pålagt å forsikre seg om at palmeolje og andre biologiske råstoffer som brukes i produksjonen forvaltes på en bærekraftig måte [100]. Som et resultat av dette vil klimagassutslippene fra palmeoljebasert biodrivstoff være en hel del lavere enn tilfellet nevnt ovenfor.

¹⁹ WWT (Well-to-tank) er en LCA-analyse som tar for seg alle steg fra råvareutvinning til ferdig produkt [196].

²⁰ TTW (Tank-to-wheel) er en LCA-analyse som tar for seg selve forbrenningsprosessen av produktet [196].

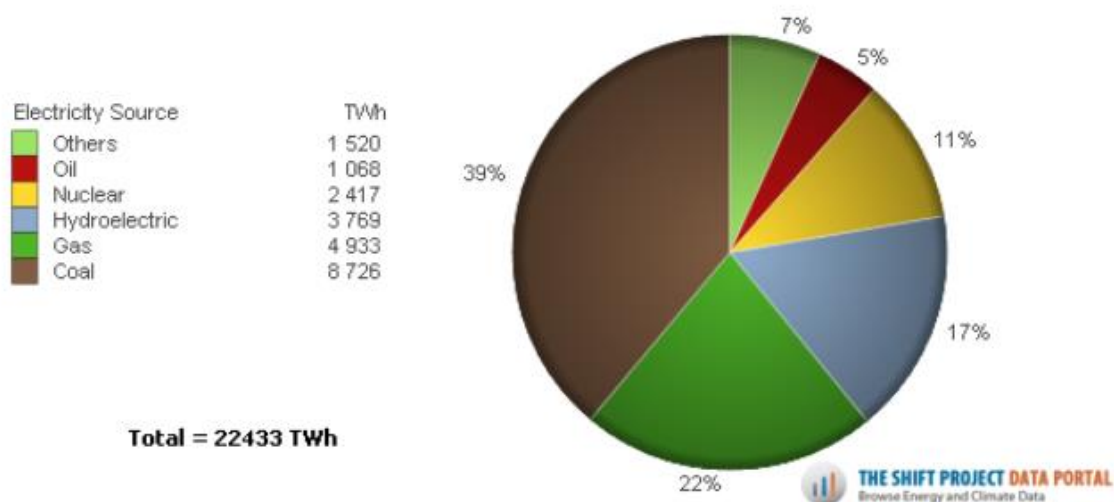
²¹ WTW (Well-to-wheel) er en LCA-analyse som kombinerer WTT og TTW for å få en komplett analyse av produktet fra "vugge til grav" [196].

3.4 Elektrisitet

Når klimapåvirkningen til elektriske kjøretøy skal vurderes er opprinnelsen til strømmen en viktig faktor. Elektrisitet produseres fra ulike kilder alt etter hva som er tilgjengelig, noe som i flere tilfeller fører til bruk av fossil energi.

3.4.1 Ulike energikilder

De 5 største energikildene på global basis er i stigende rekkefølge: olje, atomkraft, vannkraft, gass og kull. De fossile kildene; olje, gass og kull sto for 66 prosent av den totale strømproduksjonen i 2014 [101] [Figur 10]. Fossile kilder har høy energitetthet i tillegg til en formfaktor som gjør det enkel å frakte over store avstander til avsidesliggende kraftverk, fyllestasjoner og lagringsplasser. Fossile kilder forekommer også over store deler av verden, noe som gjør at mange land kan være ulik grad av selvforsynt med energi så lenge reservoarene ikke blir tørrlagt [65].



Figur 10 - Total energiproduksjon 2014 [101].

Kullkraft

På verdensbasis er den vanligste måten å produsere strøm ved bruk av kullkraftverk. Dette krever store mengder energi og arbeid for utvinning i tillegg til at kilden ikke er fornybar. CO₂ utslippet fra produksjon ved kullkraft er også høyest av alle energikilder, hvor ekvivalentene i Europa er 1 119 g per kWh [102]. Gjennomsnittet ligger noe under dette, men er fremdeles høyt sammenlignet med andre store energikilder [103][104]. Kull har en energitetthet som varierer fra 10-27 MJ per kilogram avhengig av kvaliteten på kullet [65].

Forbrenning av kull frigjør stoffer som: SO₂, NO_x, CO, CO₂ og VOC²². Noen av disse stoffene bidrar til økt drivhuseffekt, mens andre er årsaken til lokal forurensing der strømmen produseres [105]. Det er kvaliteten på kullet som avgjør hvor rent det brenner, og mange plasser i verden stilles det ikke krav til hva som brukes for energiproduksjon. Kina varslet i 2013 om at dette vil endre seg [106].

²² VOC står for flyktige organiske forbindelser og er med på å danne bakkenær ozon når det reagerer med nitrogenoksider [197].

Utslipp av svevestøv fra kullkraftverk er et problem, og er årsaken til at mange storbyer i verden er utsatt for store mengder smog [107]. Kina har nylig startet med flere klimasatsinger, og investerer store beløper [108]. Det forskes på teknologi som skal redusere utslippene fra slike kraftverk. Dette inkluderer blant annet CO₂-fangst og mer effektive filter [109].

Olje

Råolje er den mest brukte energikilden i verden, hvor mesteparten brukes til andre formål enn til produksjon av elektrisk energi. Råolje er en bedre kilde til energi enn kull fordi kvaliteten på produktet har mindre variasjoner. Råolje kan også ha fire ganger høyere energitetthet avhengig av kullet det sammenlignes med [65].

Vannkraft

Vannkraft representerer den største kilden til fornybar energi i verden.

Plasser med mye nedbør kombinert med variert topografi som skaper innsjøer og vassdrag gjør det ideelt å produsere strøm med vannkraft. Vannkraft er en effektiv form for strømproduksjon siden Pelton-, Francis- og Kaplan-turbiner alle har en effektivitet på over 90 prosent. Et vannkraftverk har den egenskapen at pådraget av vann kan reguleres slik at effektiviteten og omløpstallet holdes så jevnt som mulig, og bidrar til at det er en effektiv metode selv med varierende vannmengder [110]. I tillegg til at effektiviteten er høy, er vannkraft omtrent det nærmeste man kommer 100 prosent ren energi. CO₂-eq til strøm produsert med vannkraft i Norge er satt til å være 5 g CO₂-eq per kWh [102]. Vannkraft er en kilde til elektrisk energi som krever store investeringer, samt god tilgang på vann og vassdrag. Dermed vil alternative strømkilder bli prioritert både der det er økonomisk vanskelig og der det er lite nedbør.

Strømmiks

Norge sies ofte å ha den reneste energien i verden, men dette er ikke alltid tilfelle da Norge både eksporterer sin rene strøm til andre land ved overskudd og importerer «uren» strøm fra Europa i perioder med lite nedbør. Det siste året har Norge importert 5 741 GWh noe som tilsvarer 4,65 prosent av det totale netto forbruket over ett år [111]. Mengden importert strøm varierer avhengig av årstiden, og betyr at elektriske maskiner og kjøretøy har større klimapåvirkning i vintermånedene. Den importerte strømmen er produsert fra både kull, vind, gass, atomkraft og mer. På grunn av dette er det normalt å bruke CO₂-eq for europeisk strømmiks eller andre standarder istedenfor strøm fra en eneste kilde når beregninger for slike prosjekter gjøres. Et eksempel på en slik standard er Zero Energy Building (ZEB) sitt minstekrav til nullutslippsbygging på 280 g CO₂-eq per kWh. Den norske kraftmiksen har en CO₂ faktor på 16 g CO₂-eq per kWh, og den europeiske lå i 2011 på 345 g CO₂-eq per kWh [102].

Energikilde	g CO ₂ -eq/kWh
Vannkraft	5
Europeisk kullkraft	1119
Norsk miks	16
Europamiks	345
ZEB nullutslipp	280

Tabell 5 - CO₂-eq for diverse energikilder og standarder.

I tillegg til hvordan strømmen produseres er det også et nett-tap som ikke vil kunne unngås. Motstand i strømledninger forårsaker spenningsfall som forårsaker energitap på omtrent 10 prosent [112]. Dette betyr at effektiviteten til elektriske maskiner ikke gjenspeiler hvor mye av den produserte strømmen som faktisk utnyttes.

3.4.2 Innføring av elektriske anleggsmaskiner

På tross av utfordringer forbundet med elektrisk drift har markedet for elektriske anleggsmaskiner eskalert i løpet av de siste årene [113]. ENOVA, Forskningsrådet og Innovasjon Norge har gått inn for å øke fokuset på realisering av utslippsfrie og fossilfrie maskiner, og har derfor etablert et program for teknologiutvikling og klimagassreduksjoner som har fått navnet Pilot-E. Her er det valgt å gi økonomisk støtte til deler av bransjen som er villig til å bytte inn fossildrevne maskiner mot fornybare alternativer. Støtten kan være opp mot 40 prosent av merkostnaden på investeringen [114]. Asko Norge AS, Nasta AS, Norbetong AS og Siemens AS er selskaper som har tatt del i prosjektet og skal hver for seg lede sitt samarbeidsprosjekt for å utvikle el- og hydrogenløsninger. Her er det tunge lastebiler, betongbiler og gravemaskiner som er hovedprioriteringen siden store deler av Norges CO₂-utslipp kommer fra nettopp disse maskinene [115][115].



Figur 11 - Elektrisk gravemaskin fra Hitachi [123].



Figur 12 -Dumperen som skal elektrifiseres fra Komatsu [41].

Frem til 2018 var det kun blitt produsert små og mellomstore maskiner med batteridrift eller kablet løsning. Noen nye lanseringer er en batteridrevet minigraver på 1,9 tonn fra JCB og en 17 tonns elektrisk beltegraver fra Nasta [116][117]. En to tonns beltegraver fra Takeuchi som ble importert 6. desember 2016 var trolig den første batteridrevne gravemaskinen i Norge [118]. Dette viser hvor ny denne teknologien fremdeles er.

Per mai 2018 er det ingen av de store leverandørene; Volvo, Cat eller Hitachi, som kan tilby elektriske maskiner til markedet. Pon, Nasta og Komatsu har derimot prototyper og ferdige produkter som nærmer seg lansering. Det er sannsynlig at man vil se slike maskiner på markedet rundt overgangen 2018/2019. På grunn av økende etterspørsel for mer miljøvennlige løsninger, er det mange leverandører som har valgt å fokusere og investere i utvikling av elektriske maskiner. En av de største usikkerhetene rundt elektrisk drift er om maskinene har stor nok kapasitet til at de kan brukes en hel arbeidsdag. Et motargument er at tradisjonelle maskiner går på tomgang store deler av tiden. Denne tiden kan sees bort fra når forbruket til en elektrisk maskin beregnes ettersom motoren slår seg av når den ikke er under belastning [119]. Reistad fra Skogkurs uttalte seg i anleggsmaskinen i 2016 at reduisering av tomgangskjøring kunne redusere dieselforbruket til anleggsmaskiner med 10 prosent. I flere tilfeller ved ulike anlegg er det observert at anleggsmaskiner kan gå på tomgang opp imot 50 prosent. Det finnes autostoppssystemer i de aller fleste anleggsmaskiner, hvor man velger hvor lenge maskinen skal gå på tomgang før motoren slår seg av automatisk [120].

Det er også mangel på maskiner i størrelsesklasse over 30 tonn, som ofte er å foretrekke på anleggsplasser. Noen av de lanserte prosjektene med tunge elektriske anleggsmaskiner gjøres en beskrivelse av under.

Bellona 30 tonn [113]

Dette er et prosjekt hvor en eksisterende maskin med dieseldrift blir bygget om til batteridrift. Prosjektet har fått støtte av Pilot-E i likhet med et prosjekt som skal elektrifisere en betong-bil og en betongpumpebil. Bellona skriver selv at maskinen skal bli batteridrevet eller koblet til strømkabel, men i en artikkel fra teknisk ukeblad skrives det at maskinen vil kombinere batteridrift med en brenselcelle [121]. Eventuell batteripakke og driftstid er enda ikke kjent, men prosjektet regnes å være ferdigstilt ved årsskiftet 18/19. Totalt har prosjektet fått 8 millioner i støtte hvorav 5 millioner er fra Innovasjon Norge og 3 millioner er fra Forskningsrådet. Prisen på en slik maskin er enda ukjent.

Pon Z-line [119]

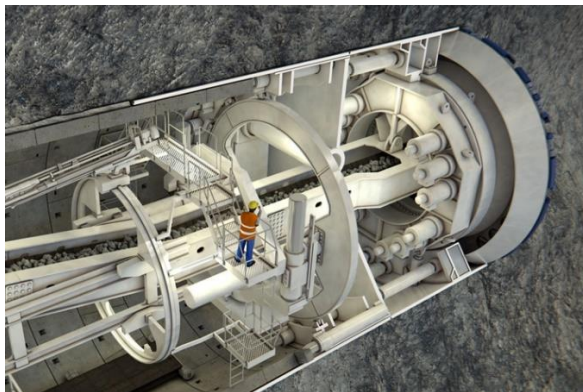
Pon produserer en 25 tonns gravemaskin i Caterpillarserien kalt 323F. En ny fullelektrisk versjon av denne, kalt Z-line, har nylig blitt lansert, og Pon informerer om at maskinen vil testes frem til mars 2018. Foreløpige resultater er lovende, og batteripakken kan gi maskinen en driftstid på 5-7 timer per lading med en ytelse som er på lik linje med den originale dieselutgaven. Med tilkobling til 400V strøm vil batteriet kunne lades for én times bruk per time. Det vil også være støtte for hurtiglading om anleggsplassen kan tilrettelegge for dette hvor 1-2 timer ladning gir fullt batteri. Maskinen har blitt estimert til å ha en levetid på 15 000 til 25 000 timer, noe som overstiger normal utbyttetid på 10 000 timer [V.2]. Veidekke har bestilt den første maskinen, og to ytterlige maskiner ble solgt til Firing og Thorsen under Vei og Anlegg sin anleggsmesse 2.-6. mai 2018 [122]. Prisen er antatt å være 3 ganger så høy som prisen på en konvensjonell maskin [123].

Z-line prosjektet har planer om å elektrifisere flere av maskinene i deres maskinpark. Dette skal være mulig uten store endringer i og med at gruppen har utviklet en løsning som er ned- og oppskalerbar. Det skal gjøres en forstudie utover høsten for å se hvor interessen ligger, fordi det i all hovedsak er kundekrav som bestemmer hva som blir det neste prosjektet [V.14].

Komatsu 45 tonn

Flere sveitsiske selskaper har gått sammen for å bygge om en eksisterende HD 605-7 maskin til elektrisk drift. Maskinen er tiltenkt å brukes i ti år ved en gruve i Biel, Sveits, men det er derimot usikkert om maskinen skal komme på det åpne markedet. Motivasjonen bak utviklingen av maskinen er at den potensielt vil kunne generere mer energi enn den bruker. Dette skal være mulig fordi dumperen er tiltenkt en rute der den skal lastes med 65 tonn før den beveger seg nedover mot depotet. På denne måten kan den genere opp til 10 kWh med overskuddsenergi per rundtur. Batteripakken skal bruke litium-ion av typen nikkell-mangan-kobolt, og skal være på 700 kWh med en vekt på 4 500 kg. Dette blir dermed det største batteridrevne kjøretøyet i verden. Utviklingen av et slikt produkt vil også muliggjøre bruken av store maskiner på områder der lave utslipp er påkrevd. Prisen på en slik maskin skal ifølge en artikkel være flere titalls millioner [124].

TBM (Tunellboremaskin)



Figur 13 -Konseptbilde av «Ulrikke» [125]



Figur 14 - «Ulrikke» bryter gjennom [126]

I tillegg til maskinene i Tabell 12, er tunellbormaskiner et mulig alternativ til den tradisjonelle tunellbyggeprosessen som innebærer drillrigger, borerigger og sprengning. De er i dag brukt en del i utlandet, men i Norge blir de kun brukt i spesielle tilfeller som ofte er relatert til utbygging av jernbanestrekninger. Maskinene er gjerne flere meter i diameter, og krever høye mengder energi. Som eksempel trakk «Ulrikke», en TBM med diameter på 9,33 m, 5600 kW totalt [127].

Fordelen med en TBM er at arbeidet går raskere enn ved sprengning i tillegg til at det er en mer miljøvennlig løsning. Noen av problemene ved bruken er høye startkostnader, utfordringer forbundet med transport og montering og tekniske problemer som kan forekomme under drift. Utslipet til en TBM vil ha direkte sammenheng med opprinnelsen til strømmen som brukes under drift.

3.4.3 Batteriteknologi og elektrisk drift

I dag er det mest vanlig å bruke batterier av typen litium-ion. Mye av grunnen er at litium-batterier har en høy energitetthet på 100-265 Wh per kilogram [128][129]. I en sammenligning gjort med fire forskjellige batterier av lik kapasitet med varierende batterikjemi, kommer litium godt ut. Denne batterikjemien har høy energitetthet, er energieffektiv i bruk og har lavere pris enn de fleste andre kjemiene [130]. Litium-batterier har også lenger levetid enn flere av alternativene, noe som har ført til at produsenter av elektriske biler garanterer opp til 200 000 km kjørelengde i løpet av bilens levetid [131][132].

Utfordringer forbundet med bruk av litium-teknologi i batterier kan oppstå ved både drift og ladning. Dersom batteriet utsettes for høyere temperaturer enn hva det tåler, kan batteriet gå i stykker og i verste fall selvantenne. Ladning ved temperaturer under 0 °C kan også påvirke levetiden til batteriet på en måte som gjør at det vil tåle færre ladesykluser. Slike utfordringer fører til at det er nødvendig med løsninger som ofte krever mye forskning og utvikling [133].

En elektrisk motor har gjerne en virkningsgrad på i overkant 90 prosent, og en forbrenningsmotor drevet på diesel kan under optimale forhold oppnå 45 prosent [134]. Grunnet at arbeidsmengden er svært varierende i tillegg til aldrende maskinparker, kan 40 prosent bli betegnet som mer realistisk [135].

Pon har oppgitt at den elektriske maskinen deres vil ha en kapasitet på rundt 400 kWh [V.14]. Dette er en kapasitet som har blitt dimensjonert ut ifra dagens dieselforbruk ved mindre krevende jobber som vann og anleggsarbeid. Batteriene som brukes i elektriske anleggsmaskiner stiller høyere krav til sikkerhet enn standard batteripakker, som ikke er motstandsdyktige nok mot slag og vibrasjoner, i tillegg til lange økter med maks ytelse som kan forekomme ved anleggsarbeid [136]. Eivind Hafslund fra Pon skriver at alle maskiner på anleggsplasser ansees som «Heavy Duty», og at Pon må dimensjonere alle maskiner for å tåle en sjokkbelastning på 10 G_{rms}²³ noe som også betyr bruk av sikre batterier. De må også dimensjonere batteriene slik at tilgjengelig kapasitet er 85 prosent av bruttokapasiteten, da de ikke kan lades helt opp eller helt ut [V.14].

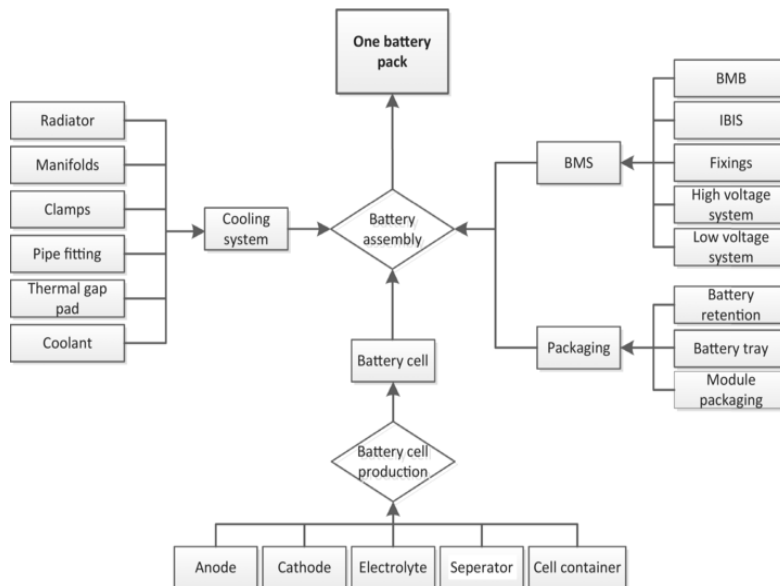
3.4.4 LCA batteriproduksjon

Det er vanskelig å forutse hvilke batteriteknologier som vil bli brukt i de ulike anleggsmaskinene, men det er høy sannsynlighet for at det blir en litium-kombinasjon. Vi ser på og sammenligner et utvalg av LCA analyser som har blitt gjort på dette området de siste årene. Det er oppgitt at batteriene som brukes i anleggsmaskiner må være «Heavy Duty», som kan bety andre metoder for produksjon og dermed også avvikende tall fra det som er riktig for vanlige batteripakker.

En LCA av York University fokuserer hovedsakelig på drivhusgassutslipp og miljøpåvirkning deretter. Metoden her involverer analyse fra krybbe til vei. Batteriet er 26,6 kWh og av typen Li(Ni_xCo_yMn_z)O₂. For å finne utslippene fra battericelleproduksjonen ble det brukt en strømmiks fra 46 prosent kull, 33 prosent atomkraft, 15 prosent gass, 4,4 prosent olje, 1,4 prosent vann, 0,15 prosent vind, 0,12 prosent solkraft, og 0,044 prosent avfallsforbrenning.

²³ Et mål på styrken til vibrasjoner [198]

Monteringen av selve batteriet ble gjort i Norge av Miljøbil Grenland og transporten fra Øst-Asia til Europa skjedde ved bruk av trailer og lasteskip. Tallene for transport ble hentet fra Ecoinvent Centre 2010 og baserer seg på anbefalte verdier herfra. Ved å se på alle punkter ved produksjon, transport og utvinning kommer de frem til at batteripakken gjennomsnittlig vil medføre et utslipp på 4 580 kg CO₂-eq. Dette vil bety et utslipp på 172,2 kg per kWh [137]. Flytdiagrammet for batteriproduksjonen som er analysert kan man se i figur 15.



Figur 15: Flytdiagram [137].

En annen LCA ser på batteriet av typen litium-ion i en elektrisk Ford Focus med kapasitet på 24 kWh. Rapporten konkluderte med at batteriproduksjonen sto for 45 prosent av utslippene under produksjonen. Totalt vil produksjonen av et slikt batteri tilføre 3,4 tonn CO₂ til atmosfæren, noe som tilsvarer 140 kg per kWh. Dette vil medføre at en elektrisk bil vil få 39 prosent høyere utslipp i løpet av produksjonen enn en tilsvarende Ford Focus med tradisjonell forbrenningsmotor [138].

I en siste LCA analyse fra Yale University sammenlignes 2 batterier av typen LiFePO₄ og LiNCM hvor begge er 24 kWh. I likhet med andre LCA'er sier denne rapporten at om lag halvparten av utslippene som er relatert med produksjonen av bilen kommer av batteripakken. Estimaten her er at produksjonen av elbilen vil stå for 87 – 95 gram CO₂ per kilometer, hvor 150 000 km blir brukt som levetid. Ved å bruke disse tallene finner man at totalt utslipp fra produksjonen ligger på omtrent 13 050 – 14 250 kg. Analysen sier at 35-41 prosent av dette er fra batteriproduksjonen og batteriet er 24 kWh. Ved å bruke gjennomsnittet på begge disse verdiene vil det bety et utslipp på 216 kg per kWh. I denne LCA'en blir det derimot nevnt at andre analyser har svært varierende verdier for akkurat hvor stort utslippet er per kWh produsert kapasitet [139].

3.4.5 Økonomisk aspekt

Strømpris varierer med årstid, nedbør og flere andre variabler. Det er hovedsakelig strømprisen som bestemmer om elektrisk drift lønner seg i lengden. Prisen på elektrisk energi er 0,556 kr per kWh. Denne prisen inkluderer ikke avgifter som kan komme i tillegg til fast strømpris og nettleie, men er kun et snitt for strømpriser som anleggsplasser måtte betale i 2016 [140].

Det er derimot investeringskostnadene som er den største enkeltutgiften i et slikt prosjekt. Batteriene som brukes i Pon sin oppkommende gravemaskin kalles «Heavy Duty», uten at mer konkrete spesifikasjoner er oppgitt annet enn en pris på omtrent 600 euro eller 5762kr per kWh [136][119]. Denne prisen er mange ganger høyere enn prisen på batterier for vanlige elbiler i dag, som synker under 200 dollar eller 1 600 kr per kWh [141][142][143]. Med disse prisene betyr det at totalprisen på en batteripakke på 400 kWh ligger på 240 000 euro eller 2,3 millioner norske kroner (kurs fra 03.05.18). Dette er hovedgrunnen til at en slik gravemaskin vil koste rundt 3 ganger mer enn sin dieseldrevne motpart [123].

I en e-post fra Prosjektleder Eivind Hafslund i Pon, sier han at prisene som noen bilprodusenter oppgir sannsynligvis er lavere enn det som er realitet, men at en tilsvarende prisreduksjon disse batteriene har sett kun kan skje om det kommer disruptiv teknologi på batterifronten [V.14].

3.5 Hydrogen

Hydrogen er det grunnstoffet det finnes mest av i universet. Hydrogen defineres som en energibærer, og ikke en energikilde ettersom det må fremstilles og ikke finnes fritt i naturen. Hydrogen kan erstatte fossile energibærere, og har stort potensial innen blant annet transport, oppvarming, og ved fremstilling av elektrisitet [144].

3.5.1 Lagring og produksjon

Hydrogen kan framstilles ved elektrolyse. Dette er en prosess hvor, enkelt forklart, bindingene mellom hydrogen og oksygen brytes ved tilførsel av elektrisk energi, og gassene skilles fra hverandre. [145].

Energien som blir benyttet ved fremstillingen av hydrogen kan produseres fra både fornybare og fossile kilder. Når det gjelder fremstilling basert på fornybare energikilder er det i dag blant annet alternativer som solenergi, vannkraft vindkraft og geotermisk energi. Fossile energikilder som blir benyttet til fremstilling av hydrogen er fra naturgass og råolje. Hydrogen som energibærer har mulighet til å lagre overskuddskraften blant annet ved overskudd av energi ved vindfulle eller solrike dager. Overskuddsenergien blir gjennom elektrolyse konvertert til hydrogen, og kan dermed lagres og benyttes på et senere tidspunkt [145].

Hydrogen kan lagres i 3 tilstander: væskeform, gass under trykk, eller i fast form som metallhybrider²⁴. Til stasjonær lagring blir hydrogen oppbevart i ståltanker, vanligvis i gassform ettersom kravene til energitetthet er lavere for slike tilfeller. For mobil lagring av hydrogen er vekt viktig og derfor brukes ofte komposittanker. For slike forhold er komprimert hydrogen i gassform (700 bar) et godt alternativ, men væskeform (-253°C) benyttes også [146].

Det forskes i dag på lagring av Hydrogen i fast form. Dette ansees av mange som et godt alternativ for å gjøre hydrogen konkurransedyktig i forhold til andre energibærere. I fast form vil hydrogen kunne lagres uten behov for høy trykksetting eller kraftig nedkjøling på en sikkert og kompakt måte, samtidig som det kan hentes ut ved behov [146].

3.5.2 Muligheter

Norsk industri har opparbeidet seg god kompetanse knyttet til hydrogenteknologi. Det norske selskapet NEL tilbyr løsninger innen hydrogenfyllestasjoner og hydrogenteknologi. Et annet norsk selskap er Hexagon Composites, som er verdensledende innen komposittanker til hydrogenlagring [147][148].

Norge har store ressurser tilknyttet vannkraftproduksjon, og gjennom å benytte elektrolyse til å produsere hydrogen vil man kunne benytte seg av overskuddsenergien. I transportsektoren er det muligheter ved å innføre hydrogenteknologi i store kjøretøy som busser og lastebiler, samt ferger og biler. Statoil er ett av selskapene som ser på mulighetene ved å innføre en storstilt produksjon og eksport av hydrogen knyttet til naturgass og CO₂-håndtering [149].

²⁴ Metallhybrid er en forbindelse mellom hydrogen og et eller flere ulike metaller [199].

3.5.3 Utfordringer

Utviklingen av hydrogeninfrastruktur og brenselcelleteknologi har enda ikke kommet langt nok til å implementeres i anleggsvirksomheten, og en avgjørende faktor for bruk av hydrogendrevne maskiner i fremtiden er prisutviklingen på brenselceller [150].

Kostnaden for hydrogen vil variere ut fra hvordan den er produsert, og reformering av naturgass er den billigste og mest brukte måten å fremstille hydrogen på i dag. Bjørn Simonsen, direktør for forretningsutvikling og samfunnskontakt i Nel Hydrogen har uttalt «Utfordringen for transportbransjen vil det være å få på plass de første hydrogenstasjonene, og industrien er avhengig av å få tilgang på billig nok elektrisitet» (vår oversettelse) [V.14].

3.5.4 Infrastruktur

Praxar, Airliquid og AGA er eksempler på gasselskap som leverer hydrogen i Norge i dag [V.14]. Det finnes 9 hydrogenstasjoner som er i drift per 22. des 2017, og 3 som er i etableringsfasen [151]. I tilfeller hvor fyllestasjonen ikke er lokalisert der hvor hydrogenet er produsert, blir det nødvendig med transport. Dette foregår enten gjennom rørledninger eller ved bruk av tankbiler. En stor utfordring når hydrogen skal transporteres er den lave volumtettheten. Ved trykk på 1 atmosfære opptar 1 kg hydrogen et volum på 11 000 liter, mens samme energimengde for bensin bare opptar på 3,8 liter. Dette gjør det nødvendig å øke trykket eller senke temperaturen før transport av hydrogen. En tommelfingerregel for hydrogenkjøretøy er at 1 kg ren hydrogen tilsvarer 100 km rekkevidde for et kjøretøy hvor fordelen med brenselcelle kontra elektriske kjøretøy er tiden det tar å lade/fylle.[152].

3.5.5 Innføring av hydrogen-maskiner

Brenselcelle til anleggsmaskiner finnes i dag kun i et begrenset antall, og det er helst pilotprosjekter og konseptmaskiner. Anleggsmaskiner som finnes som pilotprosjekter er blant annet traktoren New Holland NH₂, en ombygd Hitachi-gravemaskin basert på batterielektrisk og hydrogen som er ledet av maskinleverandøren Nasta. Gravemaskinen vil være på 30 tonn, og det er anslått at en slik gravemaskin vil kunne spare miljøet for et årlig klimagassutslipp på omtrent 100 tonn CO₂ -eq [153]. En av utfordring på en anleggsplass er tilgang på strøm, og i dag løser man det med å benytte dieselaggregater. PowUnit er et selskap som holder til i Norge og utvikler i disse dager et aggregat som skal være basert på hydrogen. PowUnit sitt overordnede mål er å tilby «ren energi over alt» og vil tilby mobile energiløsninger fra 5-500 kW basert på hydrogen som energibærer, primærmålgruppen vil være bygg- og anleggsbransjen [154]. TCP Ltd er et britisk selskap som tilbyr kommersielle hydrogenløsninger til anleggsindustrien. TCP Ltd har utviklet et lystårn som bruker hydrogen til å produsere strøm, og som med 4 stk. 300 bars hydrogenflasker kan operere i inntil 120 timer [155].

4 FORSKERSPØRSMÅL

Hvilke muligheter og utfordringer står industrien overfor ved innføring av en fossilfri anleggsplass?

- Hvilke alternativer eksisterer i dag, og hvordan er fremtidige muligheter for å realisere fossilfrie anleggsplasser?
- Hvor stort er det miljømessige forbedringspotensialet ved å gå over til fossilfrie løsninger, og hvilke økonomiske konsekvenser vil dette medføre?
- Hvilke tiltak må iverksettes for å normalisere forekomsten av fossilfrie anleggsplasser i Norge?

4.1 Problemformulering

En betydelig del av klimagassene som slippes ut i Norge er på grunn av anleggsvirksomhet, og bruken av fossile drivstoff er mye av årsaken til dette. Innføring av fornybare drivstoff i denne sektoren vil derfor ha et stort potensial i forhold til reduksjon av klimagassutslipp, noe som verdsettes høyt står i Norge i dag. Dette reduksjonspotensialet er motivasjonen bak denne oppgaven, hvor temaet er fossilfrie anleggsplasser. Hovedfokuset vil være på alternativene som finnes i dag, på problemstillingen rundt innføringen av disse, og på konsekvensene som vil følge med en slik innføring.

For å avdekke hvor stor reduksjon i klimagassutslipp en slik omstilling vil kunne medføre har det blitt satt opp en case med tall fra et reelt prosjekt. Da er Nye Veier sin veistrekning mellom Tvedestrand og Arendal, hvor AF Gruppen er totalentreprenør, blitt valgt. Det å bytte ut konvensjonell diesel med HVO har allerede blitt gjort ved Sam Eyde Videregående skole. Erfaringene de gjorde seg har også blitt tatt med som en case i oppgaven, hvor hensikten var å bygge opp rundt faktumet at en slik omstilling vil være mulig. Casene vil kunne relateres til hverandre ettersom noen av maskinene ved den videregående skolen er anleggsmaskiner.

4.2 Avgrensning

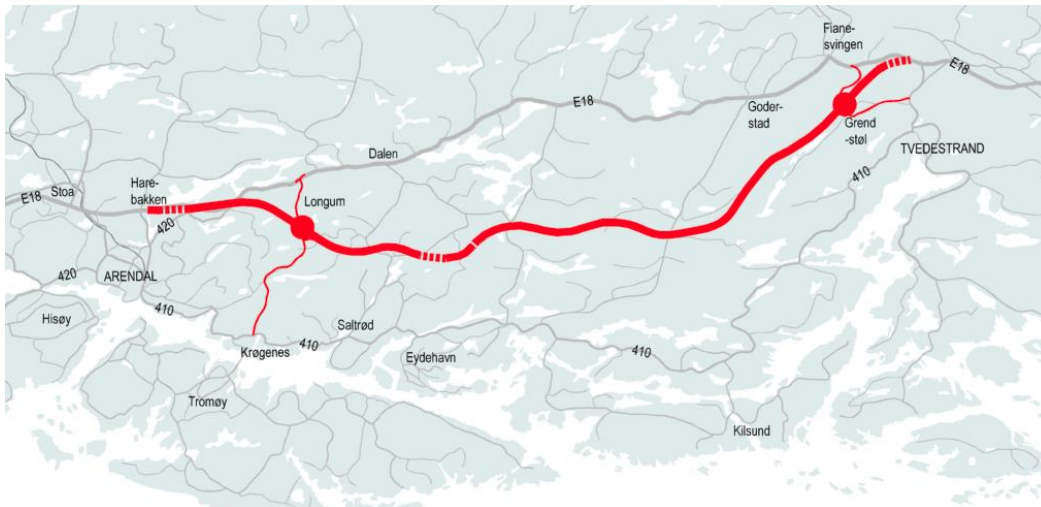
Ved anleggsplasser vil det være høye utslipp av klimagasser, der bruk av konvensjonelt drivstoff vil stå for en betydelig andel. I denne oppgaven vil bare klimagassutslippene knyttet til selve drivstoffene, og til produksjonen av batteripakkene tas i betraktning.

E18-strekningen Tvedestrand - Arendal er et av Norges mest omfattende veiprojekter gjennom tidene, som periodevis vil ha en maskinpark på over 300 maskiner. Antallet vil variere i løpet av prosjektet, og på grunn av dette vil bare forbruket av AF Gruppen sine egne anleggsmaskiner tas i betraktning i casen. Forbruk fra personbiler, aggregater, vibroplater osv. vil sees bort fra.

I casen som omhandler Sam Eyde vgs vil bare anleggsmaskinene i maskinparken deres tas hensyn til, ettersom busser og lastebiler vil være utenfor oppgavens avgrensninger.

5 CASE

5.1 Prosjektbeskrivelse E18 Arendal-Tvedestrand



Figur 16 - Prosjektomfang E18 Arendal-Tvedestrand [42] [156].

AF Gruppen vant anbudet som totalentreprenør for E18 prosjektet mellom Arendal og Tvedestrand. Planleggingen av veistrekningen begynte allerede i 2012, og dersom alt går i henhold til planen vil prosjektet være ferdigstilt høsten 2019. Prosjektet strekker seg over 23 kilometer, og omfatter fire tunneller og 23 broer. Omtrent 600 personer er sysselsatt, og det er estimert at over 10 millioner kubikk masse skal forflyttes i løpet av prosjektet. Underentreprenører som er engasjert er Kruse Smith (broer og betong) og Otera (alt av elektrotjerner), mens Norconsult bidrar med rådgivning. [157].

Kontrakten på prosjektet er verdt over tre milliarder kroner, og setter ifølge bygg.no sine nettsider maskinrekord med over 300 anleggsmaskiner. AF Gruppen står selv for 155 av disse maskinene. Mer informasjon fremgår fra Tabell 6 [158].

Fakta om prosjektet

Prosjekttype	Samferdsel og underjord
Entreprenørform	Totalentreprenør
Byggherre	Nye Veier
Totalentreprenør	AF Gruppen
Budsjett	3 200 millioner
Varighet	Januar 2017 – Oktober 2019
Strekning	Arendal – Tvedestrand
Distanse	23 km
Ansatte	600
Kubikkmasse	10 millioner
Antall broer	27
Antall tunneller	4
Antall maskiner	Ca. 300

Tabell 6 - Fakta om E18 prosjektet mellom Arendal og Tvedestrand [156].

De aller fleste maskinene som brukes under prosjektet er dieseldrevne med kun et fåtall elektriske maskiner. Hovedsakelig drillrigger, tårnkranner og lifter. Tilgangen på elektrisitet er dårlig flere steder ved prosjektet, og da må dieselaggregater tas i bruk for å drifte disse maskinene. I følge AF Gruppen er det flere grunner for at det er så få maskiner som bruker fornybare energikilder, men at hovedproblemene er den dårlige tilgjengeligheten, de økonomiske konsekvensene, og det begrensede servicetilbudet. Konvensjonell diesel er i dag et rimeligere alternativ enn HVO, og i kontrakten med Nye Veier var budsjettet stramt, slik at dette ikke ble aktuelt. Deler av prosjektet er lokalisert på veldig avsidesliggende områder hvor tilgangen på strøm kan være problematisk. Dette gjør at bruken av elektriske maskiner har vært begrenset. Tilgangen på sertifiserte fagfolk innen elektrisitet og biodrivstoff er også begrenset, og gjør det problematisk for entreprenørene om en komplikasjon skulle oppstå ved en av deres maskiner (AF Gruppen) [V.2].

I følge AF Gruppen brukes det omtrent 50 000 liter diesel ved prosjektet hver dag. I starten av prosjektet gikk AF Gruppen til innkjøp av flere nye maskiner, noe som betyr at snittalderen på maskinparken er relativt lav. Listen over anleggsmaskinene til AF Gruppen er konkret, hvor det er sett vekk fra pickups grunnet avgrensningen av oppgaven. Tabell 7 viser en grov oversikt over maskinene.

Maskintype	Antall
Gravemaskin	32
Dumper	49
Hjullaster	14
Motorgrader	8
Traktor	26
Valser	12
Drillrigg	12
Gjenvinningsmaskin	2

Tabell 7 - Grov oversikt over maskinparken til AF Gruppen [V.5].

5.1.1 Reduksjon av utslipp på prosjekter per i dag

I løpet av prosjektet ble det gjennomført et telefonmøte med rådgiver for ytre miljø i Nye Veier, Magnus Thomassen, angående mulige tiltak for å realisere fossilfrie anleggsplasser i fremtiden. I følge Thomassen settes det ikke spesifikke krav til å velge fossilfrie løsninger under deres prosjekter i dag, men at de oppfordrer til å redusere miljøpåvirkningene så mye som mulig. Ifølge Thomassen bruker Nye Veier BVP når de setter opp anskaffelser på sine prosjekter. Miljø var ett av fem prestasjonsmål ved anskaffelsen. Nye Veier ønsker ikke å sette spesifikke krav om hvilke miljøfremmende tiltak som skal gjøres, men utfordrer entreprenørene selv til å komme med forslag til hvordan miljøpåvirkningene kan bli så lave som mulig [V.3].

Thomassen forteller videre at det entreprenører i de fleste tilfeller velger å fokusere på, er å redusere miljøpåvirkninger forbundet med materialbruk fremfor drivstofforbruk. Herunder er det ofte sprenging, frostsikring og valg av betong er som ofte prioriteres. Det ser ikke ut til at det blir noe krav om fossilfrie anleggsmaskiner ved deres prosjekter i nærmeste fremtid, mye på grunn av at dette ikke viser seg å ha stort nok miljømessig reduksjonspotensial i forhold til kostnadene det vil medføre [V.3].

5.1.2 Tiltak gjort av AF Gruppen

AF Gruppen sto for innkjøp av en stor del av sin maskinpark ved begynnelsen av E18-prosjektet. Dette gjør at maskinparken til AF Gruppen sin snittalder er omtrent 1 år gammel (2016). En ordinær anleggsmaskin har en levetid på omtrent 10 000 timer. Dette vil si at maskinparken må oppdateres hvert 3-4 år, og gjør det lite problematisk for anleggsvirksomheten å fornye teknologien i sin maskinpark. Under et møte med hovedentreprenørene kom det derimot frem at den fossilfrie teknologien ikke var kommet langt nok i henhold til anleggsvirksomheten til at det var mulig for dem å ta ny fossilfri teknologi i bruk. I dag har AF Gruppen et fåtall elektriske maskiner, og nyttiggjør ikke HVO som drivstoff [157]. Totalentreprenøren tenker derimot mye på miljø, og prøver å jobbe så bærekraftig som det lar seg gjøre innenfor sitt budsjett og tidskjema. Dette har de fått frem i prosjektet ved å sette opp miljøfremmende tiltak som for eksempel bruk av minst mulig ressurser hvor det er mulig, økokjøringskurs for de ansatte, fremme den nyeste teknologien innen maskinparken og velge store dimensjoner.

I tillegg til dette, prioriterer AF Gruppen å fornye maskinparken sin til den siste versjonen på markedet så godt det lar seg gjøre. Dette gjør at standarden på de ulike maskinene stort sett er Stage IV, med noen få unntak. Ut fra listen over maskinparken som er mottatt av AF Gruppen, viser det seg at 101 av 155 maskiner har den nyeste standarden. Dette betyr at 65 prosent av maskinparken til hovedentreprenøren har Stage IV. Egenskapene ved de ulike stegene er beskrevet i kapittel 3.2.3.

AF Gruppen har også lagt vekt på store dimensjoner i deres maskinpark, istedenfor mindre og flere maskiner. Dette er for å flytte større og mer masse per enhet, noe som resulterer i en større mengde kg per liter forbrent diesel.

Ved et uformelt intervju gjort med AF Gruppen tidlig i prosjektperioden, kom det frem at entreprenørene er engasjert i å forbedre sine klimavennlige tiltak, men er usikre på om dette vil kunne gjennomføres i praksis. For det første har de et budsjett som må følges fra deres prosjektgiver, Nye Veier, og er derfor relativt økonomisk låst. Under intervjuet ble det spurt om hvorfor HVO ikke ble brukt som drivstoff, hvor leder fra ytre miljø responderte med: *«Dette ville sprengt drivstoffbudsjettet som er avtalt med vår prosjektgiver, Nye Veier, men vi kan jo håpe at HVO blir en del av kravspeken i neste prosjekt»* [Pia Kruse, leder for ytre miljø, AF Gruppen].

Med en høyere HVO-pris i forhold til konvensjonell diesel, blir det urealistisk å velge HVO for å fremme miljøet ovenfor det økonomiske prospektet i et slikt prosjekt. Prosjektet mellom Arendal og Tvedestrand befinner seg på områder hvor det til tider er dårlig tilgang på strøm, og gjør det vanskelig å ta i bruk maskiner som krever dette. Det er heller ikke kommet noen gode løsninger til batteripakke når en alminnelig arbeidsdag på E18 er mellom 10-12 timer. Service-tilbudet til alternative maskiner har også en stor rolle for å kunne velge slike muligheter. Om det skulle være problem med en av maskinene, er hovedentreprenørene avhengig av å få oppfølging raskt slik at de kan fortsette arbeidet for å holde tidsskjema. Dette har de derimot hatt dårlige erfaringer med fra tidligere prosjekter [AF Gruppen].

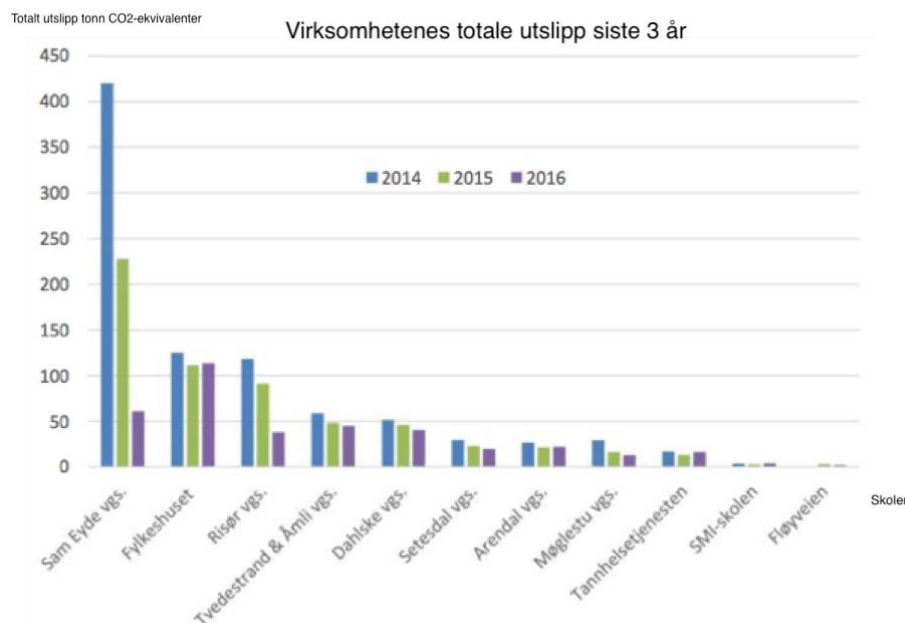
5.1.3 Feilkilder

Dieselforbruket ved E18 strekningen mellom Arendal og Tvedestrand er estimert til å være 50 000 liter pr dag gjennom hele prosjektet, hvor en arbeidsdag anslås å være på 12 timer. Forbrukstallet som blir brukt baserer seg på et nåværende anslag, som vil kunne være unøyaktig ettersom veistrekningen ikke er ferdigstilt. Beregningene gjort i oppgaven tar utgangspunkt i at alle maskinene til AF Gruppen er brukt hver dag og ekskluderer aggregater, personbiler og lignende utslippsposter. Ved beregningene av elektrisk drift, er det flere estimer som er blitt gjort. Dette er for å kunne gjennomføre beregninger når mangel på informasjon har vært et tilfelle. Effektivitetsforholdet mellom fossil og elektrisk drift er grovt estimert. I tillegg til dette er prisen på elektrisiteten som brukes kun et gjennomsnitt fra tidligere prosjekter, og dimensjonering av batteripakker for store maskiner er fremdeles ukjent og må dermed beregnes ut ifra estimert forbruk. Resultater for elektrisk drift har tatt utgangspunkt i at det resterende forbruket dekkes med bruk av HVO. Kostnad for elektriske maskiner er begrenset til batterikostnadene, og samme pris per kWh kapasitet er brukt uavhengig av maskinen som erstattes, siden alle maskiner regnes som «Heavy Duty».

5.2 Sam Eyde videregående skole

Sam Eyde videregående skole er en skole som blant annet tilbyr yrkeslinjer for yrkessjåfør-utdanning, anleggsmaskin-mekaniker og anleggs-fører. Skolen har omtrent 1 350 elever og utdanner årlig 60 yrkessjåfører [159].

Skolens visjon er å skape «Fornybar kunnskap, energi for livet», noe som kommer tydelig frem i skolens satsning for å redusere klimagassutslipp. Gjennom utskiftninger av maskiner, flytting til nye skolelokaler og overgang til biodiesel reduserte skolen i 2016 klimagassutslippene med omtrent 365 tonn CO₂-eq sammenlignet med 2014 [160]. I forhold til andre skoler i Aust-Agder har utslippene fra Sam Eyde blitt redusert betraktelig [Figur 17].



Figur 17 - Virksomhetenes totale utslipp siste 3 år (tonn CO₂-ekvivalenter klimagassutslipp) [114].

Fylkestinget i Aust-Agder vedtok i 2014 følgende: «...Fylkestinget ønsker å prioritere tiltak som reduserer klimagassutslippene og dermed også behovene for å kjøpe klimakvoter for å oppnå klimanøytralitet» [161]. Fylkestingets vedtak var en medvirkende faktor til at Sam Eyde videregående prøvde ut biodieselen FAME (B30). Utprøvingen av FAME startet i begynnelsen av 2015, men varte bare et halvt år. Grunnen til dette var blant annet at flere av produsentene kun tillot bruk av konvensjonell diesel, EN 590. En annen medvirkende årsak var at dieselhygiene og kuldeegenskapene viste seg å være problematiske, samt at det ble oppdaget etseskader på noen av motorene [V.10].

Sam Eyde videregående skole har siden oktober 2015 kjørt hele deres bil- og maskinpark på HVO100 (EN 15940). Følgende maskiner har blitt kjørt på HVO:

Maskintype	Antall
Hjullaster	5
Beltegraver	17
Gravelaster	1
Dumper	8
Doser	2
Veghøvel	1
Traktor	4
Hydr. Borevogn	1
Drill Rig	2
Sikteverk	1

Tabell 8 - Grov oversikt maskinpark Sam Eyde [V.12].

I løpet av perioden der HVO er blitt benyttet, har det vært et totalt forbruk på 350 000 liter. Det har ikke forekommet noen driftsforstyrrelser som kan relateres til drivstoffet i løpet av denne perioden. Tidligere hadde det blitt erfart problemer ved kaldstartegenskapene til maskinene, da de gikk på diesel. Spesielt etter ferier da de hadde stått ubrukt over lengre perioder. Etter juleferien 2017, ble det ikke registrert noe kaldstart-problemer, da benyttet skolen HVO på sine maskiner. Det har blitt observert en betydelig renere eksos på eldre maskiner i forhold til ved bruk av konvensjonell diesel. Skolen har to stk. stasjonære lagringstanker på henholdsvis 30 m³ og 15 m³, og 5 stk. mindre mobile tanker tiltenkt til transport. Den største av de stasjonære tankene er tilrettelagt for å kunne brukes til FAME, noe som innebære at den er nedgravd, har ekstra isolasjon og er installert med varmeelement for bruk ved lave temperaturer. Det er fortsatt en del motorprodusenter som ikke godkjenner HVO listet opp i Tabell 9 [V.1].

Produsent	Tillater bruk av HVO (EN 15940)	Ikke åpnet for bruk av HVO (EN 15940)
Catepillar	✓*	
Kubata		✓
Volvo	✓	
Komatsu	✓	
Scania	✓	
Mercedes	✓	
Bomag		✓
Massey Ferguson	✓	
Bobcat		✓
John Deere	✓	
JCB		✓
Hitachi		✓
* Catepillar tillater bruk av HVO (EN 15940) på alle motorer produsert de siste 20 år		

Tabell 9 - Oversikt over hvilke produsenter som tillater og ikke har åpnet for bruk av HVO (EN 15940) [V.10].

Tilgjengeligheten for HVO til Sam Eyde videregående skole var ved prosjektets oppstart begrenset, da det kun var ECO-1 som kunne tilby HVO ved dette tidspunktet. Senere har derimot både Statoil og Shell gjennom ST1 begynt å tilby produktet til markedet. I Aust-Agder er det foreløpig bare Circle K på Kjæringsland som tilbyr HVO på pumpe. En begrensende faktor hos drivstoffleverandører ved levering av HVO er økonomisk gevinst, da drivstoffleverandørene fortsatt har de beste fortjenestemarginene på fossilt drivstoff. For at andre drivstoffleverandører skal kunne tilby HVO er en bevisst offentlig og privat innkjøpspolitikk nødvendig. I tillegg er utviklingen av en funksjonell infrastruktur for leveranser en avgjørende faktor [V.10].

Odd Arne Sjøberg, avdelingsleder på Sam Eyde og landslinjekoordinator i anleggsteknikk, sier at erfaringene til Sam Eyde videregående skole er at bruks- og lagringsegenskapene er like gode for HVO som for konvensjonell diesel, men at leveringspresisjonen er dårligere. Han nevner videre at fornybarhetsdirektivet begrenser utvalget av råvarer til produksjon av HVO, og er derfor prisdrivende [V.1].

Aust-Agder fylkesting vedtok i 2016 følgende: «Aust-Agder skal i forhold til 2015 redusere utslippene av klimagasser fra egen virksomhet med 45 prosent innen 2020 og 75 prosent innen 2030» (sak 16/72). Veien videre for skolen for å imøtekomme vedtaket er å anskaffe følgende kjøretøy til undervisningen: El-gaffeltruck, El-buss til kjøreskoleopplæring, hybrid lastebil og ladeutstyr til el-bus og el-gaffeltruck [159].

6 METODE

Dette kapittelet inneholder en oversikt over metodikken som er brukt ved innhenting av informasjon. Et grunnleggende skille ved datainnsamling går mellom primær og sekundær data. Ved primær datainnsamling anskaffes informasjon selv, mens sekundær datainnsamling går ut på å hente informasjon som andre har samlet inn [162]. Temaet for oppgaven er veldig nytt og lite utprøvd. På grunn av dette vil tilgangen på relevant sekundærdata innenfor noen interesseområder være veldig begrenset. I slike tilfeller har metoder for primær datainnsamling blitt tatt i bruk, med hensikt å øke *validiteten* og *reliabiliteten* ved besvaringen av forskerspørsmålet og de operasjonelle underspørsmålene.

6.1 Valg av metode

Målet med oppgaven er å fremskaffe informasjon og undersøke potensialet ved innføring av fossilfri og utslippsfri alternativer til anleggsbransjen. Dersom gruppen skal komme frem til en god konklusjon er det viktig å velge korrekt metode.

Innledningsvis i bachelorprosessen har informasjonsinnhenting ved hjelp av ett litteraturstudie blitt benyttet. I rapportens tidligfase ble det også foretatt informasjonsinnhenting via personlig kommunikasjon som e-post, direkte tale og telefonsamtaler, noe som bidro til at det tidlig ble opprettet kontakt med sentrale aktører i industrien.

Gjennom prosjektperioden har gruppen vært inkludert i Nye Veier samarbeidet, som har tilbudt veiledningstimer annenhver uke hvor flere studenter og veiledere var til stede. Hensikten med felles veiledningstime var å lære av hverandre, både tematisk og når det gjaldt prosessen for hvordan skrivingen skulle foregå. I veiledningstimen har tema for uken blitt presentert, hvor det har blitt gitt konsise og konstruktive tilbakemeldinger fra opponentene. Gjennom en workshop arrangert av Universitetet i Agder og Nye Veier, fikk gruppen mulighet til å presentere forskningsspørsmål og metode for sentrale aktører fra industrien. Dette var en god arena for nettverksbygging og for å få nyttige innspill med ulike vinklinger til å svare på forskerspørsmålet.

6.2. Kvalitativ metode

Det har i denne rapporten blitt benyttet kvalitative undersøkelser, der intervjuetode, litteraturstudie, deltakende observasjon, casestudie ble benyttet for innhenting av data. Kvalitative metoder egner seg godt til studier av temaer som det er lite forskning på fra før, og hvor det derfor stilles store krav til åpenhet og fleksibilitet [163].

Kvalitative metoder går i dybden og vektlegger betydning, og analyserer visuell data og tekster. Metoden gir svar på hva, hvorfor og hvordan, og vil gi mer utfyllende svar enn fra målbare tall. En undersøkelse basert på kvalitativ metode består av å stille intervjuobjekt enkle spørsmål, der man får utfyllende svar som ikke lar seg fremstille statistisk [164].

Etnografi er en metodikk som er basert på direkte observasjon. Noen av de viktigste faktorene å ta i betraktning ved bruk av etnografi er, at det er essensielt å lytte til observasjonsobjektet, lese dokumenter produsert av organisasjonen og å stille spørsmål.

6.2.1 Litteraturstudie

Databaser benyttet for å finne forskningslitteratur har vært Google Scholar, BIBsys og Science Direct. Gjennom studier av aktuelle fagpublikasjon har det blitt anskaffet oversikt og grunnleggende kunnskap som omhandler emnet. I og med at emnet er i en tidlig fase, vil det være utfordrende å sammenligne informasjon fra tidligere forskningspublikasjoner basert på empirisk analyse.

LCA analyse er nyttiggjort under teori både til analysering av den helhetlige miljøpåvirkningen til elektrisitet og biodrivstoff. LCA analysene er blitt hentet fra litteraturstudie ved innhenting av eksisterende analyser, hvor det deretter er blitt sammenlignet flere for å få det mest korrekte resultatet til å bruke i oppgaven.

6.2.2 Casestudie

Det har i denne oppgaven blitt benyttet en casestudie for å observere og analysere to casestudier, og videre ta erfaringer derfra slik at problemstilling kunne bli besvart på en best mulig måte. Casestudie kommer under kategorien etnografi, og en casestudie blir gjennomført med et mangfold av ulike metoder, blant annet datainnhenting, undersøkelse av deltager, intervjuer, audiovisuelle materialer og dokumenter [165].

6.2.3 Semistrukturert intervju

Et semistrukturert intervju er en metode for innhenting av informasjon der spørsmålene er forhåndslagret, og intervjuguiden er laget med utgangspunkt i problemstillingen. Denne metoden har blitt benyttet for å få mest mulig relevant informasjon fra intervjuet, i tillegg til at det er en rød tråd gjennom intervjuet [166].

Semistrukturert intervju – Odd Arne Sjøberg

I starten av prosjektet utførte gruppen et uformelt intervju med Odd Arne Sjøberg. Sjøberg er avdelingsleder på Sam Eyde vgs. og landslinjekoordinator i anleggsteknikk. [167] Odd Arne Sjøberg har hatt en ledende rolle under denne utviklingen, og har mye kunnskap om HVO. Dette er kunnskap som er nyttig for oppgaven og det ble derfor avtalt et intervju på Sjøberg på Sam Eyde videregående skole 29. januar. Til dette intervjuet ble det forberedt 20 spørsmål, hvor møtet varte i omtrent 1,5 timer. Samtalen gikk flytende, og alle spørsmålene ble besvart. Gjennom dette møtet ble det også tildelt nyttig informasjon som kunne brukes videre i oppgaven. Informasjonen finnes i [V.9][V.10] og [V.12]. Spørsmålene som ble stilt kan sees i [V.1].

Semistrukturert intervju - AF Gruppen

26. februar ble gruppen invitert til en befaring på anlegget til AF Gruppen på strekningen mellom Arendal og Tvedestrand. Befaringen inkluderte en vernerunde på anlegget på Grenstøl i Tvedestrand i tillegg til omvisning i bil over store deler av den resterende anleggsplassen. Under møtet ble foreløpig resultat av bacheloroppgaven presentert, samt diskutert videre utvikling og spørsmål forberedt av gruppen. Spørsmål som ble diskutert, dagaktivitet og møtemedlemmer er oppgitt i [V.2].

6.2.4 Deltakende observasjon

I denne oppgaven har det blitt foretatt en deltakende observasjon i form av en befaring. I en deltakende observasjon skal forskeren delta og observere samtidig. Denne metoden ble sett på som hensiktsmessig, på grunn av behov for å se hvordan maskinene opererte på anleggsplassen [168][169].

Befaring – AF Gruppen

I sammenheng med vårt oppsatte møte sammen med AF Gruppen, ble det gjennomført en vernerunde ved Grenstøl i Tvedestrand. Denne befaringen ble gjennomført sammen med ansatte fra AF Gruppen, hvor der i blant prosjektleder, anleggsleder og byggherre deltok. Før befaringen deltok gruppen på et møte sammen med flere ledere for prosjektet, hvor veiprosjektet og oppgaven ble diskutert. Videre dro vi på vernerunde på et anlegg på Grenstøl, hvor observasjoner ble gjort i løpet av en periode på omtrent 30 minutt. Observasjoner gjort ved befaring er oppgitt i Vedlegg 15.

6.2.5 Telefonintervju

Det har blitt benyttet telefonintervju som metode der det har vært behov for å få tak i informasjon hvor store geografiske avstander har vært utfordrende. Det har blitt foretatt opptak av telefonintervju der intervjuobjekt har gitt godkjenning for det.

Telefonintervju - Magnus Thomassen, Nye Veier

Rådgiver for ytre miljø hos Nye Veier ble kontaktet etter råd fra veileder fra Kruse Smith. Thomassen jobber innenfor klimavirksomheten i Nye Veier, og et telefonmøte ble gjennomført hvor spørsmål angående fremtidige tiltak ble forberedt. Telefonmøtet varte i omtrent 20 minutter, og tanker innenfor fremtidig tiltak ble besvart. Møtet ble tatt opp og transkribert, etter godkjenning fra rådgiveren [V.3].

Telefonintervju Hege Hansesveen og Anette Moritz, Veidekke

Miljørådgiver Veidekke AS, Hege Hansesveen og miljørådgiver Veidekke Entreprenører AS, Anette Moritz deltok i et 25 minutters telefonintervju ledet av gruppen. Formålet med telefonintervjuet var å skaffe informasjon tilknyttet Veidekkes satsning på fossilfrie anleggsplasser. Møtet ble tatt opp og senere transkribert [V.17].

6.2.6 Seminar

En annen metode som er blitt benyttet for informasjonsinnhenting og nettverksbygging er gjennom et seminar. Gruppen valgte å delta på et seminar for å få tilgang til oppdatert og aktuell informasjon.

Seminar- Skogbasert biodrivstoff og biokullproduksjon i Agder

20. April var gruppen på et seminar der forretningsmuligheter tilknyttet bioøkonomi i Agder ble presentert og diskutert. Seminaret var spesielt interessant siden det ble gitt mulighet til å høre ulike synspunkter fra industrien om hvilke tiltak forskningen burde og kunne prioritere. Seminaret var arrangert av Aust-Agder fylkeskommune, Vest-Agder fylkeskommune, Innovasjon Norge og Universitet i Agder [170].

6.3 Kvantitativ metode

Kvantitativ metode vektlegger utbredelse og antall, og dreier seg om statistiske fremstillinger. I kvalitative undersøkelser har metodeopplegget større fleksibilitet, sammenlignet med kvantitativ metode, som derimot er preget av sterk strukturering [163].

6.3.1 Spørreundersøkelse

I en kvantitativ metode benyttes ofte et strukturert spørreskjema med et større utvalg personer enn for kvalitative undersøkelser. I studier hvor spørreundersøkelser brukes, er svarene informantene gir påvirket av måten spørsmålene blir stilt. I og med at det ikke inngås en direkte kontakt i en kvantitativ metode blir ikke forskeren påvirket i like stor grad som ved en kvalitativ metode [163].

Spørreundersøkelse- maskinleverandører

Det har blitt foretatt en spørreundersøkelse som inneholder 13 spørsmål og som er rettet til 16 ulike leverandører av anleggsmaskiner. Spørreundersøkelsen er en kvantitativ undersøkelse der man vil fremskaffe informasjon angående hvor langt leverandører av anleggsmaskiner har kommet, i forhold til det å tilby maskiner som går på fossilfrie alternativer. Spørreundersøkelsen ble laget gjennom det nettbaserte spørreundersøkelsesprogrammet EasyQuest. Informasjonen som blir akkumulert i undersøkelsen vil gi et godt grunnlag for å svare på problemstillingen. 14/16 besvarte undersøkelser etter purring sendt fra vår veileder fra Kruse Smith. Spørsmålene som ble stilt og leverandørene som deltok kan man se i [V.4]. Av 13 spørsmål, ble seks av disse benyttet i oppgaven.

6.4 Evaluering av data

6.4.1 Validitet

Validitet er knyttet til tolking av data, og handler om hvor gyldig og relevant undersøkelsen er. Man kan presisere begrepet validitet ved å stille spørsmål om de tolkninger vi kommer frem til, er gyldig i forhold til den virkeligheten som er studert [163]. Det er benyttet en metode som gir god validitet i denne oppgaven, ved innhenting av informasjon fra aktører i industrien som er i front innen deres fagfelt. I forbindelse med intervjuene er spørsmålene kvalitetssikret og laget slik at gruppen får konsis og relevant informasjon til problemstilling. Søk på internett har i tillegg blitt kvalitetssikret ved å begrense søk til nyeste utgivelsesdato og ved blant annet bruk av Google Scholar, er det valgt artikler som har flest siteringer.

6.4.2 Reliabilitet

Reliabilitet kan knyttes til spørsmålet om en kritisk vurdering av prosjektet gir inntrykk av at forskningen er utført på en pålitelig og tillitsvekkende måte [163]. Begrepet refererer til spørsmålet om en annen forsker som benytter seg av samme metode, ville komme frem til det samme resultatet. Reliabiliteten kan styrkes dersom det er et større antall forskere som deltar i prosjektet. Eksempler her er blant annet at flere forskere samarbeider og diskuterer avgjørende beslutninger rundt forskningsprosessen. Intervjuer har foregått på nøytrale premisser, og resultatene har vært uavhengige av hvem som har stilt spørsmålene og til hvilken tid de er stilt [163].

7 RESULTATER

7.1 Egenskaper ved HVO, FAME, og konvensjonell diesel

Egenskap	FAME	HVO	Konvensjonell diesel
Cetantall	≥ 51	≥ 70	≥ 51
Massetetthet [kg/L]	0,860 – 0,900	0,765 – 0,800	0,820 – 0,845
Viskositet [mm ² /s]	3,5 – 5,0	2,0 – 4,5	2,0 – 4,5
Svovelinhold [ppm]	10	5	10
CFPP (Norge, vinter)	-10	-32	-32
Løselig med konvensjonell diesel	JA	JA	-
Grense for innblanding av FAME [%]	-	≤ 7	≤ 7
Energitetthet [MJ/kg]	37,1 (rapsolje)	44,0 (palmeolje)	42,5
Energitetthet [MJ/L]	32,65*	34,32**	35,49***
Kan bruke eksisterende infrastruktur	NEI	JA	JA
Stabilitet ved oppbevaring	Utfordrende	God	God
* Massetetthet brukt for FAME = 0,880 kg/L. ** Massetetthet brukt for HVO = 0,780 kg/L. *** Massetetthet brukt for konvensjonell diesel = 0,835 kg/L.			

Tabell 10 - Oppsummering av egenskaper ved konvensjonell diesel, HVO, og FAME.

Ulikhet i egenskap	Mulige konsekvenser
Høyere cetantall (+40 %)	Bedre og mer stabil forbrenning. Lavere lokalforurensing, spesielt i forhold til NO _x og HC.
Lavere massetetthet (-7 %)	Skader på innsprøytingssystemet. Lavere utslipp av PM og NO _x .
Lavere svovelinhold (-50 %)	Mindre korrosjon og slitasje på motoren. Lavere utslipp av PM og SO _x .
Lavere energitetthet (-3,3 %)	Dårligere motoreffekt.

Tabell 11 - Mulige konsekvenser som følge av forskjeller i egenskapene til HVO og konvensjonell diesel.

7.2 Fossilfrie alternativer

Leverandør	Type	Vekt/Effekt	Kommentar
Hitachi	Gravemaskin	30 tonn	Elektrisk drift med hydrogen celle og strøm fra batteri. Tilgjengelighet: Lanseres Des 2018 [121]
Volvo	Gravemaskin		EX2 er en batterielektrisk minigraver som skal kunne gå i 8 timer ved hjelp av to litium-ion batterier. Tilgjengelighet: Forskningsprosjekt [171].
Komatsu	Gravemaskin	40 tonn	Hybrid som gjenbraker energien fra oppbremsing av svingen til neste bevegelse. Tilgjengelighet: Til prøve kjøring [172]
Pon Cat	Gravemaskin	25 tonn	Fullelektrisk Caterpillar 323F som har en driftstid på 5-7 timers drift før ladning. Tilgjengelighet: Høst 2018 [173].
Komatsu	Dumper	45 tonn	En batteripakke på 700kWh som kan generere sin egen energi ved kjøring i nedoverbakker. Tilgjengelighet: Prototype [174]
Volvo	Dumper		En 50 prosent hybrid med dieselsammensetning, som kan kombineres med HVO. Tilgjengelighet: Prototype [175].
Atlas Copco	Hjullaster		Scooptram ST7 er en batteridreven hjullaster som har en driftstid på fire timer og kan hurtiglades på 30 min. Tilgjengelighet: Lansert i 2016 [171].
Volvo	Hjullaster		En 50 prosent hybrid med dieselsammensetning som kan kombineres med HVO. Tilgjengelighet: Prototype [176].
Fendt	Traktor	50kW	En traktor med en effekt på opptil 50kW som har en rekkevidde på omtrent fem timer. Kan lades opp til 80 prosent på 40 min. Tilgjengelighet: Tilgjengelig: På markedet i dag [177].
John Deere	Traktor	300kW	Sesam har to elmotorer som leverer 300kW og batterier på 130kWh. Skal holde til fire timers blandet kjøring. Tilgjengelighet: Lansert 2017 [171].
Kalmar	Truck		En middels tung truck som inneholder brenselceller og bruker hydrogengass som drivstoff. Tilgjengelighet: Forskningsprosjekt [171].

Tabell 12 - Tilgjengelige elektriske maskiner.

7.3 E18 Arendal – Tvedestrand

Dette delkapittelet gir en oversikt over observasjoner, dieselforbruket, utslipp av CO₂-eq og diverse andre klimagasser under E18 prosjektet. Under befaring ved kapittel 7.3.1, er det listet opp ulike observasjoner som ble gjort under vernerunden ved Grenstøl tidligere i semesteret. Videre kan kapittelet informere om det totale forbruket av diesel, utslipp av CO₂-eq, utslipp av andre klimagasser og forbruket til de ulike maskintypene som brukes på anlegget. Resultatet er estimert ut fra et gjennomsnitt over hvor mange liter, eksempelvis en gravemaskin, bruker per time, per tonn egenvekt.

7.3.1 Befaring

Observasjoner	Kommentar
Store dimensjoner	Observert en gravemaskin, en hjullaster, en bulldoser og fem dumpere ble observert på anlegget. Maskiner av store størrelser, der i blant Norges største dumper.
Tomgangskjøring	Observert tilfeller hvor flere dumpere sto på tomgang med de ventet på å bli lastet av gravemaskin.

Tabell 13 - Observasjoner ved befaring med AF Gruppen.

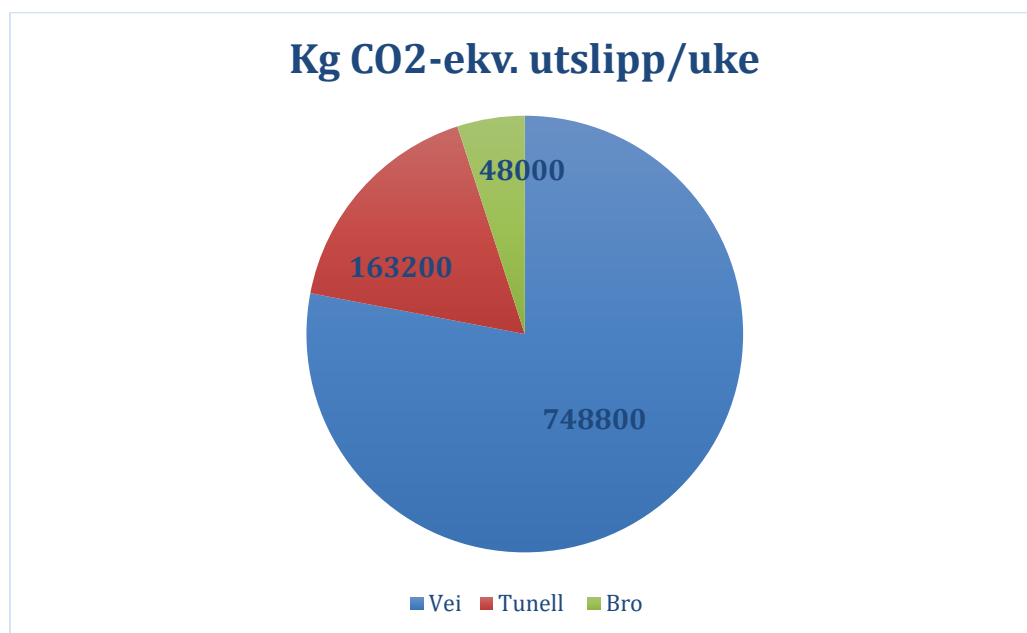
7.3.2 Dieselforbruk og utslipp av CO₂-eq

Utrekningene i tabell 14 er gjort ved hjelp av formel 7.8, formel 7.12 og formel 7.13 [V.8].

Gjennomsnitt	Dieselforbruk [Liter]	Utslipp CO ₂ -eq [Kg]
Per time	4 166	13 333
Per dag	50 000	160 000
Per uke	300 000	960 000

Tabell 14 - Oversikt over dieselforbruk og utslipp av CO₂-eq for hele maskinparken til AF Gruppen.

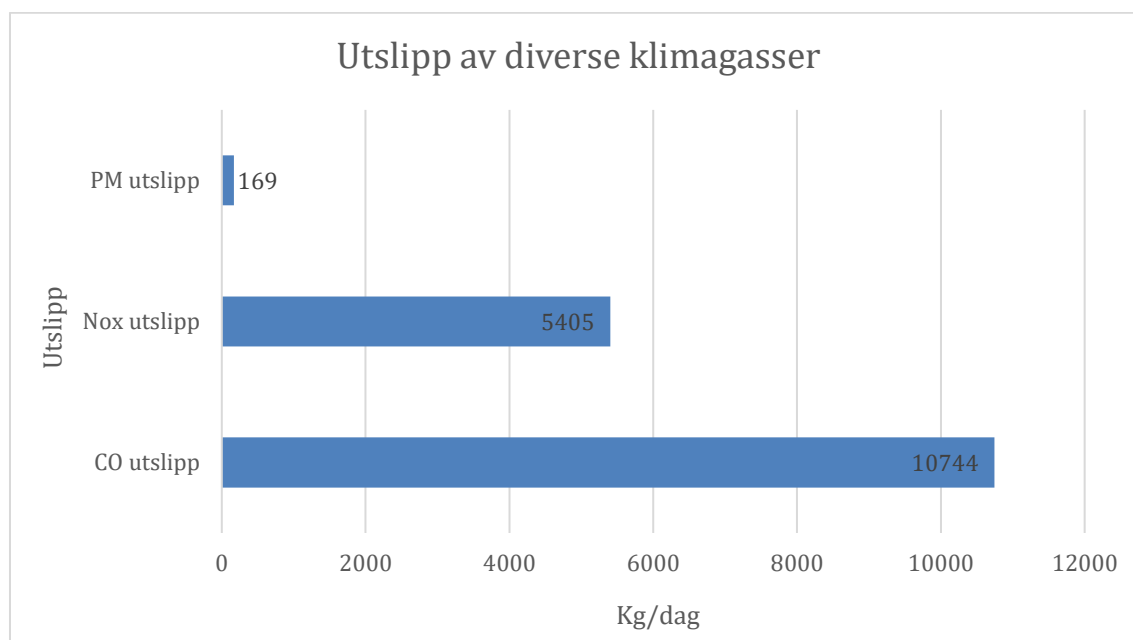
Utrekningene i *Figur 18* er gjort ved hjelp av formel 7.8 [V.8].



Figur 18 - Det totale utslipp av CO2-ekv per uke.

7.3.3 Utslipp diverse klimagasser konvensjonell diesel

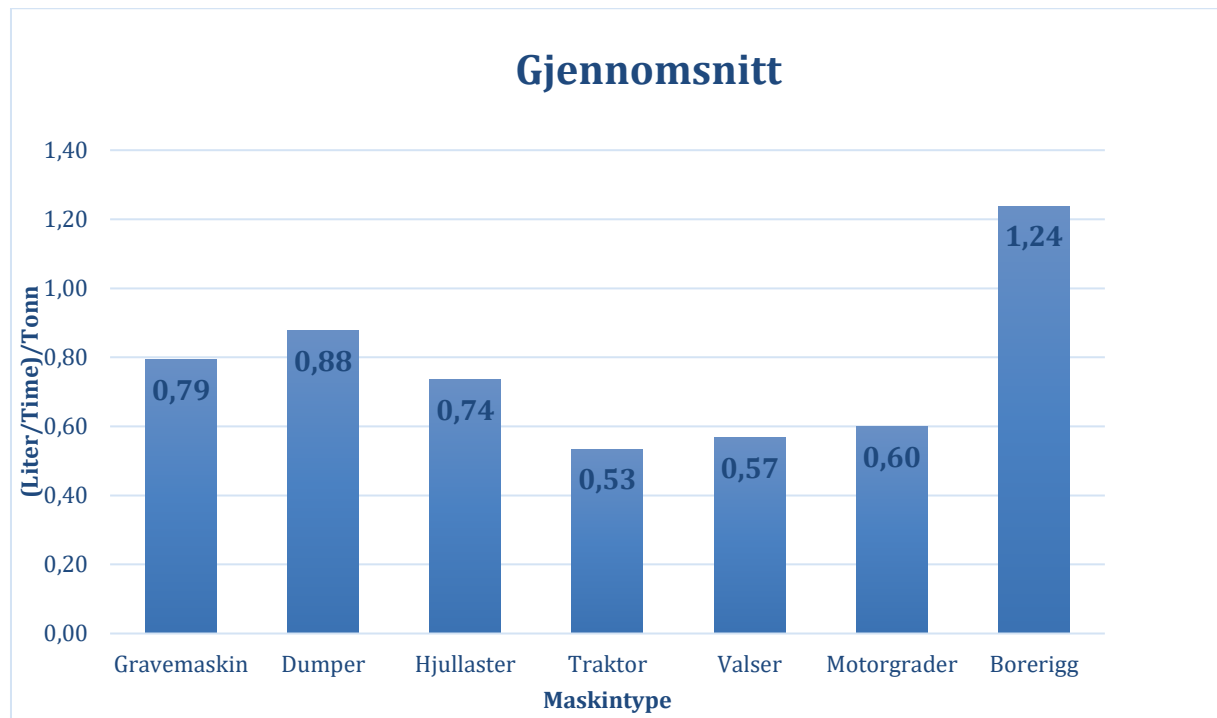
Utrekningene i *Figur 19* er gjort ved hjelp av formel 7.1, formel 7.2, og formel 7.3 [V.8].



Figur 19 - Oversikt over CO-, NO_x og PM utslipp totalt for alle maskiner og per maskin per time, per dag og per uke.

7.3.4 Gjennomsnittlig forbruk per maskintype

Utrekningene i *Figur 20* er gjort ved hjelp av formel 7.15 [V.8].



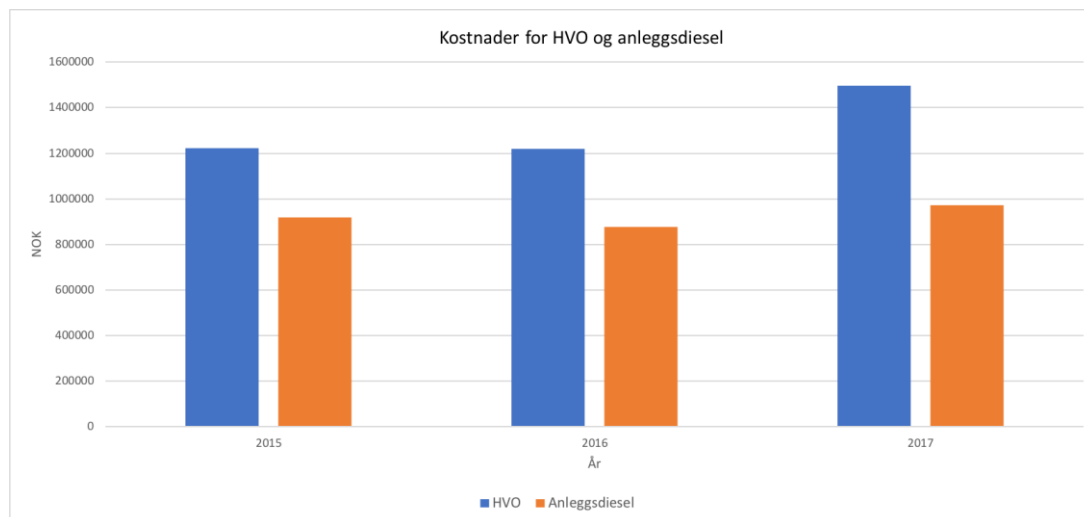
Figur 20 - Oversikt over gjennomsnittlig forbruk per maskintype som brukes under prosjektet

7.4 Sam Eyde vgs.

Dette delkapittelet gir en oversikt over forbruk, kostnad og prosentvis reduksjon av klimagassutslippene ved Sam Eyde vgs. Forbruket er beregnet i forhold til det totale forbruket av HVO i perioden Oktober 2015 til Desember 2017. Videre er forbruket av anleggsdiesel estimert i forhold til totalforbruket av HVO. Kostnaden for HVO og anleggsdiesel er beregnet ut ifra Circle K sin kalkyle for drivstoffpris [V.13]. Det er da benyttet gjennomsnittsprisen per år for henholdsvis anleggsdiesel og HVO.

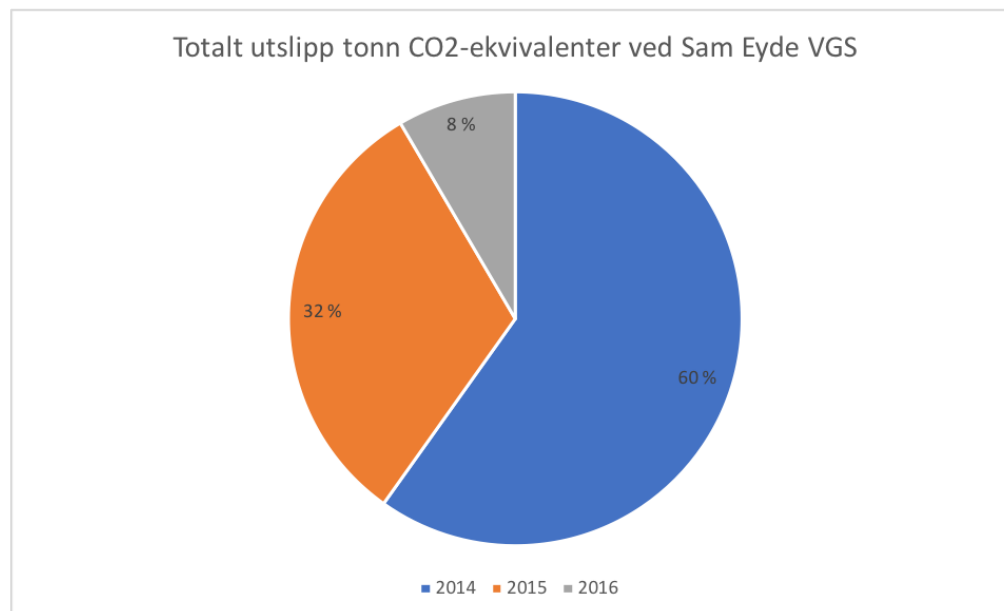
Klimagassutslippene som er benyttet i *Figur 21* er hentet fra klimagassbudsjettet til Aust-Agder fylkeskommune for 2016 [161].

Utrekningene i *Figur 21* er gjort ved hjelp av formel 7.18 og 7.19 [V.8].



Figur 21 Oversikt over kostnader for HVO og anleggsdiesel ved Sam Eyde vgs.

Data for fremstilling av figur 22 er hentet fra Aust-Agder fylkeskommunes klimabudsjett for 2016 [161].



Figur 22 Total utslipp tonn CO2-ekvivalenter ved Sam Eyde vgs fra 2014 til 2016.

Utrekningene i tabell 15 er gjort ved hjelp av formel 7.20, 7.21 og 7.22 [V.8]

År	Total utslipp [tonn CO ₂ -eq]	Pris klimavote [NOK per tonn CO ₂ -eq]	Kostnad klimavote [NOK]
2014	425	55	23375
2015	225	74	16650
2016	60	58	3480

Tabell 15 – Kostnad for klimavoter ved Sam Eyde vgs.

7.5 Miljømessige forbedringspotensial

7.5.1 HVO

Delkapittelet viser en oversikt over hvilke forbedringspotensial som er blitt observert under innhenting og analysing av data angående HVO. I dette kapittelet er det valgt å sammenligne konvensjonell diesel med HVO som er produsert fra palmeolje og palmeoljerester. Dette er den produksjonsmetoden som er minst gunstig for miljøet, og ved sammenligning av HVO med mer miljøvennlige ressurser vil føre til en enda større variasjon i resultatene.

Utslipp av CO₂-ekvivalenter

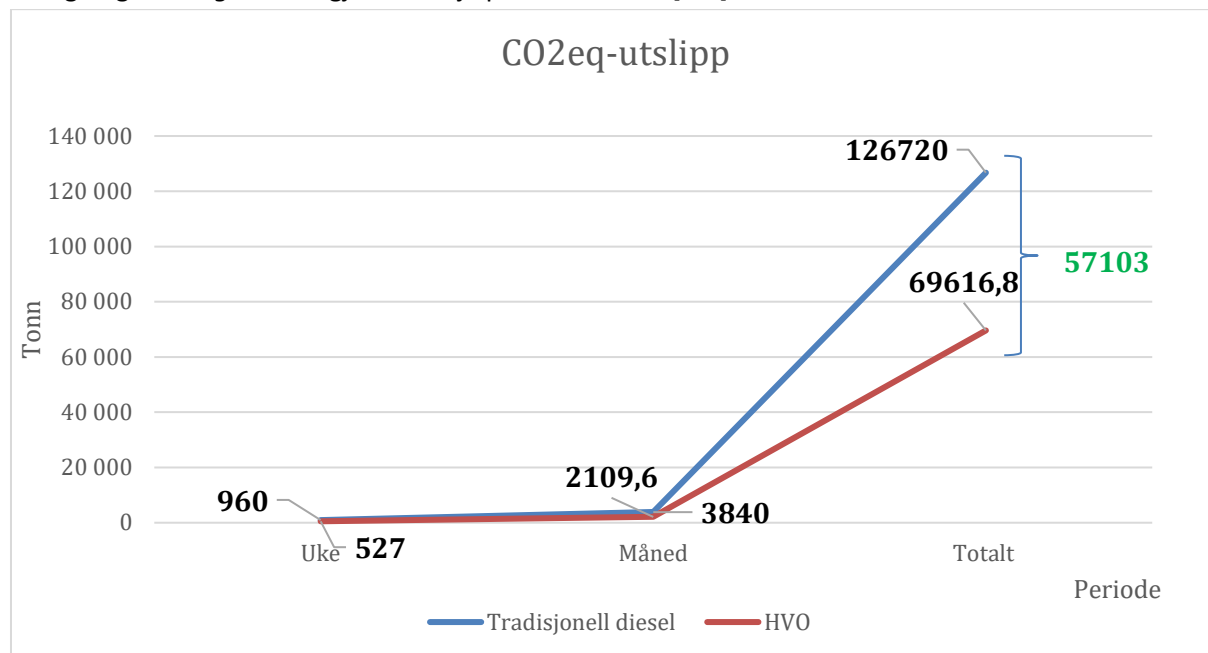
Tabell 16 viser en oversikt over CO₂-eq utslipp sett i et ukentlig perspektiv. Konvensjonell diesel og HVO har ulike CO₂-faktorer og ulik energitetthet, noe som påvirker resultatet. Med dette tatt i betraktning kan man se på Figur 23 den eskalerende differansen mellom utslippet ved bruk av konvensjonell- og fornybar diesel. Satt i perspektiv kan man se hvor mye denne differansen tilsvarer i antall kjøretøy per år i Figur 24.

Utrekningene i Tabell 16 er gjort ved hjelp av formel 7.4, formel 7. 5, formel 7. 6 og formel 7. 7 [V.8].

Drivstoff	CO ₂ -Faktor [kg CO ₂ -eq/liter]	Energitetthet [MJ/liter]	Ukentlig forbruk [Liter]	CO ₂ -eq utslipp [Kg/uke]	Prosentvis reduksjon
Konvensjonell diesel	3,20	35,49	300 000	960 000	45,06%
HVO ved palmeolje	1,7	34,32	310 227	527 385	

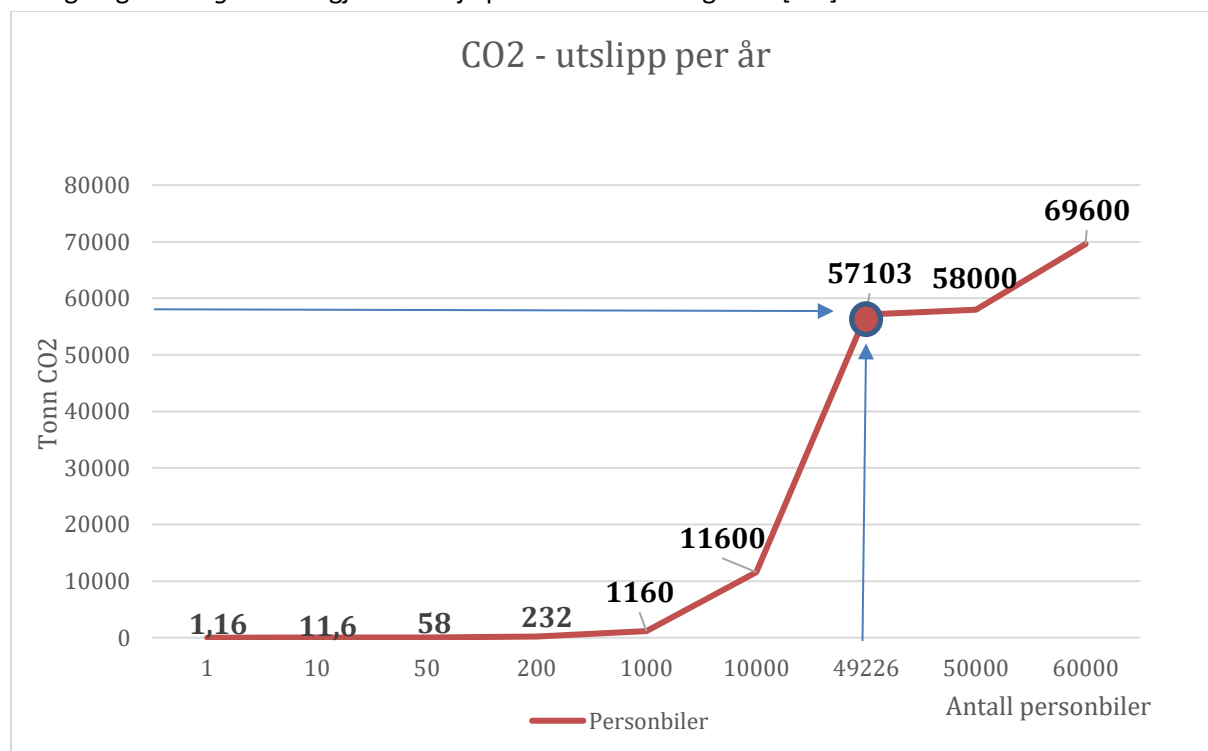
Tabell 16 - Oversikt over differansen av CO₂-eq utslipp ved konvensjonell diesel og HVO.

Utrekningene i Figur 23 er gjort ved hjelp av formel 7.9 [V.8].



Figur 23 – Differansen over tonn CO₂eq utslipp per uke, måned og totalt ved bruk av konvensjonell diesel og HVO.

Utrekningene i Figur 24 er gjort ved hjelp av formel 7.10 og 7.11 [V.8].



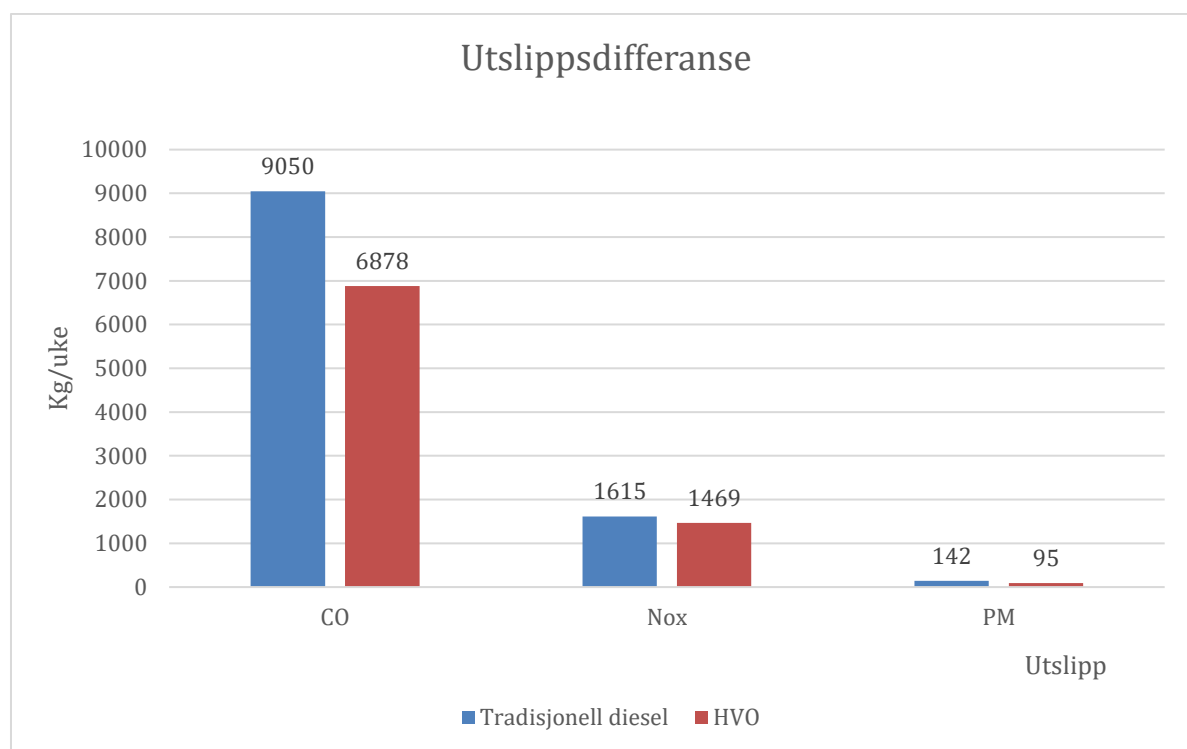
Figur 24 - Oversikt over utslipp CO₂ per antall personbiler per år [178] [179].

Utslipp av diverse drivhusgasser

I tillegg til CO₂, er det også flere andre utslipp som påvirker økosystemet og luftkvaliteten i nærområdet. Eksempler på slike utslipp er CO, NO_x og PM. Som man kan se i Tabell 17 og Figur 25, reduseres disse klimagassutslippene med mellom 9 og 33 prosent i forhold til konvensjonell diesel ved bruk av HVO som drivstoff [V.9].

Drivstoff	CO utslipp [Kg/uke]	NO _x Utslipp [Kg/uke]	PM Utslipp [Kg/Uke]
Konvensjonell diesel	9050	1615	142
Prosentvis reduksjon ved bruk av HVO	24 %	9 %	33 %
HVO ved palmeolje	6878	1469	95

Tabell 17 - oversikt over reduksjonen ved CO-, NO_x og PM utslipp ved forbrenning av HVO i forhold til konvensjonell diesel [V.9].

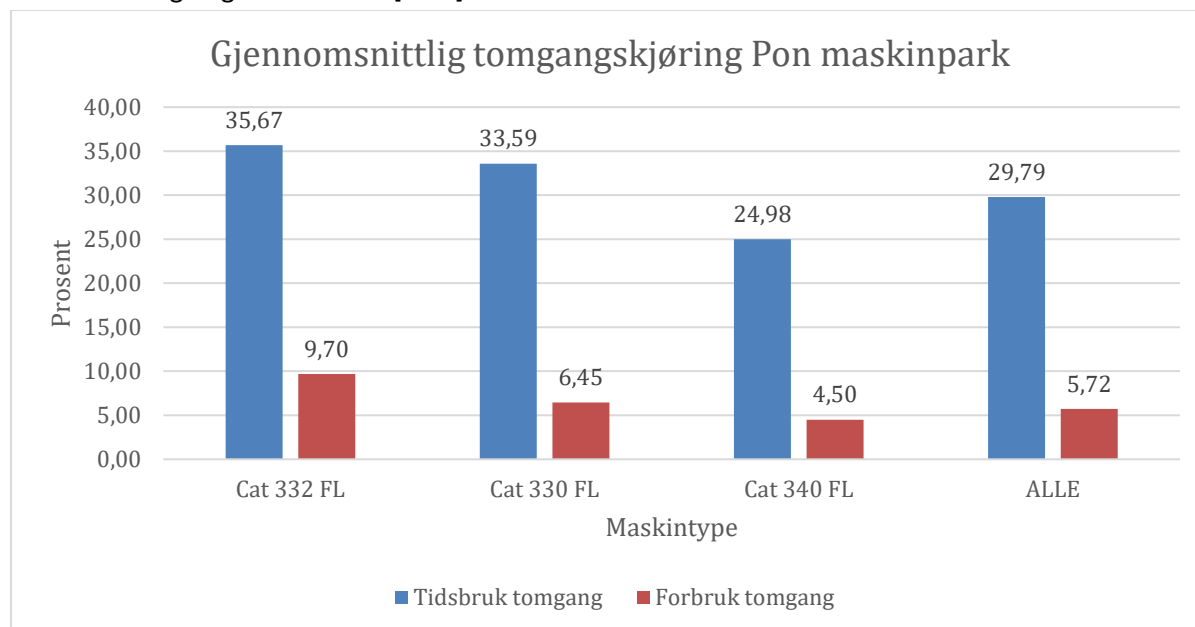


Figur 25 - Oversikt over differansen av utslippsmengden CO, NO_x og PM ved HVO sammenlignet med konvensjonell diesel.

Tomgangskjøring

Ved å bruke et regneark med driftsdata for maskinparken til Pon [V.19], ble det gjort beregninger av forventet forbruk ved tomgangskjøring med forskjellige maskingrupper. Det å eliminere tomgangskjøring ved bruk av diesel vil kunne redusere totalt forbruk med opptil 9,7 prosent (Figur 26).

Data for beregninger hentet fra [V.20].

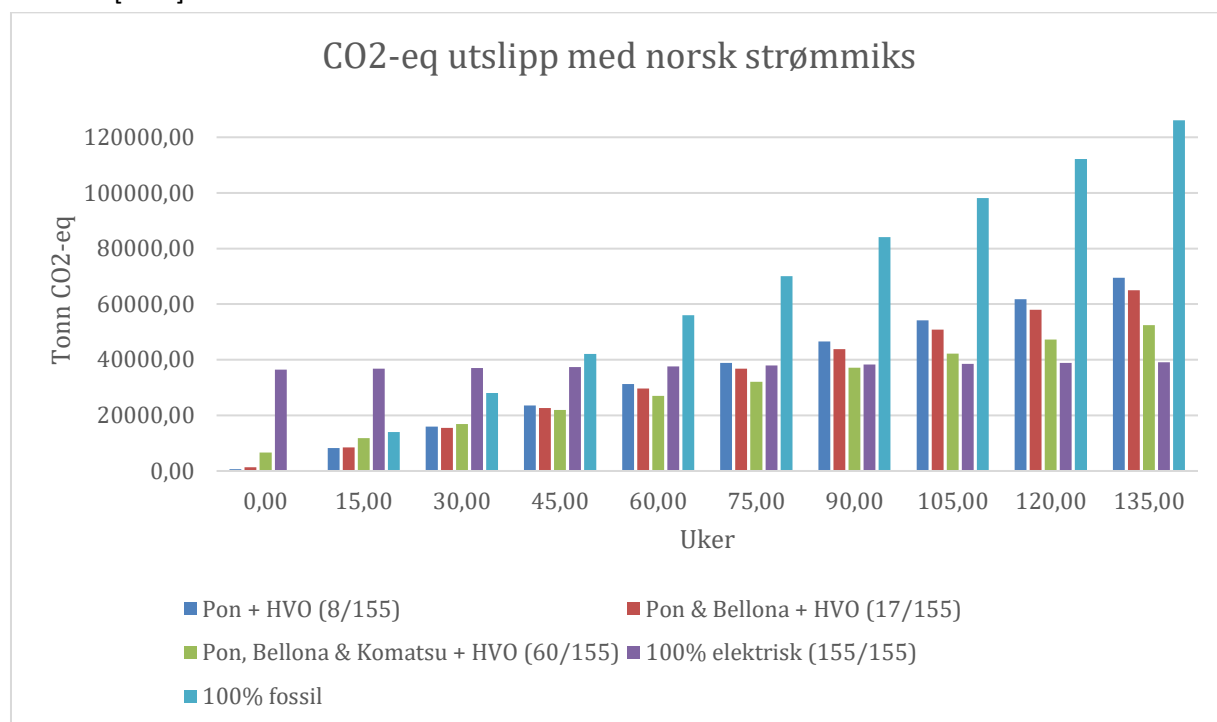


Figur 26 - Andel av tomgangskjøring tid og forbruk.

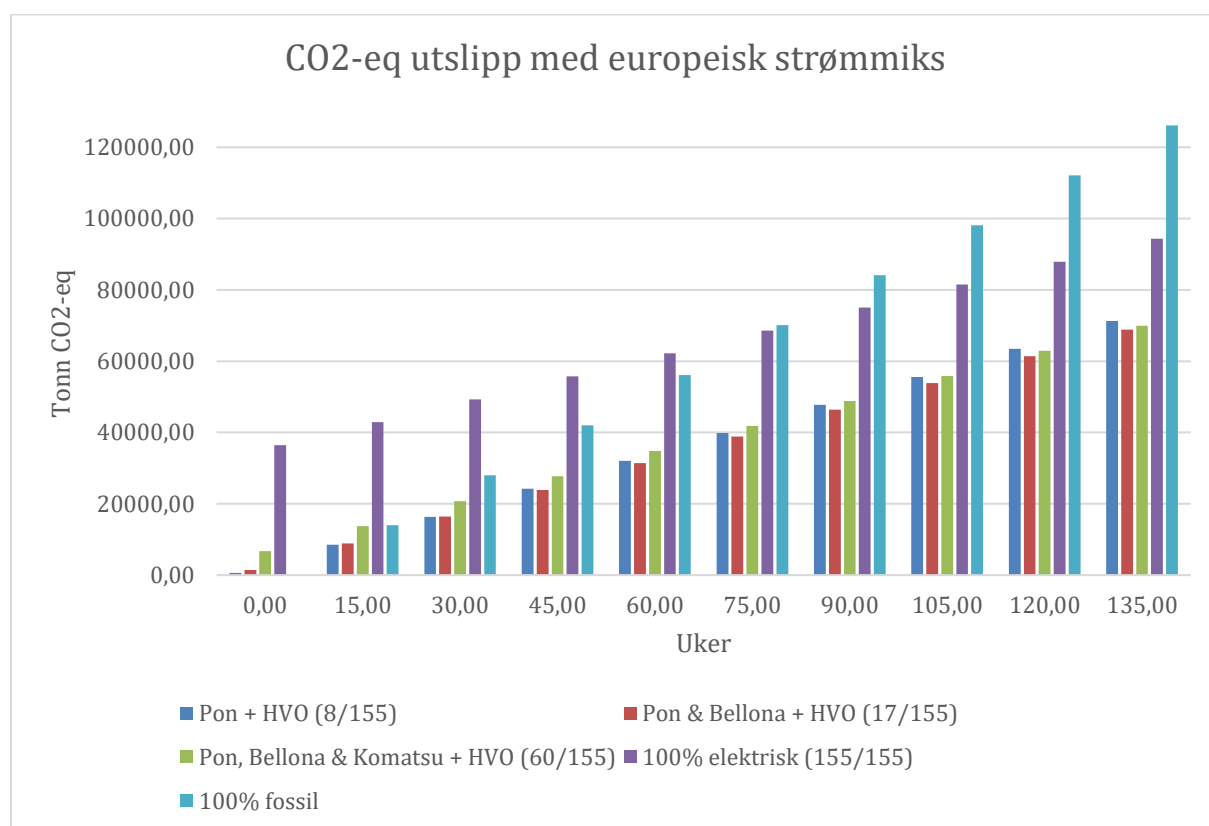
7.5.2 Elektrisitet

Grunnet en begrenset tilgjengelighet på elektriske maskiner på markedet i dag, vil en fullstendig erstatning av maskinparken til AF Gruppen være urealistisk. Dette kapittelet tar for seg fem ulike scenarier hvor det er tiltenkt å erstatte ulike deler av maskinparken til AF Gruppen. Totalt antall erstattede maskiner i hvert scenario er gitt i parentes under grafene. For å estimere hvor mange av maskinene som kan erstattes med de ulike alternativene, har vekten til de ulike maskinene vært en avgjørende faktor [V.5]. Som vi ser i figur 27, vil batteripakken utgjøre opp til 93 prosent av totalutslippene i løpet av prosjektperioden, gitt at hele maskinparken går på en norsk strømmiks. Med en europeisk strømmiks (Figur 28) vil dette reduseres til 39 prosent, som følge av en mer «uren» strøm. Totale besparelser av utslipp ved en nullutslipps anleggsplass kan være opp til 69 prosent eller utgjøre 87000 tonn ved bruk av norsk strøm istedenfor konvensjonell diesel (Figur 27).

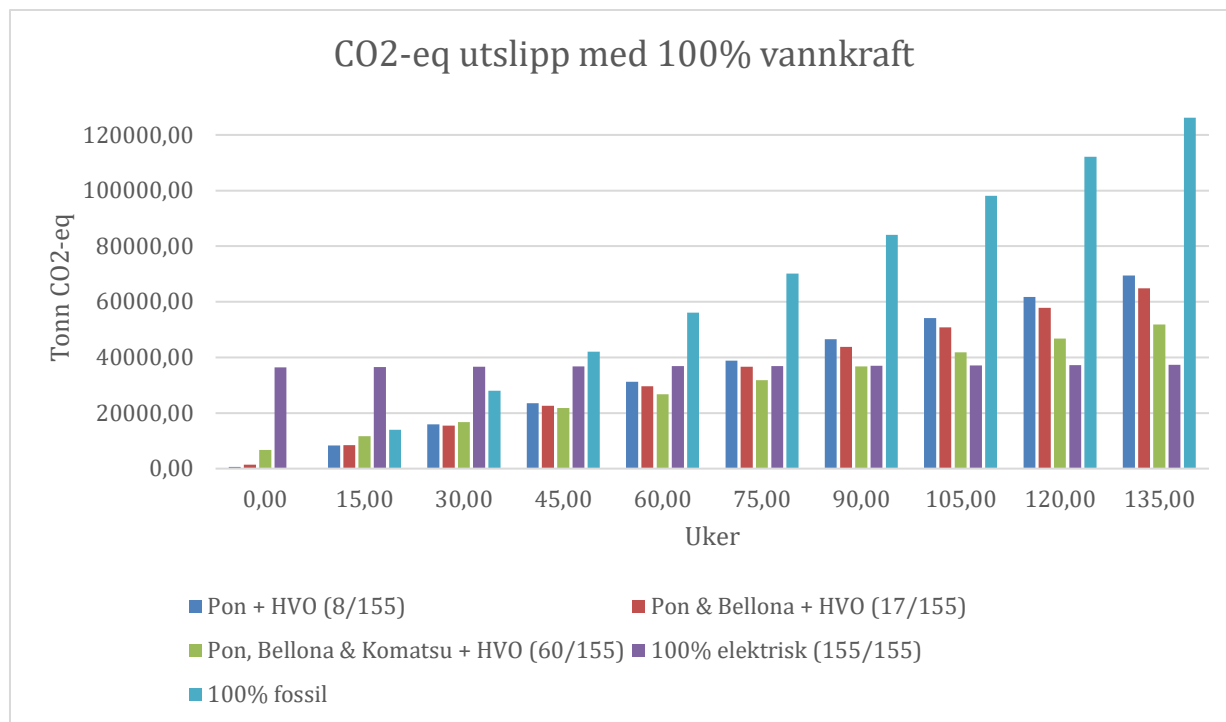
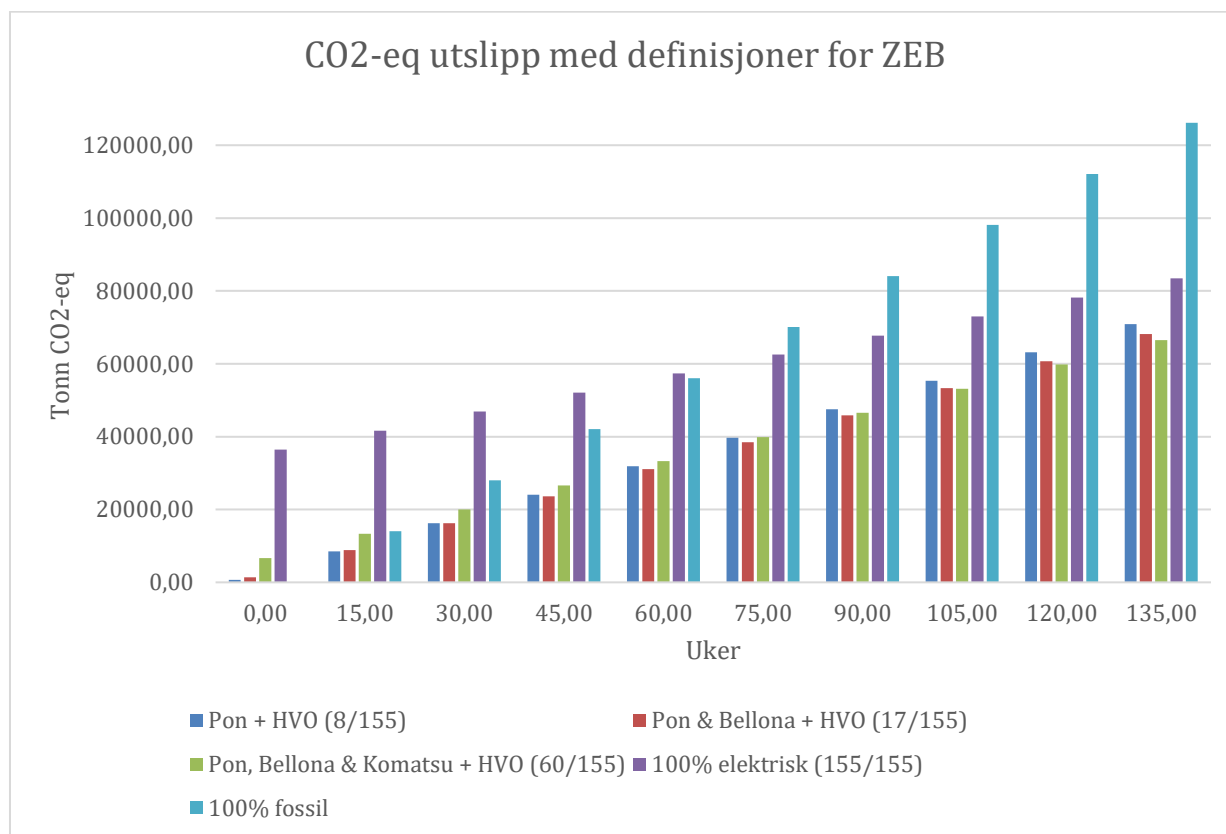
Utrekningene i Figur 27- Figur 30 er gjort ved hjelp av formel 7.23-27 og 7.29-31 i [V.8]. Regnearket brukt er [V.21]



Figur 27 - Utslipp av CO₂-eq med norsk strømmiks.



Figur 28 - Utslipp av CO₂-eq med europeisk strømmiks.

Figur 29 - Utslipp av CO₂-eq med 100 prosent vannkraft.Figur 30 - Utslipp av CO₂-eq med definisjoner for ZEB.

LCA for Litium Batterier

Når klimapåvirkning fra batteriproduksjon skal beregnes, vil det være hensiktsmessig å bruke et gjennomsnitt av flere LCA analyser som tar for seg ulike batteriteknologier [138][137]. Snittet av tre LCA'er gir et utslipp på 176 kg per kWh produsert kapasitet.

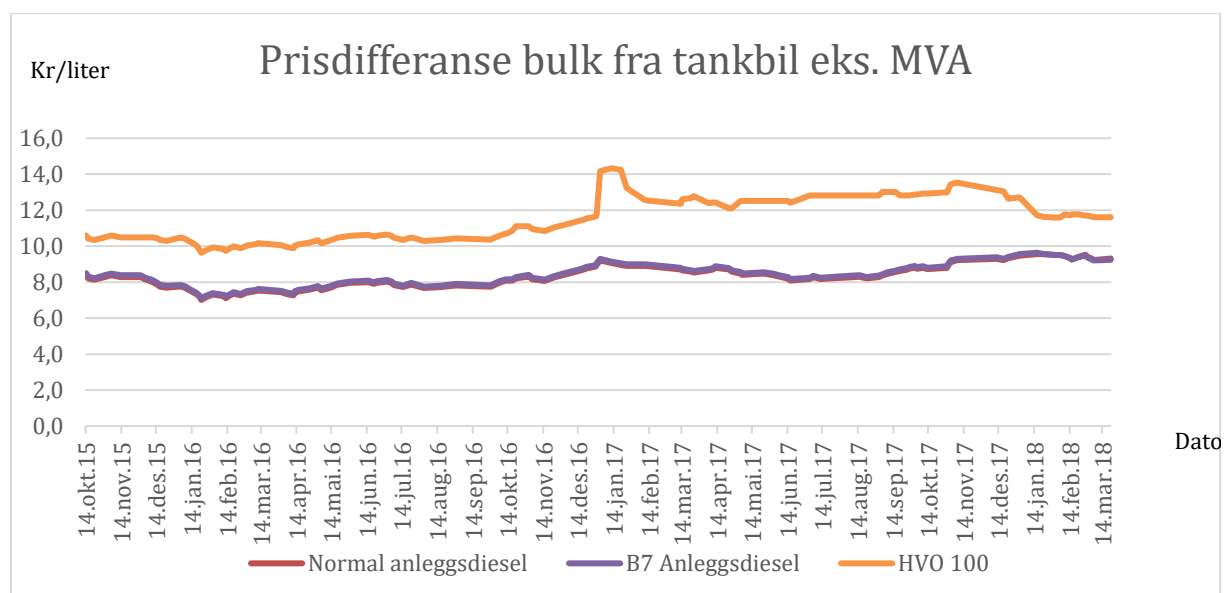
LCA	KJEMI	KAPASITET (kWh)	UTSLIPP (kg CO ₂ /kWh)
1 [180]	LiMn ₂ O ₄	34,2	Udefinert
2 [137]	Li(Ni _x Co _y Mn _z)O ₂	26,6	172,2
3 [138]	Udefinert	24	140
4 [139]	LiFePO ₄	24	216
Gjennomsnitt	Blandet	-	176

Tabell 18 - Utslipp av CO₂ per kWh for batterier

7.6 Økonomiske konsekvenser

7.6.1 HVO

I følge AF Gruppen sin kilde, bruker prosjektet om lag 50 000 liter diesel per dag. Arbeidet pågår seks dager i uken som vil si at prosjektet på E18 forbrenner omtrent 300 000 liter diesel per uke. Figur 31 viser en oversikt over prisdifferansen mellom HVO og konvensjonell diesel i løpet av de tre siste årene. Tabell 19 viser utfallet ved et totalt utbyttingsprosjekt fra konvensjonell diesel til HVO ved E18-prosjektet, under de forholdene som er i dag. Ved å innføre HVO som drivstoff ved en anleggs plass som E18 Arendal-Tvedestrand, vil det økonomisk sett bli en økning på 28,8 prosent i forhold til konvensjonell diesel.



Figur 31 - Sammenligning mellom kostnad på avgiftsfri anleggsdiesel og avgiftsfri HVO [V.13].

Utrekningene i Tabell 19 er gjort ved hjelp av formel 7.4 og formel 7.5 [V.8].

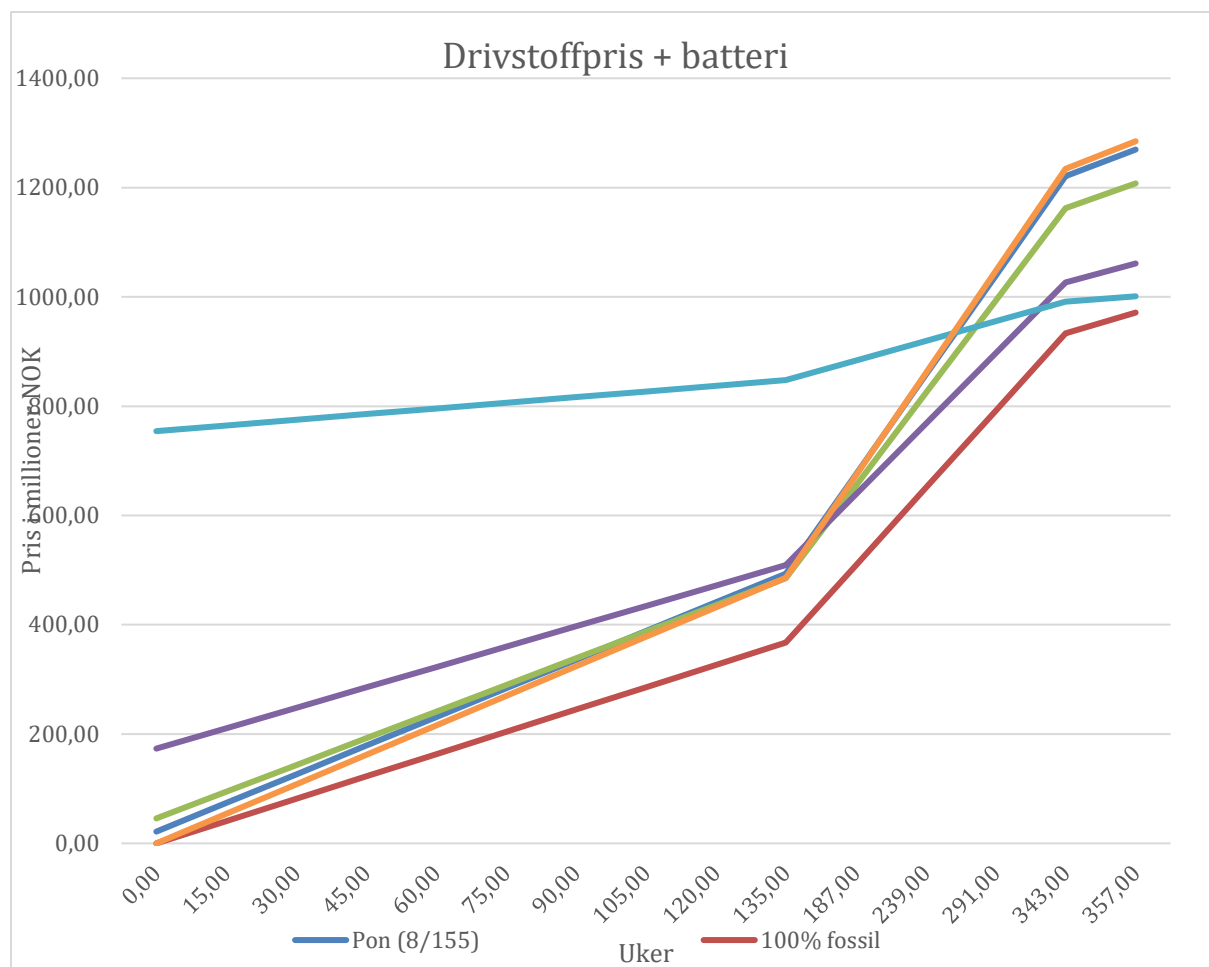
Drivstoff	Pris [kr/liter]	Energitetthet [MJ/liter]	Ukentlig forbruk [Liter]	Total ukentlig kostnad [kr]	Prosentvis økning
Avgiftsfri anleggsdiesel	9,31	35,49	300 000	2 793 000	28,8%
Avgiftsfri HVO	11,60	34,32	310 227	3 598 633	

Tabell 19 - Oversikt over kostnader ved bruk av konvensjonell diesel vs. HVO under et ukentlig perspektiv på E18 strekningen mellom Arendal og Tvedestrand [V.13] [181].

7.6.2 Elektrisitet

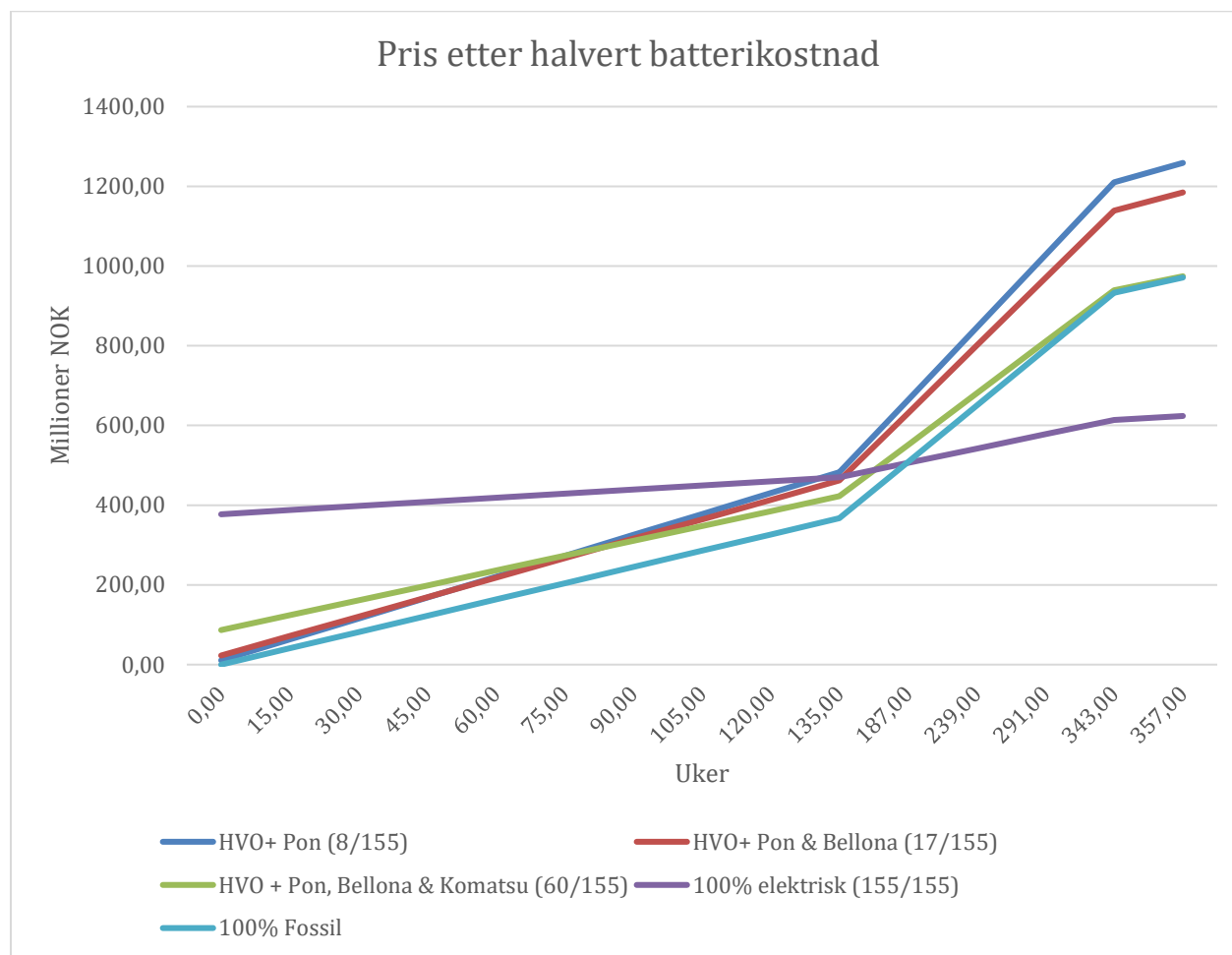
Det å erstatte et varierende antall maskiner med batteridrift, vil føre til markante endringer av den totale prisen på prosjektet. I scenarioene med elektrisk drift er det resterende drivstofforbruket dekket av HVO. I tillegg har prisen på batteriene blitt satt som fast verdi i hvert av scenarioene. Dette er gjort med tanke på at denne prisen tilsvarer mye av den ekstra kostnaden investering i slike maskiner vil bety. Batteriprisen er basert på den som er oppgitt for «Heavy Duty» batterier, og antar at alle de elektriske maskinene i de ulike scenarioene går på batteridrift. Strømforbruk per uke er beregnet ut ifra nåværende dieselforbruk multiplisert med en effektivitetsfaktor på 0,44 og en besparelse fra tomgangskjøring beregnet i figur 26. Inkludert i figur 32 og figur 33 er det tatt med tre ulike intervall. Det første viser prosjektperioden ved E18 Arendal-Tvedestrand, som er mellom intervallet [0,135]. Neste intervall viser et resultat ved en forlenget fire års periode [135,343], mens siste intervall inkluderer de resterende ukene av den eventuelle maskinen sin levetid tilsvarende 15 000 timer [343,357]. Dette er gjort for å få en oversikt over når en elektrisk/HVO investering eventuelt vil lønne seg. På grunn av relativt høye priser for HVO vil ikke noen av scenarioene lønne seg i løpet av 15 000 timer. Etter 357 uker vil en elektrisk maskinpark innebære 3 prosent høyere bekostninger eller 30 millioner ekstra utgifter.

Utrekningene i *Figur 32* og *Figur 33* er gjort ved hjelp av formel 7.23-26 og 7.29, 7.32 og 7.33 i [V.8].
Regnearket er i [V.21]



Figur 32 - Utgifter for ulike fossilfrie scenario

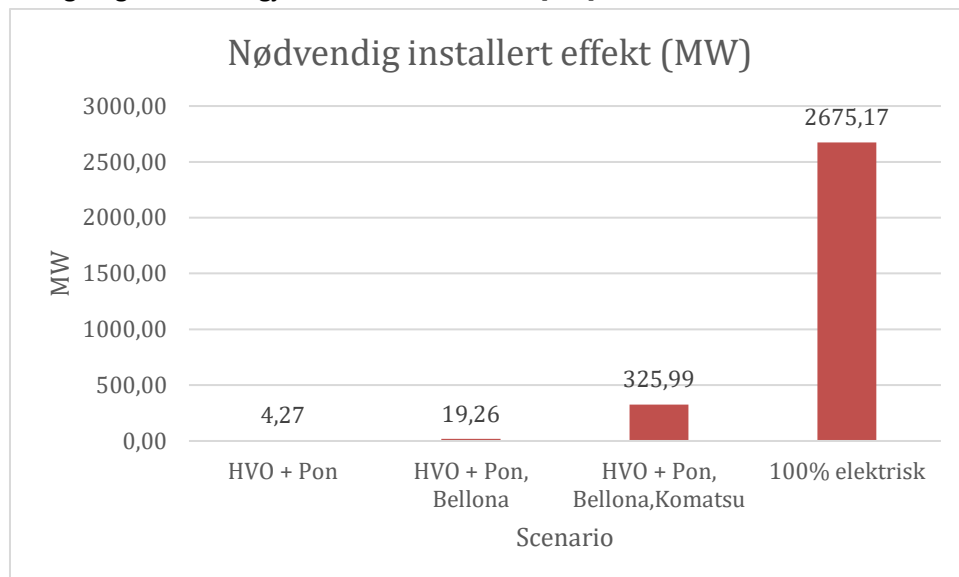
I Figur 33 har prisen på investering i elektriske anleggsmaskiner blitt halvert slik at det er mulig å danne seg et bilde av hvordan det kan bli om disruptiv teknologi fører til en lignende prisreduksjon som tradisjonelle batteripakker har sett. Her fremkommer det at en investering i elektriske anleggsmaskiner kan lønne seg betydelig etter rundt 3,6 år. Etter 357 uker vil besparelsene ved å innføre elektriske anleggsmaskiner tilsvare 347 millioner kr, eller 36 prosent sett i sammenligning med en fossil anleggs plass.



Figur 33 – Utgifter etter halvert batterikostnad for ulike fossilfri scenario.

Figur 34 viser et estimat på hvor stor installert effekt anleggsplassen vil trenge avhengig av hvilke scenario som blir brukt. Dette er estimater gjort med antakelse om at samtlige maskiner lades samtidig over 7 timer.

Utrekningene her er gjort med formel 7.28 i [V.8].

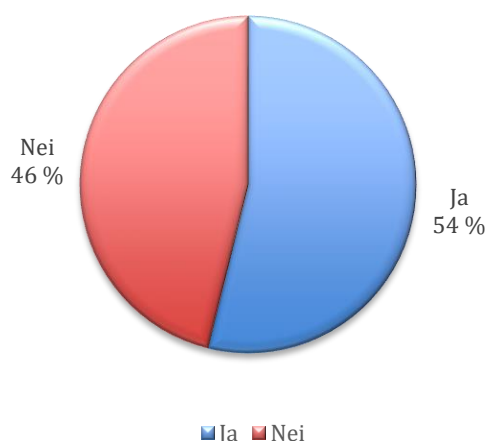


Figur 34 - Nødvendig installert effekt ved ulike scenario.

7.7 Utfordringer ved innføring av fossil- og utslippsfrie alternativer

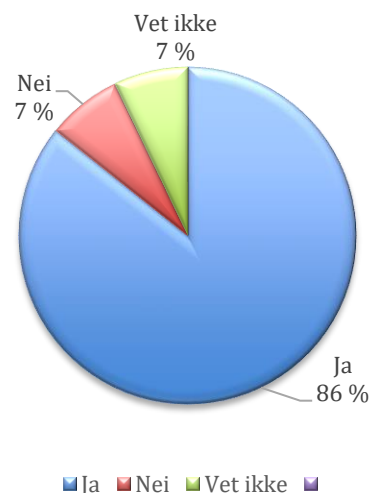
For å komme frem til hvor langt teknologien i dag er kommet til bransjen, ble det sendt ut en spørreundersøkelse til flere maskinleverandører i Norge. 14 av 16 leverandører svarte på undersøkelsen vår hvor svarene som var mest interessant og relevant for vår oppgave er vist i Figur 35 til Figur 40 [V.4].

Jobber dere med utviklingsarbeid knyttet til alternativer til fossil diesel?



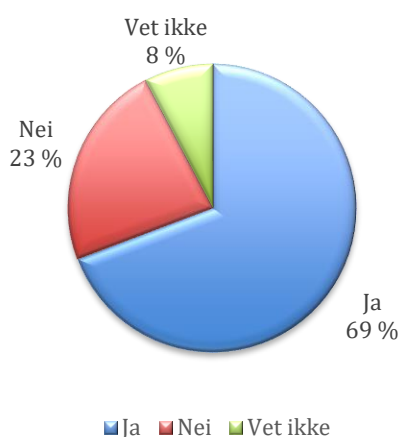
Figur 36 - Spørreundersøkelse spørsmål 1

Har dere fått forespørsmål fra klienter om utstyr som går på HVO?



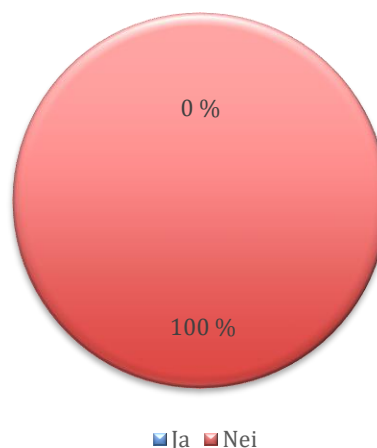
Figur 35 - Spørreundersøkelse spørsmål 2

Gjelder garatier for anleggsmaskinene deres ved bruk av HVO?



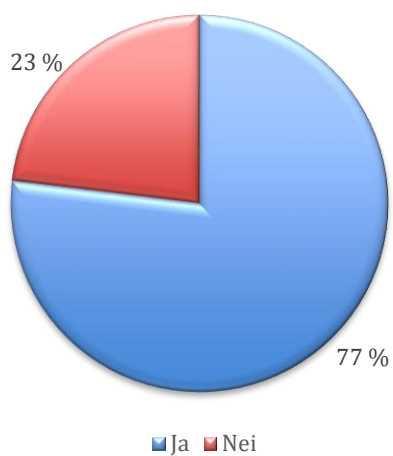
Figur 38 - Spørreundersøkelse spørsmål 3

Har dere anleggsmaskiner som går på hydrogen i dag?



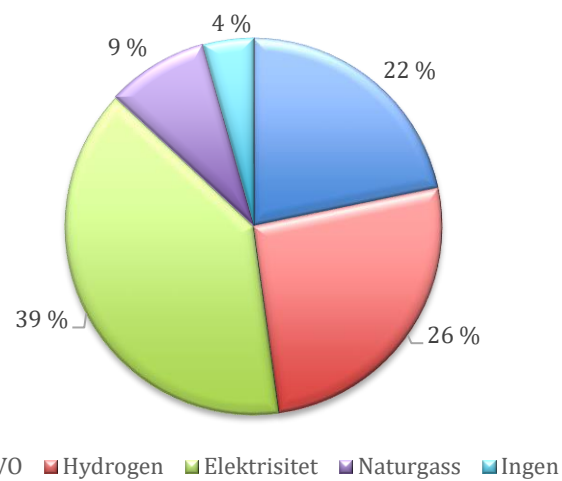
Figur 37 - Spørreundersøkelse spørsmål 4

Har dere kjøretøy som går på elektrisitet i dag?



Figur 40 - Spørreundersøkelse spørsmål 5

Hvilke alternative drivstoff mener dere er mest relevant for fremtiden?



Figur 39 - Spørreundersøkelse spørsmål 6

8 DISKUSJON

8.1 Fremtidige muligheter for realisering

Den teknologiske utviklingen av elektriske kjøretøy har vært svært høy de siste årene. I løpet av overgangen fra 2017 til 2018 var det en økning på hele 40 prosent av registrerte elektriske kjøretøy. En slik vekst i anleggsbransjen i løpet av de neste årene er heller ikke urealistisk. Komatsu sin fullelektriske 45 tonn dumper og Pon Cat sin 25 tonn gravemaskin er gode eksempler på dette. Elektrisk drift ved anleggsplasser er gammelt nytt, hvor det i dag er det sannsynlig at ulike tårnkraner og/eller drillrigger ved en anleggsplass er elektriske maskiner. Dette er fordelaktig når det utføres arbeid under bakken hvor det er viktig med maskiner som har lave eller ingen utslipp. Å erstatte den største delen av virksomheten med elektrisitet, kan derimot støte på noen utfordringer. Om erstatningen skal inkludere alt av gravemaskiner, dumpere m/flere, vil det kunne oppstå problemer innen batteriteknologi og infrastruktur. Problematikken rundt lademuligheter og infrastruktur er vanskelig å diskutere frem til det blir gjort faktiske tester på anleggsplasser. Maskiner som både går på batteridrift med mulighet for å være tilkoblet strømnnett under drift er et sannsynlig kompromiss. Dette medfører utfordringer rundt begge løsningene. Om alle maskinene skal gå på batteridrift betyr dette at anleggsplassen må tilrettelegge for ladning. Batteridrift innebærer også utfordringer forbundet med logistikk for å finne optimale lademønstre. Kablet løsning kan redusere kostnadene forbundet med elektrisk drift i tillegg til at maskinene ikke blir avhengig av å måtte lades. Det vil i midlertid også gjøre slik at maskinene kan få begrenset bevegelsesfrihet.

I Tabell 12 er det listet opp elleve anleggsmaskiner som er lansert eller planlagt. Maskinene er et utvalg av enten fullelektrisk eller hybride løsninger, utarbeidet av åtte ulike leverandører. Av disse maskinene er tre tilgjengelig på markedet i dag. Dette er et viktig steg i riktig retning for fossilfrie anleggsplasser i Norge. Det forventes at teknologien på dette området ser store forbedringer i tiden fremover, hvor blant annet Volvo er en leverandør med høy tiltro. André Gulholm fra Volvo presiserer at dagens teknologiutvikling enda har en vei å gå innenfor anleggsvirksomheten. På tross av at Volvo er under utvikling av flere anleggsmaskiner som går på alternativt drivstoff, har det ifølge leverandøren vært en lang og kostbar prosess grunnet umoden teknologi. Gulholm har derimot troen på en raskere utvikling fremover, som legger til rette for en økning av fossilfrie alternativer for virksomheten.

Sam Eyde vgs. benytter HVO på alle sine maskiner. Til tross for at flere av disse maskinene ikke er godkjent [Tabell 8], har ikke Sam Eyde erfart noen problemer tilknyttet HVO. I forhold til 1. generasjons biodrivstoff FAME, erfarte skolen at garanti av kjøretøy ikke var en begrensende faktor for utprøving av HVO på deres maskiner. Derfor så virksomheten vekk fra dette, og innførte HVO på samtlige maskiner. I tilfelle driftsproblemer på maskinene skulle oppstå, vil det derimot være hensiktsmessig å ha garantien godkjent. Tabell 9 viser en oversikt over hvilke leverandører som har godkjent/ ikke godkjent for bruk av HVO på deres maskiner. Ettersom problemene tilknyttet HVO har vært minimale, blir det i dag observert en økning av leverandører som godkjenner produktet til bruk på deres maskiner.

Det norske klimaet tillater ikke bruk av drivstoff med høye konsentrasjoner av FAME, ettersom slikt drivstoff vil være veldig sårbart for ytre påvirkninger. Det største problemet er den dårlige kuldetoleransen ved kommersielt tilgjengelig FAME, som bare tillater -10 °C. Oppbevaring av FAME må skje i temperaturnøytrale omgivelser, noe som kan innebære nedgravde tanker med innlagt varme i veggene. Dette medfører altså betydelig tilrettelegging av infrastruktur i forhold til hva som vil være nødvendig for konvensjonell diesel.

Det første fornybare dieselalternativet som ble kommersielt tilgjengelig var den konvensjonelle biodieselen, FAME. Biodiesel har, som en følge av de skadelige konsekvensene bruken av FAME kan medføre, fått et veldig dårlig rykte på seg som gjør at forbrukere kan velge å styre unna. Ettersom HVO er en type biodiesel kan dette dårlige ryktet smitte over, og ha samme effekt. HVO deler derimot ingen av de problematiske egenskapene FAME har, og er stabilt i samme grad som konvensjonell diesel. Maskinleverandører, også av tunge kjøretøy, fraråder bruk av FAME ved høye konsentrasjoner, og lar ikke garantier gjelde dersom drivstoffet som brukes i maskinene har høyere innhold enn hva som tillates i EN 590-standarden.

Anleggsmaskiner på hydrogen vil kunne være et godt alternativ som drivstoff i fremtiden, men avhenger av bedre løsninger vedrørende lagring og distribusjon av drivstoffet. Hydrogen blir i dag betegnet å være i en etableringsfase. I Norge er hydrogen som drivstoff for øyeblikket kun tilgjengelig på mindre kjøretøy. Ved innføring av hydrogeninfrastruktur til en anleggsplass vil en mulighet være å etablere en hydrogenfyllestasjon i prosjektets tidlige fase, som kan bli benyttet til å betjene anleggsmaskiner og utstyr i byggeprosessen. Deretter vil hydrogenfyllestasjonen kunne være en del av den permanente infrastrukturen etter byggeprosessen. Pilotprosjekter for å utprøve teknologien vil være gunstig for å senere kunne kommersialisere hydrogen på anleggsmaskiner.

8.2 Miljømessige konsekvenser

Per mai 2018 har AF Gruppen iverksatt de tiltak som menes å være mulig for dem som entreprenører. Tiltakene som er iverksatt er reduksjon av ressurs-mengder, bruk av store dimensjoner, økokjøringskurs og bruk av den nyeste teknologien for deres maskinpark. AF Gruppen og andre entreprenører har riktignok en lang vei å gå for å oppnå en fossilfri virksomhet. I tillegg til å fokusere på innføring av fornybare alternativer, er reduksjon av det generelle forbruket en viktig prioritering. Både bruk av fossil og fornybar diesel vil ha en påvirkningskraft på miljøet, hvor ressursen kun vil være en indikasjon på omfanget. I løpet av tiden som ble inspisert i vernerunde på Grenstøl, ble det observert flere tilfeller med unødvendig tomgangskjøring på dumpere. Dette er et stort problem for flere virksomheter, hvor det er blitt presisert i media at kutt på tomgangskjøring kan redusere drivstofforbruket med opp imot 50 prosent. Tomgangskjøring er et viktig argument ved innføring av elektriske maskiner, med tanke på at dette ikke er et tilfelle med elektrisk drift. Auto-stopp funksjonen som er installert i de fleste anleggsmaskiner, er ellers et godt alternativ til å redusere forbruket. I tillegg til å redusere unødig bruk av drivstoff, er det mye utslipp som kan unngås ved å realisere fornybare alternativer til virksomheten.

Andre tiltak som kan gjøres er å innføre strengere rutiner på sjekk og bruk av utstyret. Slitasje på skuffene, feil bruk av skuff i feil type masse og lite bruk av maskinenes sparefunksjoner, er ting som kan forårsake et høyere drivstofforbruk. Mye av dette gjelder uavhengig av om maskinen er elektrisk eller ikke.

8.2.1 HVO

HVO er en type biodrivstoff, og antas å være mer miljøvennlig enn konvensjonell diesel. Utslipp fra forbrenningen av HVO (TTW) vil ikke bidra til økt mengde drivhusgasser i atmosfæren ettersom råstoffene som ligger til grunn for drivstoffet allerede vil være en del av det naturlige kretsløpet. Forbrenningen antas dermed å være fossilfri. Produksjonen av råstoffene, samt produksjonsprosessen og distribueringen av drivstoffet, antas derimot å medføre utslipp (WTT). En av grunnene til dette kan være at energien som brukes til disse formålene har fossil bakgrunn.

I Tabell 4 kommer det fram at miljøpåvirkningen ved HVO vil være forskjellig fra hvilke råstoff som er benyttet. Det viser seg at førstegenerasjons HVO, produsert av for eksempel palmeolje, vil påvirke miljøet i større grad enn andregenerasjons HVO, hvor råstoffene benyttet vil være avfallsstoffer som talgolie eller avfall. Andregenerasjons biodrivstoff bidrar dermed til at stoffer som tidligere kan ha medført utgifter eller forårsaket utfordringer for industrien, blir ressurser i stedet.

Utslipp forbundet med produksjonen av konvensjonell diesel (WTT) er en del lavere enn hva som er tilfelle for HVO, noe som kommer av at produksjonsprosessen er mindre energikrevende og mindre komplisert. Miljøpåvirkningene vil være 82 prosent høyere for konvensjonell diesel enn for førstegenerasjons HVO laget av palmeolje, sett fra et WTW-perspektiv. Dersom HVO produseres av avfall vil det være hele elleve ganger så miljøvennlig som konvensjonell diesel.

Siden skog er en av de største ressursene i produksjon av biodrivstoff, oppstår det en viss fare for avskoging. Hvis økt produksjon av biodrivstoff fører til en global reduksjon av skogsareal, vil ikke produktet bli ansett som bærekraftig. Et relatert tema er avskoging av regnskogen, hvor store arealer ble felt da bruk av palmeolje som råmateriale var mest vanlig. Kloden har brukt omtrent 100 millioner år på å utvikle regnskogen vi har i dag, som gir liv til flere millioner mennesker og dyr. Kontinuerlig avskoging av dette området, vil gi store konsekvenser for ulike dyrearter i tillegg til å redusere effekten av fotosyntesen. Det samme prinsippet gjelder for all annen skog også, sett bort ifra at tradisjonell skog bruker omtrent 100 år på å bygge seg opp igjen. Det er nok skog å ta av i verden, og om man styrer avskogingen i tillegg til å plante ny, skal trevirke kunne være en fornybar ressurs. Produksjonshastigheten og miljøkonsekvens er avhengig av hvor mye av skogen som kan bli nyttiggjort. Ved tidligere anledninger er det kun vært tatt i bruk omtrent 50 prosent av skogen til videre produksjon. I dagens utvikling er det derimot et stort fokus på å bruke en langt større andel. I Norge går Biozin AS frem som et godt eksempel for dette, hvor deres fremtidige produksjon av bioråolje er ventet å nyttiggjøre 100 prosent av avfallet til skogbruk inkludert spon, avkapp, flis og bark. Dette resulterer i en doblet produksjonsmengde med bruk av samme mengde ressurser sammenlignet med tidligere prosesser.

8.2.2 HVO sammenlignet med konvensjonell diesel

Tabell 11 viser hvilke konsekvenser en overgang fra HVO til konvensjonell diesel kan medføre. Grunnet lavere massetetthet, vil HVO ha lavere energitetthet per liter enn konvensjonell diesel. Dette kan medføre dårligere motoreffekt i kjøretøy, noe som også er påvist kvalitativt. En annen konsekvens kan være at innsprøytingssyklusen forskyves, noe som vil være skadelig for motoren. Det høyere cetantallet skal gi bedre kaldstartegenskaper. Dette kan ha vært en medvirkende grunn til at Sam Eyde vgs. merket nedgang av startproblemer blant sine maskiner etter overgang til HVO.

HVO-forbruket ved Sam Eyde i perioden oktober 2015 til desember 2017 var på omtrent 350 000 liter. Grunnet ulik energitetthet, ville Sam Eyde brukt en andel på omtrent 338 000 liter anleggsdiesel i løpet av samme periode [Tabell 10]. Dette betyr at man trenger en større mengde HVO for å oppnå samme energimengde som ved bruk konvensjonell diesel. I tillegg til den høye prisen for produktet, må man altså anskaffe et større kvantum drivstoff ved kjøp av HVO sammenlignet med konvensjonell diesel. Ved innkjøp av drivstoff til et stort formål, vil en økning på om lag 3 prosent som er tilfellet her, gi et merkbart utfall i et slikt prosjekt.

Ved å vurdere de miljømessige konsekvensene fra Tabell 16 hvor HVO og konvensjonell diesel er sammenlignet, kan man observere en markant forskjell. Ved forbrenning av HVO, ser man en reduksjon av CO₂-eq på nesten 50 prosent. I løpet av en uke med en antatt forbruksmengde på 50 000 liter konvensjonell diesel per dag, 6 dager i uken, vil en konvertering til HVO spare miljøet for om lag 432 000 kg CO₂-eq. Sett i et større perspektiv; ved en total utbytting av fossilt drivstoff med HVO, vil prosjektet spare miljøet for omtrent 57 552 tonn CO₂-eq. Tatt utgangspunkt i en gjennomsnittlig kjørelengde for en personbil på 12 480 km per år, vil dette være et utslipp tilsvarende rundt 49 000 personbiler per år. En slik besparelse på miljøet vil altså tilsvare å fjerne 1,8 prosent av alle personbilene i Norge i løpet av et helt år. En grafisk fremstilling av dette kan man se på Figur 23 og Figur 24.

Grunnet den forurensede påvirkningen ved forbrenning av energikilder, er utslipp av andre kjemiske gasser også en viktig faktor når miljøgevinst blir diskutert. CO, NO_x og PM er eksempler på bi-produkter ved forbrenning av både konvensjonell diesel og HVO, noe som påvirker den lokale luftkvaliteten. Som man kan se i Tabell 17 og Figur 25, er det en merkbar reduksjon av utslipp ved de ulike kjemiske gassene ved forbrenning av HVO sammenlignet med konvensjonell diesel. Tall hentet fra ECO-1 viser en reduksjon av CO på 24 prosent, NO_x på 9 prosent og en reduksjon på 33 prosent ved PM. Dette tilsvarer en reduksjon på omtrent 2000kg CO, 150kg NO_x og 50kg PM i løpet av en uke ved E18 prosjektet. Slike utslipp kan gi store helsekonsekvenser som kan utvikle seg til ulike infeksjoner og kroniske sykdommer og er derfor en viktig prioritering.

I tettbefolkede områder, hvor høy forbrenning av drivstoff er tilfelle, kan slike utslipp utgjøre store konsekvenser for prosjekter. Infrastrukturen ved tettsteder har som regel et større behov for hyppigere vedlikeholdsarbeid, og medfører derfor en høy anleggsaktivitet innad i byer. Ved bruk av fossile anleggsmaskiner, vil en slik anleggsplass kunne påvirke den lokale luftkvaliteten ved tettstedet til den grad at innføring av gitte arbeidstider kan bli et tilfelle. Om luftforurensningen blir for høy, og anleggsmaskinene går på fossilt drivstoff, kan dette medføre en eller flere stopp i løpet av dagen.

Dette kan medføre store økonomiske konsekvenser, både pga. tvunget arbeidsstopp i gitte perioder i løpet av dagen, samt føre til store forsinkelser. Ved å innføre HVO som et alternativt drivstoff på sine anleggsmaskiner, kan man derimot redusere utslipp av kjemiske biproduktene, og eventuelle arbeidsstopp gjennom dagen blir bli mindre sannsynlig

8.2.3 Elektrisitet

Avhengig av hvor stor grad av anleggsplassen som elektrifiseres, vil miljøkonsekvensene variere noe. Innføring av elektriske maskiner vil medføre en reduksjon av det originale dieselforbruket, hvor reduksjonen varierer ut fra hvilket scenario som diskuteres. For å kunne sammenligne utslippstall for elektrisk drift har det blitt gjort utregninger med fire ulike CO₂ faktorer for de ulike strømkildene [Tabell 5]. Dette er gjort fordi det er stor variasjon i sluttresultatet avhengig av hvilken strømkilde som blir benyttet. Utslippene fra batteriproduksjonen er også inkludert som en fast verdi i hvert av scenarioene. I alle scenarioene i Figur 27 til Figur 30 hvor det er brukt elektriske maskiner, er det resterende drivstofforbruket antatt å være HVO.

Ved å forsikre seg om at strømmen som brukes er «ren», i tillegg til at batteriene produseres på en miljøvennlig måte, bidrar dette til mer miljøvennlig elektrisk drift. I Norge er det fullt mulig å utnytte seg av ren energi, så lenge man kan få opprinnelsesgaranti på strømmen som brukes. Som vi kan se i figur 27-30, vil produksjonen av batteripakkene utgjøre en neglisjerbar mengde sammenlignet med utslippene fra diesel. Likevel kan nye metoder for produksjon av batterier være med å redusere disse utslippene, og gjøre elektriske maskiner enda mer gunstig for miljøet.

Et bytte til elektrisk drift i en anleggsvirksomhet vil i de fleste tilfeller lønne seg miljømessig, selv medregnet utslippene som forårsakes ved batteriproduksjon. Det er kun om kilden til elektrisiteten som brukes er «uren», for eksempel med produksjon fra kullkraft, at dette ikke er tilfellet. Maskinene som går på elektrisitet har også mye høyere effektivitet og ingen tomgangskjøring. Dette bidrar til betydelige reduksjoner i energiforbruk og dermed også utslipp.

Om det skulle bli en drastisk økning i strømforbruk forbundet med elektrifisering av større prosjekter, er det usikkert hvilken effekt dette vil ha på strømmettet. Det kan tenkes at Norge må importere mer «uren» strøm for å tilfredsstille de nye behovene. Dette vil i så fall føre til mindre miljøgevinst.

8.2.4 Elektrisitet sammenlignet med konvensjonell diesel

Som man kan se i Figur 27 - Figur 30 vil det etter 75 uker lønne seg for miljøet med elektrisk drift, selv medregnet utslippene fra batteriproduksjon, uavhengig av strømmiks. I scenarioene med renest strømmiks vil det være en positiv effekt allerede etter 45 uker. Energibehovet blir betydelig redusert siden elektriske maskiner har en høyere effektivitet, samt at de ikke har tomgangskjøring. I løpet av Arendal-Tvedestrand prosjektets periode vil miljøbesparelsene tilsvare omtrent 87 000 tonn CO₂-eq som er en reduksjon på 69 prosent ved bruk av norsk strømmiks. Ved å bytte ut gravemaskiner og dumpere gjenstår fremdeles en betydelig del av maskinparken med høyt forbruk, som man kan se i figur 20. Sammenlignet med både konvensjonell diesel og bruk av HVO vil elektrisitet bringe nullutslipp av lokale gasser og en mer stillegående maskinpark. Det er likevel viktig å merke seg at lokal forurensing kan bli høy på plassen der strømmen produseres, avhengig av opprinnelsen.

8.3 Økonomiske konsekvenser

Per mai 2018 er det kun lansert én fossilfri tunell- og anleggsplass i Norge. Mye av årsaken til dette er store økonomiske konsekvensene ved å innføre HVO eller elektrisk drift som alternativer til det som brukes i dag. Både HVO og elektriske maskiner er kostbare alternativ, hvor HVO som drivstoff er mer kostbart enn konvensjonell diesel, og elektriske maskiner er en dyrere maskin enn tradisjonelle maskiner på grunn av batteripakken.

8.3.1 HVO

Den største barrieren for lansering av HVO på anleggsplasser i Norge er den høye produktkostnaden sammenlignet med konvensjonell anleggsdiesel. I følge tall hentet fra Circle K (Figur 31), var det 21.03.18 en prisdifferanse på 19,8 prosent mellom HVO100 og konvensjonell anleggsdiesel, og 20,3 prosent prisdifferanse mellom HVO100 og B7 anleggsdiesel. En slik differanse utgjør en stor økonomisk konsekvens da anleggsprosjekter krever store mengder, og prisdifferansen da blir betydelig. Et prosjekt som E18 Arendal-Tvedestrand må holde seg innenfor budsjettet gitt av prosjektgiver Nye Veier. En overgang til HVO som et alternativt drivstoff ville dermed hatt en betydning for reduksjoner andre deler av prosjektet. Sitert fra lederen av ytre miljø hos AF Gruppen om hvorfor HVO ikke ble betraktet som et alternativ; «Dette ville sprengt drivstoffsbudsjettet som er avtalt med vår prosjektgiver, Nye Veier, men vi kan jo håpe at HVO blir en del av kravspeken i neste prosjekt». Dette viser til at økonomien mye av grunnen til at HVO som et alternativt drivstoff ikke blir brukt mer tilknyttet større virksomheter i Norge i dag. Som lederen for ytre miljø presiserer, er det derimot et ønske innad i virksomheten å ta i bruk flere fornybare alternativer.

Som man kan se på Tabell 19, vil det være en økonomisk økning på omtrent 800 000 kr per uke ved en fullstendig utbygging av maskinparken til AF Gruppen til HVO. Dette tilsvarer en stigning i drivstoffavgifter på 106 millioner kr i løpet av hele prosjektet, om antatt prisforskjell på 28,8 prosent som angitt april 2018, og et daglig forbruk på 50 000 liter. For å gjøre HVO til et mer attraktivt produkt for markedet, må denne prisdifferansen reduseres. Dagens situasjon er at produksjonsmengden av HVO i verden er for lav noe som medfører høyere priser. Ved å iverksette ulike tiltak, kan denne differansen reduseres og gjøre HVO mer realistisk for bruk av større virksomheter.

Ved å produsere mer biodrivstoff i Norge, er det store muligheter for å redusere kostnaden på HVO. Datterselskapet til Bergene Holm, Biozin AS, kan være en pådriver til dette. Ved å produsere produktet i Norge vil man redusere avstandene produktet må transporteres. Mindre transport vil føre til reduserte samlede kostnader ved produksjon, og dermed føre til reduserte kostnader for kunden. Dette vil også kunne medføre til en redusert miljøpåvirkning, da transport som regel foregår med fossile transportmidler.

I følge informasjon hentet fra miljødirektoratet i 2015, er det forbedringer å hente innen logistikk av det fornybare produktet. HVO og konvensjonell diesel blir begge fraktet internasjonalt med skip til Norge. Det er her snakk om skip som har mulighet til å frakte store masser, deriblant flere ulike drivstoffprodukter. Istedenfor å samkoordinere transporten mellom fossilt og fornybart, ble produktene i 2015 fraktet med separate skip til Norge. Dette gjør det økonomisk mindre lønnsomt for et nytt produkt som HVO å komme inn på markedet. I tillegg skaper salgsvolum problemer for det fornybare alternativet.

På grunn av for lav etterspørsel sammenlignet med konvensjonell diesel, er ikke mengdene store nok til å fraktes med egne skip. Når leveransene når Norge, må drivstoffet derfor videre transporteres med tankbiler til ulike deler av landet. Dette gjør transportprosessen mindre effektiv og mer kostbar, som medfører økte priser for sluttproduktet. Dersom etterspørselen til produktet skulle øke, ville masseproduksjon legge til rette for mer gunstige transportmetoder, og reduserte priser.

Ved Sam Eyde, illustrerer Tabell 15 kostnader for HVO kontra anleggsdiesel i løpet av perioden fra 2015 til 2017. Her ser man at kostnaden for HVO varierer med en differanse på omtrent 242 000 kr fra 2015 kontra 2017. Prisen på HVO kan by på problemer i forhold til at kostnaden for drivstoffet kan overskride budsjetter på grunn av store fluktuasjoner i pris. Det er derfor enklere å sette opp et korrekt budsjett ved bruk av fossil anleggsdiesel grunnet mindre variasjon i pris. Dette problemet kan minimeres ved en økt etterspørsel og produksjon av HVO, som videre kan medføre redusert kostnad og mindre variasjon i pris.

8.3.2 Elektrisitet

Høy prisdifferanse mellom HVO og konvensjonell diesel, i tillegg til store investeringskostnader ved satsing på batteridrift, resulterer i at prisen i de fleste scenarioene i Figur 32 og Figur 33 blir høyere for en fossilfri løsning enn konvensjonell drift. Det må være tilstrekkelig med maskiner som går på elektrisk drift for at de totale utgiftene under drift skal være lavere enn prisen for anleggsdiesel. Figur 32 viser at ingen av scenarioene med elektriske maskiner og HVO lønner seg i løpet av prosjektperioden, men at det etter rundt 357 uker vil være lite som skiller utgiftene forbundet med en helelektrisk og fossil anleggsplass.

Prisen per kWh batteri er fremdeles høy. At denne prisen skal endre seg i nær fremtid er også usannsynlig siden mindre aktører ikke har mulighet til å tvinge prisene ned slik store firma, som for eksempel Tesla, kan. Stor økning av elektrifiserte kjøretøy, kan også medføre ekstreme påkjenninger til strømmettet i landet. Om strømmettet må utbedres som følge av økt strømforbruk, kan dette bety betydelige kommunale utgifter. Det er imidlertid mulig at dette er utbedringer som uansett må medregnes ettersom modernisering av samfunnet er noe som allerede medfører høyere strømbehov.

8.4 Utfordringer ved innføring

8.4.1 Dagens situasjon

Som man kan se på Figur 35 til Figur 40 er det en tydelig splittelse i miljøfremmende prioriteringer mellom maskinleverandørene i Norge. Av de 14 leverandørene som deltok, var det kun 54 prosent av dem som svarte at de jobbet med utviklingsarbeid tilknyttet fossilfrie alternativer. Fra den samme deltakergruppen var det 86 prosent som svarte at de hadde fått forespørsler fra kunder angående utstyr som går på HVO. Dette viser at det i dag muligens er en høyere etterspørsel enn tilbud av fornybare alternativer. En slik etterspørsel viser til gode muligheter for fremtiden, siden leverandører til en viss grad blir tvungen til å utvikle teknologi i henhold til kundekrav for å holde seg attraktiv på markedet. Man kan også se på resultatene fra undersøkelsen at elektrisitet er det feltet som er kommet lengst innenfor bransjen, mens HVO kommer på en solid andre plass. Hydrogen er et alternativ som enda er for umoden for anleggsbransjen.

Det eneste kravet Nye Veier legger frem til sine totalentreprenører i dag, er å minimere konsekvensene til ytre og indre miljø der det er de selv som velger hvor de prioriterer å gjøre kutt. I dag er det mange områder på en anleggs plass hvor forbedringspotensial er tilrettelagt, og etter uttalelser fra Nye Veier og AF Gruppen, er det områder hvor innsparingsmulighetene er større enn drivstoff. Bruk og valg av materialer er området ved en anleggs plass med store innsparingsmuligheter. I følge aktører innenfor feltet er dette områder ved en anleggs plass som er rimeligere å kutte ned på. Ved å innføre spesifikke krav, kan klimakutt av de direkte utslippene bli mer spesifisert som et reduksjonsfelt, og det vil dermed ikke bli et tilfelle å prioritere andre utslippsposter. Først da kan man vente å se flere fossilfrie anleggsplasser i Norge.

8.4.2 Påvirkningsmuligheter

Statlig påvirkning

«Økonomiske konsekvenser ved bruk av fossilt drivstoff, eller økonomiske fordeler ved bruk av fornybar diesel». Et dilemma som ingen helt kan bekrefte svaret på enda. Med tanke på en prisdifferanse på omtrent 20 prosent mellom konvensjonell diesel og HVO, er det lett for å tenke at statlige tiltak må iverksettes for å inspirere kunder til å velge fornybare alternativet på markedet. Eksempler på ulike tiltak som kan bidra til en slik motivasjon, er gjennom økonomisk straff eller økonomisk belønning. Dette vil si at staten kan innvilge klimakostnader som en konsekvens ved bruk av fossilt, eller det kan gis «rabatter» ved bruk av fornybart. Et godt eksempel på en økonomisk konsekvens er Sam Eyde Videregående skole. Den videregående skolen er innenfor fylkeskommunen, og går innenfor sektoren som må betale klimavoter ved utslipp av klimagasser. Til tross for plikt til å betale klimavoter, vil derimot en differanse på over 20 prosent mellom HVO og konvensjonell diesel ikke nøytralisere kostnaden. I samsvar med Tabell 15 som gir en oversikt over kostnaden for klimavoter ved Sam Eyde, viser den marginale kostnader for klimavoten i forhold til pris for klimavoten og klimagassutslipp. Kostnaden vil på en annen side gjøre det fornybare produktet mer attraktivt for virksomheten. En mulig løsning kan være å heve kostnaden på klimavoter slik fornybare løsninger vil lønne seg i fremtiden. Dette vil derimot være et mer realistisk tiltak å foreta når tilgjengeligheten til de ulike fornybare alternativene øker.

Økonomiske fordeler ved bruk av fornybar diesel, er også et godt tiltak for å gjøre produktet mer attraktivt på markedet. Én fordel kunne vært å innføre kvantumsrabatt ved kjøp av HVO. Dette vil føre til en mindre prisdifferanse mellom konvensjonell diesel og HVO. Dersom det inngås tettere samarbeid mellom produsenter og store virksomheter, ville produksjonsmengden og etterspørsel øke og man kan forvente reduserte priser på produktet. Dette er ikke observert i Norge i dag.

Et eksempel på et godt tiltak for å realisere fossilfrie alternativer ble i starten av året iverksatt av Byrådet for miljø og samferdsel i Oslo. Hovedstaden har gjennom dette kravet et mål om en fullstendig fossilfri anleggsvirksomhet innad i byen. Dette er et stort steg i riktig retning og som kan ha vært en medvirkende grunn til at Veidekke allerede har etablert landets første fossilfrie tunell- og anleggs plass. Det at et slikt krav stilles i hovedstaden, kan også motivere andre byer til å gjøre det samme og viser at fossilfrie anleggsplasser er på god vei inn i Norge.

Statens vegvesen og Regjeringen har vært med på å bidra til utviklingen av tilrettelegging for fremtidige miljøvennlige tiltak gjennom; «Krav til klimakutt i konkurransegrunnlag» (KraKK) og «Klima og miljøkrav ved offentlige anskaffelser». Regjeringen sin prioritering har vært å fremlegge spesifikke krav til miljø under offentlige anskaffelser, hvor regelen sier at det skal opprettes et tildelingskriterium hvor miljøet vektlegges med 30 prosent.

KraKK har på en annen side valgt å komme med seks ulike tiltak som de har mest tro på for å redusere fremtidige utslipp i bygg- og anleggsbransjen [Tabell 3]. Disse kravene er enda ikke innvilget, men vil ha en stor påvirkningskraft til at også flere virksomheter vil innføre tilsvarende krav for deres prosjekter. Elektrisitet og biodrivstoff er listet opp som noen av deres fremtidige krav, hvor de deriblant spesifiserer at de ønsker å kreve bruk av biodrivstoff om tilgjengeligheten til produktet bedrer seg. Dette spesifiserer igjen hvordan tilgjengeligheten av alternativt drivstoff enda har en lang vei å gå før det kan være realistisk for bransjen å ta i bruk. En omstillingsprosess er nødvendig, hvor kunnskapen og fokuset på alternativt drivstoff må prioriteres. Dette gjelder blant annet produksjon av biodrivstoff i landet. Innovasjonsprosjekter i Norge er derimot under utvikling, og forventes å kunne starte produksjon i løpet av de nærmeste årene.

Et eksempel på et firma som er i utviklingsfasen er Bergene Holm sitt datterselskap, Biozin AS lokalisert på Åmli. Anlegget vil bruke 700 000 m³ til å produsere 120 000 m³ bioråolje i året. Dette vil skje på et landbruksområde på Åmli, nære avskogingsområdet, slik av avstanden fra ressurs til produksjon er kortest mulig. Etter ferdigstilt bioråstoff, vil det bli sendt til et svensk oljeselskap, Preem AS, som skal raffinere produktet for videre distribusjon av biodrivstoff. Det har aldri eksistert så store anlegg for biodrivstoff i Norge før. Biozin AS sin visjon er å være en av Norges aller første bioråolje-produsenter, hvor Åmli kun er begynnelsen på deres bedriftsutvikling. Lars Frode Askheim, CEO ved Biozin AS, nevnte under seminar ved UIA at de var avhengig av statlig støtte for å gå i gang med produksjonen. En slik prosess er kostbar, og spesielt når det kommer til utvikling av en ny generasjon drivstoff. «Det er en stor risiko å investere milliarder av kroner på noe man ikke vet om det er marked for enda, og en statelig støtte er da nødvendig», mener Askheim. Til nå har selskapet fått støtte fra statelige foretak til utviklingsprosessen, gjennom Innovasjon Norge og ENOVA.

Statelige foretak

Den økonomiske konsekvensen ved overføringen til fornybar teknologi-utvikling, er en av de største utfordringene når det kommer til realisering av fossilfrie anleggs plasser. Dette gjør statlig støtte til en nødvendighet i oppstartsfasen. Innovasjon Norge og ENOVA er to meget gode statlige foretak i Norge, hvor en kan søke om støtte ved oppstart av en ny bedrift, som for eksempel Biozin AS. Firmaet har både fått støtte fra Innovasjon Norge og ENOVA ved oppstart av Biozin AS, og har vært nødvendige tilskudd ved utviklingen av firmaet. Slike foretak gjør det enklere for næringer i Norge å satse på en omstilling av næringslivet, hvor fornybar energi kommer opp og frem i samfunnet.

Flere slike foretak er derimot nødvendig for at virksomheter, slik som anleggsbransjen, skal kunne velge fossilfritt fremfor fossilt. En god start er ENOVA sitt prosjekt i samarbeid med forskningsrådet og Innovasjon Norge: Pilot-E. Programmet støtter virksomheter med opp mot 40 prosent av merkostnaden ved innbytte til fossilfrie alternativer fremfor fossile maskiner. Et godt tiltak gjort av norske foretak, men ikke tilstrekkelig for en overgang. Per dags dato må man investere omtrent tre

ganger så mye for en fullelektrisk gravemaskin fra Pon. Dette er et foretak som først og fremst fremmer utviklingen av elektriske maskiner.

Som en løsning på problemet innen prisdifferansen mellom HVO og konvensjonell diesel, kunne et statelig foretak vært en god mulighet. Ved innføring av en statelig støtte hvor man får en støtte på 10-20 prosent ved valg av HVO, ville differansen mellom HVO og konvensjonell diesel vært minimal og langt mer attraktiv for norske virksomheter.

Intern påvirkning

«Leverandører av maskiner til prosjekter i Norge kan ha en stor påvirkningskraft til det grønne skiftet», uttaler Magnus Thomassen fra Nye Veier. Han bringer her frem Catepillar som et eksempel, og deres nylig lanserte fossilfrie gravemaskin. At de som leverandør nylig skapte mye oppmerksomhet i media angående deres gravemaskin som gikk på elektrisitet, var noe Thomassen mente ikke var tilfeldig. I dagens samfunn med mye fokus på klima og miljø, kan en slik lansering bidra til at Catepillar vinner markedsandeler, og i tillegg påvirke andre produsenter til å gå i samme retning.

Byggherrer og entreprenører kan også ha en stor påvirkningskraft innen feltet. Siden Nye Veier ikke gir noen spesifikke krav til hvordan klimagass-utslippene skal reduseres, står byggherrer og entreprenører fritt til å komme med egne løsninger. En god metode fra Nye Veier for å realisere fossilfrie anleggsplasser, er å innføre særskilte krav hvor det skilles mellom direkte og indirekte utslipp.

Regelverk for offentlige anskaffelser og BVP er eksempler på metoder ved tildeling av prosjekter. Nye Veier benytter seg av BVP metoden, hvor det er dem selv som stiller krav til hvor stor del av prosjektet som skal vektlegge miljø. Arbeidstakeren velger deretter selv hvordan du ønsker å tilfredsstille kravet, hvor egne løsninger blir tatt i bruk. Under en offentlig anskaffelse, kan miljø inkluderes i alle de fire ulike fasene. Første fase vektlegger behov, andre fase vurderer kvalifiseringen av oppdragstakere, mens tredje og fjerde fase viser til regelverk innen kontraktstildeling og oppfølging. For at fossilfrie anleggsplasser i Norge skal kunne bli en realitet, er det som byggherre viktig at fokuset på miljø er prioritert i alle de fire fasene. Ved å sette spesifikke krav til miljø i de tre siste fasene, vil entreprenørene som vinner anbudet være pliktig til å fokusere på grønne erstatninger. Dette gjelder også innenfor Nye Veier sin metodikk (BVP), hvor de kan justere opp den prosentvise vektleggingen på miljø. En alternativ måte Nye veier kan realisere fossilfrie anleggsplasser, er å innføre et todelt mål innen reduksjon av klimagasser; et mål for klimakutt som inkluderer indirekte klimagasser, og et mål for kutt i de direkte utslippene. Entreprenører vil dermed bli tvunget til å redusere sitt drivstofforbruk, og fornybare alternativer vil bli vurdert mer realistisk. Som tidligere nevnt av rådgiver for ytre miljø fra Nye Veier, ønsker derimot ikke de som byggherre å sette spesifikke krav til dette.

Ekstern påvirkning

Veidekke er en av Norges ledende entreprenør innen satsing på fossilfrie bygg- og anleggsplasser. Til nå er det Veidekke som har introdusert Norge for landets første fossilfrie bygg- og anleggsplass. Entreprenørene har fått annerkjennelse fra media for sitt arbeid mot et lavutslippssamfunn, hvor flere er ventet å gå i deres fotspor. Slik oppmerksomhet kan hjelpe entreprenørene med å vinne markedsandeler ved senere anskaffelser, og fremme økt vekst.

Satsningen til Sam Eyde videregående skole blir utført ifølge de av to grunner: økonomi og miljø. De nevner blant annet viktigheten av å gjøre neste generasjon bevisste på miljø, og ved satsningen på økonomi er redusering av tomgangskjøring et fokusområde. En annen grunn til at HVO prosjektet lot seg gjennomføre var at det ikke var noe form for dagmulkt²⁵. Dette førte til at skolen kunne eksperimentere med ulike løsninger som gir god overføringsverdi til bransjen. Effekten av å skifte ut maskiner, innføring av HVO og flytting til nye lokaler, har ført til at Sam Eyde vgs reduserte sine utslipp betydelig. Det totale CO₂ utslippet fra 2014 til 2016 var på omtrent 710 tonn CO₂-eq. Utslippene i 2016 viser til en reduksjon på 65 tonn CO₂-eq og sto for kun 8 prosent av det totale utslippet [Figur 22].

Dette prosjektet har resultert i fornøyde brukere og redusert miljøpåvirkning uten at de økonomiske konsekvensene har vært et hinder. Med dette viser Sam Eide at det er fullt mulig å bruke HVO som et alternativt drivstoff.

8.5 Fremtidige utsikter

Klima er blitt til et høyt prioritert tema både privat og industrielt, hvor alternativer diskuteres hyppig. Under spørreundersøkelsen som ble gjennomført tidligere i prosjektet, ble det anslått at kun 54 prosent av leverandørene arbeidet aktivt med utviklingsarbeid knyttet til alternative, fornybare løsninger. Dette til tross for at 86 prosent av det samme antallet har mottatt forespørsler fra kunder som ønsket utstyr som går på HVO. Undersøkelsen viser at det i dag er et kundeforhold med høyt initiativ til fornybare løsninger. Blant deltakerne, var det kun 69 prosent av dem som godkjente bruk av HVO for deres maskiner. Dette vil si at garantiene ikke vil gjelde om man bruker HVO som drivstoff på deres maskiner, og gjør brukerne noe mer skeptisk til å bruke fornybart drivstoff. I tillegg til dette var det ingen av leverandørene som tilbød hydrogendrevne maskiner, og kun 77 prosent av dem som hadde et utvalg av elektriske maskiner. I dag er det ingen leverandører som kan tilby hydrogendrevne kjøretøy. Fremtidige utsikter for hydrogen vil være sterkt avhengig av brenselcellepris, hydrogenpris og en nasjonal satsing. Under spørreundersøkelsen svarte derimot 26 prosent at de hadde troen på hydrogen som en fremtidig energibærer [Figur 39]. Tilgangen på maskiner som kan gå på alternative drivstoff er absolutt nødvendig for at industrien skal kunne vurdere nedprioritering av fossile energikilder til deres virksomhet. Om dette tilbudet eskalerer i den nærmeste fremtid, noe det ventes å gjøre, kan det bli sett på som mer realistisk for entreprenører og byggherrer å vurdere en overføring. Ved et større fokus på innføring gjennom ekstern påvirkning, vil også den statelige påvirkningen ha en stor betydning når det kommer til tempoet innen utviklingen.

²⁵ En avtalefestet bot entreprenøren plikter å betale hver dag han er forsinket i forhold til avtalte dagmulktbelagte frister [200].

Flere aktører som har vært kontaktet under prosjektutførelsen, presiserer at de tror HVO kun er tenkt å være et «mellomstadie» i overgangen fra fossilt drivstoff til alternativer som elektrisitet og hydrogen. Årsaken til dette er at Norge har et mål om å bli et nullutslipps-samfunn i fremtiden, hvorav fossilfritt kun vil være en pådriver til dette skiftet underveis i teknologiutviklingen. Som man kan se i Figur 39, har leverandørene en klar tro på elektrisitet og hydrogen som fremtidige energikilder for anleggsmaskiner. 39 prosent av leverandørene har tro på elektrisitet, mens 26 prosent har tro på hydrogen. Kun 22 prosent har tillit til HVO som prioritert drivstoff i fremtiden. Et interessant resultat fra undersøkelsen, var at kun 4 prosent av de utpekte leverandørene mente at ingen av de alternative drivstoffene var relevant for fremtiden. Leverandørene er altså innstilt på en omstilling fra fossile til fornybare løsninger, noe som er med på å øke sannsynligheten for dette kan skje. Bransjen viser også initiativ i forhold til en slik omstilling, der AF Gruppen og Nye Veier er eksempler på aktører som har troen på det grønne skiftet. AF Gruppen har presisert ved flere anledninger at de ønsker å øke sitt fornybare fokus, mens Nye Veier ved flere anledninger har hatt miljø som et prestasjonsmål og ønsker å øke vektleggingen ved anskaffelser.

Viljen til bransjen er absolutt til stede, men de økonomiske konsekvensene og den manglede teknologiske utviklingen er fortsatt en barriere som hemmer progresjonen. De økonomiske konsekvensene ved innføring av fossilfrie løsninger er fremdeles for stor til at de kan konkurrere med konvensjonell diesel. Statelige retningslinjer og krav er ansett som nødvendig for å få fortgang på prosessen. Hydrogenteknologien er enda ikke moden nok for innføring til anleggsbransjen, men har et stort fremtidig potensial.

9 KONKLUSJON

Hvilke muligheter og utfordringer industrien står overfor, er besvart ved hjelp av forskerspørsmålets operasjonelle underspørsmål.

Hvilke alternativer eksisterer i dag, og hvordan er fremtidige muligheter for å realisere fossilfrie anleggsplasser?

- HVO skal i dag kunne erstatte all bruk av konvensjonell diesel, og en rekke maskinprodusenter har allerede åpnet for bruk av HVO på sine anleggsmaskiner. Erfaringer gjort av blant annet Sam Eyde vgs. viser at drivstoffet yter like godt, og i noen tilfeller bedre, enn konvensjonell diesel. Muligheter for å implementere HVO på anleggsmaskiner i fremtiden vil være avhengig av blant annet økt tilgjengelighet og kostnadsreduksjon. Flere aktører mener derimot at HVO kun vil være et mellomstadium under omstillingen til utslippsfrie anleggsplasser.
- Det eksisterer i dag bare et fåtall maskiner som kan være aktuelle for tunge arbeidsoppgaver ved en anleggsplass, ettersom teknologiutviklingen av store elektriske maskiner enda har en vei å gå. I dag er det annonsert et fåtall prosjekter for elektrifisering av store maskiner, der de mest lovende er: en fullelektrisk 25 tonns gravemaskin produsert av Pon CAT (lansert i 2018), en 45 tonns dumper fra Komatsu, og et prosjekt av Bellona som går ut på å konvertere en 30 tonns gravemaskin. Det planlegges stadig nye elektriske prosjekter, der Volvo og Hitachi er aktører som også utforsker mulighetene.
- Hydrogendrevne anleggsmaskiner er ikke kommersielt tilgjengelig i dag. Det finnes derimot konseptmaskiner og pilotprosjekter som kan bidra til økt satsning og tilrettelegging for drift på hydrogen.

Hvor stort er det miljømessige forbedringspotensialet ved å gå over til fossilfrie løsninger, og hvilke økonomiske konsekvenser vil dette medføre?

- Beregningene gjort i oppgaven viser en reduksjon på 960 tonn CO₂-eq per uke ved overgang fra konvensjonell diesel til HVO, noe som utgjør 1,8 prosent av de totale årlige utslippene fra personbiler i Norge, og tilsvarer en besparelse på 50 prosent. Utslippene ved forbrenningen av HVO vil heller ikke bidra til økt mengde klimagasser i atmosfæren, ettersom råstoffene vil være biologiske og stoffene allerede sirkulerer i naturen.
- CO, NO_x og PM er andre gasser som frigjøres ved forbrenning av konvensjonell diesel og HVO. Disse klimagassene bidrar til lokal luftforurensning som kan gi alvorlige helseskadelige konsekvenser. Beregninger gjort i oppgaven viser at en overgang til HVO vil medføre en ukentlig reduksjon på om lag 2 000 kg CO, 150 kg NO_x og 50 kg PM. En slik reduksjon vil bidra til bedre luftkvalitet på anleggsplassen og i områdene rundt.
- Miljøkonsekvensene ved en helelektrisk maskinpark vil være avhengig av opprinnelsen til strømmen den bruker. Dersom strømmen er ren, og kommer fra fornybare kilder tilsier beregninger gjort i oppgaven en reduksjon på 69 prosent eller 87 000 tonn CO₂-eq i løpet av prosjektperioden. Utslippene forbundet med batteriproduksjon gjør at elektriske maskiner får et større miljøavtrykk under produksjon, men har liten påvirkning i løpet av maskinens livsløp.

- En total elektrifisering av maskinparken vil ikke være lønnsomt per i dag. Utgiftene forbundet med utvikling av ny teknologi og innkjøp av dyre batteripakker, vil gjøre at startkostnadene ved en helelektrisk maskinpark vil være høye. Driftskostnadene ved en slik maskinpark vil være lave, men beregninger gjort i denne oppgaven viser at en elektrifisering likevel aldri vil lønne seg.
- Prisen er omtrent 20 prosent høyere for HVO enn for konvensjonell diesel. Beregningene i oppgaven viser at en omstilling ville gjort veistrekningen 28 prosent dyrere, noe som tilsvarer 800 000 kr per uke.

Hvilke tiltak må iverksettes for å normalisere forekomsten av fossilfrie anleggsplasser i Norge?

- Den største årsaken til at omstillingen er utfordrende er den store prisforskjellen mellom konvensjonelle og fossilfrie løsninger. På grunn av dette vil krav fra statlige organer være nødvendig for at en slik omstilling skal skje. Eksempelvis har byrådet i Oslo har i 2018 innført krav om at bygge- og anleggsplasser skal være fossilfrie, noe bransjen har vist seg å kunne levere. Økt etterspørsel i anskaffelser vil kunne føre til bedre tilgjengelighet og lavere priser.
- Innovasjon Norge, ENOVA, Statens Vegvesen med KraKK og Byrådet i Oslo har til nå gått frem som gode eksempler i en vei mot fossilfrie anleggsplasser. Disse foretakene er derimot ikke nok for å oppnå en nasjonal omstilling. Flere og mer konkrete krav er nødvendig slik at reduksjoner av direkte utslipp av klimagasser vil bli prioritert. Først da kan man forvente en langt raskere utvikling av fossilfrie alternativer, og kan begynne å omstille Norge et lavutslippsamfunn.

10 ANBEFALINGER

I løpet av tiden som ble brukt til å skrive oppgaven, oppsto det ved flere anledninger interessante tema som kunne vært interessant å utforske mer. Blant annet er disse temaene:

- Med tanke på at det kun ble tatt utgangspunkt i anleggsmaskiner, ville det videre vært interessant å se på flere ulike utslippsposter. Det er ved flere anledninger blitt nevnt at det er områder ved en anleggsplass hvor miljøbesparelsene kan være langt større enn ved fokus på direkte utslipp. Spregningsarbeid og produksjon av materiale ville vært et interessant tema å sammenligne våre resultater med.
- Prosjektarbeidet har bidratt til god kommunikasjon med leverandørene av elektriske maskiner. Dette er teknologi som hadde vært interessant å få mer kunnskap om, spesielt med tanke på utviklingsprosessen.
- Undersøkt muligheten ved å oppnå mer effektiv og miljøvennelig kjøring av anleggsmaskiner. I løpet av oppgaven har mye informasjon og tanker rundt tomgangskjøring kommet fram. Det hadde vært veldig interessant å gå mer i dybden på dette ettersom forbedringspotensialet viser seg å være stort.

11 REFERANSER

- [1] Steffen Kallbekken, "Parisavtalen – Store norske leksikon," *Store Norske Leksikon*, 2017. [Online]. Available: <https://snl.no/Parisavtalen>.
- [2] "Klimaloven - Lovdata," *Lovdata*, 2017. [Online]. Available: <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2017-06-16-60>.
- [3] "Norges klimagassutslipp – Klimavakten – Energi og Klima," *Energi og Klima*, 2018. [Online]. Available: <https://energiogklima.no/klimavakten/norges-utslipp/>.
- [4] environment.no, "Klimagassutslipp fra transport | Miljøstatus," *Norwegian environment agency*, 2018. [Online]. Available: <http://www.miljostatus.no/tema/klima/norske-klimagassutslipp/utslipp-av-klimagasser-fra-transport/>. [Accessed: 03-Mar-2018].
- [5] "CO2 European Emission Allowances PRICE Today | Price of CO2 European Emission Allowances and Chart | Markets Insider." [Online]. Available: <http://markets.businessinsider.com/commodities/co2-emissionsrechte>. [Accessed: 27-Apr-2018].
- [6] "Klimavoter," Jan-2017. [Online]. Available: <https://www.regjeringen.no/no/tema/klima-og-miljo/klima/innsiktsartikler-klima/klimavoter/id2076655/>.
- [7] Difi, "Miljø som tildelingskriterium | Anskaffelser.no - Difi," *Anskaffelser*, 2017. [Online]. Available: <https://www.anskaffelser.no/tildelingskriterier-utforming-og-evaluering/utforming-av-tildelingskriterier/miljo>.
- [8] N. Fedoryshyn, "Bruk av biodrivstoff i transport - SSB," *Statistics norway*, 2017. [Online]. Available: <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/artikler-og-publikasjoner/bruk-av-biodrivstoff-i-transport>. [Accessed: 03-Oct-2018].
- [9] L. Løvold, "Om regnskogen," *Rengskogfondet*, 2015. [Online]. Available: <http://www.regnskog.no/no/om-regnskogen>.
- [10] "Bør du velge elbil, hybrid, diesel, bensin eller hydrogen?" [Online]. Available: <http://www.side3.no/motor/br-du-velge-elbil-hybrid-diesel-bensin-eller-hydrogen/3423297979.html>.
- [11] "Energi - naturvernforbundet.no," *Naturvernforbundet*. [Online]. Available: <https://naturvernforbundet.no/energi/>.
- [12] "40 prosent vekst = 142 500 elbiler i Norge – Convenience," *Redaksjonen*, 2018. [Online]. Available: <http://www.convenience.no/over-140-000-elbiler-i-norge/>.
- [13] L. A. W. Ellingsen, C. R. Hung, and A. H. Strømman, "Identifying key assumptions and differences in life cycle assessment studies of lithium-ion traction batteries with focus on greenhouse gas emissions," *Transp. Res. Part D Transp. Environ.*, vol. 55, pp. 82–90, Aug. 2017.
- [14] M. Miotti, G. J. Supran, E. J. Kim, and J. E. Trancik, "Personal Vehicles Evaluated against Climate Change Mitigation Targets," *Environ. Sci. Technol.*, vol. 50, no. 20, pp. 10795–10804, Oct. 2016.
- [15] Miljødirektoratet, "Klimagasser | Miljøstatus," *Miljødirektoratet*, 2017. [Online]. Available: <http://www.miljostatus.no/tema/klima/Klimagasser/>.
- [16] "Drivhuseffekten | Miljøstatus," *Miljødirektoratet*, 2015. [Online]. Available: <http://www.miljostatus.no/tema/klima/drivhuseffekten/>.

- [17] A. H. Larsen, "Klimaendringer og mat - naturvernforbundet.no," *Naturvernforbundet*, 2014. [Online]. Available: <https://naturvernforbundet.no/klima/konsekvenser-av-global-opppvarming/klimaendringer-og-mat-article31538-974.html>.
- [18] "14. Isen i Antarktis øker - naturvernforbundet.no," *Naturvernforbundet*. [Online]. Available: <https://naturvernforbundet.no/sporsmal-og-svar-om-klima/14-isen-i-antarktis-oket-article36368-3927.html>.
- [19] "Konsekvenser av global oppvarming - naturvernforbundet.no," *Naturvernforbundet*. [Online]. Available: <https://naturvernforbundet.no/klima/konsekvenser-av-global-opppvarming/category974.html>.
- [20] "FNs klimapanel: Rapport om konsekvenser - naturvernforbundet.no." [Online]. Available: <https://naturvernforbundet.no/klima/konsekvenser-av-global-opppvarming/fns-klimapanel-rapport-om-konsekvenser-article30930-974.html>.
- [21] M. Berisha, "Påvirker global oppvarming flyktningkrisen?," 2017. [Online]. Available: <http://1stc.elevavis.no/index.php?artID=146&navB=1>.
- [22] E. Martiniussen, "Millioner av klimaflyktninger | Harvest Magazine," *Harvest*, 2015. [Online]. Available: <https://www.harvestmagazine.no/artikkel/millioner-av-klimaflyktninger>.
- [23] "Hva er en byggeplass? | Anskaffelser.no - Difi," *Anskaffelser*, 2017. [Online]. Available: <https://www.anskaffelser.no/sosial-dumping/ofte-stilte-sporsmal/hva-er-en-byggeplass>.
- [24] I. Elisa, "What is the difference between direct and indirect ELISA?," *India GHG Progr.*, pp. 5–6, 2017.
- [25] "Utslippsfrie bygg- og anleggsplasser | Anskaffelser.no - Difi," *Anskaffelser*, 2018. [Online]. Available: <https://www.anskaffelser.no/hva-skal-du-kjope/bygg-anlegg-og-eiendom-bae/utslippsfrie-byggeplasser>.
- [26] "Forskrift om bruk av kjøretøy - Lovdata," *Lovdata*. [Online]. Available: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/1990-01-25-92>.
- [27] "Anleggsdiesel - Preem.se," *Preem*. [Online]. Available: <https://www.preem.se/no/norsk/produkter--tjenester/anleggsdiesel/>.
- [28] "Avgiftsfri diesel – Wikipedia," *Wikipedia*, 2016. [Online]. Available: https://no.wikipedia.org/wiki/Avgiftsfri_diesel.
- [29] T. Vestreng, "Fossilfri tunnelboring på Sogn - Oslo," 21.04.2018. [Online]. Available: <https://www.dagsavisen.no/oslo/fossilfri-tunnelboring-pa-sogn-1.1133445#carousel-example-generic>. [Accessed: 01-May-2018].
- [30] "Norges første fossilfrie tunnel- og anleggsarbeid - Pressemeldinger - Veidekke i Norge," 2018. [Online]. Available: <http://veidekke.no/om-oss/nyheter-og-media/pressemeldinger/article27714.ece>. [Accessed: 01-May-2018].
- [31] M. Kampa and E. Castanas, "Human health effects of air pollution," *Environmental Pollution*, vol. 151, no. 2. Elsevier, pp. 362–367, 01-Jan-2008.
- [32] Luftkvalitet.info, "Luftkvalitet in Norge," *Luftkvalitet*, 2015. [Online]. Available: <http://www.luftkvalitet.info/home/Varslingsklasser.aspx>.
- [33] Miljødirektoratet, "Regelverk for lokal luftkvalitet | Miljøstatus," 2016. [Online]. Available: <http://www.miljostatus.no/tema/luftforurensning/lokal-luftforurensning/regelverk-for-lokal-luftkvalitet/>.
- [34] Klima- og miljødepartementet, "Lov om vern mot forurensninger og om avfall (forurensningsloven)," *Lovdata*, 2015. [Online]. Available: <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1981-03-13-6>.

- [35] "Sommerens forenklingstiltak," KS, 2015. [Online]. Available: <http://www.ks.no/fagomrader/okonomi/offentlige-anskaffelser/sommerens-forenklingstiltak/>.
- [36] FAD, "Veileder til reglene om offentlige anskaffelser," pp. 1–218, 2006.
- [37] Departementet, "Miljø og regelverket for offentlige anskaffelser."
- [38] "NYE VEIERS ERFARINGER MED BVP SÅ LANGT." [Online]. Available: <http://www.rif.no/media/6185/bjoern-boerseth-nye-veier-as.pdf>. [Accessed: 24-Apr-2018].
- [39] "Saltvik- plogen er her igjen."
- [40] E. Syljuåsen, "Traktor - Alt om traktor på ett sted," 2018. [Online]. Available: <http://www.traktor.no/article/nye-og-strengere-motorkrav-pa-vei/>. [Accessed: 23-Apr-2018].
- [41] L.-H. Paarup *et al.*, "PÅ VEI MOT FOSSILFRI TRANSPORT." [Online]. Available: http://klimastiftelsen.no/wp-content/uploads/2016/06/Fossilfri_Transport_Vestlandet_2016.pdf.
- [42] "Norske utslipp - Utslipp til luft og vann og generert avfall," *Miljødirektoratet*, 2016. [Online]. Available: <http://www.norskeutslipp.no/no/Petroleumsvirksomhet-til-havs/?SectorID=700>.
- [43] H. Wiig, "Vurdering av biodrivstoff i transportsektoren Tiltak , virkemidler , effekter og kostnader i 2020 og 2030 Innhold."
- [44] "Innkjøp og offentlige anskaffelser - Miljøkommune," *Miljødirektoratet*, 2017. [Online]. Available: <http://www.miljokommune.no/Temaoversikt/Klima/Eksempler-pa-klima--og-energitiltak-1/Innkjop-og-offentlige-anskaffelser/>.
- [45] "Grønnere innkjøp i det offentlige kan redusere klimagassutslipp med 70 prosent - smp.no/nyheter – Nyheter fra Ålesund, Sunnmøre og Nordvestlandet.," *NTB*, 2018. [Online]. Available: <http://www.smp.no/nyheter/2018/02/21/Grønnere-innkjøp-i-det-offentlige-kan-reducere-klimagassutslipp-med-70-prosent-16137103.ece>.
- [46] K. miljødepartementet, "Nye regler for å kjøpe grønt," Jan-2016. [Online]. Available: <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/nye-regler-for-a-kjope-gront/id2471894/>. [Accessed: 03-Mar-2018].
- [47] V. B. Huseby, "Velger pris framfor miljø - Vårt Land," *Vårt Land*, 2016. [Online]. Available: <https://www.vl.no/nyhet/velger-pris-framfor-miljo-1.675012>.
- [48] Høgestøl. Sara J, "Grønne kjøp blir plikt - Vårt Land," *Vårt Land*, 2016. [Online]. Available: <https://www.vl.no/nyhet/gronne-kjop-blir-plikt-1.680872>.
- [49] H. Aas, "Intervju med noen av aktørene bak fellesinitiativet for utslippsfrie bygge- og anleggsplasser – Innovative anskaffelser," *Innovative Anskaffelser*, 2017. [Online]. Available: <http://innovativeanskaffelser.no/blogg/vil-ha-utslippsfrie-bygge-og-anleggsplasser/>.
- [50] R. Daler, "Miljøkravene kommer - Anleggsmaskinen," *Anleggsmaskinen*, 2017. .
- [51] K. Solem, "Vegvesenet kommer til å stille krav om mer miljøvennlig anleggsdrift i kontraktene - Vegnett," *Vegnett*, 2017. [Online]. Available: <https://vegnett.no/2017/03/vegvesenet-kommer-til-a-stille-krav-om-mer-miljovennlig-anleggsdrift-i-kontraktene/>.
- [52] R. Daler, "Delingsøkonomi i anleggsbransjen - Anleggsmaskinen," *Anleggsmaskinen*, 2016. [Online]. Available: <http://anleggsmaskinen.no/2016/05/delingsokonomi-i-anleggsbransjen/>.
- [53] R. Daler, "Nye miljøkrav i anbudskonkurranser - Anleggsmaskinen," *Anleggsmaskinen*,

2018. [Online]. Available: <http://anleggsmaskinen.no/2018/02/nye-miljokrav-anbudskonkurranser/>.
- [54] M. MirRiahi, "What Is the Origin of Diesel Fuel?," *Sciencing*, 2017. [Online]. Available: <https://sciencing.com/origin-diesel-fuel-19702.html>. [Accessed: 13-May-2018].
- [55] "Dieselmotor - Historikk," *Snl*. Store norske leksikon, 2009.
- [56] K. Hofstad, "CEN - Den europeiske standardiseringsorganisasjonen," *Snl*, 2017. [Online]. Available: https://snl.no/CEN_-_Den_europeiske_standardiseringsorganisasjonen.
- [57] (ACEA; Alliance; AMA; JAMA), "World-wide fuel charter," *Fuel*, vol. 81, no. December, pp. 0–50, 2002.
- [58] S. R. Schill, "The Latest News and Data About Biodiesel Production," *Biodiesel Mag.*, 2008.
- [59] K. A. Rosvold, "energitetthet – Store norske leksikon." [Online]. Available: <https://snl.no/energitetthet>. [Accessed: 01-Apr-2018].
- [60] E. Dontigney, "How Is Diesel Fuel Made?," *Sciencing*, 2017. [Online]. Available: <https://sciencing.com/diesel-fuel-made-5082571.html>. [Accessed: 04-Feb-2018].
- [61] K. O. Company, "How is Diesel Fuel Made from Crude Oil," *Kendrick Oil*, 2015. [Online]. Available: <http://www.kendrickoil.com/how-is-diesel-fuel-made-from-crude-oil/>. [Accessed: 20-Feb-2018].
- [62] T. Opportunities, A. Perimenis, S. Majer, K. Zech, and M. Holland, "Deliverable D5 (WP 4 report) Lifecycle Assessment of Transportation Fuels," vol. 5, 2008.
- [63] A. Engman *et al.*, "Neste Renewable Diesel Handbook."
- [64] Pacific Biodiesel, "History of Biodiesel Fuel," *Biodiesel*, pp. 2–5, 2012.
- [65] "energiressurs – Store norske leksikon." .
- [66] A. C. Bøeng, "Snart i mål med transportmålet for 2020," *SSB*, 2017. .
- [67] Miljø- direktoratet, "Fakta om biodrivstoff," *Miljø- direktoratet*, 2018. [Online]. Available: <http://www.miljodirektoratet.no/no/Nyheter/Nyheter/2017/Februar-2017/Fakta-om-biodrivstoff1/>. [Accessed: 06-Apr-2018].
- [68] "Bærekraftig utvikling," *FN*, 2018. [Online]. Available: <https://www.fn.no/Tema/Fattigdom/Baerekraftig-utvikling>.
- [69] F3-Centre, "FAME, Fatty acid methyl esters," *f3 Centre*, 2015. [Online]. Available: http://www.f3centre.se/fact_sheet/FAME. [Accessed: 26-Mar-2018].
- [70] BSG, "Biodiesel standards / specification," *Biofuel Systems Group Limited*. 2013.
- [71] W. A. Reimann and B. A. Siggelkow, "Cold Flow Treatment: FAME, HVO & Diesel Blends," 2013. .
- [72] "HVO Biodiesel (Hydrotreated Vegetable Oil)," *Crown oil UK*. [Online]. Available: <https://www.crownoiluk.com/products/hvo-biodiesel/>.
- [73] J. V. Gerpen, "Transportation and storage of biodiesel," *National Biodiesel Education Program*, pp. 1–3, 2012.
- [74] "Production of Biodiesel Production."
- [75] US DoE, "Biodiesel Blends," 2018.
- [76] "Alt du må vite om drivstoff | NAF," *Naf*. [Online]. Available: <https://www.naf.no/tips-og-rad/bilhold/teknisk-om-bilen/alt-du-ma-vite-om-drivstoff/>.
- [77] "Miles drivstoff," *Circle K*. [Online]. Available: https://www.circlek.no/no_NO/pg1334073201036/private/milesDrivstoff.html.
- [78] B. Stengel and J. H. Vium, "A Report from the IEA Advanced Motor Fuels Implementing Agreement Synthesis, Characterization, and Use of Hydro-Treated Oils

- and Fats for Engine Operation.”
- [79] Fossil Free Fuels F3, “HEFA/HVO, Hydroprocessed Esters and Fatty Acids $C_{n}H_{2n+2}$,” *f3 Centre*, 2016. [Online]. Available: <http://www.f3centre.se/fact-sheet/HVO>. [Accessed: 25-Feb-2018].
 - [80] G. Birzietis, V. Pirs, I. Dukulis, and M. Gailis, “Effect of commercial diesel fuel and hydrotreated vegetable oil blend on automobile performance,” *Agron. Res.*, vol. 15, no. S1, pp. 964–970, 2017.
 - [81] I. M. Monirul *et al.*, “A comprehensive review on biodiesel cold flow properties and oxidation stability along with their improvement processes,” *RSC Adv.*, vol. 5, no. 105, pp. 86631–86655, 2015.
 - [82] C. Weber and A. H. Amundsen, “Fornybare drivstoffer – Fornybar diesel : HVO,” 2016.
 - [83] H. Aatola, M. Larmi, T. Sarjojaara, and S. Mikkonen, “Hydrotreated Vegetable Oil (HVO) as a Renewable Diesel Fuel: Trade-off between NO_x, Particulate Emission, and Fuel Consumption of a Heavy Duty Engine,” *SAE Int. J. Engines*, vol. 1, no. 1, pp. 2008-01–2500, 2008.
 - [84] “HVO-type renewable diesel formally accepted for Peugeot and Citroën passenger cars and vans,” *Neste*, 2016. .
 - [85] REN21 - Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, “Renewables 2017 - Global Status Report,” 2017.
 - [86] S. Henriksen, Guro . Aulie Hagerud, Brit Helen & Kristoffersen, “Sales of petroleum products - annually, final figures - SSB,” *Statistics Norway*, 2017. .
 - [87] “New players join the HVO game.”
 - [88] “Stasjoner – Eco 1,” *ECO1*. [Online]. Available: <https://eco-1.no/stasjoner/>.
 - [89] CEST, “Nå får du milesBIO HVO100 på Circle K - Circle K Norge AS,” *Circle K*, 2017. [Online]. Available: <http://www.mynewsdesk.com/no/circleknorge/pressreleases/naa-faar-du-milesbio-hvo100-paa-circle-k-2159744>.
 - [90] “Leaving a healthier planet for our children by creating responsible choices every day Annual Report.”
 - [91] H. Førde, “HVO brer om seg, men...,” *Tungt*, 2017. [Online]. Available: <http://www.tungt.no/transportmagasinet/hvo-brer-om-seg-men-2106791>.
 - [92] “BIODRIVSTOFF I TRANSPORT- SEKTOREN KARTLEGGING AV BARRIERER OG KOSTNADER,” 2016.
 - [93] “Biozin | Circular Energy Solutions,” *Biozin AS*. [Online]. Available: <http://biozin.no/#presse>. [Accessed: 16-Apr-2018].
 - [94] G. Ufs, “Vil ha skognæringa som satsingsområde | Fyresdal Næringshage,” *Fyresdal Næringshage*, 2016. [Online]. Available: <http://fyresdalnaeringshage.no/vil-ha-skognaeringa-som-satsingsomrade/>. [Accessed: 16-Apr-2018].
 - [95] R. (Iowa S. U. Cruse, “Life Cycle Analysis for Biofuels,” *Extension*, 2016. .
 - [96] M. Valle, “Ekspert: – Norsk biodrivstoff kan ha 25 prosent høyere CO₂-utslipp enn fossilt drivstoff,” *TU*, 2018.
 - [97] IPCC, “Land Use, Land-Use Change, and Forestry,” *Forestry*, 2000.
 - [98] W. Edwards, Robert; Larive, Jean-Francois; Rickeard, David; Weindorf, “Well to tank appendix 2,” 2014.
 - [99] Joint Research Institute, “Well to tank Report, version 4.0,” 2014.
 - [100] Neste Oil, “Sustainably Produced Palm Oil.” [Online]. Available: <https://www.neste.com/en/corporate-info/sustainability/sustainable-supply->

- chain/sustainably-produced-palm-oil.
- [101] TSP, "Breakdown of Electricity Generation by Energy Source | The Shift Project Data Portal," *The Shift Project*, 2016. [Online]. Available: <http://www.tsp-data-portal.org/Breakdown-of-Electricity-Generation-by-Energy-Source#tspQvChart>. [Accessed: 15-Mar-2018].
 - [102] "Nasjonal varedeklarasjon 2016 - NVE." [Online]. Available: <https://www.nve.no/reguleringsmyndigheten-for-energi-rme-marked-og-monopol/varedeklarasjon/nasjonal-varedeklarasjon-2016/>. [Accessed: 20-Feb-2018].
 - [103] World Nuclear Association, "Comparison of Lifecycle Greenhouse Gas Emissions of Various Electricity Generation Sources," p. 6, 2011.
 - [104] V. Krey IIASA *et al.*, "II ANNEX Metrics & Methodology Coordinating Lead Authors: Lead Authors: Contributing Authors."
 - [105] B. M. Svein, C. H. Eide, and K. A. Rosvold, "kull – Store norske leksikon." [Online]. Available: <https://snl.no/kull>. [Accessed: 10-Mar-2018].
 - [106] "Kull og klima i Kalimantan Et notat om norske interesser i Indonesias klimaskadelige kullekspansjon."
 - [107] "Ekstrem smog lammer Kina." [Online]. Available: <https://www.tv2.no/a/8840842/>. [Accessed: 02-Apr-2018].
 - [108] "Kina bruker 3.000 mrd. på grønt skifte - Kina - Energi - E24." [Online]. Available: <https://e24.no/energi/kina/kina-bruker-3-000-mrd-paa-groent-skifte/23891417>. [Accessed: 01-Mar-2018].
 - [109] "Klimavennlige kullkraftverk er mulig." [Online]. Available: <https://gemini.no/kronikker/klimavennlig-kullkraftverk/>. [Accessed: 20-Apr-2018].
 - [110] R. Heggstad and L. Lundby, "vannkraftmaskin – Store norske leksikon." [Online]. Available: <https://snl.no/vannkraftmaskin>.
 - [111] "Elektrisitet - årlig - SSB." [Online]. Available: <https://www.ssb.no/energi-og-industri/statistikker/elektrisitet/aar>.
 - [112] K. A. Rosvold, "nettap – Store norske leksikon." [Online]. Available: <https://snl.no/nettap>. [Accessed: 01-Apr-2018].
 - [113] "Bellona bygger elektriske anleggsmaskiner - Byggmesteren," *Byggmesteren*, 2017. [Online]. Available: <https://byggmesteren.as/2017/12/15/bellona-bygger-elektriske-anleggsmaskiner/>. [Accessed: 20-Feb-2018].
 - [114] R. Daler, "Du kan få støtte til elektrisk anleggsmaskin - Anleggsmaskinen," *Anleggsmaskinen*, 2017. .
 - [115] T. Moengen, K. Wyller, T. Muhlbradt, and E. Sletvold, "Disse skal lede Norge inn i energi- og transportfremtiden | Enova," *Enova*. .
 - [116] "Nasta har produsert elektriske gravemaskiner - At.no." [Online]. Available: <https://www.at.no/artikler/nasta-har-produsert-elektriske-gravemaskiner/425531>. [Accessed: 14-Mar-2018].
 - [117] "JCB lanserer el-graver - At.no." [Online]. Available: <https://www.at.no/artikler/jcb-lanserer-el-graver/432537>. [Accessed: 01-Apr-2018].
 - [118] "Elektrisk drevet gravemaskin - At.no." [Online]. Available: <https://www.at.no/artikler/elektrisk-drevet-gravemaskin/417378>. [Accessed: 12-Apr-2018].
 - [119] "Pon bygger 25-tonner på batteri - At.no." [Online]. Available: <https://www.at.no/artikler/pon-bygger-25-tonner-pa-batteri/426559>. [Accessed: 12-Feb-2018].

- [120] R. Daler, "Bransjen trenger et kunnskapsløft - Anleggsmaskinen," *Anleggsmaskinen*, 2016. [Online]. Available: <http://anleggsmaskinen.no/2016/11/bransjen-trenger-kunnskapsloft/>.
- [121] H. Løvik, "Skal lage en elektrisk 30 tonns gravemaskin - Tu.no," *Teknisk Ukeblad*, 2017.
- [122] "Firing & Thorsen kjøpte TO Cat Z Line - At.no." [Online]. Available: <https://www.at.no/artikler/firing-thorsen-kjopte-to-cat-z-line/436433>. [Accessed: 27-Feb-2018].
- [123] "Her vises Cat Z-line - At.no." [Online]. Available: <https://www.at.no/artikler/her-vises-cat-z-line/436247>. [Accessed: 10-Mar-2018].
- [124] "Empa - Communication - e-dumper." [Online]. Available: <https://www.empa.ch/web/s604/e-dumper>. [Accessed: 02-Apr-2018].
- [125] "Geo365 | Ulriken-TBM foran skjema." [Online]. Available: <http://www.geo365.no/anlegg/ulriken-tbm-foran-skjema/>. [Accessed: 08-Mar-2018].
- [126] "Demontering TBM og sprengning av tverrtunneler - Bane NOR." [Online]. Available: <http://www.banenor.no/Prosjekter/prosjekter-old/vedlikehold/sorlandsbanen-og-bergensbanen2/innhold/2017/demontering/>. [Accessed: 02-Mar-2018].
- [127] "Ulrikke lager 18 meter tunnel i døgnet - At.no." [Online]. Available: <https://www.at.no/artikler/ulrikke-lager-18-meter-tunnel-i-dognet/418597>.
- [128] Green Car Congress, "Panasonic develops new higher-capacity 18650 Li-ion cells; application of silicon-based alloy in anode," <http://www.greencarcongress.com/>, 2009. .
- [129] Panasonic, "Rechargeable Li-Ion OEM Battery Products," 2010. [Online]. Available: <http://www.panasonic.com/industrial/batteries-oem/oem/lithium-ion.aspx>.
- [130] C. Iclodean, B. Varga, N. Burnete, D. Cimerdean, and B. Jurchiş, "Comparison of Different Battery Types for Electric Vehicles," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2017, vol. 252, no. 1.
- [131] I. Buchmann, "Secondary (Rechargeable) Batteries – Battery University." 2013.
- [132] "Elbil: Hvem gir deg de beste garantiene? : Forbrukerrådet." [Online]. Available: <https://www.forbrukerradet.no/guide/no-guidekategori/elbil-hvem-gir-deg-de-beste-garantiene/>. [Accessed: 15-Mar-2018].
- [133] L. Lu, X. Han, J. Li, J. Hua, and M. Ouyang, "A review on the key issues for lithium-ion battery management in electric vehicles," *Journal of Power Sources*, vol. 226. Elsevier, pp. 272–288, Mar-2013.
- [134] Ø. Grøn, "virkningsgrad – Store norske leksikon." [Online]. Available: <https://snl.no/virkningsgrad>.
- [135] A. Thiruvengadam, S. Pradhan, P. Thiruvengadam, M. Besch, D. Carder, and O. Delgado, "Heavy-Duty Vehicle Diesel Engine Efficiency Evaluation and Energy Audit," *Cent. Altern. Fuels, Engines Emiss. West Virginia Univ. Final Rep.*, p. 66, 2014.
- [136] "Batteridrevet Cat 323F - Anleggsmaskinen." [Online]. Available: <http://anleggsmaskinen.no/2018/01/batteridrevet-cat-323f/>. [Accessed: 10-Mar-2018].
- [137] L. A. W. Ellingsen, G. Majeau-Bettez, B. Singh, A. K. Srivastava, L. O. Valøen, and A. H. Strømman, "Life Cycle Assessment of a Lithium-Ion Battery Vehicle Pack," *J. Ind. Ecol.*, vol. 18, no. 1, pp. 113–124, Feb. 2014.
- [138] H. C. Kim, T. J. Wallington, R. Arsenault, C. Bae, S. Ahn, and J. Lee, "Cradle-to-Gate Emissions from a Commercial Electric Vehicle Li-Ion Battery: A Comparative Analysis,"

- Environ. Sci. Technol.*, vol. 50, no. 14, pp. 7715–7722, Jul. 2016.
- [139] T. R. Hawkins, B. Singh, G. Majeau-Bettez, and A. H. Strømman, “Comparative Environmental Life Cycle Assessment of Conventional and Electric Vehicles,” *J. Ind. Ecol.*, vol. 17, no. 1, pp. 53–64, Feb. 2013.
- [140] “Tabell - Priser på kraft og nettleie uten avgifter, etter forbrukargruppe. Øre/kWh.” [Online]. Available: <https://www.ssb.no/330166/priser-pa-kraft-og-nettleie-uten-avgifter-etter-forbrukargruppe.ore-kwh>. [Accessed: 20-Mar-2018].
- [141] N. Iizuka *et al.*, “Citi GPS: Global Perspectives & Solutions Shuang Ding Senior China Economist Tina M Fordham Chief Global Political Analyst Head of US High Grade Credit Products Strategy Team,” no. January, 2015.
- [142] F. Lambert, “Electric vehicle battery cost dropped 80% in 6 years down to \$227/kWh – Tesla claims to be below \$190/kWh,” *Electrek*, 2017. [Online]. Available: <https://electrek.co/2017/01/30/electric-vehicle-battery-cost-dropped-80-6-years-227kwh-tesla-190kwh/>. [Accessed: 01-Apr-2018].
- [143] F. Lambert, “Tesla confirms base Model 3 will have less than 60 kWh battery pack option, cost is below \$190/kWh and falling,” *Electrek*, 2016. .
- [144] “Hydrogen - Fornybar.no.” [Online]. Available: <http://www.fornybar.no/andre-teknologier/hydrogen>. [Accessed: 13-May-2018].
- [145] A. Søgne, “Hydrogen: Fremtidens drivstoff?,” *Sysla Grønn*. [Online]. Available: <https://sysla.no/gronn/hva-er-hydrogen/>.
- [146] E. Eggen, “Lagringshinder for hydrogenrøm | forskning.no,” *Forskning*, 2008. [Online]. Available: <https://forskning.no/samferdsel-miljoteknologi/2008/04/lagringshinder-hydrogendrom>.
- [147] “About - Nel Hydrogen,” *Nelhydrogen*. [Online]. Available: <http://nelhydrogen.com/about/>.
- [148] “Hydrogen Products - Hexagon Lincoln,” *Hexagon*. .
- [149] “Hydrogen - statoil.com.” [Online]. Available: <https://www.statoil.com/no/hvordan-og-hvorfor/klimaendringer/hydrogen.html>. [Accessed: 12-May-2018].
- [150] H. Helsen and F. Energi, “Masteroppgave 2017 30 stp Er det lønnsomt å produsere hydrogen fra solenergi til tungtransportformål i Norge? Is it profitable to produce hydrogen from solar energy for heavy transport purposes in Norway?”
- [151] “Kart over stasjoner i Norge - Norsk Hydrogenforum,” *Norsk hydrogenforum*, 2017. [Online]. Available: <https://www.hydrogen.no/stasjoner/kart-over-stasjoner>. [Accessed: 09-Apr-2018].
- [152] Unknown, “Distribusjon - Fornybar.no,” *Fornybar.no*, 2016. [Online]. Available: <http://www.fornybar.no/andre-teknologier/hydrogen/distribusjon>. [Accessed: 09-Apr-2018].
- [153] M. R. Kjendseth Wiik, “NASTA og SINTEF skal utvikle utslippsfrie gravemaskiner - SINTEF,” *SINTEF*, 2017. [Online]. Available: <https://www.sintef.no/siste-nytt/nasta-og-sintef-skal-utvikle-utslippsfrie-gravemaskiner/>. [Accessed: 09-Apr-2018].
- [154] “Om Powunit – Powunit,” *Powunit*. [Online]. Available: <https://www.powunit.com/nb/om-powunit/>. [Accessed: 09-Apr-2018].
- [155] “Ecolite-TH200 Lighting Tower | Ecolite Lighting Towers | TCP.” [Online]. Available: <http://www.tcp.eu.com/products/hire/ecolite-lighting-towers/ecolite-th200-lighting-tower/>. [Accessed: 09-Apr-2018].
- [156] “E18 Tvedestrand - Arendal - AF Gruppen,” *AF-Gruppen*, 2018. [Online]. Available: <https://afgruppen.no/prosjekter/anlegg/e18-tvedestrand---arendal/>.

- [157] "Reguleringsplan for E18 Tvedestrand -Arendal PLANBESKRIVELSE Høringsutkast." [Online]. Available: <http://www.vegvesen.no/europaveg/e18tvedestrandarendal>.
- [158] Å. Homleid, "AF setter maskinrekord ved E18 Tvedestrand – Arendal : Bygg.no - Byggeindustrien," *Bygg*, 2017. [Online]. Available: <http://www.bygg.no/article/1307924>.
- [159] "KLIMASATS - STØTTE TIL KLIMASATSING I KOMMUNENE - 2017 Klimavennlige kjøretøy til opplæringsformål." [Online]. Available: <http://www.miljokommune.no/Documents/Klima/Klimasatssøknader og tilsagn 2017/Klimavennlige kjøretøy til opplæringsformål.pdf>. [Accessed: 12-Apr-2018].
- [160] "Klimaregnskap 2016 for Aust-Agder fylkeskommune by Aust-Agder fylkeskommune - Issuu," *Aust-Agder Fylkeskommune*, 2017. [Online]. Available: <https://issuu.com/austagderfk/docs/klimaregnskap-2016?e=1710541/55411691>. [Accessed: 12-Apr-2018].
- [161] H. Fløystad, "Aust-Agder fylkeskommune." [Online]. Available: <https://sru.austagderfk.no/api/utvalg/200102/moter/204556/behandlinger/6/0>. [Accessed: 03-Apr-2018].
- [162] "Hva er data." [Online]. Available: <https://estudie.no/hva-er-data/>. [Accessed: 12-May-2018].
- [163] T. Thagaard, *Systematikk og innlevelse: en innføring i kvalitativ metode*. Fagbokforlaget, 2013.
- [164] O. Dalland, *Metode og oppgaveskriving*. Gyldendal akademisk, 2017.
- [165] D. Silverman, *Doing Qualitative Research*. SAGE Publications Ltd, 2013.
- [166] "Naturalismen - Norsk Vg2 og Vg3 SF - NDLA." [Online]. Available: <https://ndla.no/nb/node/57095?fag=27>. [Accessed: 12-May-2018].
- [167] J. Söderholm, "Kjører biler og maskiner på fornybar diesel - Anleggsmaskinen," *Anleggsmaskinen*, 2015. [Online]. Available: <http://anleggsmaskinen.no/2015/12/kjorer-biler-og-maskiner-pa-fornybar-diesel/>.
- [168] K. Fangen, *Deltagende observasjon*. Fagbokforlaget, 2010.
- [169] J. K. Hummelvoll, E. Andvig, and A. Lyberg, *Etiske utfordringer i praksisnær forskning*. Gyldendal Akademisk, 2010.
- [170] "Eyde-cluster - Skogbasert biodrivstoff og biokullproduksjon i Agder," *NCE EYDE Norwegian center of expertise sustainable process industry*. [Online]. Available: <https://www.eydecluster.com/no/kalender/2018/skogbasert-biodrivstoff-og-biokullproduksjon-i-agder/>. [Accessed: 23-Apr-2018].
- [171] J. Kristensson, "Fem maskiner som kan utfordre i dieseldominert bransje - Tu.no," *Teknisk Ukeblad*, 2018. .
- [172] "Ny hybrid gravemaskin i 40-tonns klassen fra Komatsu - Hesselberg Maskin ASHesselberg Maskin AS," *Hesselberg*, 2017. .
- [173] A. Brekkhus, "Pon lanserer elektrisk CAT-graver på 25 tonn - Veidekke har kjøpt den første maskinen : Bygg.no - Byggeindustrien," *Bygg*, 2018. [Online]. Available: <http://www.bygg.no/article/1341086>.
- [174] M. Valle, "Denne dumperen blir verdens største elbil - Tu.no," *Teknisk Ukeblad*, 2017. .
- [175] "LX1 and HX1 prototypes | Volvo Construction Equipment Global," *Volvo*. .
- [176] Press Information, "LX1 prototype hybrid wheel loader delivers around 50% fuel efficiency improvement during customer testing," *Volvo*, 2017. .
- [177] "Fendt e100 Vario - AGCO GmbH," *Fendt*. .

- [178] Statens vegvesen, "Gjennomsnittlige CO2-utslipp | Statens vegvesen," 2017. .
- [179] SSB, "Kjørelengder - SSB," 2016. .
- [180] D. A. Notter *et al.*, "Contribution of Li-ion batteries to the environmental impact of electric vehicles," *Environ. Sci. Technol.*, vol. 44, no. 17, pp. 6550–6556, Sep. 2010.
- [181] A. Schäfer *et al.*, "TOSCA Project Final Report : Description of the Main S & T Results / Foregrounds," no. May, 2011.
- [182] "GWP og CO2 ekvivalenter," *Isovater*. [Online]. Available: <http://www.returgass.no/regelverk-miljo/drivhuseffekten/gwp/>.
- [183] S. Kallbekken, "CO2-ekvivalenter – Store norske leksikon," *SNL*, 2016. .
- [184] K. Olerud, "bærekraftig utvikling – Store norske leksikon," *SNL*, 2017. [Online]. Available: https://snl.no/bærekraftig_utvikling.
- [185] "Om oss - SSB," *SSB*. [Online]. Available: <https://www.ssb.no/omssb/om-oss>.
- [186] Handelskampanjen.no, "Offentlige anskaffelser," Sep-2014. [Online]. Available: <http://www.handelskampanjen.no/tema/offentlig-anskaffelser/>. [Accessed: 02-Apr-2018].
- [187] S. Refrigeration and H. P. Equipment, *OPERATORS OF EQUIPMENT CONTAINING FLUORINATED GREENHOUSE GASES*, no. 842. 2006.
- [188] Norway., B. Engstrøm, and Norway. Samferdselsdepartementet., *Vegtrafikkloven og trafikkreglene : med kommentarer*. Universitetsforlaget, 2004.
- [189] J. Trondal and O. F. Knudsen, "EU-kommisjonen – Store norske leksikon," *SNL*, 2018. [Online]. Available: <https://snl.no/EU-kommisjonen>.
- [190] "Kort om KS," *KS*, 2017. [Online]. Available: <http://www.ks.no/fagomrader/om-ks/ks-organisasjon/kort-om-ks/>.
- [191] Bellona, "Om Bellona - Bellona.no," *Bellona*, 2017. [Online]. Available: <http://bellona.no/om-bellona>.
- [192] Samferdselsdepartementet, *Nasjonal Transportplan 2014-2023*. regjeringen.no, 2013, p. 325.
- [193] "Maskinentreprenørenes Forbund," *MEF*. [Online]. Available: <http://www.mef.no/mef/om/mef>.
- [194] "EPD Norge - Forsiden," *EPD*, 2018. [Online]. Available: <http://epd-norge.no/>.
- [195] "Biodiesel | Statens vegvesen," *Statens Vegvesen*. [Online]. Available: <https://www.vegvesen.no/kjoretoy/Eie+og+vedlikeholde/Kjoretoy+og+drivstoff/Biodiesel>.
- [196] H. Ma, F. Balthasar, N. Tait, X. Riera-Palou, and A. Harrison, "A new comparison between the life cycle greenhouse gas emissions of battery electric vehicles and internal combustion vehicles," *Energy Policy*, vol. 44, pp. 160–173, May 2012.
- [197] "Oljedamp (VOC)." [Online]. Available: <http://www.miljodirektoratet.no/no/Tema/Luft/VOC/>. [Accessed: 02-Apr-2018].
- [198] "FEMCI Book - Calculating Grms." [Online]. Available: <https://femci.gsfc.nasa.gov/random/randomgrms.html>. [Accessed: 12-May-2018].
- [199] "Oppladbare batterier - Naturfag - NDLA," *NDLA*. [Online]. Available: <https://ndla.no/nb/node/16737?fag=7>. [Accessed: 20-Apr-2018].
- [200] "Dagmulkt – Wikipedia," *Wikipedia*, 2016. [Online]. Available: <https://no.wikipedia.org/wiki/Dagmulkt>.