

Fakultetet for anvendt økologi og landbruksfag

Øivind Karlsen

Bacheloroppgave

Avgass og driftssikkerhet ved bruk av HVO på landbruksmaskiner

Exhaust gas and operational safety when using HVO on agricultural machinery

Bachelor i landbruksteknikk

2019

Samtykker til tilgjengeliggjøring i digitalt arkiv Brage **JA** ☒ **NEI** ☐

Forord

For å avslutte mitt bachelorløp ved Høgskolen i Innlandet, Campus Blæstad har jeg utarbeidet og skrevet denne oppgaven. Jeg har vært så heldig å få skrive om tema som er høyst aktuelt i dagens verden. Stiftelsen Ruralis og Landbruk 21 sitt prosjekt "Ren biodiesel i Norsk landbruk" er bakgrunnen for at oppgaven ble initiert og utført. Under arbeidet er oppgaven har jeg vært så heldig å få følge prosjektet parallelt med mitt arbeide, og fått deltatt på seminarer og møter i forbindelse med prosjektet. Dette har gitt meg en større forståelse for alt som foregår rundt temaet biodiesel, både klimatisk, politisk og i et driftssikkerhetsperspektiv.

Flere personer har vært involvert i oppgaven, og til dem vil jeg rette en stor takk.

Hans Christian Endrerud - har vært min veileder under prosessen, og har kommet med informasjon.

Filip Vatne har jobbet parallelt med meg på sin bachelor innen det samme prosjektet, og vi har jobbet sammen med blant annet testing og forsøk med traktorer på Blæstad.

Würth AS, v/Rune Rødin- for utlån av avgass og diagnoseutstyr til oppgaven. Og hadde en god og grundig omvisning på Würth Norge sitt hovedkontor, med informativ informasjon om diagnoseutstyret og avgassmåling.

Ruralis og Landbruk 21 v/ Bjørn Eidem og Maria Lucas- for invitasjon til deltagelse på midtveisevalueringer og møter i prosjektet.

Pon Equipment AS, v/Eivind Hafslund og Kathrine Meijland- For to ulike omvisninger hos Pon sitt hovedkontor på Berger, og informativ informasjon om oljeanalyser.

Stein A. Morthov for tilretteleggelse av forsøk gjort i desember 2018 på Blæstad.

Blæstad, 28. Mars 2019

Øivind Karlsen

Sammendrag

Klimagassproblematikken i verden er et stort tema for samtlige land, som har bunnet seg gjennom FN-avtalen til å redusere klimagassutslippene, der de rike landene forventes å gjøre mest. Dette omhandler blant annet et mål om at temperaturen på kloden ikke skal stige mer enn 2 grader innen utgangen av dette århundret.

For å tilfredsstille dette er det viktig å kutte i klimagassutslippene som bidrar til drivhuseffekten og oppvarming av atmosfæren vår. Et spesielt stort fokus er det på reduksjon av CO₂ fra forbrenningsmotoren, som i dag baserer seg stort på fossil råolje. Landbrukssektoren er ikke enn unntak fra klimagassreduksjonen, og bidrar mer utslipp fra husdyr, nydyrking, oppvarming av bygg og forbrenning av fossil diesel i forbrenningsmotorer.

Traktorer og øvrige landbruksmaskiner er helt essensielt for at det Norske landbruket skal opprettholde tilstrekkelig matproduksjon med en god effektivitet. Landbruksmaskinene har nesten utelukket dieselmotor som energikilde, og dette resulterer i forbrenning av store mengder fossil diesel, som igjen tilfører store utslipp av CO₂ til atmosfæren.

Det store problemet med drivstoff basert på fossil råolje er at den ikke inngår i den naturlige CO₂-balansen, og all den fossile råoljen som blir forbrent tilfører CO₂ til atmosfæren.

Et av alternativene som genererer utslippsreduksjoner av klimagasser er biobaserte drivstoffer på landbruksmaskiner. Biodiesel er fremstilt av biologiske materialer og tilfører ikke i motsetning til fossil diesel mer CO₂ til atmosfæren enn at den naturlige fotosyntesen klarer å holde balansen.

I denne oppgaven skal det ses nærmere på HVO, som er 2. generasjons biodrivstoff. Det er utført forsøk med tanke på driftssikkerhet ved bruk av dette biodrivstoffet og enkle avgassmålinger for å sammenligne avgassene mot tilsvarende fossilt.

Abstract

The greenhouse gas problem in the world is a major issue for all countries, which have been bound by the UN agreement to reduce greenhouse gas emissions, where the rich countries are expected to do the most. This includes a goal that the temperature of the globe should not rise more than 2 degrees by the end of this century.

To satisfy this agreement, it is important to cut greenhouse gas emissions that contribute to the greenhouse effect and global warming. A particularly great focus is on reducing CO₂ from the combustion engine, which today is based largely on fossil oils.

The agricultural sector is not an exception to the greenhouse gas reduction, and contributes more emissions from livestock, new cultivation, heating of buildings and combustion of fossil fuels in internal combustion engines.

Tractors and other agricultural machines are essential for ensuring that Norwegian agriculture maintains sufficient food production with good efficiency. The agricultural machines have almost excluded diesel engine as an energy source, and this results in the combustion of large amounts of fossil diesel, which in turn adds large emissions of CO₂ to the atmosphere.

The major problem with fuel based on fossil crude oil is that it is not part of the natural CO₂ balance, and all the fossil oils that is burned adds CO₂ to the atmosphere.

One of the alternatives that generates emission reductions of greenhouse gases is bio-based fuels on agricultural machinery. Biodiesel is made from biological materials and, unlike fossil diesel, does not add more CO₂ than the natural photosynthesis can keep the balance.

In this thesis, HVO, which is the second generation biofuel, will be examined more closely. Tests have been carried out with a view to reliability when using this biofuel and simple exhaust gas measurements to compare the exhaust gases with fossil fuels.

Innholdsfortegnelse

Forord	3
Sammendrag.....	4
Abstract	5
Innholdsfortegnelse	6
1. Bakgrunn og innledning	9
1.2 Biodrivstoffets potensiale for utlippsreduksjon	10
1.3 Alternativer til dieselmotoren.....	11
1.4 Ren biodiesel i Norsk landbruk	11
1.5 Bacheloroppgaver.....	13
1.6 Forventninger	13
1.7 Problemstilling	13
1.8 Begrensninger.....	14
1.9 Struktur og gjennomføring av oppgaven.....	14
2. LITTERATUR	15
2.1 Dieselmotoren	15
2.1.2 Virkemåte	15
2.1.2.1 4-taksprinsippet	17
2.1.3 Forbrenningsteori	17
2.1.4 Avgassrensesystemer	19
2.2 Drivstoff	20
2.2.1 Fossil diesel.....	20
2.2.2 Biodiesel.....	20
2.2.3 HVO	22
2.2.3.1 Fremstilling	22
2.2.3.2 Drivstoffkvalitet	23

2.2.3.3 Tekniske spesifikasjoner	24
2.2.3.4 Brukervennlighet.....	25
2.3 Avgasser.....	26
2.3.1 Klimagasser.....	26
2.3.2 Karbonkretsløpet	26
2.3.3 Utslippsgasser.....	27
2.3.3.1 CO ₂ -karbondioksid	27
2.3.3.2 CO-Karbonmonoksid	27
2.3.3.3 HC-Hydrokarboner.....	28
2.3.3.4 O ₂ - Oksygen	28
2.4 Tidligere forsøk	29
3. Material og metode for forsøksdelen.....	30
3.1 Utstyr.....	30
3.1.1 Avgass-målinger.....	30
3.1.2 Dynamometer	31
3.1.3 Oljeanalyser.....	32
3.2 Utførelse av målinger	33
3.2.1 Avgassmålinger.....	33
3.2.1.1 Metode under målingene	33
3.2.1.2 Populasjon	33
3.2.1.3 Analyse av måledata.....	34
3.2.1.4 Problemområder	34
3.2.2 Oljeanalyser.....	35
3.2.2.1 Slitasjemetaller	35
3.2.2.2 Oljeforurensninger	36
3.2.2.3 Grenseverdier	37

3.3 Utvalg	37
4. Resultat.....	38
4.1 Avgassmålinger	38
4.1.1 CO2 målinger	38
4.1.2 CO målinger	39
4.1.3 O2 Målinger	40
4.2 Oljeanalyser.....	41
4.2.1 Fendt 516.....	41
4.2.2 Fendt 211	43
4.2.3 MF 5450	45
5. Diskusjon & konklusjon.....	47
5.1 Avgass	47
5.2 Oljeanalyser.....	47
5.3 Videre arbeid	49
Referanser.....	50
Vedlegg	52

1. Bakgrunn og innledning

Norsk landbruk er et veldig viktig segment i matproduksjonen. Landbruket sørger for at nordmenn får melk, kjøtt og brød på bordet, i tillegg til andre landbruksbaserte tjenester som bidrar på folkehelsen og økonomien. Landbruket er flott, men det setter allikevel sine klimaavtrykk. Husdyr, dyrking av jord, oppvarming og bruk av landbruksmaskiner fører til ulike klimagassutslipp i atmosfæren vår. Kua produserer metangass, dyrkning av jord slipper ut lystgass, og bruk av landbruksmaskiner og oppvarming med fossilt drivstoff slipper ut Co₂ (Miljødirektoratet, 2018).

Gjennom Paris-avtalen er alle land i verden forpliktet til å kutte klimagassutslipp, der det forventes at de rike landene skal gjøre mest. Samtlige land skal lage en plan for hvordan det skal kuttes i klimagassutslipp, som skal fornyes hvert 5. år fra 2020. Deretter skal planen bli mer og mer ambisiøs enn de forrige. Avtalen omfatter et mål om at temperaturen på kloden ikke skal stige mer enn 2 grader innen utgangen av århundret, helst under 1,5. I andre del av århundret, mellom 2050-2100 skal vi være klimanøytrale. (FN, 2018)

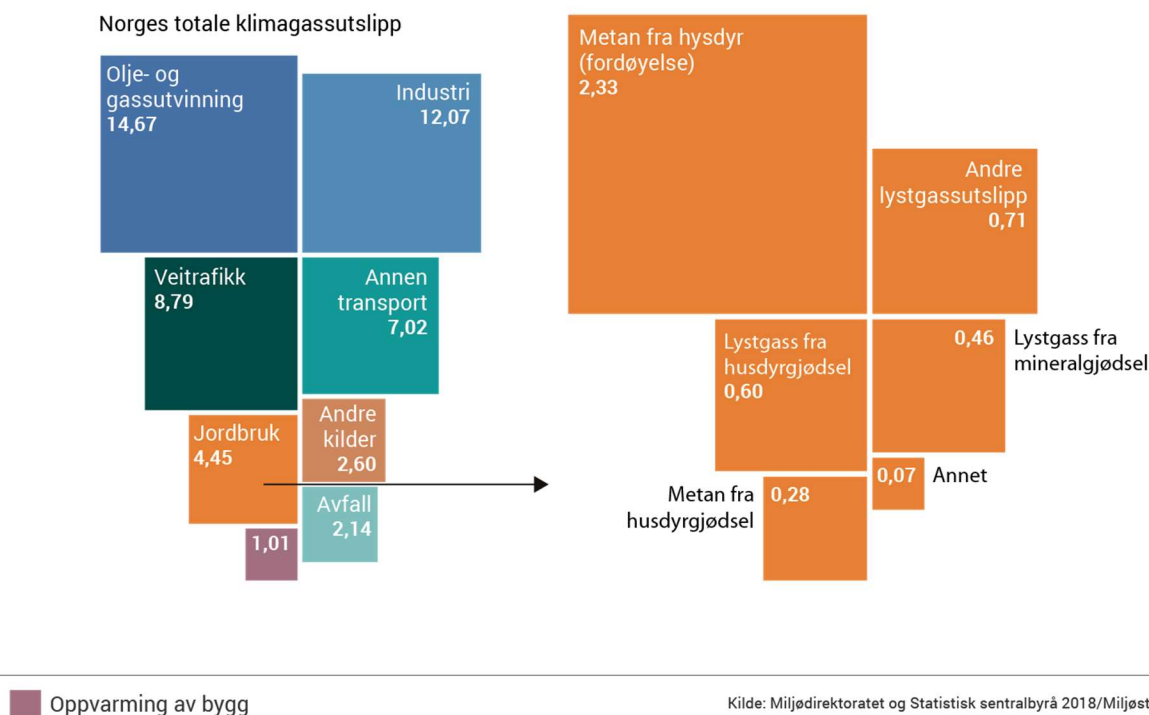
Et av segmentene i landbrukssektoren som produserer og slipper ut klimagasser er transporten. Det moderne landbruket er avhengig av landbruksmaskiner for å opprettholde en effektiv næring og tilstrekkelig produksjon. Fellesnevneren for maskiner som benyttes i landbruket er at de har forbrenningsmotorer som energikilde, nærmere bestemt Diesel-motoren. Forbrenningsmotoren er avhengig av drivstoff og luft for å kunne produsere energi slik at landbruksmaskinene våre kan gjøre et arbeid. Øvrige mekaniseringer på gardsnivå benytter seg også av diesel eller gass, f.eks. korntørker, aggregater, stasjonære motorer og høytrykksspylere. Samtlige av nevnte produserer og slipper ut klimagasser i atmosfæren.

For å sikre tilstrekkelig utslippsreduksjoner av klimagasser fra samtlige norske sektorer, må de tiltakene som kan gjøres gjennomføres. 2030-målet omfatter et kutt på 40% i ikke-kvotepliktige klimagassutslipp, derunder ligger landbruket. Ifølge Miljødirektoratet og statistisk sentralbyrå står det Norske landbruket for 8,7 % av det totale utslippet med 4,5 millioner tonn Co₂-ekvivalenter (Miljødirektoratet, 2018). I tillegg kommer Co₂ utslippene for forbrenning av olje og diesel. Utslippene av landbruksmaskinene våre er beregnet til 350 000 tonn Co₂ pr år (T.

Cottis, personlig kommunikasjon, 25. Februar 2019). Innenfor landbruket er det tatt høyde for kutt i utslipp av klimagasser gjennom endringer i selve sektoren og tilhørende næringskjede.

Utslipp av klimagasser fra jordbruk i 2017

Utslipp til luft (millioner tonn CO₂-ekvivalenter)



Figur 1. Viser utslipp av klimagasser fra landbruket. (Miljødirektoratet, 2018) Hentet fra: <https://www.miljostatus.no/tema/klima/norske-klimagassutslipp/klimagassutslipp-jordbruk/>

Figur 1 viser det totale utslippene fra landbruket, unntatt klimagasser fra forbrenning av fossil diesel og olje.

1.2 Biodrivstoffets potensiale for utlippsreduksjon

Hvilken klimanytte fornybar diesel gir, avhenger stort på hva det er fremstilt av. Eco-1, som leverer det fornybare drivstoffet HVO, utdyper et utslippskutt på mellom 50-85% ved å gå over fra fossil til fornybar diesel (Eco-1, u.d.). Disse tallene er basert på en livssyklusanalyse (well-to-wheel life cycle analysis), hvor alle utslipp av klimagasser er beregnet fra produksjon og frakt til sluttbruker. Eco-1 opplyser også en klimagassreduksjon på 100% i selve forbruksfasen, som betyr at drivstoffet et klimanøytralt under selve forbrenningen. Drivstoffet som er levert til prosjektet er fremstilt av frityrolje, som benevnes som avfall. Øvrig lages biodrivstoffet som forhandles av Eco-1 av palmeolje og trevirke, med sertifisert sporbarhet (Eco-1, u.d.).

1.3 Alternativer til dieselmotoren

Alternativene til forbrenningsmotoren er flere. Det kan benyttes batterier og elektriske motorer, forbrenningsmotorer som går på gass, hydrogenmotorer m.fl, der den elektriske motoren foreløpig er mest nevneverdig. Den elektriske motoren har store fordeler i forhold til dieselmotoren. En elektrisk motor krever ikke diesellole eller annet drivstoff for å genere energi for å utføre et arbeid. Motoren går utelukkende på elektrisitet, og er helt fri for utslipp av klimagasser. Motoren er også lettere, da den er mindre i størrelse rent fysisk. I tillegg til dette har den elektriske motoren en betydelig høyere virkningsgrad enn dieselmotoren, noe som gjør den like egnet, om ikke mer, som energikilde for landbruksmaskiner.

Medaljen har også her en bakside da det kommer til den elektriske motoren. I motsetning til dieselmotoren som genererer energi til å utføre et arbeid ved hjelp av diesellole, krever den elektriske motoren tilgang til en strømkilde. Hadde traktoren vært stasjonær, kunne man enkelt koblet den elektriske motoren opp mot det elektriske nettet og kjørt uten nevneverdige problemer. Problemet derimot, er at traktoren må være mobil, noe som gjør den lite egnet for å koble til en stikkontakt. For at motoren da skal ha tilgang til en strømkilde må vi utstyre traktoren med batterier som energikilde til den elektriske motoren. For en gardbruker er det vesentlig å kunne benytte seg av traktoren hele arbeidsdager, og her kommer batteriene til kort. Lagringskapasiteten til batterier er for dårlig, og ved tungt jordarbeid vil batteriene tappes for strøm på få timer. Dette er lite gunstig for en gardbruker som er avhengig av at maskinene går hele dager for å rekke vår- og høstønn. Skulle man utstyre en traktor med tilstrekkelig batteripakke for en hel dags arbeid ville dette ført til store maskiner med høy vekt, noe som genererer stor jordpakking som igjen er direkte skadelig på jordsmonnet.

1.4 Ren biodiesel i Norsk landbruk

På bakgrunn av klimamålene er det interessant å benytte seg av fossilfrie drivstoff i forbrenningsmotoren, for å redusere klimaavtrykkene fra landbruksmaskiner. Landbruk 21 Trøndelag og Ruralis utredning har derfor startet prosjektet 'ren biodiesel i Norsk landbruk'. Dette prosjektets formål er å teste om dagens 2. generasjons biodrivstoff (HVO) er en fullgod erstatte til fossil diesel. Prosjektet omfatter hovedsakelig gårdbrukere med tilhørende maskiner i Trøndelag. Der skal gårdbrukere og landbruksentreprenører fylle tanken med HVO, som de skal benytte som drivstoff over en periode på 12 mnd. Traktorbrukeren fører skjema over driftstid på traktorene, og registrerer om det er eventuelle endringer i drift.

Prosjektet er strukturert med følgende delmål (Ruralis, u.d.):

1. *Traktorforsøk; Utredning av driftssikkerhet- og økonomi i allsidig gardsdrift.*

Kartlegge brukeropplevelsen ved HVO på nye moderne traktorer, samt eldre traktormodeller. Gardbrukeren fører driftsloggbok med opplevelser av oppstart, røykutvikling, ytelse, driftsproblematikk og øvrige relevante opplysninger. Før omlegg og oppstart på HVO utføres det service på samtlige traktorer; olje og filterskift. Under drift vil det bli tatt ut oljeprøver jevnlig, som analyseres av PON Equipment as.

2. *Avgiftsutredning; Utredning av avgiftsregime for innføring av biodiesel i norsk landbruk.*

Kartlegge hvordan det kan etableres avgifter som gjør at HVO kan bli konkurransedyktig med konvensjonell avgiftsfri diesel.

3. *Bærekraftsutredning; Utredning av miljø- og bærekraftsforutsetningene for ren biodiesel.*

Kartlegge potensiale for klimagevinst ved overgang til HVO. Det skal gjøres anslag av samlet klimagevinst ved kombinasjon av HVO og presisjonsjordbruk.

Ett av formålene med dette prosjektet er å opplyse gardbrukeren om den nyeste og best fremstilte fornybare dieselen som finnes på markedet. Gardbrukeren har naturligvis en del spørsmål rundt dette med å putte biodiesel på tanken, traktorene er jo tross alt kostbare. Det svever mye negative holdninger rundt dette med biodrivstoff, hvor det antas at mye av dette henger igjen fra 1. generasjons biodrivstoff (FAME). Dette drivstoffet hadde lett for å tykne til under kalde vinterperioder, som igjen påvirket dieselinnsprøytningsystemet og startegenskapene til traktoren. Bekymringene gardbrukerne har rundt biodrivstoff er særlig dette med vinteregenskaper og driftssikkerhet under kalde perioder. 1. generasjons biodiesel sies også å være mer aggressiv mot pakninger og slanger den er i kontakt med, og at dette løses opp over tid. Med disse påstandene som florerer om biodiesel på folkemunne er det dermed fullt forståelig at enkelte gårdbrukere og maskin-eiere har en skepsis til dette med biodrivstoff. Men, de færreste har antagelig hørt om det nye 2. generasjons biodrivstoffet som blir omtalt som HVO, eller fornybar diesel, som er en mer korrekt terminologi. Dette alene er mer enn god nok grunn for å opplyse og informere sluttbrukeren om det nyeste av biodrivstoff som er på markedet, og stadfeste en gang for alle at det skal være fullgod fossil diesel, både kvalitet- og bruksmessig.

1.5 Bacheloroppgaver

Parallelt med prosjektet utarbeides det 2 bacheloroppgaver ved høghskolen i Innlandet, avd Blæstad. undertegnede utfører en kombinert litteratur og forsøksstudie hvor det skal besvares om HVO er fullgod konvensjonell fossil diesel.

Litteratur; Teknisk beskrivelse av forbrenningsmotoren og grunnleggende forklaring av fossil- og biologisk drivstoff, avgasser i eksosen og driftssikkerhet.

Forsøk; avgassmålinger og bearbeiding av resultater fra oljeanalyser.

Medstudent Filip Matias Vatne utarbeider bacheloroppgave som omhandler eventuelle forskjeller i drivstofforbruk og effektivitet mellom HVO og konvensjonell diesel.

1.6 Forventninger

Basert på tidligere forsøk og de tekniske spesifikasjonene til HVO er det forventet å finne at kvaliteten er fullgod fossil diesel. Det er ikke forventet å finne indikasjoner på økt motorslitasje eller økninger i avgasser.

1.7 Problemstilling

I oppgaven- og i Landbruk 21 & Ruralis sitt forsøk for øvrig, er det ønskelig å bekrefte at HVO er like god, om ikke bedre, enn dagens fossile diesel. I prosjektet er det over en lengre periode tatt oljeanalyser av motoren til samtlige traktorer. Traktorbrukeren har også notert egne erfaringer og følelser ved bruk av HVO på et gitt skjema.

I oppgaven er det ønskelig å avklare om HVO er like driftssikkert som fossil diesel, og utføre enkle avgassmålinger. Relevante slitasjeelementer og øvrige elementer ved hjelp av moderne motordiagnostikk. Dette foregår ved oljeanalyser som kartlegger slitasjeelementer og andre forurensinger i motoroljen. Over tid vil man da se en eventuell trend av de individuelle slitasjeelementene i motoroljen.

Problemstillingen blir derfor: **Avgass og driftssikkerhet ved bruk av HVO på landbruksmaskiner.**

1.8 Begrensninger

Det var flere elementer som var ønskelig å skrive om i oppgaven, som ble valgt vekk grunnet manglende ressurser. Det hadde vært nødvendig med et større utvalg av utstyr og traktorer, flere gjentakelser, samt en lengre tidsperiode for forsøket.

- **Måling av Nox.** Grunnet et stort fokus på utslipp av Nox var det ønskelig å utføre målinger for å sammenligne de 2 ulike drivstoffene. Dette ble valgt vekk da det viste seg å være omfattende målemetodikk og økonomisk uoppnåelig.
- **Inspeksjon av komponenter i innsprøytningsystemet.** Komponentene i innsprøytningsystemet er i direkte kontakt med drivstoffet, og stiller høye krav til drivstoffets kjemiske egenskaper. Det var ønskelig å inspisere komponentene for korrosjon og eventuelle økninger i slitasje. Dette ble valgt vekk da det krever omfattende arbeid, og burde eventuelt utføres av produsenter av innsprøytningsystemer.
- **Bedre beskrivelse av avgassutslippene.** Ved måleutstyret som var tilgjengelig under forsøket ble målingene fremstilt i volumprosent. Det hadde vært ønskelig og hatt en verdi som kunne blitt omregnet til f.eks. g/kWt, for å få et bedre inntrykk av avgass-mengdene.
- **Tilpassing av motor.** Grunnet store forskjeller i Cetantallet mellom HVO og fossil diesel vil det bli en redusert tenningsforsinkelse. Tettheten til HVO er også noe lavere enn tilsvarende fossil diesel, og det er små viskose forskjeller. I en eldre forbrenningsmotor vil dette kunne endre åpningstidspunktet på dysene noe. På bakgrunn av dette ville det vært interessant og endret tenninga på motoren, for å se om det eventuelt gjør utslag i avgasser eller i driftssammenheng generelt. Dette er mindre relevant i en moderne Common-rail motor, da denne er utstyrt med sensor som overvåker og regulerer trykket i innsprøytningsystemet.

1.9 Struktur og gjennomføring av oppgaven

Første delen av oppgaven vil bestå av en litteraturstudie der det ses mer på dieselmotorens egenskaper, med fokus på drivstoffsystemet og forbrenning. Beskrivelse av drivstoffer og tilhørende egenskaper vil bli satt opp imot motorteknologien for å danne et grunnleggende bilde av hvordan det hele henger sammen. Påfølgende kommer en forsøksstudie som omhandler avgass og driftssikkerhet ved bruk av HVO.

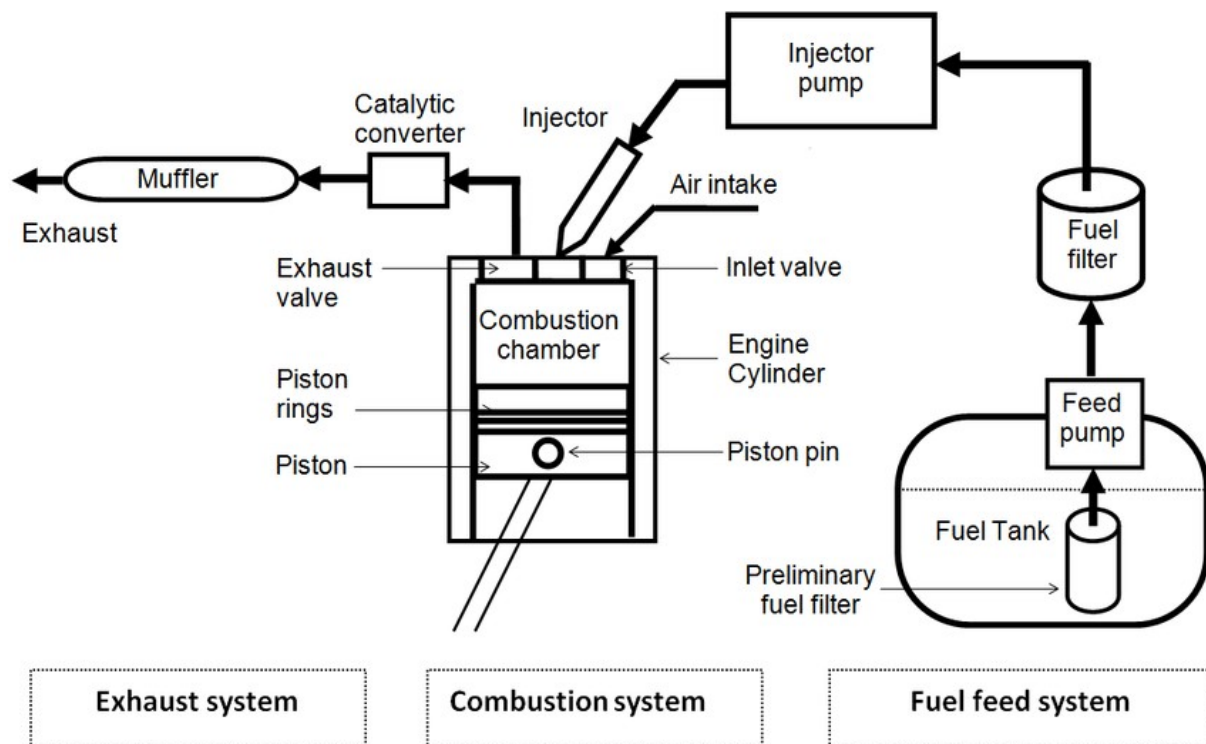
2. LITTERATUR

2.1 Dieselmotoren

Dieselmotoren er en energikilde som blir brukt i skip, lokomotiver, kraftanlegg, anleggsmaskiner, nyttekjøretøyer og personbiler. Dieselmotoren er en selvtennende forbrenningsmotor, som ble designet av Rudolf Diesel i perioden 1892-1897 (Sarsten & Ellingsdalen, 2018). Den første dieselmotoren ble ferdigstilt i 1897, og var da en grovbygd maskin som aldri var tenkt å benytte i transportmidler. Drivstofftilførselen til den første dieselmotoren baserte seg på trykkluft, og man måtte benytte store deler av energien som ble produsert til å drifte en kompressor. Tidlig på 1900-tallet, omkring 1920, ble det fremstilt et nytt innsprøytningssystem, bestående av dieselpumpe og innsprøytningssdyser. Det nye innsprøytningssystemet kunne oppnå en effektiv forstøvning av drivstoffet direkte, slik at man kunne sløyfe luftkompressoren (Store Norske leksikon, 2009). Denne motoren ble kalt kompressorløs dieselmotor, og var betydelig enklere og kunne bygges mindre i fysisk størrelse. Siden har dieselmotoren blitt brukt i kommersielle kjøretøyer.

2.1.2 Virkemåte

Dieselmotoren er en selvtennende forbrenningsmotor, Dvs at dieseloljen antennes ved hjelp av varme og trykk. Dieselen tilføres direkte til sylindrene ved hjelp av en dieselpumpe og innsprøytningssdyser. Dieselpumpa trykksetter dieselen i dyserør mellom Pumpe og dyser, hvor dysene er konstruert til å åpne ved et visst trykk, som varierer mellom ca 100-2000 bar, avhengig av innsprøytningssystemet. Da innsprøytingen skjer er stempelet i kompresjonstakten, noe som skaper høyt trykk og varme inne i sylindren. Trykket som dieselpumpa bygger opp sørger for at dieseloljen kan tilføres og fordeles skikkelig i sylindren. Dysene er også konstruert på en måte som gjør at dieseloljen forstøves skikkelig inne i sylindrene. Ved å forstøve dieseloljen til små partikler, øker en arealet til drivstoffpartiklene og sikrer en enklere antennelse og bedre forbrenning. Dieselmotoren går med luftoverskudd, noe som gir en god utnyttelse av drivstoffet. *Figur 1* viser skjematisk oversikt over komponenter i forbrenningsrommet og dieselinnsprøytningssystemet.



Figur 2. (Jahirul, Brown, Senadeera, & O'Hara, 2013) Hentet fra: <https://www.researchgate.net/publication/277503095> The Use of Artificial Neural Networks for Identifying Sustainable Biodiesel Feedstocks

Innsprøytningsystemet til dieselmotoren er komplekst med bevegelige deler. De bevegelige delene består av fine bearbejdede overflater og opererer med fine pasninger. Elementene i et innsprøytningsystem er konstruert med svært nøyaktige toleranser. De nøye maskinerte elementene er svært følsomme for urenheter og dårlig smøring, og stiller store krav til dieseloljen. Lavtrykksiden (før dieselpumpe) på et innsprøytningsystem består av siler og ett eller flere filtre med svært små porestørrelser ($4\text{--}5\mu\text{m}$), og vannutskiller. Eventuelle forurensninger som følger med dieseloljen blir filtrert vekk her. I tillegg til uønskede partikler er elementene i et innsprøytningsystem avhengig av tilstrekkelig smøring. Dette stiller krav til viskositeten for dieseloljen, som skal ha en viskositet på $1,3\text{--}2,4$ cSt (centiStoke) ved 40 grader. (Bøe, 2005)

2.1.2.1 4-taktsprinsippet

Dieselmotoren bygges på både 2- og 4-taktsprinsippet. 2-takts prinsippet blir benytta hovedsakelig i store marine-motorer, mens i moderne landbruksmaskiner finner vi utelukkende 4-takts motorer, også kalt Otto-motor. 4-taktsprinsippet baserer seg på følgende 4-taker:

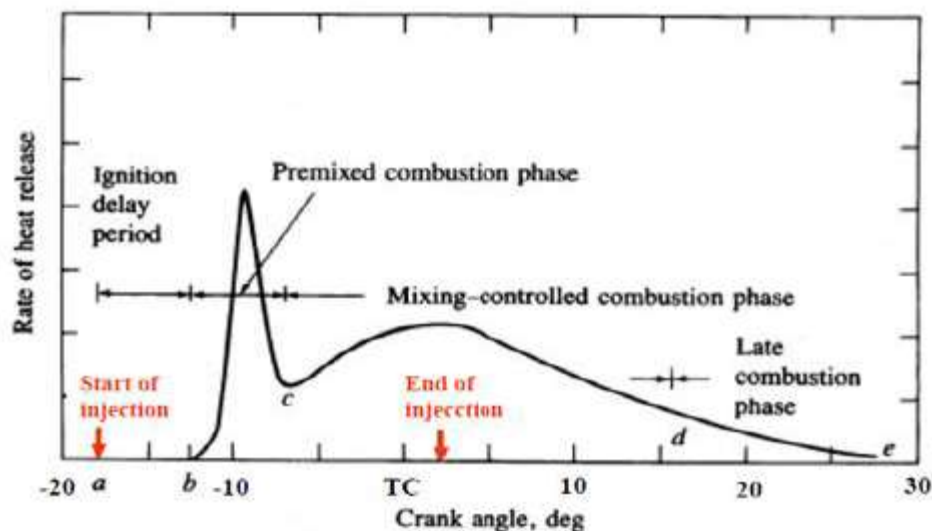
1. **Innsugningstakten.** Innsugningsventilen åpner og stempelet beveger seg fra ØD (øvre dødpunkt) mot ND (nedre dødpunkt). Dette skaper et undertrykk i sylindere og det atmosfæriske trykket presser luft inn i sylindere. Unntaket er om det benyttes turbo (overlading), turboen trykksetter innsugningssiden med et høyere trykk og sikrer større mengde luft til sylindere.
2. **Kompresjonstakten.** Både innsugningsventilen og eksosventilen er stengt. Stempelet beveger seg fra ND mot ØD og skaper en kompresjon slik at trykket øker i sylindere. Da luft komprimeres genereres det energi i form av varme, temperaturen blir da tilstrekkelig (ca 600 grader) til å antenne dieseloljen da innsprøytinga skjer ca 20° før ØD.
3. **Arbeidstakten.** Antennelsen av drivstoffet fører til en stor trykkøkning i sylindere. Dette generer energi som presser stempelet mot ND.
4. **Utblåsingstakten.** Eksosventilen åpner da stempelet nærmer seg ND. Da stempelet passerer ND og går mot ØD presser stempelet ut eksosgassene som er igjen etter forbrenning.

2.1.3 Forbrenningsteori

I forbrenningsrommet i sylindere er vil det ikke skje en momentan eksplosjon da drivstoffet antennes. Derimot vil dieselpartiklene som har oppstått etter forstøvinga starte forbrenninga forskjellige steder i forbrenningsrommet. Flammefrontene vil så møtes, og vi får den tradisjonelle ‘‘dieselbanken’’. Selvantenningen skjer ikke med det samme dysene åpner og starter innsprøytinga av diesel, men etter en liten forsinkelse, da temperatur og trykk er tilstrekkelig. Dette kalles tenningsforsinkelse. Tenningsforsinkelsen avhenger av dieselens tenningssegenskaper, som angis som cetantall. Jo høyere cetantall, jo lettere har diesel en for å selvantenne. Ved lavt cetantall vil det bli en lengre tenningsforsinkelse, noe som vil øke graden av dieselbank. Et høyere cetantall derimot vil føre til det motsatte, altså en mindre tenningsforsinkelse og mindre tenningsbank. Dette fenomenet kommer av nettopp det at diesel antenner tidligere ved et høyt cetantall, dermed er det mindre diesel som selvantenner til å begynne med da innsprøytinga har foregått i en noe kortere periode.

Bøe skriver følgende: ‘‘måten forbrenningen foregår fra den begynner til hele drivstoffmengden i sylindere er forbrent, er svært viktig for hvor effektivt motoren arbeider. Dersom antenningen skjer for fort får man en ren detonasjon av drivstoffblandingen, med svært rask temperaturutvikling og trykkstigning. For rask forbrenning vil belaste motorkonstruksjonen kraftig, og man kan risikere at ventiler, toppakning og sylindertoppen blir ødelagt på kort tid. Skjer forbrenningen derimot for langsomt vil bare en andel av trykkstigningen kunne utnyttes mens veivbevegelsen er optimal for å gi høgt dreiemoment’’ (Bøe, 2005).

Det er altså veldig viktig at forbrenningen skjer på rett tidspunkt og med rett tenningsforsinkelse, for å få et optimalt moment av den tilførte energien. Det kan også være en direkte årsak til skader på komponentene i et forbrenningsrom. Det er tenninga på motoren som justerer innsprøytningstidspunktet, men med en diesel med høyt cetantall ses dette som positivt, da det vil bidra til en god og fullstendig forbrenning. Figur 2 illustrerer et tilfeldig tenningsforløp.



Figur 3 (Salmani, Kumar, Sharma, & Dhingra, 2015) Hentet fra:

https://www.researchgate.net/publication/275276952_Effect_of_Used_Transformer_Oil_on_Efficiency_of_Compression_Ignition_Engine

2.1.4 Avgassrensesystemer

Kravene for reduksjon av utslippsgasser har i de siste årene økt i takt med motorteknologien. Vi har fått mer moderne motorer med elektroniske styringsenheter og common-rail innsprøytningsystemer som bidrar stort til en bedre forbrenning og effektutnyttelse. Dette alene påvirker motorens produksjon av avgasser, men vi har i tillegg ulike rensesystemer for å redusere det til et minimum. Disse rensesystemene virker ikke inn på utslippet av CO_2 , men på avgasser som kan virke negativt i lokale bymiljøer med mye trafikk. Disse rensesystemene har store påvirkninger på driftssikkerheten til maskiner, og det er ikke et ukjent fenomen at EGR og diesel-partikkelfilter har skapt driftsproblemer tidligere.

EGR. Exhaust gas recykling, er et system for å re-dirigere noe av eksosen inn i forbrenningsrommet igjen. Dette fører til en kjøligere forbrenning som demper utviklingen av NO_x , da NO_x produseres hovedsakelig under en høyere forbrenningstemperatur. Motsatt av NO_x har vi partikler (PM), som produseres ved en lavere forbrenningstemperatur, ergo; ved bekjempelse av NO_x får vi mer PM. Motorer som er utstyrt med EGR har fått bevist problematikk med avleiringer og avsetninger av eksosgasser i innsuget, noe som over tid fører til et mindre volum av oksygen som tilføres forbrenningen, og redusert effektproduksjon over tid (Dieselgrossisten, u.d.). HVO er ikke tilsatt aromater og svovel, og er generelt mer rentbrennende. Dette kan resultere i at denne problematikken knyttet til EGR kan bli bedre, i bestefall fjernet. Det er ikke lyktes å finne noen forsøker på dette, men påstanden er fremstilt i en masteroppgave fra UIB (Skaar, 2016, s. 80).

Diesel-Partikkelfilter. På de nyere moderne dieselmotorene er det montert et diesel-partikkelfilter i eksosen. Dette filteret har som hensikt å fjerne partikler (PM) fra eksosgassene. Et stort og kjent problem med partikkelfilter er at det fort kan gå tett, og man må enten rense eller skifte hele filteret. Ved tette filter resulterer dette i driftsproblematikk, da trykksensorer før og etter filteret vil merke en trykkforskjell og generere en feilmelding (Dieselgrossisten, u.d.). Over tid kan dette i realiteten føre til driftsstans av kjøretøy. Siden HVO er opplyst til å være et mer rentforbrennende drivstoff ses det også sannsynlig at dette problemet reduseres eller opphøres. Det er også her ikke lyktes i å finne tidligere forsøk på område, men påstanden er fremstilt i Skaar sin masteroppgave.

2.2 Drivstoff

Drivstoff er en samlebetegnelse for energikilder som blir benytta i en forbrenningsmotor. Bensin, diesel, gass, m.fl er alle sammen kategorisert som drivstoff. For landbruket er det interessant å se på drivstoffet diesel, da den største delen av traktorer og øvrige landbruksmaskiner drives av en dieselmotor. Drivstoffet som benyttes til forbrenningsmotoren og andre energikilder er ikke en ressurs med umiddelbar tilgjengelighet, og må i likhet med en stor andel andre ressurser mennesket benytter seg av fremstilles. Forbrenningsmotorens antennelse og tilhørende innsprøytningsystem stiller krav til drivstoffenes fysiske egenskaper, og ulike typer drivstoff utvinnes ved hjelp av raffinering, ved destillasjon og ulike typer etterbehandling (Bøe, 2005).

2.2.1 Fossil diesel

Fossil diesel utvinnes av råolje, som er bygget opp av ulike typer kjemiske forbindelser mellom grunnstoffene karbon og hydrogen (Bøe, 2005). En av de store årsakene til at fossil diesel påvirker klimaet i den grad det gjør, er nettopp det at drivstoffet er basert på fossil råolje. Denne råolja pumpes opp fra bakken og etter en endt raffinering blir drivstoffet som er utvinna forbrent i en energikilde. Dette tilfører klimagasser og andre skadelige utslippsgasser til atmosfæren, og bidrar til lokale forurensninger. Råolja er ikke en fornybar ressurs, og inngår ikke i det korte karbonkretsløpet.

2.2.2 Biodiesel

Et tiltak mot utslipp av klimagasser fra dieselmotoren er å benytte seg av biodrivstoff. Dette drivstoffet er kort fortalt et drivstoff som framstilles av biologisk materiale, der det kan benyttes plantebaserte oljer og animalsk fett, som er fornybare ressurser. I motsetning til fossil diesel vil da karbonet som tilføres atmosfæren bli en del av det korte karbonkretsløpet.

Biodiesel blir gjerne omtalt som generasjoner, hvor de blir beskrevet som 1.- 2- 3. eller 4. generasjons biodrivstoff. I prosjektet *‘ren biodiesel som drivstoff i norsk landbruk’* benyttes det kun HVO, som er 2. generasjons biodrivstoff. Øvrige generasjoner vil dermed ikke bli beskrevet i denne oppgaven.

Judit Sandquist beskriver generasjonene i SINTEFblogg på følgende måte;

*“For det første snakker vi om **biodrivstoff i generasjoner:***

1. *Første generasjons er produsert gjerne fra matvekster, for eksempel biodiesel produsert av raps og bioetanol produsert av sukker.*
2. *Andre generasjons er produsert av lignocelluloser, hele eller deler av planter og trær som ikke kan spises. Dette er alt av biodrivstoff som kan produseres av trevirke, slik som «lignocellulosic» bioetanol og syntetisk diesel etter gassifisering og Fischer-Tropsch syntese.’’*

(Sandquist, 2017)

Hovedforskjellen mellom 1.- og 2. generasjons biodrivstoff er at 2. generasjons biodrivstoff kan produseres av organisk avfall og biprodukter, noe som kan gi en større klimanytte totalt sett. Det er viktig å ikke blande 1.-og 2.generasjons biodrivstoff og kalle begge generasjoner biodiesel, da 1. -og 2. generasjons biodrivstoff er framstilt med ulike prosesser, noe som gjør at det ferdige produktet har forskjellige egenskaper. 1.generasjons biodrivstoff kalles ofte kun biodiesel, som ofte er FAME (fatty acid metyl ester), mens 2.generasjons biodrivstoff omtales som HVO, eller fornybar diesel, som er en mer korrekt terminologi.

Et annet uttrykk som stadig dukker opp i fagskrifter om biodrivstoff er ‘*avansert biodrivstoff*’.

Judit Sandquist om avansert biodrivstoff i SINTEFblogg;

‘‘Avansert biodrivstoff er et annet begrep som brukes. Det er flere måter et biodrivstoff kan være avansert på:

1. *Det ene er basert på råstoff, der avansert biodrivstoff tilsvarer andre generasjons og oppover. Et eksempel her er biodiesel (metylester-fettsyre) produsert av brukt frityrolje, noe som per definisjon er avfall.*
2. *Den andre måten avansert biodrivstoff kan defineres er etter produksjonsteknologi. Det brukes for teknologier som er dyrere og mer krevende, for eksempel bioetanol av lignocellulose eller gassifisering etterfulgt av Fischer-Tropsch.*
3. *Tredje måten drivstoff kan være avansert på er om selve drivstoffet har minst like bra eller bedre kvalitet enn tilsvarende fossilt. Disse biodrivstoffene kommer gjerne under drop-in, noe som betyr at det kan brukes i eksisterende infrastruktur og motorer uten begrensninger.’’*

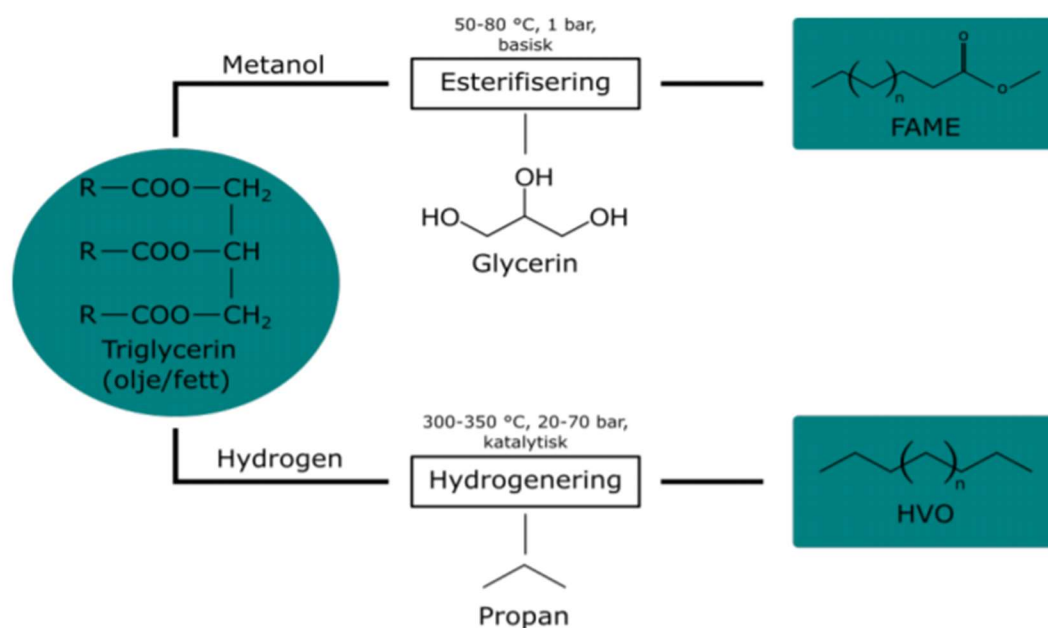
(Sandquist, 2017)

2.2.3 HVO

HVO står for Hydrotreated vegetable oil, og er et avansert 2. generasjons biodrivstoff. HVO er en fornybar diesel, som kan fremstilles av ulike biologiske materialer, fra planterester til slakteavfall. HVO er dermed et noe misvisende navn, da dieselen kan fremstilles av mer enn bare plantebaserte masser. En mer korrekt benevnelse for drivstoffet vil være fornybar diesel. HVO inneholder ikke oksygen, nitrogen, svovel eller aromater, og er et syntetisk drivstoff.

2.2.3.1 Fremstilling

HVO fremstilles av biomasse som blir tilført hydrogen i en katalytisk prosess, dette kalles hydrogenering (Weber & Amundsen, 2016). I framstillingsprosessen reagerer oljen, som er basert på biomasse, med hydrogen. Dette skjer under høyt trykk ved en katalysator, hvor oksygen blir fjernet. Biproduktet av framstillingen er propan, som kan brukes i biogass (Weber & Amundsen, 2016).



Figur 4. Viser fremstilling av HVO og FAME skjematisk. (Weber & Amundsen, 2016). Hentet fra: <https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=43045>

2.2.3.2 Drivstoffkvalitet

I punkt 3. for beskrivelse av begrepet “*avansert biodrivstoff*” i SINTEFblogg, beskriver Sandquist at biodrivstoffet har minst like bra eller bedre kvalitet enn tilsvarende fossilt. Sandquist beskriver drivstoffet som “*drop-in*”. Dette forteller at HVO kan benyttes i eksisterende infrastruktur, både med tanke på eksisterende dieselmotorer, pumper og tanker. HVO tilfredsstiller samtlige krav til fossile dieseldrivstoffer (EN590), utenom en noe lavere densitet, som ligger på omkring 7% lavere enn fossil diesel (Weber & Amundsen, 2016).

HVO har også enkelte egenskaper som er bedre enn i fossil diesel. Cetantallet til HVO på 75-80, skiller seg ut mot fossil diesel, som har et cetantall på 51. Teoretisk vil dette gi en bedre og mer fullstendig forbrenning ved bruk av HVO kontra fossil diesel.

I tillegg til dette opplyser Eco-1 i de tekniske spesifikasjonene for HVO en bedre smøreevne, mindre avleiring og renere avgass sammenlignet med fossil diesel. De opplyser om en gjennomsnittsreduksjon i utslipp i avgassen på:

- 33% PM
- 9% NO_x
- 24% CO
- 30% HC

2.2.3.3 Tekniske spesifikasjoner

En beskrivelse av de viktigste tekniske spesifikasjonene til HVO (EN15940) sammenlignet mot fossil diesel (EN590). Det legges vekt på å fremvise egenskapene som det utdypes skepsis til bland sluttbrukerne.

Spesifikasjoner	Fornybar Diesel (EN15940)	Fossil Diesel (EN590)
Cetantall	75-80	51
Tetthet ved 15C (kg/m3)	780	820-845
Viskositet ved 40C (mm2/s)	2,95	2,00-4,60
Tåkepunkt og CFPP*	-15/-22/-34	-12/-32

Figur 5. Viser enkelte tekniske spesifikasjoner for dieseldrivstoffer.

***CFPP-Cold filter plugging point.** Den laveste temperaturen i grader celsius diesel kan strømme fritt gjennom filter, uten fare for å tette filterporene. Henger sammen med tåkepunkt, som beskriver hvilke temperaturer dieselolje skiller ut voks-partikler og får et visuelt tåkete utseende.

2.2.3.4 Brukervennlighet

HVO krever ingen forandringer på den eksisterende infrastrukturen som omhandler diesel. HVO har fullgod pumpbarhet og lagring av drivstoffet kan skje på eksisterende dieseltanker. For å legge om kjøretøyet til HVO kreves det ingen ombygninger eller klargjøringer av hverken motoren eller tilhørende innsprøytningssystem. HVO kan blandes direkte i fossil diesel uten noen bestemte blandingsforhold.

HVO er et blankt og gjennomsiktig drivstoff, som er tilnærmet luktfri sammenlignet med fossil diesel. Bilde 1 viser HVO fra venstre, og 1.generasjons biodiesel, FAME.



Bilde 1. Viser HVO og FAME. HVO fremstår tydelig og klar. (Foto: Forfatteren)

2.3 Avgasser

For at en dieselmotor skal kunne oppnå forbrenning er den avhengig av luft og drivstoff. Drivstoffet inneholder de kjemiske grunnstoffene karbon (C) og hydrogen (H), mens luft inneholder oksygen (O₂) og nitrogen (N₂). Samtlige av stoffene tilsettes forbrenningsmotoren gjennom luft og drivstoff, og det oppstår kjemiske forbindelser da disse utsettes for varme og trykk inne i sylindren. De kjemiske forbindelsene som oppstår under forbrenning skylles ut gjennom eksosen og ut i atmosfæren, og kategoriseres da som utslipp. Enkelte av de kjemiske forbindelsene som slippes ut av forbrenningsmotoren er direkte giftig for mennesker og dyr, og kan medføre helseproblemer etter lang tids eksponering av tilstrekkelig mengde. Det oppstår også klimagasser i forbrenninga.

2.3.1 Klimagasser

Klimagasser er gasser som påvirker klimaet ved å virke inn på Jordens og atmosfærens strålingsbalanse (Mamen, 2018). Ved forbrenning av diesel får vi utslipp av Co₂, som er en såkalt klimagass. Klimagassutslipp måles i Co₂ ekvivalenter, som omfatter karbondioksid (Co₂, metan (CH₄), lystgass (N₂O) og fluorgasser (HFK, PFK og SF₆). Disse gassene er regnet om til Co₂-verdier, for å kunne beregne gassenes evne til å varme opp atmosfæren, hvor mengdene kalles Co₂ ekvivalenter (Miljødirektoratet, 2018).

2.3.2 Karbonkretsløpet

Om en utslippsgass er skadelig for klimaet eller ikke avhenger av om det er en klimagass. Klimagasser behøver heller ikke være så skadelig for atmosfæren vår, om den er en del av det korte karbonkretsløpet. Det korte karbonkretsløpet sørger for at Co₂ utslippene inngår i den naturlige fotosyntesen, og blir omdannet igjen innen kort tid. Fossil olje er omdannet over flere millioner av år og vil bruke tilsvarende tid på å omdannes igjen. Fossil diesel fører derfor til et høyere Co₂ innhold i atmosfæren, og bidrar til å øke drivhuseffekten.

2.3.3 Utslippgasser

Beskrivelse over de ulike utslippgassene vi finner i eksosen.

2.3.3.1 CO₂-karbondioksid

Karbondioksid oppstår i forbrenninga og er en kjemisk forbindelse av grunnstoffene karbon og oksygen, som dannes ved forbrenning av ved, kull, koks og petroleum under tilstrekkelig oksygentilførsel (Pedersen, 2018). Karbondioksid er en naturlig del av omgivelsene våre, og finnes i både fri og bundet tilstand i naturen. Karbondioksid er en fargeløs gass med svak syrlig lukt og smak (Pedersen, 2018), og er ikke giftig i seg selv. Ved større konsentrasjoner kan gassen virke kvelende, da det ikke blir tilstrekkelig oksygen for ånderettet, og med 8 % karbondioksid i luften vil det medføre bevisstløshet og død etter 30-60 minutter.

Karbondioksid er en viktig del av fotosyntesen vår. Planter, alger og blågrønnbakterier tar opp CO₂, og omdanner det til organiske forbindelser ved hjelp av energien fra lys. Denne omdanningen danner energirik biomasse som inneholder alle de stoffene som de ikke-fotosyntetiserende organismene er helt avhengige av for å kunne leve. (Aarnes, 2019)

CO₂-balansen er også et begrep som omfatter CO₂-nivået i atmosfæren vår. Denne balansen beskriver hvordan fotosyntesen binder karbondioksid, mens åndedretts- og forråtnelsesprosesser fører CO₂ tilbake. Alt i alt regner man med at fotosyntesen trekker ut ca. 60 mrd tonn CO₂ ut av luften per år, og at den samme mengden føres tilbake ved åndedretts- og forråtnelsesprosesser (Pedersen, 2018). De mengdene som fratas og tilføres atmosfæren gjennom fotosyntesen er i nesten likevekt.

De mengdene som tilføres atmosfæren ved forbrenning av fossilt fremstilt drivstoff, inngår ikke i den naturlige CO₂-balansen, og store deler av det menneskeskapte CO₂-utslippet blir liggende i atmosfæren. Da karbondioksid er en klimagass bidrar dette direkte på drivhuseffekten, og vil på sikt få betydning for klimaet på jorden.

2.3.3.2 CO-Karbonmonoksid

Karbonmonoksid, også kalt kullos, er en svært giftig gass som oppstår i en forbrenning uten tilstrekkelig luft. Da karbonet i drivstoffet ikke blir tilstrekkelig forbrent dannes karbonmonoksid. CO er fargeløs, brennbar og tilnærmet luktfri. CO reduserer transporten av oksygen i blodet, da hemoglobinet i de røde blodcellene tar opp CO 300 ganger lettere enn oksygen, som igjen hindrer opptak av oksygen. Tillat nivå for karbonmonoksid i et arbeidsmiljø

hvor man oppholder seg mer enn 8 timer, er 35 ppm, det vil si 0,0035% (Levy & Andrew, 2018). Symptomer etter langvarig eksponering av CO er hodepine, svekket hukommelse, tap av initiativ og søvnløshet.

Grunnet det store skadepotensiale CO innebærer, er det ønskelig å holde det på et akseptabelt nivå i utslippet av en forbrenningsmotor. I tettbebygde strøk med mye biltrafikk kan CO forårsake sykdom hos mennesker.

2.3.3.3 HC-Hydrokarboner

Hydrokarboner oppstår i eksosen ved ufullstendig forbrenning, eller om det er kun omdannet til andre forbindelser mellom H og C. Ufullstendig forbrenning kan forekomme av områder i forbrenningsrommet som består av glipper, for eksempel mellom sylinderveggene og stempel over den øverste kompresjonsringen. Dårlige dyser eller dårlig trykk på injeksjonen av diesel vil også resultere i redusert forbrenning, da forstøvningen av dieselen ikke er tilstrekkelig. Måles det større mengder HC i eksosen kan dette være en indikator på slitasje på innsprøytningssystemet, dårlig drivstoff, motorslitasje ol.

2.3.3.4 O₂- Oksygen

Oksygen kan også måles i eksosen. Er det oksygen i eksosen kan dette tyde på dårlig forbrenning, eller oksygenoverskudd i forbrenninga. I en dieselmotor som går med oksygenoverskudd er det naturlig med konsentrasjoner i eksosen. O₂, som er rent oksygen er ikke problematisk med tanke på klima eller forgiftninger og forurensninger.

2.4 Tidligere forsøk

Norges lastebileier-forbund (NLF) foretok en test av HVO i 2016, hvor de ønsket å kartlegge avgassreduksjoner og kjørbarhet ved bruk av HVO. Et endelig resultat ble ikke funnet i søk på internett, men en foreløpig gjennomgang av testen ble utført etter 6 mnd.

Testen foregikk på 4 lastebil-merker, samtlige med Euro VI-teknologi:

1. Volvo
2. Scania
3. Man
4. Mercedes-Benz

NLF beskriver testen på sine nettsider:

‘‘Den 1. mars gikk startskuddet for den store HVO-testen i regi av Norges Lastebileier-Forbund (NLF). De fire største lastebilmerkene er representert med hver sin bil, samtlige utstyrt med Euro VI-teknologi. Målet er å sette syntetisk biodiesel på den ultimate praktiske prøven – nemlig norsk helårsvær.

Underveis har lastebilenes tilstand blitt kontinuerlig logget ved hjelp av produsentenes egne analyseverktøy. Parametere som forbruk, utslipp og kjøremønster er kartlagt og sjåførene har blitt intervjuet fortløpende for å finne ut om de merker endringer i kjørbarheten fra førersetet.’’ (Stølen, 2016)

Sjåførene som deltok i testen hadde gode tilbakemeldinger om bruk av HVO, og uttalte seg utelukkende positivt.

Utslipp av klimagasser og NOx ble også kartlagt i testen;

‘‘Etter et halvt år har testlastebilene tilbakelagt nærmere 150 000 kilometer og brukt over 66 000 liter HVO100. Sammenlignet med fossil diesel har dette gitt en besparelse på over 150 tonn CO₂. Med et betydelig lavere CO₂-utslipp, uendret NOx-utslipp og lik kjørbarhet som med fossil diesel, er det så langt lite som taler imot bruk av syntetisk biodiesel.’’ (Stølen, 2016)

3. Material og metode for forsøksdelen

Forsøket består av 2 hoveddeler; avgassmålinger og oljeanalyser. Hoveddelene består av et utvalg traktorer, som har ulik effekt og innsprøytningsystemer. Forsøket har hovedfokus på å finne ut om det er forskjeller mellom tradisjonell diesel og HVO. Målinger av avgass ble utført over 1 dag på Blæstad, i Desember 2018.

3.1 Utstyr

Beskrivelse av samtlige utstyr benytta under forsøket.

3.1.1 Avgass-målinger

Måleutstyret som ble benytta under forsøket er en avgassmåler i WOW-serien, som blir forhandlet av Wurth. Avgassmåleren er beregna til PKK (periodisk kjøretøykontroll) av bensinbiler. En dieselmotor slipper ut de samme avgassene som en bensinmotor, men under PKK av dieslbiler måles kun røykgass (opasitet), mot bensinbiler som har fastsatte verdier av utslippsgassene. Det er allikevel fullt mulig å bruke apparatet for måle disse gassene på en dieselmotor.

Målingene kan leses direkte av avgassmåleren, eller på et tilhørende diagnoseprogram installert på pc. Under forsøket ble det benyttet pc-program, der man har mulighet til å fryse bildene av målingene underveis, for så å lagre verdiene som PDF.

Måleutstyret som ble benyttet kan måle 4 gasser i avgassen:

1. Co₂
2. O₂
3. Co
4. HC

Bilde 2. Viser avgassmålerens tekniske egenskaper.
(Wurth, u.d.)



AVGASS BENSIN/GASS, WOW! BT



Kun bensin/gass

Avgassmåler kun for bensin/gass, trådløs BT

- Liten og lett bensin/gass måleenhet 4/5 gassmåler
- Har eget display, men anbefales å bruke sammen med PC og WOW programmet
- Brukervennlig modulbasert programvare med mulighet for utvidelse av flere moduler som trådløs røykgassmåler, tekniske data, reparasjonstider og diagnose med turtall og motortemperatur rett inn i avgassprogrammet
- Rask PKK-måling med de rette kravene som gjelder, går automatisk videre ved riktige verdier
- Enkel visning av måleverdier i tall og søyler
- Fleksibel turtall via kabel, trådløs til batteri eller til kjøretøys diagnosetikk
- Oljetemperaturmåling
- Spenningsmåling fra 12 eller 230 volt
- Kan tas med i bilen og måle ved prøvekjøring
- Kort oppvarmingstid

Teknisk info

Huset er pulverlakkert aluminium. Tastaturet på måler har 10 stk. folierte knapper. Kan brukes ved temperaturer mellom 5 - 40 °C. Bluetooth er klasse 1, V2.0. Oppløsning på Lambda og CO er 0,001, CO₂ og O₂ har 0,01

Varetekst	Art. nr.
WOW Avgass Bensin WGA3, trådløs	W030 200 009



Teknisk data	
CO, CO ₂ , HC	NDIR-metode
O ₂	Elektrokjemisk sensor
Målebensprodusent	LumaSense Technologies
Typebetegnelse	Andros Model 6500, BAR-97 konform
Oppvarmingstid	< 1 minutt, typ. 30 sek
Reaksjonstid CO, CO ₂ , HC	< 15 sek på sondeinngangen
Gassgjennomstrømning	3 ... 6 l/min
Kalibrering	Årlig
Klasse	0 iht. OIML R 99
Effektforbruk	20 W
Mål	B 255, H 200, D 305
Vekt	4,5 kg
Skjerm	4 x 40 tegn

3.1.2 Dynamometer

Det ble leid inn dynamometer av felleskjøpet under målingene, som var tilgjengelig over 1 arbeidsdag. Dynamometeret som ble brukt var av merke Sigma 5. Dynamometeret var fastmontert bak i en Mercedes sprinter, og det var tilgang til PTO kobling gjennom sidedøra på bilen. Dynamometeret kan måle maks effekt automatisk, eller styre belastningen manuelt. Under forsøket ble belastningen pålagt manuelt.



Bilde 3. Viser bremsing av Massey Ferguson 7475. Dynamometeret er fastmontert i bilen. (Foto: Forfatteren)

3.1.3 Oljeanalyser

Oljeanalysene ble utført av representerte merkeverksteder knyttet til de enkelte traktormerkende tilhørende gardbrukerne i Trøndelag. Etter endt prøvetaking blir prøvene sendt inn til analyselaben tilhørende Pon As på deres hovedkontor på Berger. Prøvene analyseres og dataene lastes opp på egen server. Dette sikrer kontinuerlig tilgjengelighet til analysene og dataene kan lastes ned som Excel-filer.

Oljeprøvene blir tatt ut ved å fjerne peilepinnen på traktoren. Silikonlager blir deretter kappet noe lengre enn peilepinnens lengde og ført ned i oljesumpen til motoren. En håndpumpe suger deretter opp nødvendig mengde olje, som blir lagret i en prøveflaske. Oljeprøven blir sent til analyse i vanlig post.



Bilde 4. Viser prøvetakingsutstyret for oljeanalyser (Foto: Forfatteren).

3.2 Utførelse av målinger

Beskrivelse av målemetodikk under forsøket.

3.2.1 Avgassmålinger

For å få brukbare målinger er det viktig at motoren er under belastning. Ved belastning vil det være behov for en større effektproduksjon av motoren, og dieselpumpe vil regulere mengden av tilført drivstoff. Motoren går nå med en forbrenning som er betydelig varmere og på et høyere forbruk av drivstoff. Ved økning i mengde drivstoff, varme og trykk, vil det bli dannet flere kjemiske forbindelser under forbrenningen og vi får et større utslipp av eksosgasser.

3.2.1.1 Metode under målingene

Påkoblet dynamometeret ble traktorene satt opp på maks turtall, før de ble belastet trinnvis nedover på turtallsregisteret. Målinger ble utført på alle trinn med de ulike drivstoffene. Dette var tenkt å simulere en traktor i daglig bruk, hvor traktoren ofte jobber i et ulikt spekter av belastninger. *Figur 6* viser utførte målinger.

	Turtall				
Traktor	2000	1800	1600	1400	1200
Volvo BM 430	X				X
MF 7475	X	X	X	X	X
JD 7700		X	X	X	

Figur 6. Viser antall utførte målinger gjennomført per traktor og turtall.

Som vist i *figur 6* ble det et ujevnt antall målinger mellom traktorene. Dette skyldes problemer med måleapparat på forsøksdagen.

3.2.1.2 Populasjon

Det ble utført målinger at totalt 3 traktorer. Beskrivelse av traktorene fremstilles i *figur 7*.

	Ant syl	Effekt (kw)	Innsprøytingssystem	Turbo	EGR	SCR
Traktor						
BM 430	3	31,7	Rotorpumpe	Nei	Nei	Nei
MF 7475	6	99,1	Common-rail	Ja	Ja	Nei
JD 7700	6	104,3	Rotorpumpe	Ja	Nei	Nei

Figur 7. Viser traktorpopulasjonen.

3.2.1.3 Analyse av måledata

Målingene på de individuelle traktorene ble regnet sammen til et snitt, for så bli analysert med 2-veis anova uten tilbakelegging. Resultatene forteller kun om det er en signifikant forskjell eller ikke mellom drivstoffene og traktorene. Det er ikke utført analyser for å finne ut av hvor stor forskjellen mellom drivstoffene er i prosent. Rådata for avgassmålingene ligger vedlagt som vedlegg.

3.2.1.4 Problemområder

Målingene i oppgaven foregikk over kun 1 dag, og på et utvalg av 4 traktorer av forskjellig art. For å fremvise god statistikk hadde det vært nødvendig med fri tilgang på dynamometer og et større antall målinger over tid. **Målingene som ble utført i dette prosjektet er kun en sammenligning av fossil diesel og HVO på en og samme traktor.** Dataene som blir benyttet i statistikken er ikke uavhengig av hverandre, og flere faktorer ved målingene kan ha en påvirkning på resultatet.

Det oppstod også enkelte problemer under målingene:

- Problemer med måleutstyret under målingene gjorde at traktorene ikke ble målt et likt antall ganger. Problemer med oksygensensoren på måleapparatet genererte en feilmelding i programvaren til utstyret. Dette resulterte i at programvaren på pc ble utilgjengelig, og at målingene ikke ble gjennomført.
- Målingene av HC ga ikke noe utslag, og velges vekk.
- Det var også planlagt måling av opasitet (røyktetthet) under forsøket, men dette velges vekk i oppgaven da måleutstyret ikke taklet varmeutviklingen i eksosen, noe som kan ha resultert i unøyaktige målinger.

3.2.2 Oljeanalyser

En oljeanalyse inneholder over 20 elementer som blir analysert, og kan gjerne kalles moderne motordiagnostikk. Ved en oljeanalyse får man presise målinger av hvilke slitasje-elementer eller oljeforurensninger som olja inneholder til enhver tid. I en oljeanalyse kan man se unormale økninger av et eller flere slitasje-elementer og oljeforurensninger. Dette gir oss mulighet til å hele tiden kontrollere kjøretøyet for slitasje, og være på forskudd med eventuelle reparasjoner før skadene skjer.

De metalliske delene som er i kontakt med forbrenningen, og som kan ta skade av det, består av forskjellige legeringer. Legeringene disse komponentene består av er for å takle de påkjenningene som oppstår under varme og høyt trykk. I tillegg til dette består en sylinder bevegelige deler, der de relevante komponentene må takle friksjon.

Oljefilmen som legger seg i sylinderforingene under drift av motoren vil føre med seg slitasje-elementer ned i oljesumpen, og vi kan senere ta ut en oljeprøve å sende inn til analyse

3.2.2.1 Slitasjemetaller

Legeringene de forskjellige komponentene består av vil variere mellom produsenter. Det viste seg vanskelig å finne spesifikk informasjon om legering av elementene i hver enkelt traktor. Det utarbeides derfor en liste som beskriver legeringene i relevante komponenter i en dieselmotor generelt som et utgangspunkt.

Slitasjeelementer er metalliske grunnstoffer som benyttes i hele deler eller legeringer av komponentene i en motor. I forsøket er vi ute etter elementer som stammer fra komponentene i et forbrenningsrom. Stål, er en legering hovedsakelig basert på jern (Fe) og karbon, hvor mengden karbon har stor innvirkning på stålets egenskaper. Andre legeringselementer kan også benyttes i stål, for å få ønskelige egenskaper. I komponentene som består av stål er det interessant å se etter økninger av Fe. I tillegg til stål sjekkes det etter økninger av aluminium (Al), Chrom (Cr) og Bly (Pb).

I de utvalgte dataene som bearbeides i oppgaven, velges det å ta med Si (silisium) i tillegg til slitasjemetallene. Si er det nest mest vanlige grunnstoffet etter oksygen, og forekommer i store deler av bergartene våre (Kofstad & Pedersen, 2018). Ved høye verdier av Si kan det antyde at støv og skitt har kommet inn i motoren, som igjen kan drøftes som en årsak ved unormale

verdier av øvrige analyseresultater. *Figur 8* viser typiske komponenter og deres slitasjemetaller. (Pulkrabek)

KOMPONENT	VANLIGE LEGERINGSELEMENTER
STEMPEL	Støperjern, stål, aluminium
STEMPELRINGER	Chrom-stål legering
VENTILER	Stål
FORBRENNINGSROM- TOPP	Støpejern, aluminium
SYLINDER	Stål

Figur 8. Viser komponenter i forbrenningsrommet og vanlige legeringer.

3.2.2.2 Oljeforurensninger

Ved oljeanalyse sjekkes det etter oljeforurensninger i tillegg til slitasjeelementer. Oljeforurensninger oppstår av uønskede stoffer opptrer i motorolja, eksempler på dette er sot og diesel. Dette vil kunne føre til endringer av oljas viskositet; olja mister hefteevne, smøreevne eller flyteevne. Sot er uønskede partikler som sliter på motorens bevegelige komponenter.

Oljeforurensning	ÅRSAK	PÅVIRKNING
SOT	Delvis forbrent drivstoff.	Slitasje på komponenter, kan tette filter over tid.
PFc	Dieselinhold i olja (%)	Lavere viskositet, reduserer oljas smøreegenskaper.
V100	Sot eller diesel i olja.	Reduserer oljas smøreegenskaper. Endret viskositet.

Tabell 1. Viser Oljeforurensninger.

Diesel eller sot i olja oppstår ved gjennomslag i sylinder. Små mengder uforbrent diesel og utslippsgasser slipper igjennom mellom stempelringer og sylindervegg.

3.2.2.3 Grenseverdier

For å få et bedre inntrykk av oljeanalysene hadde det vært ønskelig med grenseverdier på de ulike slitasjeelementene og oljeforurensningene. Pon Equipment, som tar oljeanalysene i Ruralis & Landbruk 21 sitt prosjekt, opererer med grenseverdier satt av Cat for deres maskiner. Ved oljeanalyse av andre fabrikater, hvor vi mangler oppgitte grenseverdier, får vi kun sett på trender av prøvene, og om det eventuelt er noen store ‘*hopp*’ av slitasjeelementene eller oljeforurensning. Ved eventuelle økende trender må det startes en utredning for å stadfeste årsaken(e).

Da det gjelder viskositet vet vi hvilken viskositet olja som er benytta på de ulike traktorene skal ha, og kan dermed benytte dette som en grenseverdi.

3.3 Utvalg

I oppgaven fremvises det data av oljeprøver fra 3 traktorer, samtlige av traktorene er av nyere art, og betegnes som moderne. Disse er plukket ut blant traktorene med mest driftstid, og størst antall oljeanalyser.

Tabell 2. Beskriver traktorene.

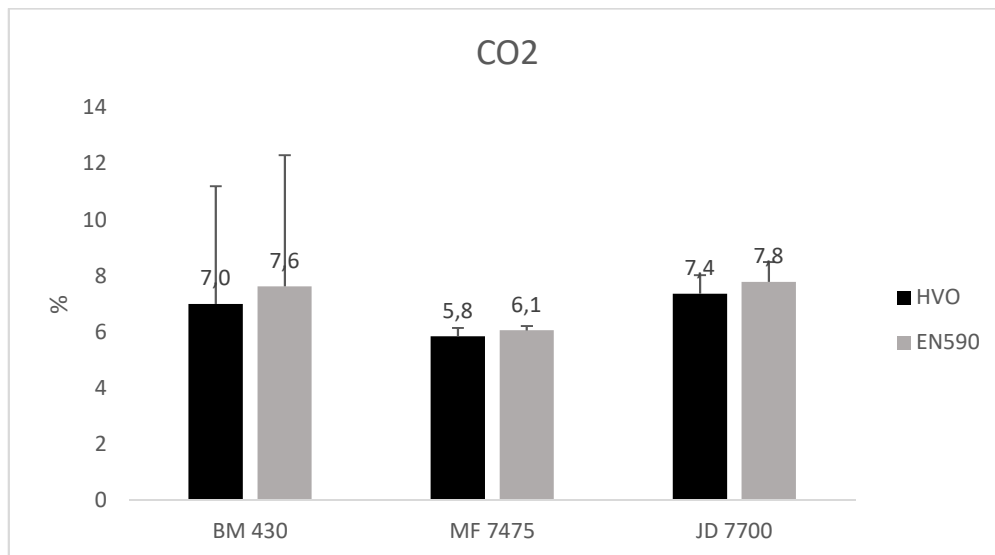
TRAKTOR	DRIFTSTIMER	ANTALL OLJEANALYSER	MERKNAD	OLJESKIFT UTFØRT (TIMER)
FENDT 211	259	7	Målinger av Al vises ikke i linjediagram. Årsak- målinger viser 0 PPM	945
FENDT 516	372	6		2656
MASSEY FERGUSON 5450	428	7		4579

4. Resultat

4.1 Avgassmålinger

Fremviser resultatene av avgassmålinger i forsøket.

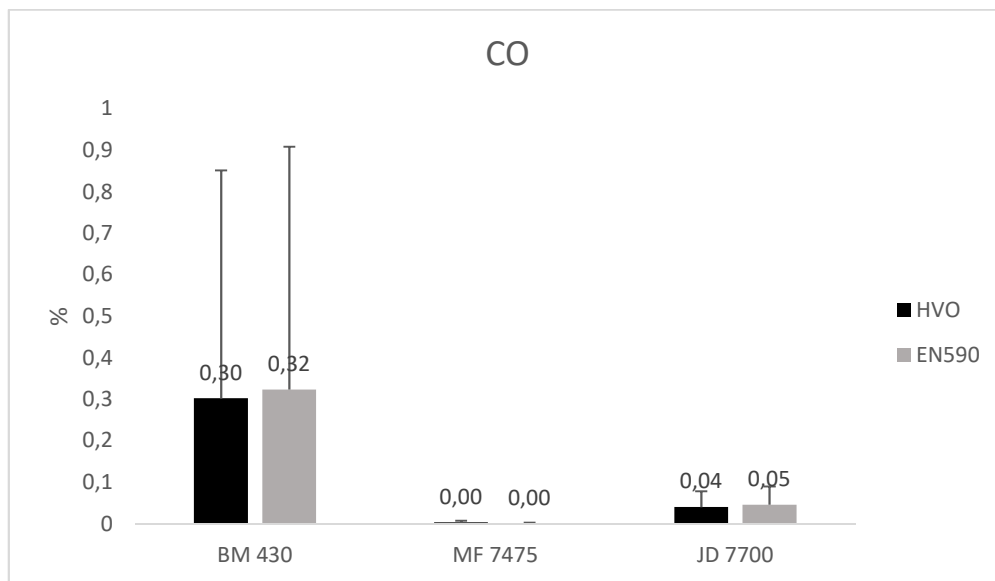
4.1.1 CO₂ målinger



Figur 9. Viser avgassmålinger av CO₂.

Figur 9. Viser avgassmålinger av CO₂. Analyser viste en signifikant forskjell mellom gruppene ($P=0,014$). Analysene av drivstoff viste en trend ($P=0,073$) for at bruk av HVO genererer mindre CO₂ enn fossil diesel.

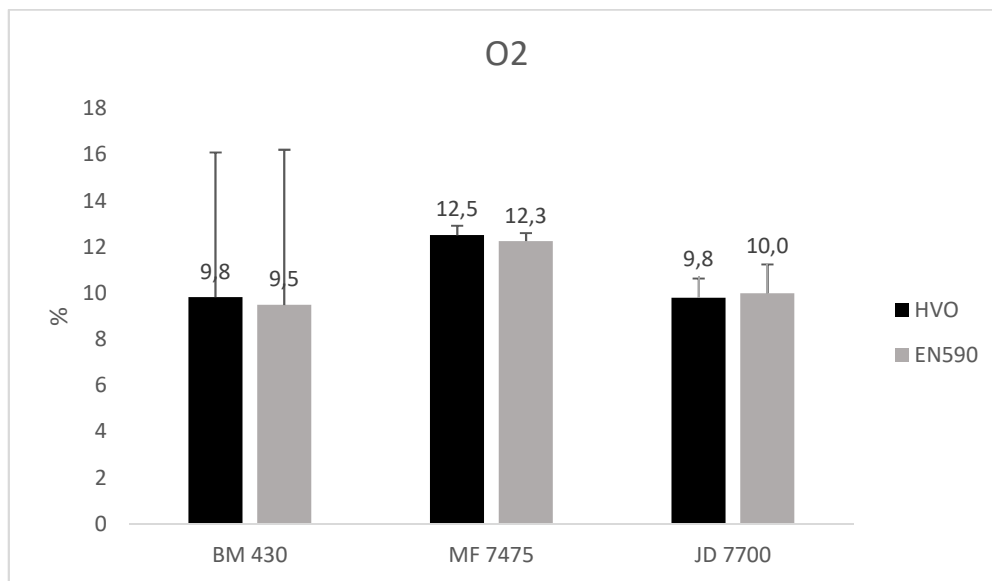
4.1.2 CO målinger



Figur 10. Viser avgassmålinger av CO-

Figur 10. Viser avgassmålingene av CO. Analysene viste en signifikant forskjell mellom gruppene ($P=0,001$). Det er ingen signifikant forskjell på drivstoff, mellom HVO og fossil diesel ($P=0,35$).

4.1.3 O₂ Målinger



Figur 11. Viser avgassmålinger av O₂.

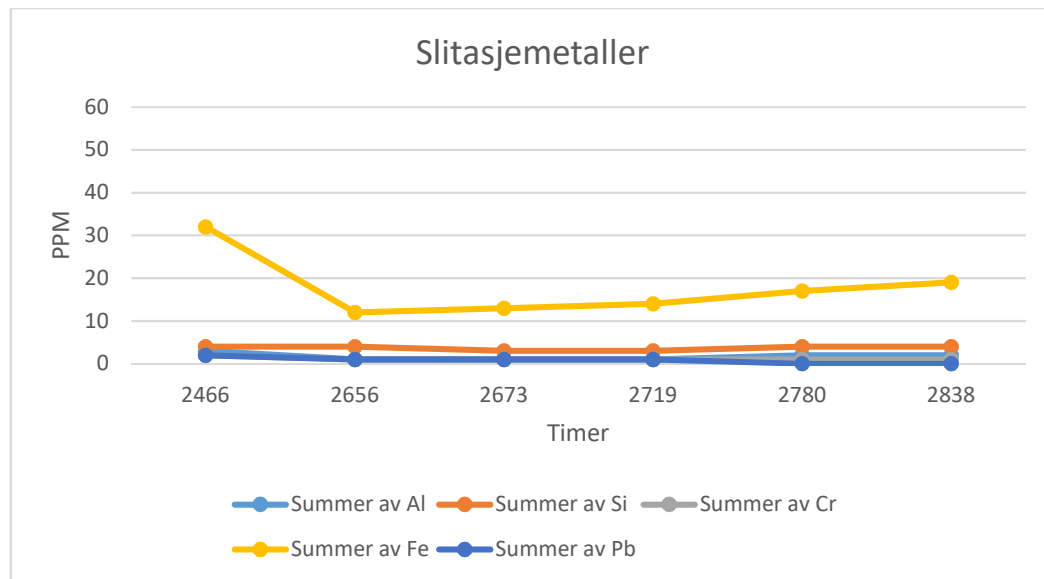
Figur 11. Viser avgassmålinger av O₂. Analysene viste en signifikant forskjell mellom gruppene ($P=0,008$). Det er ingen signifikant forskjell på drivstoff, mellom HVO og fossil diesel ($P=0,50$).

4.2 Oljeanalyser

Resultater av oljeanalyser.

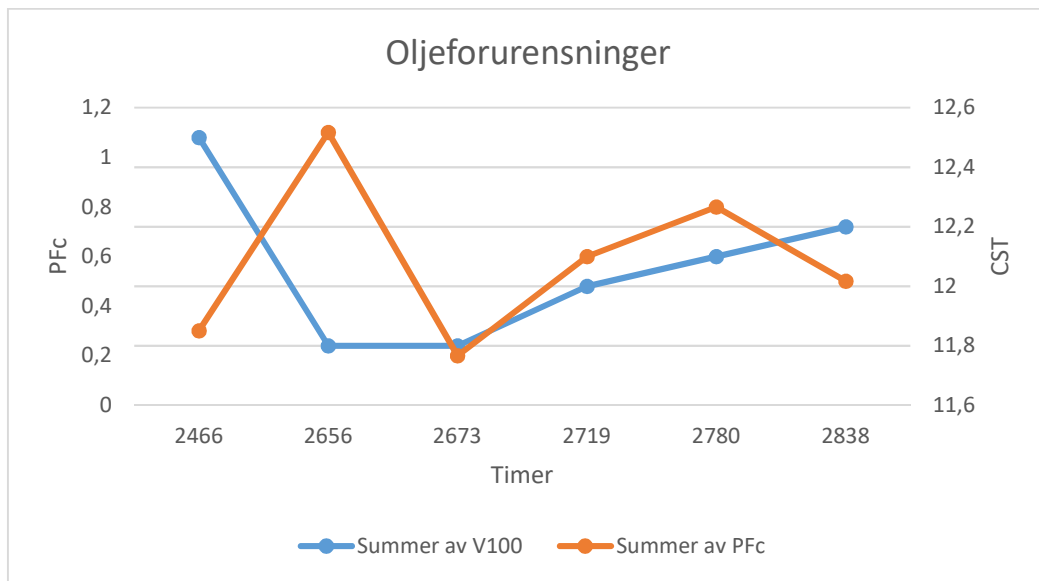
4.2.1 Fendt 516

Fremlegging av resultater for oljeanalyser av Fendt 516.



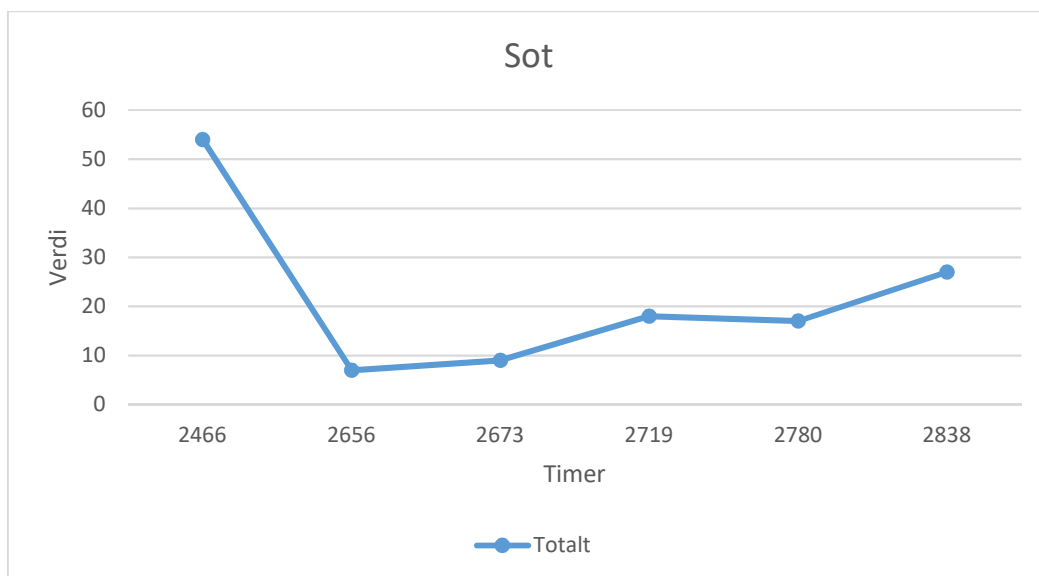
Figur 12. Viser slitasjemetaller for Fendt 516.

Figur 12. Viser oversikt over slitasjemetallene i motoroljen. Figuren viser ingen økende trender eller unormale verdiøkninger av slitasjemetaller.



Figur 13. Viser oljeforurensninger for Fendt 516.

Figur 13. Viser oversikt over oljeforurensninger i motoroljen. Figuren viser ingen økende trender eller unormale verdiøkninger av oljeforurensninger.

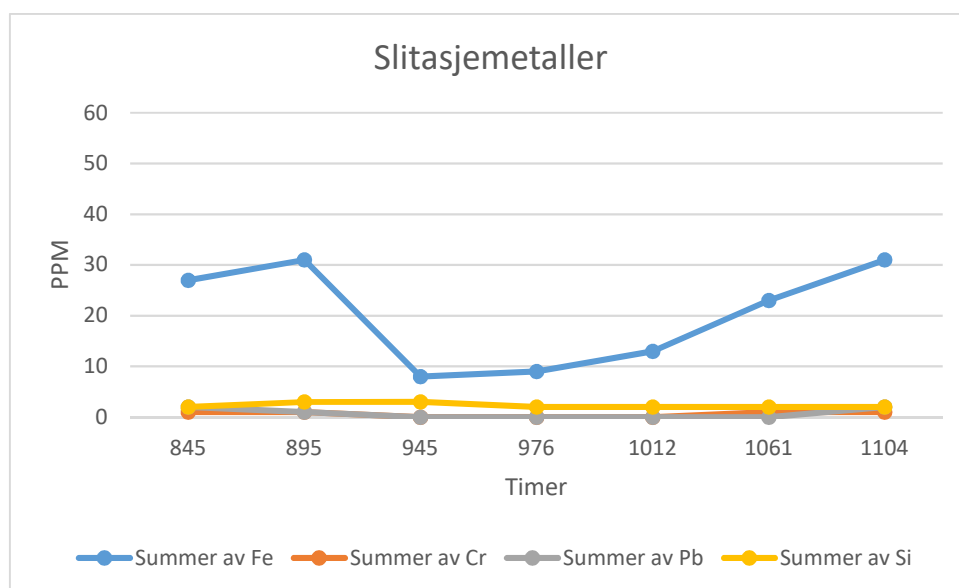


Figur 14. Viser innholdet av sot i olja for Fendt 516.

Figur 14. Viser oversikt over sot innholdet i motoroljen. Figuren viser ingen økende trender eller unormale verdiøkninger av sot.

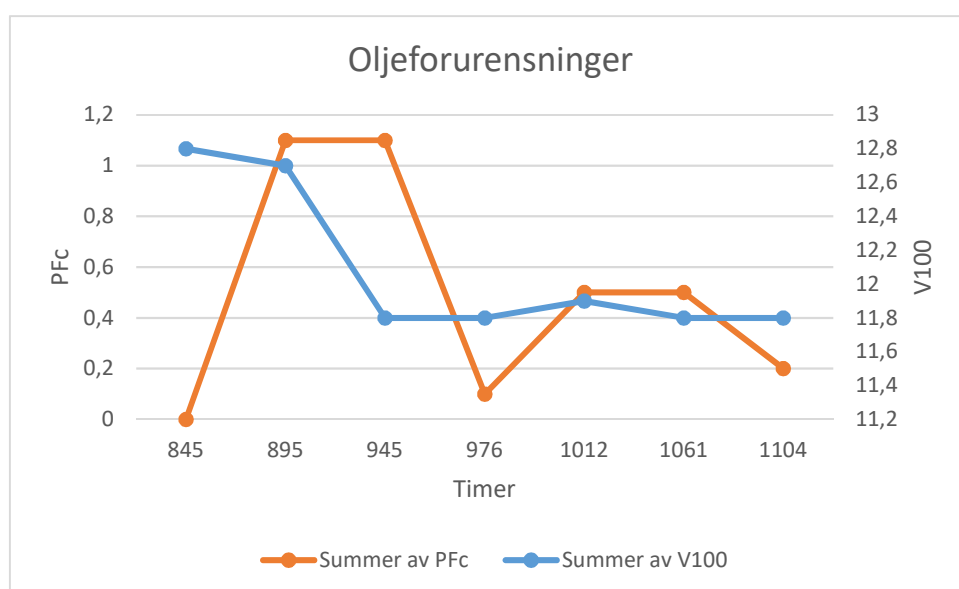
4.2.2 Fendt 211

Fremlegging av resultater for oljeanalyser av Fendt 211.



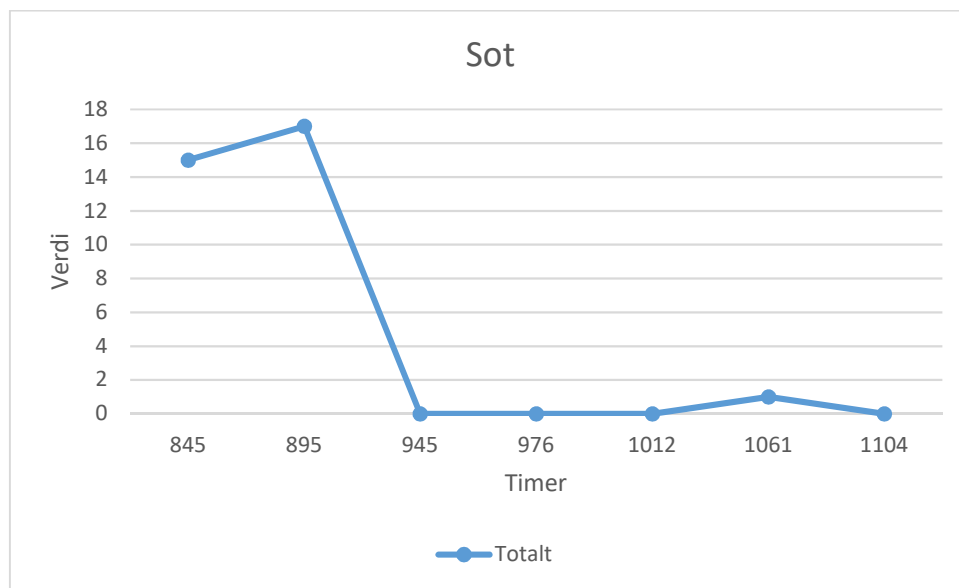
Figur 15. Viser slitasjemetaller for Fendt 211.

Figur 15. Viser oversikt over slitasjemetallene i motoroljen. Figuren viser ingen økende trender eller unormale verdiøkninger av slitasjemetaller.



Figur 16. Viser oljeforurensningene for Fendt 211.

Figur 16. Viser oversikt over oljeforurensninger i motoroljen. Figuren viser ingen økende trender eller unormale verdiøkninger av oljeforurensninger.

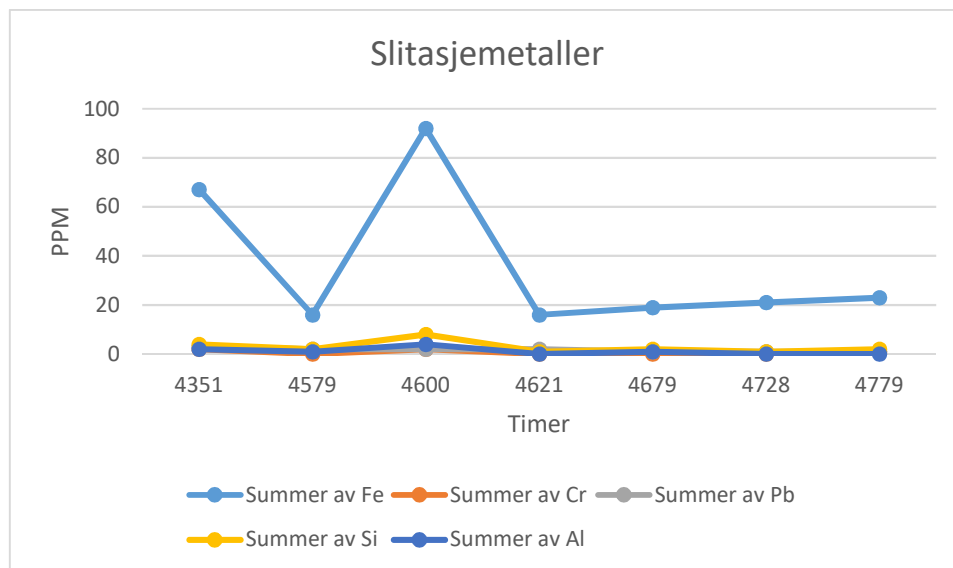


Figur 17. Viser innholdet av sot i olja for Fendt 211.

Figur17. Viser oversikt over sot innholdet i motoroljen. Det er ingen økende trender eller unormale verdiøkninger av sot.

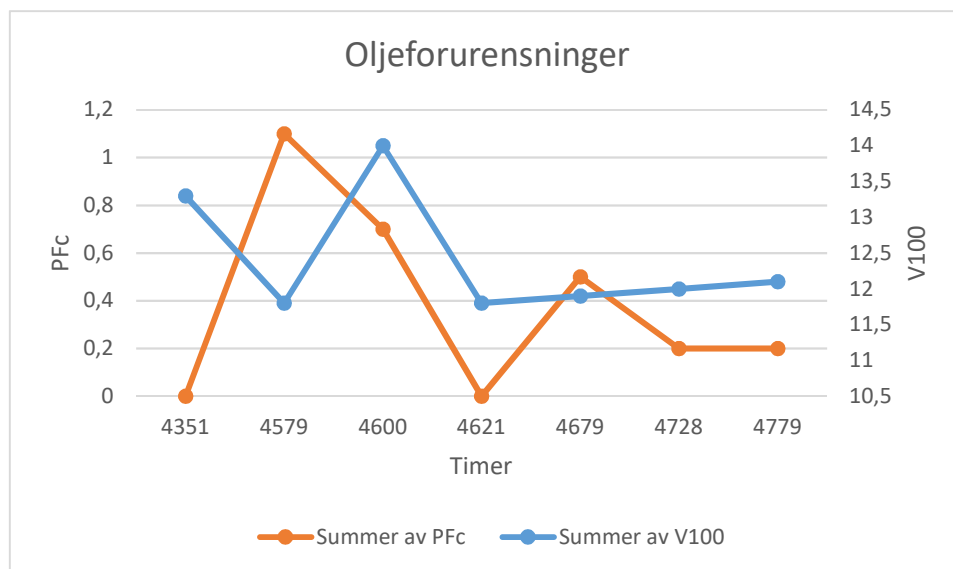
4.2.3 MF 5450

Fremlegging av resultater for oljeanalyser av Massey ferguson 5450.



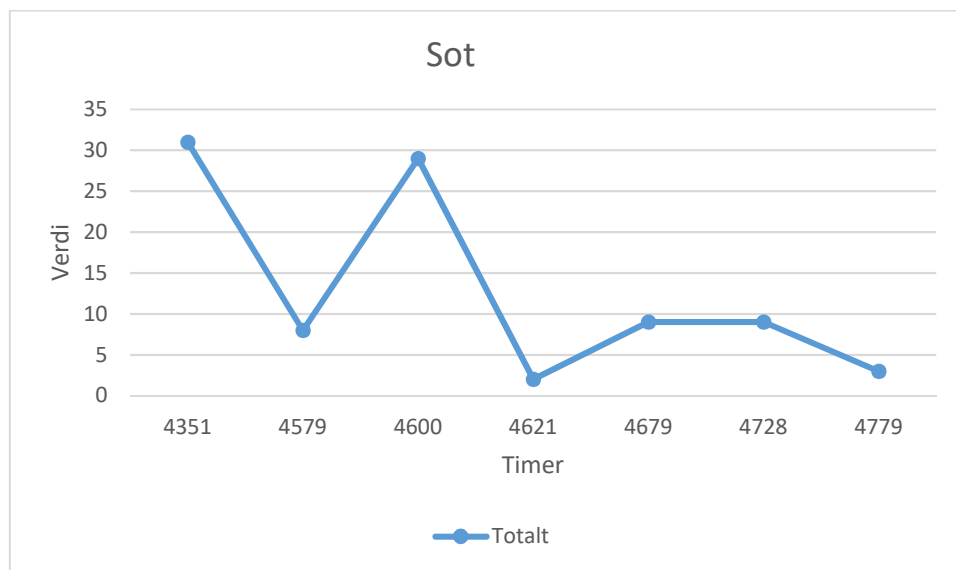
Figur 18. Viser slitasjemetallene for MF 5450.

Figur 18. Viser oversikt over slitasjemetallene i motoroljen. Figuren viser ingen økende trender eller unormale verdiøkninger av slitasjemetaller.



Figur 19. Viser oljeforurensningene for MF 5450.

Figur 19. Viser oversikt over oljeforurensninger i motoroljen. Figuren viser ingen økende trender eller unormale verdiøkninger av oljeforurensninger.



Figur 20. Viser innholdet av sot i olja for MF 5450.

Figur 20. Viser oversikt over sot innholdet i motoroljen. Det er ingen økende trender eller unormale verdiøkninger av sot.

5. Diskusjon & konklusjon

Diskusjon og konklusjon av resultatene i oppgaven.

5.1 Avgass

Ved å tyde resultatene i forsøksdelen av oppgaven, viser det ingen signifikant forskjell på avgasser, men en trend til redusert utslipp av CO₂. På samtlige målinger viste analysene en signifikant forskjell mellom gruppene. Denne forskjellen viser tydelige forskjeller mellom ny og gammel motorteknologi, hvor MF 7475 skiller seg tydelig ut. Det er antagelig ikke en årsak alene som resulterer i dette, men en kombinasjon. Traktoren har i motsetning til BM 430 og JD 7700 common-rail innsprøytningsystem og EGR. Innsprøytningssystemet alene sørger for en mer effektiv utnyttelse av drivstoffet og renere forbrenning, mens i hvilken stor grad, eller om i hele tatt EGR spiller inn i resultatet er usikkert.

Det er nødvendigvis et stort antall faktorer som spiller inn under avgassmålingene og resultatet av dem. Vi vet ikke noe om graden av motorslitasje på de forskjellige traktorene, måleutstyrets nøyaktighet, motor- og innsprøytningsstemperatur mm. Dette er alle viktige faktorer i et sånt forsøk, som i en ideell situasjon skulle funnet sted i et laboratorium med stødige omgivelser. Et bredere spekter av måleutstyr der man vet mer om metodikken, og kan følge eventuelle standarder for utførelse av målingene hadde vært ønskelig. En felles årsak for begge forsøkene er for få gjentakelser over for kort tid, noe som ikke resulterer i nøyaktige målinger.

Hva har potensialer for store utslippskutt, som ligger et sted mellom 50-85%. I NLF sine forsøk utdypet dem en klimagassreduksjon på hele 150 tonn CO₂ etter 6 måneder og 150 000 kjørte kilometer.

5.2 Oljeanalyser

I oppgaven ble det valgt å plukke ut 3 traktorer som det er kjørt oljeanalyse på. Basert på funnene av de ulike analysemetodene viser det ingen økende trender eller store hopp av slitasjemetaller, oljeforurensninger eller sot. Basert på oljeanalysene som er fremstilt i denne oppgaven er det ingen ting som tyder på at HVO forringer driftssikkerheten til traktorene.

Et drivstoff i seg selv vil heller ikke virke direkte negativt på f.eks veiv-lagre og andre bevegelige komponenter i en motor. De direkte utsatte komponentene befinner seg i drivstoffsystemet. Ved oljeanalysene i dette forsøket ser vi kun etter metaller som er relevante

til komponentene i forbrenningsrommet, og oljeforurensninger. Får vi store mengder av sot eller diesel i oljen vil dette føre til endret viskositet, som igjen gir forringet kvalitet på smøreolja. Det var ikke forventet å finne noen endringer i driftssikkerheten ved bruk av HVO, og det sees usannsynlig at det vil påvirke driftssikkerheten.

Basert på at HVO ikke inneholder svovel og aromater, og det faktum at HVO skal være et mer rentforbrennende drivstoff enn tilsvarende fossilt, imøtekommer dette forventningene i forkant av forsøket.

De tekniske egenskapene til drivstoffet oppfyller også kravene til diesellojer. Tåkepunkt og CFPP tilfredsstillende tilsvarende fossilt, og det sees ikke sannsynlig at HVO skal gi driftsproblemer ved kalde perioder. Cetantallet til HVO er høyere enn for tilsvarende fossilt, noe som skal gi en teoretisk bedre forbrenning. Om dette er tilfelle på eldre traktormodeller er uvisst, da innsprøytningsstidspunktet kan endre seg noe grunnet forskjeller i viskositet og tetthet mellom drivstoffene. Dette kan føre til marginale forskjeller i tenningstidspunktet, men hvorvidt dette er tilfelle eller ikke er vanskelig å si, da det ikke er funnet noen tidligere forsøk på akkurat dette temaet.

Under den store testen i regi av NLF kom det heller ikke frem data som skulle tilsi at HVO påvirker driftssikkerheten til maskinene. I Ruralis & Landbruk 21 og i NLF sitt prosjekt ble det benytta store og kjente kjøretøyprodusenter, og nettopp det faktum at de godkjenner HVO på sine kjøretøyer bekrefter at det er fullgod fossil diesel.

5.3 Videre arbeid

Ved å se tilbake på oppgava i ettertid ser man ting som kunne blitt gjort annerledes under forsøket, og man legger merke til en del ekstra spørsmål som kan være relevant for videre arbeid. Forslag til videre arbeid:

- Avleiringsproblematikk i innsug grunnet EGR. Da HVO skal generere generelt mindre avleiringer vil det anbefales et forsøk hvor man sjekker eventuelle forskjeller på avleiringer i innsuget på traktorer med EGR.
- Dieselpartikkelfilter. HVO skal også generere mindre sot. Dette er et interessant tema å gå videre på, og sjekke om dieselpartikkelfiltrene holder seg renere ved bruk av HVO sammenlignet med fossil diesel. Eventuelt reduserte bytteintervaller.
- Justering av tenning på motor i forkant av eventuelle videre forsøk. Se etter forskjeller i avgasser, drivstofforbruk og effekt.
- Generelt en lengre prøveperiode med flere gjentakelser av undertegneds problemstilling.

Referanser

- Aarnes, H. (2019, Januar 30). *Store norske leksikon*. Hentet fra <https://snl.no/fotosyntese>
- Bøe, J. K. (2005). *Traktorer og basismaskiner*. Ås: UMB, institutt for matematiske realfag og teknologi.
- Dieselgrossisten. (u.d.). *Dieselgrossisten As*. Hentet fra <https://dieselgrossisten.no/forklaring-av-delsystemene-avgasstilbakeforingssystem/>
- Dieselgrossisten. (u.d.). *Dieselgrossisten As*. Hentet fra <https://dieselgrossisten.no/hvordan-virker-et-partikkelfilter/>
- Eco-1. (u.d.). *Eco-1*. Hentet fra <https://eco-1.no/sertifisering/>
- FN. (2018, Oktober 1). *FN-sambandet*. Hentet fra <https://www.fn.no/Om-FN/Avtaler/Miljoe-og-klima/Parisavtalen>
- Jahirul, M., Brown, R. J., Senadeera, W., & O'Hara, I. M. (2013, August). *Researchgate*. Hentet fra https://www.researchgate.net/publication/277503095_The_Use_of_Artificial_Neural_Networks_for_Identifying_Sustainable_Biodiesel_Feedstocks
- Kofstad, P. K., & Pedersen, B. (2018, November 30). *Store Norske leksikon*. Hentet fra [snl.no: https://snl.no/silisium](https://snl.no/silisium)
- Levy, F. E., & Andrew, E. (2018, August 1). *Store Norske leksikon*. Hentet fra <https://sml.snl.no/karbonmonoksid>
- Mamen, J. (2018, Mai 16). *Store Norske leksikon*. Hentet fra [Snl.no: https://snl.no/klimagasser](https://snl.no/klimagasser)
- Miljødirektoratet. (2018, 12 12). *Miljøstatus.no*. Hentet fra www.miljostatus.no/tema/klima/norske-klimagassutslipp/klimagassutslipp-jordbruk/
- Pedersen, B. (2018, Mai 11). *Store norske leksikon*. Hentet fra <https://snl.no/karbondioksid#-CO2-balansen>

- Pulkrabek, W. W. (u.d.). *engineering fundamentals of the internal combustion engine*. New Jersey: Prentice Hall.
- Ruralis. (u.d.). *Ruralis Institutt for rural- og regionalforskning*. Hentet fra <https://ruralis.no/prosjekter/ren-biodiesel-som-drivstoff-i-norsk-landbruk/>
- Salmani, M. H., Kumar, H., Sharma, R. C., & Dhingra, M. (2015, Mars). *Researchgate*. Hentet fra https://www.researchgate.net/publication/275276952_Effect_of_Used_Transformer_Oil_on_Efficiency_of_Compression_Ignition_Engine
- Sandquist, J. (2017, Desember 19). *SINTEF*. Hentet fra SINTEFblogg: <https://blogg.sintef.no/sintefenergy-nb/alt-du-trenger-vite-om-biodrivstoff/>
- Sarsten, A., & Ellingsdalen, Ø. (2018, August 14). *Store Norske leksikon*. Hentet fra <https://snl.no/dieselmotor>
- Skaar, K. (2016). *Implementering av indikeringssystem på dieselmotor og tester av diesellojer*. Bergen: Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet.
- Store Norske leksikon*. (2009, Februar 9). Hentet fra SNL: https://snl.no/dieselmotor_-_historikk
- Stølen, S. I. (2016, September 14). *Norges Lastebileier-forbund*. Hentet fra NLF: <https://lastebil.no/Aktuelt/Nyhetsarkiv/2016/Ingen-oekning-i-NOx-utslipp-ved-bruk-av-HVO100>
- Weber, C., & Amundsen, A. H. (2016). *Fornybare drivstoffer-Fornybar diesel: HVO*. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Wurth. (u.d.). *Wurth Norge AS*. Hentet fra Wurth: <https://nettbutikk.wuerth.no/verkstedutstyr/avgass-og-diagnosetester-wow/avgass-bensin-gass-wow-bt>

Vedlegg



ECO-1 BIOENERGI AS
Holsetgata 22 - 2317 Hemar / Filipstadveien 7 - 0250 Oslo
post@eco-1.no / www.eco-1.no VA.1.05.2016



2G AGRI (fornybar diesel / BTL) EN 15940

Eco-1 Bioenergi AS er Norges ledende leverandør av bioflyningsolje og fornybar diesel.

Eco-1 skal redusere CO2 utslipp i transportsektoren med 1 000 000 tonn innen 2020. For å nå dette målet arbeider vi hver dag med å erstatte fossilt drivstoff med biodrivstoff - en motor om gangen.

Dette målet kan vi bare nå ved å vinne nye kunder som vil prioritere miljø i sin virksomhet. Er du med?

ECO-1 PRODUKTLØFTE

- 1) Fornybart biodrivstoff
- 2) Markedets reineste drivstoff
- 3) Alt biodrivstoff er bærekraftsertifisert

HVOR FINNER DU PRODUKTET

Produktet kan leveres i bulk til kunder med egne tankanlegg, Eco-1 sine 2G POLAR-stasjoner, eller hos Eco-1 samarbeidspartnere.

KULDEEGENSKAPER

1.mars - 1.november - 22 gr C
1.november - 1.mars - 34 gr C
(spesial: cfpp ned til -40 gr C)

=> Reint drivstoff

=> lavere drivstofforbruk

=> mindre motorslitasje

=> lavere utslipp

=> lavere kostnader

2G AGRI ER FORNYBAR DIESEL

- et fornybart drivstoff, basert på biomasse
- dokumentert ved at produktet er sertifisert etter Norges bærekraftsdirektiv
- en fornybar erstatning for fossilt diesel i alle typer dieselmotorer
- bedre vinteregenskaper og bedre forbrenning enn fossilt diesel (EN590)

TEKNISK SPESIFIKASJON - EN15940

Ved bruk av **2G AGRI** skal en forholde seg til motorprodusentenes anbefalinger vedrørende service og oppfølging av kjøretøyet.

Produktet leveres både som «on road» drivstoff (2G Polar) til transport, og som et «off road» avgiftsfritt produkt til anleggsmaskiner, båtmotorer og landbruksmaskiner.

SERTIFISERING:

2G AGRI er sertifisert etter EUs bærekraftsdirektiv, som ble innført i Norge fra 1.1.2014. (Renewable directive, RED). Eco-1 er ISCC sertifisert (<http://www.iscc-system.org>) - dette er det ledende sertifiseringssystemet for kontroll av bærekraft og drivhusgassutslipp på biodrivstoff. Eco-1 leverer miljøregnskap som beskriver ressursbruk og miljøpåvirkning fra råvare til kunde.

FORNYBAR

Fornybar diesel er en fornybar energikilde. Fornybar betyr at en alltid kan generere nytt drivstoff av denne typen i et bærekraftig kretsløp.

Råvarene er sertifisert på sporbarhet og reduksjon av klimagasser. Dette til forskjell fra fossilt drivstoff der gjenværende reserver vil gå tomte ved samme bruk som i dag.

CO2-NØYTRAL:

For hver liter fornybar diesel som forbrennes dannes ca 2,6 kg CO₂. Til forskjell fra fossilt drivstoff er dette en resirkulering av CO₂ som er tilstede i atmosfæren allerede - **det korte CO₂-kretsløp**. Den tilfører **ingen ny CO₂ til atmosfæren** til forskjell fra fossilt drivstoff som gir en nettoøkning i CO₂ i atmosfæren ved forbrenning. Det vil si at fornybar diesel er CO₂-nøytralt sammenlignet med fossilt diesel.



ECO-1 BIOENERGI AS
Holsetgata 22 - 2317 Hamar / Filipstadveien 7 - 0250 Oslo
post@eco-1.no / www.eco-1.no

TEKNISK

- Tilfredstiller EN15940 standarden for syntetisk diesel.
- Erstatte fossil diesel i alle typer motorer. Bedre smøreevne, mindre avleiring, reiner avgass enn EN590.
- Eneste forskjell fra EN590 er egenvekt. 2G AGRI har 0,78 kg/liter og er 2,5% lettere enn EN590)
- Har høyere kvalitet enn fossil EN590 på bl.a cetantall og partikler.
- Har ikke farge, og langt mindre lukt enn fossil EN590.
- Inneholder ikke svovel eller aromater. Produktet har bedre lagringsegenskaper enn fossil EN590.

GJENNOMSNITTSREDUKSJON I UTSLIPP 2G AGRI sammenlignet med fossil diesel, EN590.

Partikler (PM)	- 33%
Nitrogenoksid (NOx)	- 9%
Karbonsmonoksid (CO)	- 24%
Hydrokarbon (HC)	- 30%



Tekniske spesifikasjoner EN15940- 2G AGRI , sammenlignet med EN590 - fossil diesel

TEST NAME	UNIT	EN15940/BTL		2G AGRI/ EN15940	EN 590 fossil fuel/ ULSD	ASTM D975 (amerikansk dieselspesifikasjon)	TEST METHOD
		min.	max.				
Cetan number		70	-	75-80	51	>40	EN15195
Density at 15 C	kg/m³	770,0	790,0	780,0	820,0-845,0	----	EN ISO 12185
Polycyclic aromatic hydrocarbons content	% (m/m)	-	0,1	<0,1	0,0	----	EN 12916
Sulfur content	mg/kg	-	5,0	<1,0	10	<500	EN ISO 20846
Flash point	Celsius	61	-	78,5	55	> 38	EN ISO 2719
Carbon residue (on 10% distillation residue)	% (m/m)	-	0,1	<0,01	0,3	----	EN ISO 10370
Ash content	mg/kg	-	0,001	<0,001	0,01	0,01	EN ISO 6245
Water content	mg/kg	-	200	22	200	500	EN ISO 12937
Total contamination	mg/kg	-	10	<1	24	----	En 12662
Copper strip corrosion (3h at 50 C)	rating	Class 1		Class 1	Class 1	class 1	EN ISO 2160
Oxidation stability	g/m³	-	24	5	25	----	EN ISO 12205
Lubricity, corrected wear scar diameter(wsd 1,4) at 60 C		-	460	450	460	----	EN ISO 12156-1
Viscosity at 40 C	mm²/s	2,00	4,00	2,95	2,00-4,00	1,3 - 2,4	EN ISO 3104
Distillation 95% (V/V) recovered	Celsius		320	300	360	288 (v 90 gr C)	EN ISO 3405
Cloud point and CFPF	Celsius	max. -15 / -22 / -34		-15/-22/-34	max. -12 / -32	etter lokale krav	EN 23015/ EN 116
Energy content	MJ/kg	44,1		44,1	42,5	----	
Appearance		Clear and bright		Clear and bright	Brownish color	----	VISUAL
Colour		0	0	0	-	----	ISO 6271-2
Total aromatics content	% (m/m)	-	1,0	<0,1	-	----	EN 12916
Distillation FBP	Celsius		330	-	-	----	EN ISO 3405
Acid value	mgKOH/g		0,01	0,002	-	----	ASTM D3242

MJ/L

Tabell over rådata for avgassanalyser

Traktor	Drivstoff	Turtall	CO	CO2	HC	O2
BM 430	HVO	1200	0,577	9,1	35	6,7
BM 430	HVO	2000	0,028	4,9	16	12,97
BM 430	EN590	1200	0,616	9,97	23	6,13
BM 430	EN590	2000	0,031	5,29	5	12,86
MF 7475	HVO	1200	0,011	6,41	0	11,71
MF 7475	HVO	1400	0,005	5,9	0	12,55
MF 7475	HVO	1600	0	5,68	0	12,79
MF 7475	HVO	1800	0,001	5,67	0	12,7
MF 7475	HVO	2000	0	5,58	0	12,83
MF 7475	EN590	1200	0,005	6,37	0	11,63
MF 7475	EN590	1400	0	6,02	0	12,26
MF 7475	EN590	1600	0	5,98	0	12,41
MF 7475	EN590	1800	0	5,93	0	12,68
MF 7475	EN590	2000	0	5,99	0	12,33
JD 7700	HVO	1400	0,078	7,97	6	9,02
JD 7700	HVO	1600	0,028	7,31	7	9,95
JD 7700	HVO	1800	0,015	6,82	4	10,44
JD 7700	EN590	1400	0,09	8,45	6	8,83
JD 7700	EN590	1600	0,027	7,68	7	10,19
JD 7700	EN590	1800	0,021	7,24	7	10,97