

BIOBRÄNSLEN FÖR FISKERINÄRINGEN

Sanna-Sofia Skog, Olav Nilsson, Ulrika Stam



BIOBRÄNSLEN FÖR FISKERINÄRINGEN

PROJEKTRAPPORT

SANNA-SOFIA SKOG, OLAV NILSSON, ULRIKA STAM

SAMMANFATTNING

Av intervjuade yrkesfiskare i Österbotten kunde 89 % tänka sig att använda biobränslen i sin fiskeverksamhet förutsatt att bränslet är tillgängligt och ekonomiskt lönsamt. Projektet Biobränslen för fiskerinäringen har undersökt möjligheterna för användning av biobränslen inom fiskerinäringen i Österbotten. Projektet genomfördes genom litteraturstudier, laboratorieundersökningar och verkliga fälttester. Av de biobränslen som finns på marknaden lämpar sig biodiesel bäst för användning i marina sammanhang. Med endast små eller inga motormodifikationer kan dieselmotorn övergå till biodieseldrift. Bränsleleverantörens och motortillverkarens rekommendationer bör dock uppmärksammas.

Utsläppsmätningar och tester gjorda i Technobotnias motorlaboratorium visar att biodieseln är ett bättre alternativ för miljön och även andra fördelar gentemot vanlig diesel finns. Biodieseln kanske största nackdel är dock dess dåliga köldegenskaper och bränslets lägre värmevärde. Detta noterades även vid de utförda laborietesterna. Pilottesterna med två yrkesfiskare och en taxibåt visade att biodieselanvändningen ändå fungerar bra i praktiken.

Förutom användningen av biobränslen finns det andra sätt för en yrkesfiskare att minska på sin bränslekonsumtion och vara mer miljövänlig. Ett energieffektivt fiske är även ekonomiskt gynnsamt. I medeltal förbrukar en yrkesfiskare 2100 liter motorbrännolja årligen. Genom användningen av biodiesel och med hjälp av ett energieffektivt fiske kunde årliga bränslesparingar göras. Därtill sparar man på miljön och biodieselanvändningen kan även vara gynnsamt för hälsan.

ABSTRACT

89 % of the interviewed fishermen in Ostrobothnia could use biofuels in their fishing activities provided that the fuel is available and economically feasible. The project Biobränslen för fiskerinäringen (Biofuels for the fishing industry) has studied the possibilities of the use of biofuels in the fishing industry in Ostrobothnia. The project has been realized with literature studies, laboratory examinations and field tests. Of the biofuels on the market, biodiesel is the most suitable to be used in marine context. A diesel engine can be switched to biodiesel operation with small or no engine modifications. Recommendations from the engine manufacturer and fuel supplier need to be noticed.

Biodiesel is a better choice regarding the environment. Emission measurements and tests performed in the Technobothnia engine laboratory have proven that. There are also other benefits associated with the use of biodiesel, compared to the use of ordinary diesel. The major drawbacks with biodiesel are the fuel's poor cold flow properties and lower heat content. The use of biodiesel proved well with field tests carried out with two fishermen and one taxi boat.

Except the use of biofuels there are also other ways for fishermen to reduce their fuel consumption and to be more environmental. Energy efficient fishing is also economical. A fisherman consumes 2100 litres of fuel annually. With the use of biodiesel and by energy efficient fishing yearly savings can be made. In addition to that environmental savings are made and the use of biodiesel can be beneficial to the health.



Utgivare: Yrkehögskolan Novia, Fabriksgatan 1, Vasa, Finland

© Sanna-Sofia Skog & Yrkehögskolan Novia

Novia publikation och produktion, serie R: Rapport 7/2013

ISSN: 1799-4179, ISBN: 978-952-5839-78-4 (online)

Layout: Jessica Taipale / Kommunikatören

INNEHÅLL

1 INLEDNING	4
2 TEORETISK BAKGRUND	5
2.1 Fiskenäringen i Österbotten	5
2.2 Det nationella yrkesfiskarprogrammet 2015	6
2.3 Motorer inom fiskenäringen i Österbotten	6
2.4 Energieffektivt fiske	8
2.5 Biobränslen	11
2.5.1 Biodiesel	11
2.5.1.1 Lagstiftning	12
2.5.1.2 Marknaden	13
2.5.1.3 Transesterifiering	13
2.5.1.4 Biodiesel i marina motorer	15
2.5.1.5 Leverantörens rekommendationer	15
2.5.1.6 Motortillverkarens rekommendationer	17
2.5.1.7 Småskalig biodieseltillverkning	17
2.5.2 Rå fiskolja	19
2.5.3 Etanol	19
2.5.4 Biogas	20
2.5.5 Biobränslen i andra länder	21
2.6 Hälsoeffekter	23
2.6.1 Diesel	23
2.6.2 Biodiesel	24
2.7 Miljöeffekter	24
2.7.1 Diesel	24
2.7.2 Biodiesel	25
3 LABORATORIETESTER OCH PILOTTTESTER	26
3.1 Motortester i laboratoriet	26
3.1.1 Resultat	27
3.2 Kyltester i laboratoriet	29
3.2.1 Resultat	30
3.3 Pilottester	32
3.3.1 Resultat	33
4 DISKUSSION	34
REFERENSER	35

1. INLEDNING

Uppfinnaren till dieselmotorn Rudolf Diesel körde sin första motor på jordnötsolja. Jordnötsolja kan ses som ett biobränsle, eftersom oljan är organisk. Biobränslen kan tillverkas av många olika råmaterial, bl.a. av fiskolja, animaliskt fett och olika vegetabiliska oljor. Valet av råmaterial är det som främst påverkar biobränslets miljö- och hälsoeffekter.

I projektet Biobränslen för fiskerinäringen undersöktes möjligheterna för användningen av biobränslen inom yrkesfisket i Österbotten. Frågeställningar som ställdes upp i början av projektet var: Vilka förutsättningar finns det för att använda biobränslen i marina motorer? Är det ekonomiskt genomförbart? Hur påverkar det hälsan och miljön? Går det att verkställa i praktiken? Vilka restriktioner finns det och vad bör man tänka på? Finns det andra sätt att fiska mera miljövänligt? Redan i ett tidigt skede kunde det konstateras att av olika biobränslen som finns på marknaden har biodiesel den bästa förutsättningen att användas i marina motorer. Därför har detta projektet koncentrerat sig på användningen av biodiesel, medan andra biobränslen endast har behandlats kort. Förutom användningen av biobränslen, undersöktes möjligheten för en yrkesfiskare att tillverka sitt eget bränsle av de rensavfall och bifångster som uppkommer vid fisket och på så vis åstadkomma ett bränsle kretslopp. Även möjligheterna med ett energieffektivt fiske studerades, eftersom användningen av biobränslen inte är enda sättet för att uppnå ett miljövänligare yrkesfiske.

Projektet genomfördes i samarbete med Österbottens Fiskarförbund, Feora Oy, Larsmo kommun och två yrkesfiskare. I Technobotnias motorlaboratorium utfördes motortester i samarbete med Vasa Universitet. Användningen av biobränslen testades i praktiken med hjälp av två yrkesfiskare, samt taxibåten MS Wilma. I laboratoriet utfördes kyltester och motortester. Därtill gjordes utredningar om biobränslets hälso- och miljöeffekter, småskalig tillverkning av biobränslen, rekommendationer om biobränsleanvändningen, energieffektivt fiske, samt en utredning om vilka motorer som idag är i användning bland yrkesfiskare i Österbotten.

Yrkesfiskarna är en ständigt minskande grupp med hög medelålder. Med projektet Biobränslen för fiskerinäringen strävade man efter en ökad miljövänlighet och energieffektivitet inom det inhemska fisket och att förbättra yrkesfiskarnas förutsättningar. Målet var att i slutet av projektet ta fram en handbok för yrkesfiskare om energieffektivt fiske och användningen av biodiesel.

2. TEORETISK BAKGRUND

Detta kapitel ger en insikt i projektets bakgrund och beskriver, för många, okända begrepp. I den teoretiska bakgrunden behandlas fiskerinäringen i Österbotten, dieselmotorns funktion illustreras, möjligheterna med energieffektivt fiske sammanfattas, olika biobränslen går igenom och evalueras, möjligheterna med småskalig biodieseltillverkning studeras, och biodieselanvändningens effekter på hälsan och miljön undersöks.

2.1 FISKERINÄRINGEN I ÖSTERBOTTEN

Fiskerinäringen i Österbotten sträcker sig från Karleby i norr till Kristinestad i söder och är stor, i nationellt perspektiv. Nästan en tredjedel av landets yrkesfiskare finns här. I Österbotten fiskar man sik (som är landskapsfisk för landskapet Österbotten), abborre, strömming och lax. Ca hälften av sikkångsterna i havsområdet och en tredjedel av strömmingsfångsterna fiskas i Österbotten. Fisket är huvudsakligen ett kust- och skärgårdsfiske med några havsgående lax- och torskfiskefartyg, samt en liten och effektiv strömmingsfiskeflotta. I strömmingsfiskeflottan finns ett par av landets största och modernaste trålare och dessa landar fångsten i Kaskö. (Skog, 2010)

Yrkesfisket genomgår en kraftig strukturförändring. Antalet yrkesfiskare minskar, samtidigt som medelåldern bland yrkesfiskarna ökar. Yrkesfisket dras med lönsamhetsproblem p.g.a. att laxfisket har reglerats hårt en längre tid och bestånden av gräsäl och vikaresäl ökat kraftigt de senaste åren. Förutom sälen har nu även skarven och en ökad mängd s.k. skräpfiskar blivit ett problem för yrkesfisket. (Skog, 2010)

ÖSTERBOTTENS FISKERINÄRING I SIFFROR:

760 YRKESFISKARE

170 YRKESFISKARE SOM HAR FISKET SOM HUVUDSYSSLA

970 FISKEBÅTAR (I STORLEKEN 7–10 METER)

CA 20 FISKEHAMNAR

CA 30 GROSSISTER OCH FÖRÄDLINGSFÖRETAG

CA 30 MINUTFÖRSÄLJARE

6 FISKEREDSKAPSINDUSTRIER



BILD 1. För stora stammar av s.k. skräpfiskar såsom mört och braxen är ett problem inom yrkesfisket. Bild: Skog 2013

Kustaktionsgruppen (KAG), som är en motsvarighet till den lokala aktionsgruppen, har stött småskaliga utvecklingsprojekt och investeringar inom fiskerinäringen sedan hösten 2008. Nyttan för fiskerinäringen kommer via de synergieffekter som fås från alla de olika utvecklingsprojekt som genomförs och de nätverk som skapas via projekten. Målsättningen för Kustaktionsgruppen är att behålla och skapa nya arbetstillfällen inom fiskerinäringen genom att diversifiera verksamheten inom yrkesfisket och att stöda detta genom att stärka kunskapsbasen, fiskekulturen och verksamheter som tangerar fisket. (KAG-Kustaktionsgruppen)

Enligt lagen är bränslen som används för fiskefartyg skattefria då de används vid utförande av yrkesmässigt fiske. Yrkesmässigt fiske är fiske som utförs av en fiskare som får sin inkomst eller en väsentlig

del av inkomsten från fiske och förädling av fisk. Totalinkomsterna från fiske måste vara minst 30 % av fiskarens alla inkomster. Fiskaren skall finnas med i yrkesfiskarregistret och fartyget, som används för fisket, skall vara med i fiskefartygsregistret. Dessa registreringar bör vara i kraft när bränslet anskaffas och används. (Finlex, 2012)

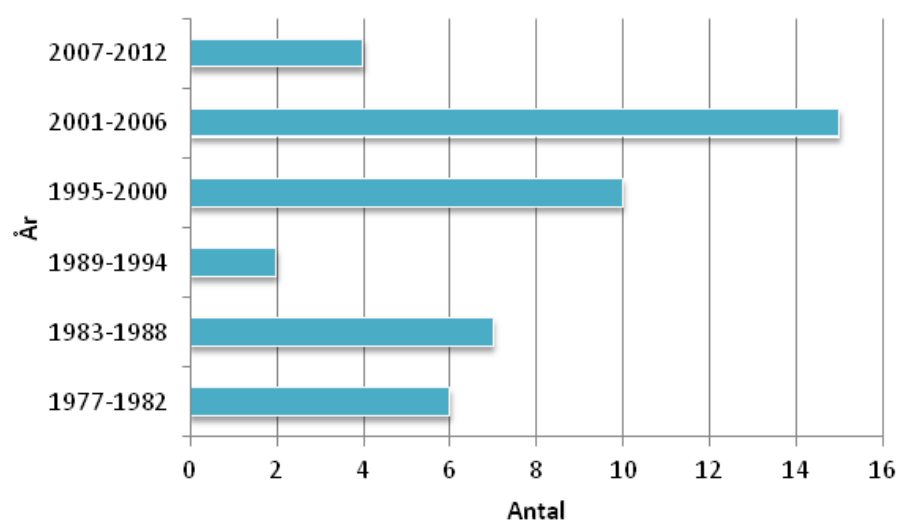
2.2 DET NATIONELLA YRKESFISKARPROGRAMMET 2015

I Jord- och skogsbruksministeriets program för det nationella yrkesfisket 2015 har ministeriet satt upp mål för hur yrkesfisket skall se ut 2015. Det allmänna målet med det nationella yrkesfiskarprogrammet är förbättra förutsättningarna för utövande av yrkesfiske i Finland. Genom att förbättra förutsättningarna möjliggör man en utveckling för att uppnå konkurrenskraft och lönsamhet inom yrkesfisket. Samtidigt vill man uppnå en näring som följer principerna för hållbar utveckling. (Maa- ja metsätöusministeriö, 2010) Programmets huvudmål är:

- Finland skall ha en lönsam, respekterad och livskraftig fiskenäring
- De fiskbestånd som utnyttjas av yrkesfisket ska vara i gott tillstånd
- Genom yrkesfisket förbättras tillstånden i vattendragen, eftersom fisket avlägsnar näring från vattendrag
- Yrkesfisket producerar fisk av hög kvalitet för förädlingens, handelns och konsumenternas behov, så att mängden och värdet av inhemsk fisk ökar på marknaden.

2.3 MOTORER INOM FISKERINÄRINGEN I ÖSTERBOTTEN

För att få en uppfattning om vilka marina motorer som används inom yrkesfisket och för att få en bedömning om hur gamla motorerna är gjorde Österbottens Fiskarförbund r.f, våren 2012 en sammanställning om vilka båtmotorer som är i användning bland yrkesfiskare inom Österbottens verksamhetsområde. Totalt 37 fiskare mellan Karleby och Kristinestad intervjuades. Motorerna som används bland de intervjuade yrkesfiskarna kan ses i Tabell 1.



FIGUR 1. Åldersfördelningen bland yrkesfiskarnas dieselmotorer

TABELL 1. Dieselmotorer som används av intervjuade yrkesfiskare inom Österbottens verksamhetsområde.

MOTOR	MODELL	ANTAL (ST)	TOTALT (ST)
Volvo Penta	6-cylindrar	6	11
	4-cylindrar	4	
	3-cylindrar	1	
Perkins	6-cylindrar	4	7
	4-cylindrar	3	
Yanmar	6-cylindrar	1	6
	4-cylindrar	5	
Iveco	6-cylindrar	5	6
	4-cylindrar	1	
Sisu	6-cylindrar	4	4
Cummins	6-cylindrar	3	3
Ford	6-cylindrar	2	2
Thornycraft Leyland	6-cylindrar	1	1
Kubota	2-cylindrar	1	1
Solé	4-cylindrar	1	1
VW	4-cylindrar	1	1
Lombardini	4-cylindrar	1	1

Yrkesfiskarna uppskattade att motorerna används i medeltal 300 timmar per år. Under den tiden förbrukar de totalt 2 100 liter bränsle. Båtmotorernas ålder kan påverka användningen av biobränslen och motorns kompitabilitet med bränslet. Motorernas åldersfördelning illustreras i Figur 1.

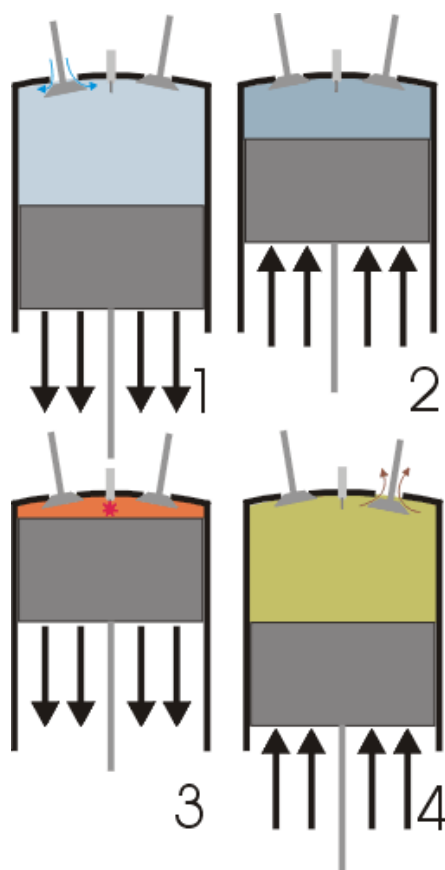
I samma utredning undersöktes yrkesfiskarnas inställning till motorbrännolja och yrkesfiskarnas intresse av byte till biobrännolja. Av de 37 stycken yrkesfiskare som deltog i undersökningen, ansåg fem fiskare att avgaserna från motorn påverkade dem negativt och förorsakade stundvis huvudvärk och illamående. Resten upplevde att de inte haft några hälsoproblem.

Endast fyra yrkesfiskare var helt ointresserade av användningen av biobrännolja. Detta innebär att 33 yrkesfiskare kunde tänka sig använda biobrännolja i sin verksamhet. Kriterierna för att ett byte av bränsle skulle övervägas var god tillgång till biobrännolja och biobrännoljans förmånligare literpris. Vid val av bränsle är både driftssäkerheten och ekonomin viktiga aspekter som påverkar valet, medan miljö-

DIESELMOTORN

Dieselmotorn är en förbränningsmotor av kolvtyp. Kolvmotorer har cylindrar, där kolvar löper fram och tillbaka. Det finns både fyrtakts- och tvåtaktsmotorer, beroende på hur många kolvslag som behövs för att fullborda ett arbetsförlopp. På bilden nedan är förbränningsförloppet i en fyrtaktsmotor illustrerat. (Alvarez, 2003)

1. Bränsle sprutas in i cylindern då kolven är på väg utåt.
2. Då kolven rör sig inåt komprimeras luften och dess temperatur stiger.
3. Den höga temperaturen medför att bränslet antänds eftersom temperaturen överstiger bränslets antändningstemperatur. Den kemiskt bundna energin i bränslet frigörs i form av värmeenergi. Värmeenergin värmer upp luften och luften expanderar. Detta leder till att kolven trycks utåt och en del av förbränningsgasernas värme- och tryckenergi förvandlas till arbete. Kolvens rörelse överförs via vevstaken till vevaxeln och blir till en rotationsrörelse.
4. Då kolven rör sig inåt igen trycks avgaserna ut och nytt bränsle kan sprutas in.



By Oder Zeichner: BarbarossaBarbarossa at de.wikipedia [GFDL (<http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html>) or CC-BY-SA-3.0 (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>)], from Wikimedia Commons



BILD 2. Fiskebåtar vid Brännskata fiskehamn. Bild: Skog 2012.

frågorna väger mindre. Endast en yrkesfiskare hade tidigare erfarenhet av användning av biobrännolja.

Det bränsle som yrkesfiskarna använder i sin yrkesverksamhet benämns motorbrännolja. Skillnaden mellan motorbrännolja och diesel är färgen på bränslet, i övrigt är det samma produkt. Dessa två bränslen skiljs åt på grund av olika användningsområden, arbetsmaskiner och övriga fordon, de har således olika beskattning. Samma gäller för skillnaden mellan biodiesel och biobrännolja. I denna rapport används benämningarna parallellt, men man skall komma ihåg att motorbrännolja och biobrännolja är samma bränslen som diesel och biodiesel.

2.4 ENERGIEFFEKTIVT FISKE

Genom ett energieffektivt fiske kan man minska på fiskefartygets bränsleförbrukning och således spara både pengar och på miljön. Under de senaste åren har energipriserna stigit kraftigt. Inom fiskerinäringen har fångstmängderna ökat i takt med högre energikostnader, vilket kan bero på att antalet yrkesfiskare minskar, samtidigt som fisketeknologin ständigt förbättras. Däremot har lönsamheten sjunkit i och med mycket skräpfisk och strängare restriktioner. Genom att förbättra bränsleekonomin kan man få lönsamheten i fisket att stiga. Bränsleförbrukningsgraden varierar dock beroende på fiskeutrustningen och fiskesättet. (Suuronen, o.a., 2012)

Som tidigare nämnts förbrukar en yrkesfiskare inom Österbottens verksamhetsområde ca 2100 liter bränsle varje år. Genom ett energieffektivt fiske kunde man sänka på bränsleförbrukningen med upp till 30 %. Det

skulle innebära en årlig minskning med ca 630 liter. (The Energy Federation of New Zealand Inc., 2012)

The Energy Federation of New Zealand Incorporated har uppgjort ett informationsblad om energieffektivt fiske. Den mängd energi som används av ett fiskefartyg varierar beroende av fartygets storlek och dess maskinkonstruktion, tidpunkt på året, väder, fiskeredskap, läge, skicklighet och kunnande. I handboken Energieffektivt fiske – En handbok om biodieselanvändningen på sjön hittas ett exempel på hur man kan räkna ut den ungefärliga bränsleförbrukningen för ett fiskefartyg. Genom olika studier av ett exempelfartyg har de potentiella bränslebesparingarna tagits fram. (The Energy Federation of New Zealand Inc., 2012)

Det första man kan göra för att minska på sin förbrukning är att se på fartygets användning. Genom att minska på det vägskapande motståndet minskar man på energiförbrukningen. Detta kan göras genom att man regelbundet underhåller motorn, övervakar bränsleflödet och motorns prestanda, försäkras sig om att motorns storlek och typ är den rätta för fartygets funktion och vid köpet av nytt fiskefartyg överväger att köpa fartyg och motor med energieffektiv teknologi. Ett annat sätt är att minska på körhastigheten. Efter vågens motstånd är friktionen det andra viktigaste motståndet som påverkar förbrukningen. Friktionen är beroende av slätheten på fartygets skrov. Slätheten kan hanteras genom att man regelbundet underhåller skrovet t.ex. genom att avlägsna växtlighet från dess undersida. Redan en månads användning utan underhåll kan höja på bränsleförbrukningen med sju procent. Därtill skall korrosionshindrande målarfärg tillsättas regelbundet. (The Energy Federation of New Zealand Inc., 2012)

Nästa steg är att kolla över fiskefartygets propeller. Propellern är det viktigaste enstaka föremålet på fartyget, vars form och konstruktion direkt påverkar bränsleförbrukningen. Propellerns effektivitet kan förbättras genom att man ökar på propellerns diameter, tillåter en stor säkerhetsmarginal mellan propellerns spets och skrov, avlägsnar smuts regelbundet och minskar på propellerns ytsträvhet genom att reparera skador och slitningar. Man kan ytterligare minska på bränslekonsumtionen genom varsam hantering och manövrering av redskap och maskineri ombord på fartyget. (The Energy Federation of New Zealand Inc., 2012)

Bränsleeffektivitet kan uppnås genom t.ex. följande sätt (The Energy Federation of New Zealand Inc., 2012):

- Håll uppsikt över bränsleförbrukningen för att kunna övervaka prestandan bättre
- Regelbundet underhåll och rengöring av redskap och maskineri
- Regelbundet underhåll av kylningsledningar och linjer
- Regelbunden rengöring av luftfilter och luftsystemet i maskinrummet
- Se till att kylfläktarna är rena
- Använd navigationsapparat och ekolod för att minska transportsträckorna
- Minska på nätens motstånd, genom att använda lättare material och använda garn med mindre diameter
- Öka operatörens kunskap och uppmärksamhet
- Försäkra dig om rätt storlek på redskap, maskin och fartyg för funktionen i fråga

Passiva fiskemetoder, såsom burfiske, fiske med ryssja, krokfiske och nät- eller garnfiske kräver oftast mindre bränsle än aktiva fångstmetoder, såsom trålfiske och notfiske. I Bild 3 illustreras de aktiva fiskemetoderna, medan Bild 4 illustrerar de passiva. (Suuronen, o.a., 2012).

De vanligaste fiskemetoderna i Österbotten är nätfiske och ryssja. Fiske med ryssja är oftast energieffektivt, selektivt och förorsakar lite eller ingen skada för omgivningen. Ryssjans fångst är av hög kvalitet, eftersom fångsten vanligen är levande då ryssjan vittjas. Pontonryssjan erbjuder många olika fördelar

jämfört med den traditionella ryssjan. Den är lätt att transportera, hantera och hala in. Den är reglerbar till storlek, målart och fångstdjup. Därtill är den säker med tanke på rovdjur. Problemet med ryssjor är att de även fångar arter som inte är av intresse. Det finns ett behov av att utveckla ryssjor som inte fångar bifångster. (Suuronen, o.a., 2012).

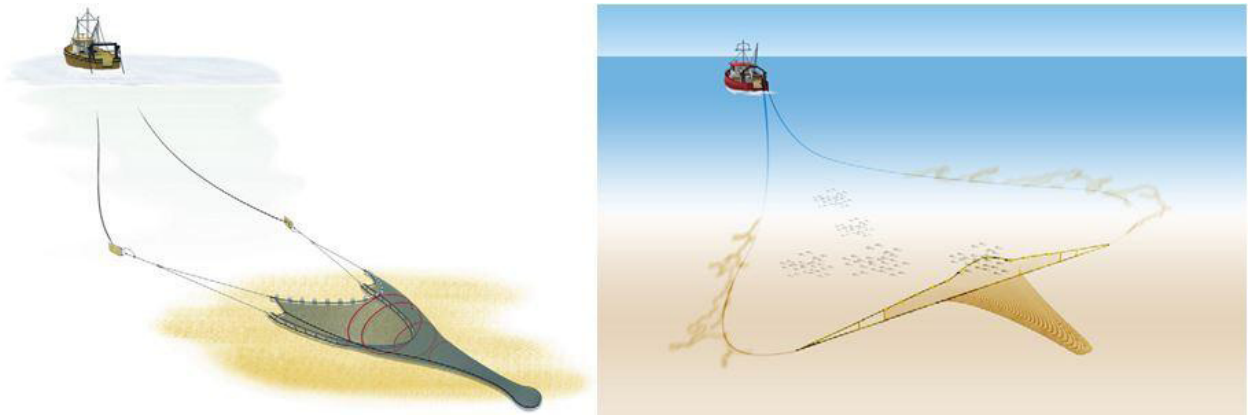


BILD 3. De aktiva fiskemetoderna kräver oftast mera bränsle. Trålfiske till vänster och notfiske till höger. (Suuronen, o.a., 2012)

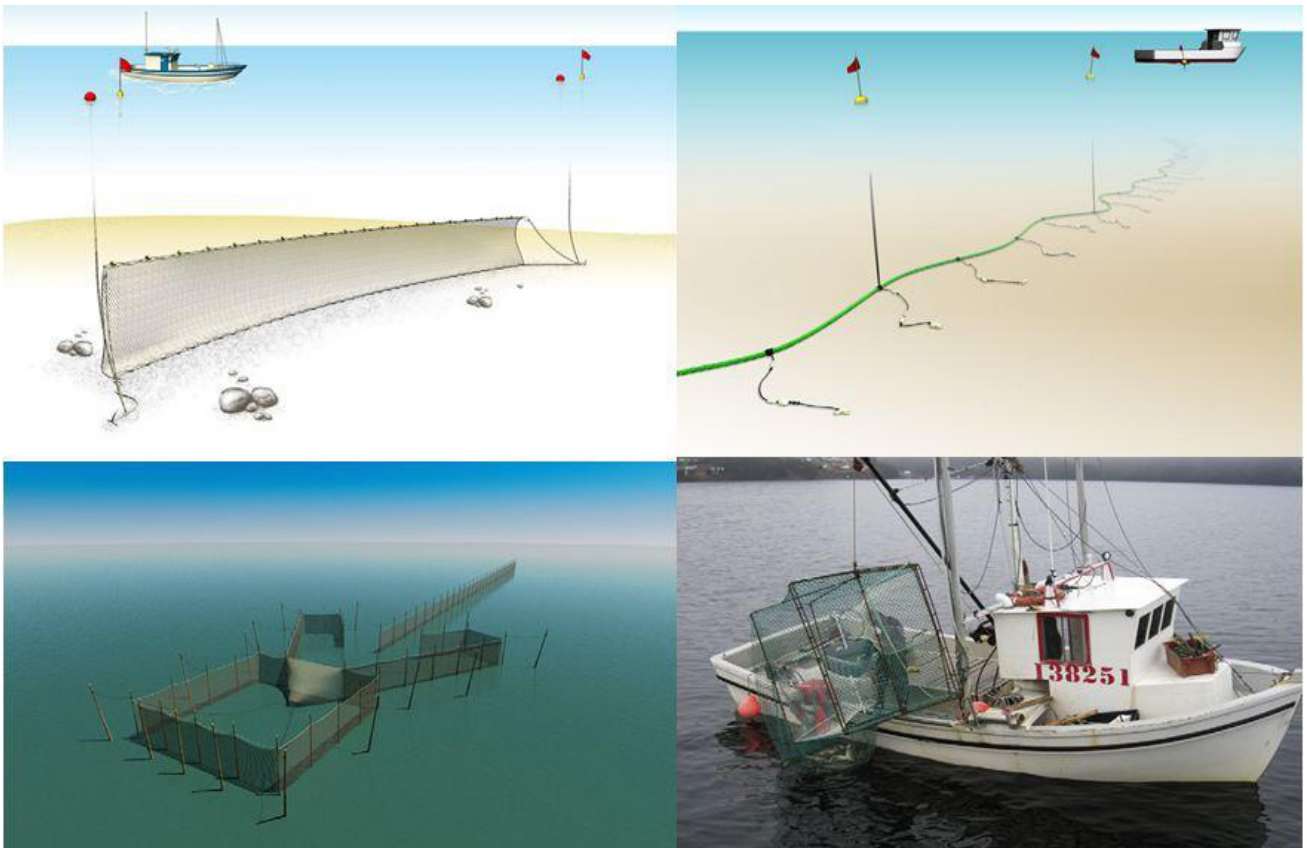


BILD 4. De passiva fiskemetoderna. Nätfiske i övre vänstra hörnet, fiske med ryssja i nedre vänstra hörnet, krokfiske i övre högra hörnet och burfiske i det nedre. (Suuronen, o.a., 2012).

Fiske med nät är mångsidigt, energieffektivt och flexibelt, men metoden kan även vara arbetsdryg, eftersom fiskaren manuellt måste lösa fiskarna från nätet. Ett problem med nätfiske är att på många stäl-

len lämnas näten ut för länge, vilket resulterar i en hög dödlighet. Därtill fastnar det ofta bottenväxtlighet, fåglar och sälar i näten. Så kallat spökfiske förekommer ofta vid både nätfiske såsom burfiske, vilket innebär förlorade nät och burar som kan fortsätta att fiska på egen hand i flera år. En del av nätfiskets problem kunde lösas med bättre samarbete mellan fiskargillen om gemensamt rådande regler. (Suuronen, o.a., 2012).

2.5 BIOBRÄNSLEN

Biobränslen kallas de bränslen som producerats av organiskt material såsom grödor och animaliska fetter. Det finns många olika biobränslen på marknaden, men detta projekt har koncentrerat sig främst på biodiesel. Övriga fordonsbränslen såsom etanol och biogas har behandlats i korthet. Även rå fiskolja tas upp i detta kapitel som ett alternativt biobränsle, eftersom tester på rå fiskolja har utförts i projektet.

2.5.1 Biodiesel

Biodiesel är ett bränsle som är tillverkat av vegetabiliska oljor eller djurfett. De största komponenterna i vegetabiliska oljor och djurfett är triglycerider (TAG). Kemiskt sätt är TAG estrar av fettsyra (FA). Triglyceriderna kan innehålla många olika fettsyror och dessa fettsyror utgör en fettsyraprofil. Eftersom fettsyrorna har olika fysiska och kemiska egenskaper är fettsyraprofilen den viktigaste parametern för att bestämma den vegetabiliska oljans eller djurfettets egenskaper. Biodiesel tillverkas genom olika metoder, den vanligaste metoden är dock transesterifiering, där den vegetabiliska oljan eller djurfettet måste genomgå en kemisk reaktion. (Knothe, Gerpen, & Krahl, 2005).

Biodiesel kan produceras från flera olika råmaterial. De vanligaste källorna för vegetabilisk olja är sojaböner, bomullsfrön, palmer, jordnötter, raps, ryps, kokosnötter och solrosfrön. Exempel på animaliska oljor är ister, talg och fiskolja. Biodiesel kan också tillverkas av restprodukter som uppstår inom restaurangbranschen t.ex. friteringsolja. Beroende på råmaterialens ursprung och kvalitet kan det behövas ändringar i produktionsprocessen. (Knothe, Gerpen, & Krahl, 2005).

Biodiesel är blandbart med petroleum diesel i alla biodiesel och diesel blandningsförhållanden. Diesel blandat med biodiesel har oftast beteckningen Bx, vilket innebär att dieseln innehåller x % biodiesel, t.ex. B10 innehåller 10 % biodiesel och 90 % petroleumdiesel. (Knothe, Gerpen, & Krahl, 2005).

2.5.1.1 Lagstiftning

Med olika policyn och nya direktiv försöker EU uppnå maximalt utnyttjande av förnybara energikällor. Med dessa åtgärder vill man bekämpa klimatförändringen, minska på lokala miljöbelastningar, skapa arbetsplatser och bidra till en säker eltillgång. (Knothe, Gerpen, & Krahl, 2005)

Med Lagen om främjande av användningen av biodrivmedel för transport (446/2007) vill man öka andelen biobränslen i trafiken, för att dessa bränslen i något skede helt skall kunna ersätta motorbensin och dieselolja. Andelen biodrivmedel i bränslet skall stegvis öka från 6 % 2011 till 20 % 2020. (Finlex, 2011) I och med att biodiesel standarden EN 14214 togs i bruk i november 2003, måste medlemsländerna börja övervaka kvalitén på bränslet. För vanligt dieselbränsle gäller standarden EN 590. EN 590 standarden tillåter biodiesel, dieselblandningar innehållande max 5 % biodiesel, B5. (Knothe, Gerpen, & Krahl, 2005) Enligt Lagen om punktskatt på flytande bränslen (1472/1994) är biodieseln punktskattepliktig. Skatten varierar mellan 40,63 cent/l och 24,35 cent/l, beroende på vilket råmaterial som använts vid biodieseltillverkningen eller om det handlar om paraffin dieselolja. Punktskatten för biodiesel ligger väldigt nära

punktskatten för vanlig diesel. (Finlex, 2012) Utöver detta skall punktskatt betalas för alla bränslen som används som drivmedel, i detta fall ska man för biodiesel betala punktskatt på dieselolja. (Tulli, 2012)



BILD 5. Biodiesel tillverkat av slakteriavfall. Bild: Skog 2012.

2.5.1.2 Marknaden

Biodieselpkapaciteten har ökat i EU tack vare de nya lagarna som omnämndes i föregående kapitel. De vanligaste råmaterialen i EU är ryps och raps, eftersom biodiesel producerat av dessa råmaterial bäst uppfyller EN 14214-standarden. I övriga delar av världen är de mest använda råmaterialen sojaböner, palmolja och solrosfrön. (Nylund, Aakko-Saksa, & Sipilä, 2008)

År 2011 producerades ca 8,6 miljoner ton biodiesel i EU. Europa är den ledande kontinenten inom biodiesel produktionen. I Finland producerades ca 225 000 ton biodiesel. (European Biodiesel Board, 2013) Biodiesel säljs oftast som olika blandningar med petroleumdiesel. Tyskland är det enda landet som säljer ren biodiesel vid allmänna tankstationer. (Knothe, Gerpen, & Krahl, 2005)

2.5.1.3 Transesterifiering

I detta kapitel beskrivs den vanligaste biodieseltillverkningsmetoden, transesterifieringen. Som exempel råmaterial används fiskolja. Det första steget i tillverkningsprocesserna är att erhålla den råa fiskoljan från fiskavfallet. Med fiskavfall avses fiskrens och övriga biprodukter som uppstår vid fiske och förädling av fisk, t.ex. bifångster. Genom att t.ex. pressa fiskavfallet kan man extrahera den råa fiskoljan. Oljan är brun till sin färg och innehåller en hel del orenheter, såsom vatten, salthaltiga blandningar och kött. (Lin & Li, 2009)

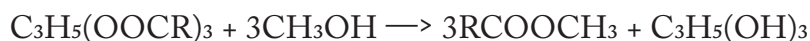
För att kunna transesterifiera den råa fiskoljan, måste den först förbehandlas. Det kan man t.ex. göra genom att tillägga 15 vikt-% aktiv lera till fiskoljan. Blandningen skall sedan omröras med 1500 rpm i 15 minuter och sedan vinterutrustas vid 4 °C i två timmar för att avlägsna orenheterna och blandningarna med högre grumlingspunkt. Efter det vatten-tvättas fiskoljan och centrifugeras, för att avlägsna vatten, tvål och andra orenheter. (Lin & Li, 2009)



BILD 6. Anläggning för tillverkning av biodiesel. Bild: Skog 2012.

Efter att den råa fiskoljan har förbehandlats, blandas den med en alkohol, t.ex. metanol, i en mekanisk homogeneringsmaskin, för att undergå transesterifiering. Transesterifieringsreaktionen sker vid 60 °C i en timme. Mol förhållandet mellan den förbehandlade fiskoljan och metanol är ofta 1:6, alltså för en mol fiskolja behövs det 6 mol metanol. Även en katalysator skall tillsättas för att förstärka reaktionen. Ofta används natriumhydroxid (NaOH) eller kaliumhydroxid (KOH). Mängden katalysator är ca 1 vikt-% av fiskoljan. Genom att hålla produkten orörlig eller genom att utnyttja densitetsskillnaderna mellan de två produkterna via centrifugering separeras sedan den kemiska produkten till två lager: rå biodiesel och glyce-

rin. (Lin & Li, 2009) Transesterifieringsreaktionen kan ses i reaktionslikheten nedan (Demirbas, 2008).



Den råa biodieseln måste sedan genomgå en ny vattentvätt under ca fem minuter. Återstående mängd orenheter, oreagerad metanol, vatten och flyktiga ämnen avlägsnas genom att biodieseln värms till 105 °C i tio minuter. Biodiesel tillverkad av fiskolja är sedan klar för användning. (Lin & Li, 2009)

2.5.1.4 Biodiesel i marina motorer

Biodiesel är lämpligt att användas i marina motorer, men det kan uppstå vissa utmaningar vid användningen av bränslet. Jämfört med petroleumdiesel är biodiesels fluiditet vid lägre temperaturer väldigt låg. En metod för att förbättra biodiesels fluiditet vid kalla temperaturer har varit att tillsätta tillsatsmedel. Biodieseln har utmärkta renings- och lösningsegenskaper och kan rengöra motorns delar. På grund av detta kommer sedimenten som ackumulerats i bränsleinmatningen och lagersystemen att lösas upp, vilket kan resultera i fällningar i bränsleinjektorn och t.o.m. till att motorn går sönder. (Lin & Huang, 2011)

Det rekommenderas att man rengör ett bränslesystem som kommer att vara i kontakt med biodiesel före användningen av biodiesel. Packningar, slangar, lim, plaster och tätningar kan börja mjukna, läcka och brytas ned vid kontakt med biodiesel under en längre period. Speciellt materialen polyvinyl, polypropen, Tygon och nitrilgummi är inkompatibla med biodiesel och borde ersättas med material såsom nylon, Teflon, Viton och fluorerade plaster. (Lin & Huang, 2011)

Biodiesel är känsligt för oxidation vid kontakt med luft. Oxidationen påverkar kvaliteten på bränslet. Biodiesel har också en tendens att börja nedbrytas hydrolytiskt vid närvaro av vatten. Detta innebär att man vid lagring av biodiesel måste se till att bränslet inte är i kontakt med vatten, luft eller solljus. Forskare har dock uppskattat att biodiesel kan lagras under normala förhållanden i ett år utan det sker dramatiska förändringar i bränslekvalitén. Genom att tillsätta antioxidanter kan man försäkra att biodieseln uppnår EN 14214 standarderna även efter ett års lagring. Hur effektiva de olika antioxidanterna är och hur mycket av dessa som krävs beror på vilket råmaterial som används och på biodiesels produktionsteknologi. (Knothe, Gerpen, & Krahl, 2005)

Vid användning av vegetabiliska oljor i motorer kan det uppstå problem med kavitation i insprutningspumparna. Kavitationen uppstår främst p.g.a. en ökad bränsletemperatur, vilket minskar på viskositeten och lokalt börjar bränslet att koka. Detta problem har noterats vid kraftanläggningar. Då det gäller marina motorer kan problemet vara mindre, eftersom dessa motorer kör på olika belastningar p.g.a. varierande motorvarvtal. Problemet med kavitation kan lösas genom att använda en mera kavitationsresistent pump. (Opdahl & Hojem, 2007)

TABELL 2. Biodiesels fördelar och nackdelar kan sammanfattas med en SWOT-analys (Demirbas, 2008).

STYRKOR	SVAGHETER
Minskar mängden partikelutsläpp	Större utsläpp av Nox och N2O → försurning och eutrofiering
Minskar utsläpp av kolmonoxid (CO), koldioxid (CO ₂) och svaveloxider (SO _x)	Råmaterialet kan vara en källa till utsläpp, t.ex. Pesticider och näringsämnen
Bra smörjningsegenskaper	Lägre värmevärde → Högre bränsleförbrukning
Ogiftig och bionedbrytbar	Högre viskositet
Förnybar och bevarar ändliga energikällor	Sämre köldtålighet
Minskar på växthuseffekten	Sämre lagringsegenskaper
Mindre risker vid hanteringen	Ofta dyrare
Högre flampunkt	
Positiva hälsoaspekter	
MÖJLIGHETER	HOT
Frigör användaren från beroendet av prisvariationer för vanligt diesel	Ger mindre odlingsmark för livsmedel → etiska problem
Bättre rykte	Räcker inte åt alla

2.5.1.5 Leverantörens rekommendationer

Bränslet som användes i projektet tillverkas i Nykarleby. Ab Feora Oy tillverkar biodiesel av animaliskt fett. I tillverkningen används endast biprodukter som råmaterial. Biodieseln tillverkas för fordonsdrift och för uppvärmning. Biodieseln tillverkas i en batch processor. Bränslets kvalitet mäts enligt EN 14214-standarden. Bränslet kan blandas med fossilt diesel i alla förhållanden. (Feora)

På Feoras hemsidor hittas rekommendationer för hur man skall övergå till användning av biodiesel och biobrännolja. Biobränslet fungerar bäst vid rumstemperatur och skall helst inte användas vid temperaturer under nollsträcket. (Feora)

Vid övergång till biodiesel bör tanken vara ren och man skall kontrollera så att alla slangar och kopplingar är av syntetiskt material. När man tagit biodieseln i bruk bör filtren bytas tidigare, eftersom biodieseln löser upp föroreningar som ansamlats i tanken och bränslesystemet. Vid temperaturer under 0 °C bör diesel tillsättas. (Feora)

Vid lagringen av Feoras biobränslen skall man alltid använda en cistern som är avsedd och godkänd för dieselbränslen. Om cisternen är av plast, skall den vara mörkfärgad eller förvaras så att den inte kommer i kontakt med solljus. Solljuset kan ge upphov till en oxidationsprocess i bränslet. Därtill skall man minimera vatteninnehållet, eftersom mikroorganismer kan växa i bränslets vatten. Cisternen bör rengöras grundligt innan den fylls med biobränsle. Den maximala lagringstiden rekommenderas vara ett år. (Feora)



BILD 7. Tankning av biodiesel vid Vexala fiskehamn. Bild: Skog 2012.

I kapitel 2.3 nämndes att en yrkesfiskare förbrukar i medeltal ca 2 100 liter bränsle i sin fiskebåt under en säsong. Om man antar att 1 500 liter av den totala förbrukningen kan ersättas med biodiesel, detta under sommarhalvåret då det är tillräckligt varmt för användning av B100. Under den resterande tiden kan man ersätta dieseln till 20 % med biodiesel, eftersom köldgränsen för B20 ligger vid $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Feora). Under sommaren 2012 kostade motorbrännolja 1,05 €/l och 2 100 liter kostade således 2 205 €. Feora erbjuder biobrännolja 0,15 €/l billigare än vanlig motorbrännolja. Beräkning av kostnadsbesparing för användningen av biobrännolja kan ses i Tabell 3.

TABELL 3. Beräkning av bränslekostnader vid användning av biodiesel en säsong

	BIOBRÄNNOLJA	MOTORBRÄNNOLJA
B100 sommarhalvåret	1 500 liter	0 liter
B20 vinterhalvåret	120 liter	480 liter
Pris	0,90 €/liter	1,05 €/liter
Kostnad	1 458 €	504 €
	Totalt	1 962 €
	Enbart motorbrännolja	2 205 €
	Besparing	-243 €

Man kan alltså spara i medeltal 243 € per säsong i bränslekostnader vid byte av bränsle.

2.5.1.6 Motortillverkares rekommendationer

Motortillverkarna har sina egna regler och rekommendationer gällande användningen av biodiesel i deras motorer. Före ibruktagningen av biodiesel är det bra att kolla vilka krav på underhåll, komponenter och biodieselmblandningar tillverkaren har. Generellt kräver dock alla tillverkare att biodieseln som används skall uppfylla EN 14214 eller ASTM D6751 standarderna. Under projektet kontaktades tillverkare och importörer av marina dieselmotorer, för att undersöka deras biodieselmrekommendationer. Kontakterna koncentrerades till de motortillverkare vars motorer yrkesfiskare i Österbotten använder, som diskuterades i kapitel 2.3. Rekommendationer från tillverkare och importörer har sammanfattats i handboken Energieffektivt fiske – En handbok om biodieselanvändningen på sjön.

2.5.1.7 Småskalig biodieseltillverkning

Det vore idealiskt om yrkesfiskarna kunde producera sitt eget bränsle utgående från de restprodukter som uppstår i deras verksamhet, i detta fall främst fiskrens och bifångster. Kapitlet småskalig biodieseltillverkning fördjupar sig i kostnaderna för att tillverka biodiesel på lokal nivå och utreder möjligheterna för tillverkningen i Finland. I Finland idag förekommer småskalig biodieseltillverkning främst vid lantbruksgårdar, där jordbrukaren odlar råmaterialet och sedan använder den egentillverkade biodieseln i sin maskinpark. Som tidigare nämnts är transesterifiering den vanligaste metoden för biodieseltillverkning. Råa vegetabiliska oljor eller obehandlat animaliskt fett går oftast inte att använda direkt i dieselmotorer, eftersom viskositeten är för hög. Det vill säga oljan är för trögflytande. (Clifford;Miller;Parish;& Wood, 2007)

I Storbritannien har man arbetat med ett projekt, där man har undersökt biodieselanvändningen inom fiskerinäringen. Projektet utfördes genom motortester i laboratorium och på fältet och genom småskalig tillverkning av biodiesel. Inom projektet byggdes en egen biodieselanläggning. Biodieseln tillverkades genom fem steg. Processen började med undersökning av den vegetabiliska oljans tillstånd och förvärmning av oljan. Därefter skedde transesterifieringen och separeringen av glycerinet. Den färdiga biodieseln tvättades med hjälp av Magnesolpuder och filtrerades en sista gång. För att åstadkomma en bra slutprodukt bör den råa oljan vara fri från vatten och fasta partiklar. Andelen fria fettsyror bör vara känd, för att man skall veta hur mycket natriumhydroxid eller kaliumhydroxid som skall tillsättas till processen. För bästa resultat bör den råa oljan förvärmas till 55-60 °C. (Clifford;Miller;Parish;& Wood, 2007)

I projektet byggdes biodieselanläggningen in i en skeppscontainer av stål. En till container behövdes för lagring av kemikalierna, biprodukterna och själva slutprodukten. Kostnaderna för tillverkning av biodiesel uppskattades till ca 0,23 €/l om man räknade med att den råa oljan erhöles gratis. I Tabell 4, kan man se biodieseln tillverkningskostnader som uppgetts av olika återförsäljare av biodieselanläggningar som finns på marknaden.

I medeltal kostar tillverkningen av egen biodiesel 0,33 €/l. I priset ingår kostnaderna för de kemikalier som behövs för processen och kostnaderna för den el som förbrukas. Den råa oljan har antagits vara gratis. I Tabell 5 visas inköspriset för några av de redan tidigare nämnda biodieselanläggningar som finns på marknaden.

Som biodieseltillverkare är man skattepliktig. I skattetabellerna särskiljer man på biodiesel för maskinbruk och biobrännolja för uppvärmning och användning i arbetsmaskiner. Skatten varierar beroende på råmaterialet och varifrån råmaterialet införskaffats. (Finlex, 2012) För yrkesfiskare är bränslen som används inom yrkesfisket skattefria. Om en yrkesfiskare tillverkar biobrännolja för eget bruk måste denna betala punktskatt för den månatliga producerade mängden biobrännolja. Därefter får yrkesfiskaren an-

söka om skatteåterbäring som normalt. Varje biobränsleproducent måste registrera sig som biobränsle-tillverkare till tull och uppges månatligt uppgifter om produktionen, även om ingen tillverkning skett den månaden. Registreringsblanketter och blanketter för skattedeklaration hittas på tullens hemsida. (Mailkorrespondens med Maarit Kosonen, Tulli 02.04.2012).

TABELL 4. Biodiesels tillverkningskostnader för olika anläggningar.

ANLÄGGNING	STORLEK [L]	KOSTNAD [€/L]
Limetti Oy ¹	150	0,27
Esterix ²	200	0,18
FuelMeister 150 LE ³	150	0,70
SOL10 ⁴	200	0,35
Biottori ⁵	200	0,22
Alfa Laval ⁶		0,28
Medeltal		0,33

¹ (Malkki, 2006)

² Mailkorrespondens med Ville Erämaavirta, Erämaavirta Oy 14.03.2012

³ (Hämäläinen & Tukia, 2007)

⁴ (Hämäläinen & Tukia, 2007)

⁵ Mailkorrespondens med Eero Kiianmies, Biottori Oy 14.03.2012

⁶ Mailkorrespondens med Ulf Johansson, Alfa Laval 14.03.2012

TABELL 5. Inköspriset på några biodiesel tillverkningsanläggningar som finns på marknaden.

Anläggning	Inköspris [€]
200l Biodys ¹	3 800
3000l Alfa Laval ²	500 000
200l Esterix ³	8 800
600l Esterix ³	14 500
1000l Esterix ³	19 900
150l Limetti Oy ⁴	5 500
200-400l Limetti Oy ⁴	11 200

¹ Mailkorrespondens med Eero Kiianmies, Biottori Oy 14.03.

² Mailkorrespondens med Ulf Johansson, Alfa Laval 14.03.2012

³ Mailkorrespondens med Ville Erämaavirta, Erämaavirta Oy 14.03.2012

⁴ (Malkki, 2006)

2.5.2 Rå fiskolja

Enligt FAO (Food and Agriculture Organization) erhålls råmaterialet till rå fiskolja från flera olika kategorier. Till den första kategorin hör fiskarter som fångas specifikt för produktion av fiskolja och fiskmjöl, t.ex. anjovis och sardin. Råmaterial som uppstår i form av bifångster vid fiske av en annan art hör till den andra kategorin. Här i Finland kan vi räkna arterna mört och braxen till den kategorin. I den sista kategorin bildas råmaterialet av det fiskrens som uppstår inom fiskeriindustrin. (Bimbo, 2011)

Det som binder ihop dessa tre kategorier är att råmaterialet till väldigt liten del används som livsmedel eller är inte ätbart överhuvudtaget. Speciellt kategori tre består av råmaterial som ses som avfall och som i många fall är ett problem att bli av med. Kategorierna två och tre består av råmaterial med en relativt liten oljehalt, eftersom dessa till stor del är s.k. vitfiskar. (Bimbo, 2011)

Det finns flera metoder för tillverkning av rå fiskolja; våt rendering, hydrolys, ensilering, torr rendering och utvinning av lösningsmedel. Största delen av de fabriker som producerar fiskolja använder sig av den våta renderingstekniken. Huvudstegen i våt rendering är kokning, pressning, separering och torkning. (Bimbo, 2011)

Användningen av råa eller raffinerade vegetabiliska oljor och djurfetter som bränsle har dock förorsakat problem i moderna dieselmotorer. Den höga viskositeten och de obehandlade oljornas kemiska komposition har ofta lett till problem med att kolvringen fastnat, avlagringar i injektorn och förbränningskammaren, avlagringar i bränslesystemet, minskad effekt och en ökad mängd avgasutsläpp. (Engine Manufacturers Association, 2006) Detta problem märktes även vid motortesterna som utfördes inom det här projektet, detta diskuteras närmare i kapitel 3.1.

2.5.3 Etanol

Etanol, även kallat etylalkohol, är en alkohol med den kemiska beteckningen C_2H_5OH . Etanol används bland annat inom dryckesindustrin för tillverkning av t.ex. vin och öl, men även inom den kemiska industrin, i produkter såsom lösningsmedel och spolarvätska. På senare tid har man börjat använda etanol som motorbränsle, antingen rent eller utblandat med bensin. (Lantmännen Agroetanol) I Finland säljs t.ex. 95/E10-bensin som innehåller tio procent etanol och 98/E5-bensin som innehåller fem procent etanol.

För tillverkning av etanol behövs det råvaror rika på socker och kolhydrater. Själva tillverkningen sker genom jäsnings av dessa produkter. Idag är USA och Brasilien världsledande inom etanoltillverkning och de använder främst sockerrör och majs som råvara, medan man i Europa främst använder spannmål. I framtiden kommer man troligtvis mer och mer att övergå till cellulosahaltiga råvaror. (Lantmännen Agroetanol)

Etanolens dåliga bränselegenskaper gör bränslet oattraktivt för användning som biobränsle i marina motorer. Det finns tre problemkategorier med etanolanvändningen; Gamla ömtåliga komponenter som inte är utvecklade för användningen av etanol, etanolens egenskaper att lösa upp avlagringar och etanolens egenskap att absorbera vatten. (Ethanol and older engines, 2012)

Speciellt äldre motorer kan ha problem med plastdelar och gummidelar som är ömtåliga för etanol. Slangar och packningar i bränslesystemet och i förgasaren kan delvis lösas upp och bitar kan transporteras till bränslesystemet och försäkra förstoppningar och feltändning. Ett annat materialproblem är aluminiumförgasare. Före 90-talet byggdes förgasarna utav legeringar, som är mycket mera känsliga för

korrosion vid exponering för etanol än vad dagens förgasare är. Vid kontakt med etanol kan öppningar i de äldre aluminiumförgasarna stockas och resultera i svår startning och dålig drift. (Ethanol and older engines, 2012)

Bränsle innehållande etanol skall inte förvaras i tankar gjorda av glasfiber. Vid kontakt med etanol har det visat sig att glasfiber läcker ut kemikalier som kan klistra fast i inloppsventiler och förstöra motorn. Därtill försvagas tankarna avsevärt av etanol och bränsle kan börja läcka ut. (Ethanol and older engines, 2012)

Etanolen har renande egenskaper. Avlagringar i motorn och tanken löses upp av etanolen och transporteras till bränslefiltret. Ett tätare bytesintervall av bränslefiltret kan oftast lösa det problemet. Det rekommenderas även att man byter ut slangar som leder från filtret till förgasaren, eftersom även dessa kan innehålla avlagringar som sedan kan täppa till förgasaren. Etanolen innehåller mer syre än vanligt bränsle och detta ändrar på det luft-bränsleförhållande som förgasaren är kalibrerad för. (Ethanol and older engines, 2012)

Det sista och största problemet med användningen av etanol i marina motorer är dess vattenabsorberingsegenskaper. Etanolen är hygroskopisk, vilket innebär att den lätt absorberar vatten. Etanolen absorberar vatten, tills det finns så mycket vatten blandat i etanolen att vattnet separeras från etanolen till botten av tanken. Detta kallas fasseparering. Detta leder till problem, eftersom bränslet till motorn oftast suggs upp från tankens botten. Om fasseparering har skett, består botten alltså av vatten, vilket betyder att motorn inte får bränsle och i många fall skär motorn ihop. Därtill är denna vatten-, etanolblandning mycket frätande, vilket riskerar att speciellt aluminiumtankar kan frätas sönder från insidan. Vid användning av etanol bör således tanken vara helt fri från vatten och för att förhindra att kondensatvatten kommer in tanken den bör vara så full som möjligt. (Ethanol and older engines, 2012)

2.5.4 Biogas

Biogas produceras genom nedbrytning av organiskt material under syrefria förhållanden. Nedbrytningen sker med hjälp av mikroorganismer. Organiskt material som ofta används för biogasproduktion är hushållsavfall och avloppsslam. I sitt orenade tillstånd består biogasen av 50-60 % metan och 40-50 % av koldioxid. Av dessa två komponenter är det endast metanet som brinner i en förbränningsmotor och därför brukar man rena/uppgradera biogasen till en högre metanhalt. Renad biogas kallas ofta för biometan eller förnybar naturgas och är kemiskt sett nästan samma som naturgas. (Clarke;Eng.;& DeBruyn, 2012)

Användningen av biogas eller naturgas i fordon har en del fördelar. Gasfordon har lägre utsläpp av smog och växthusgaser, gas som bränsle är oftast billigare än vanligt bränsle och t.ex. på lantbruksgårdar kan gasen produceras själv. (Clarke;Eng.;& DeBruyn, 2012)

Biogas kan antingen lagras i komprimerad eller flytande form. Komprimerad biogas är biogas som lagras under högt tryck. I vanliga fall sker lagringen i högtryckstankar vid 21-25 kPa. Detta är den mest använda formen av gas i fordon. Flytande biogas lagras i tankar med liten volym. Biogasen renas och kondenseras genom att kyla ned gasen till ca -162 °C. Under normala förhållanden tar flytande gas upp en 600-1 av volymen som behövs för gasform. För att behålla gasen i flytande form måste den hållas vid väldigt låg temperatur och detta sker oftast i vakuumisolerade trycktankar med dubbla väggar. (Clarke;Eng.;& DeBruyn, 2012)

Det enklaste sättet att övergå till användningen av biogas är att konvertera fordonet till gasdrift. Ett fordon som kan köras med både gas och vanligt bränsle kallas bi-fuel fordon. För att konvertera ett fordon till bi-fuel drift, måste man installera lagringscylindrar för biogasen antingen under fordonet eller i något annat ledigt utrymme. Övriga komponenter som krävs är bränsleledningar av rostfritt stål, en regulator som minskar på trycket och en speciell bränsle-luft blandare. (Clarke;Eng.;& DeBruyn, 2012)

Ett annat alternativ för dieselmotorer är att köra på en biogas och dieselblandning (t.ex. 90 % biogas, 10 % diesel). Dessa motorer kallas dual-fuel motorer. För att möjliggöra dual-fuel drift måste dieselmotorn modifieras enligt följande; motorn behöver två stycken insprutningar för bränslen, en för biogas och en för diesel, en extra bränsleledning måste installeras, samt en tank för lagring av biogasen. Biogas sprutas in i motorn i samband med luftintaget. Eftersom metan har en hög antändningstemperatur måste diesel sprutas in. Dieseln antänds, vilken i sin tur antänder metanen. När gasen tar slut fortsätter motorn att gå enbart på diesel. (Clarke;Eng.;& DeBruyn, 2012)

Användningen av naturgas som marint bränsle minskar koldioxid utsläppen med 25 %, utsläpp av kväveoxider med 92 %, utsläpp av svaveloxider och partiklar med 100 %. Fördelen med användningen av gas som marint bränsle är betydande för miljön. Däremot kan en gasmotor vara dubbelt så dyr som en dieselmotor och konverteringen av en dieselmotor till bi-fuel eller dual-fuel drift är dyrt (Clarke;Eng.;& DeBruyn, 2012). (Eastlack, 2011)

Distributionen av biogas och naturgas för användning som bränsle är ännu inte utvecklad i Finland, men intresset för gasdrift är stort. T.ex. motortillverkarna Caterpillar, Cummins, MAN, Wärtsilä m.fl. erbjuder dual-fuel och naturgas lösningar för sina marina motorer. (Eastlack, 2011)

2.5.5 Biobränslen i andra länder

Maersk Ship Management har varit med i ett två års program för testning av lämplig biodiesel för användning i marina motorer. Testerna utfördes ombord på Maersk Lines containerfartyg, Maersk Kalmar. Programmet finansierades av den holländska regeringen och koordinerades av Maersk Maritime Technology. Biodieseln som användes inom programmet tillverkades av hållbart odlade grödor och återanvända oljor. Totalt körde man 150 timmar på olika blandningar mellan B7 upp till B100. (Maersk Ship Management, 2011)

Värmevärdet på den använda biodieseln i Maersk Ship Managements testprogram var lägre än för marint diesel, vilket resulterade i en högre bränsleförbrukning med en ökad halt biodiesel i bränslet. Inga problem relaterade till högre viskositet kunde observeras och Maersk Kalmar körde på alla blandningar utan större problem. Man märkte att motorn startade t.o.m. bättre när biodiesel var blandat med den marina dieseln. En del problem med material som inte vara kompatibla med biodieseln förekom under testerna, t.ex. tankens ytfärg löstes upp när den utsattes för biodieseln. I testerna märkte man förhöjda utsläpp av kväveoxider, medan utsläppen av kolmonoxid minskade. Inga problem med lagringen av biodiesel uppdagades. För att uppnå ett bättre förtroende för användningen av biodiesel och för att uppnå klarare resultat ansåg Maersk Ship Management att långtidskörningar på 1000 timmar borde utföras. I sin slutrapport ger Maersk Ship Management rekommendationer för användningen av biodiesel i marina fartyg och ger förslag på hur man vidare borde testa användningen av biodiesel. (Maersk Ship Management, 2011)

I USA används biodiesel flitigt inom många turistföretag. Sanctuary Cruises i Monterey Bay använder biodiesel året runt i två av sina valskådningsfartyg. För dem är biodieseln dyrare jämfört med van-

lig diesel, men det problemet har man löst genom att lägga till en extra bränsleavgift i biljetterna. Företaget har inte haft några problem med bränslebytet. Utförandet och effektiviteten har hållits på samma nivå och därtill har man noterat en minskning i antalet sjösjuka. Även turistföretagen Channel Islands National Park, The Pacific Whale Foundation, Western Prince Whale Watching, Maui Scuba Tours, samt Splash Tours använder sig av biodiesel i sin verksamhet. (Nilles, 2004)

Washington State Ferries (WSF) testar biodieselanvändningen i Puget Sound. WSF är det största färjebolaget i USA med totalt 25 stycken färjor. Även andra färjor använder biodiesel, t.ex. en färja i San Francisco Bay började använda biodiesel redan 2001 och Kentucky Mammoth Caves National Park började använda biodiesel i två av sina färjor 2002. Waterway Constructions i Australien övergick till biodiesel 2002. Waterway constructions upprätthåller lastbryggor, broar och övriga marina konstruktioner och använder biodiesel i ca 30 stycken av sina dieselmotorer, bland annat i pälningriggar och flytande kranar. (Nilles, 2004)

Stadsbussen Torgunn på Åland körde med biodiesel tillverkat av rensavfall från odlingar av redbägsforell. Det är Storfjärdens Fisk Ab i Eckerö som tillverkar fiskdieseln. Bussbolaget Röde Orm Ab har sedan 2 maj 2011 använt B100 biodiesel i en av sina bussar. Bussen Torgunn har trafikerat problemfritt sedan dess, även om inga tillsatssämnen har använts i bränslet. (Grüssner, 2011). I maj 2013 körde Röde Orm Ab:s alla bussar på biodieseln. Kontraktet för stadskörningen gick dock ut i slutet av maj, men biodieseln används fortfarande i en av deras bussar och i Röde ormsstegen i Mariehamn. (Mailkorrespondens med Sixten Sjöblom, Storfjärdens Fisk Ab, 27.7.2013)

Torgunn förbrukade ca 20 000 liter biodiesel årligen. Jämfört med användningen av fossilt diesel minskade biodieselanvändningen koldioxidutsläppen med 50 ton varje år. Biodieseln som används är miljövänlig, eftersom den tillverkas av restprodukter. Därtill är den lokalt producerad på Åland. Årligen uppstår det ca 1 200 ton fiskrens på Åland, av det kunde 500 ton biodiesel produceras. (Grüssner, 2011)

I Frankrike håller man på att genomföra ett liknande projekt som Biobränslen för fiskerinäringen. Projektet I.T.S.A.S.O.A.:s mål är att strukturera nätverket för användningen av ren växtolja (PPO) som biobränsle i två fiskebåtar (en 9,5 m, respektive en 11 m fiskebåt), se Bild 8. Växtoljan är tillverkad av pressade solrosfrön och inga kemikalier har använts i produktionen. Motorerna i båtarna har så kallade dual-fuel system. Båtarna är utrustade med två tankar, en med 100 % ren växtolja och en med 100 % diesel, samt instrumentutrustning för mätning av motorns prestanda och tillhörande data system. Systemet byter automatiskt från diesel till PPO när temperaturen i motorn är lämplig. (Perrin, 2012)



BILD 8. Fiskebåtar i Saint Jean de Luz (Frankrike). Bild: Skog 2013..

Testerna påbörjades i mitten av augusti 2010. Fram till maj 2013 har totalt 27 000 liter av den vegetabiliska oljan distribuerats, vilket motsvarar sparandet av 70 ton av koldioxidutsläpp. (Perrin, 2012) Fram till november 2012 har motorerna kört ca 5 000 timmar på 100 % ren växtolja. Hittills har projekt kommit fram till goda resultat både gällande motorn och förbrukningen. Motorerna har t.ex. plockats sönder och inga avlagringar har hittats i varken cylindrar eller ventiler. (Personlig kommunikation med Frédéric Perrin, IFHVP 28.05.2013)

2.6 HÄLSOEFFEKTER

Litteraturstudier på biodieseln och dieseln hälsoeffekter utfördes. Av de 37 intervjuade yrkesfiskare som nämndes i kapitel 2.3 upplevde fem stycken att avgaserna från fiskefartyget medförde hälsoproblem. Exponering för luftföroreningspartiklar i omgivningsluften leder till en rad olika hälsoeffekter speciellt för barn, äldre och människor som lider av luftorgans- och hjärtsjukdomar. Allt från övergående slemhinnesymptom, försämring av astmasymptom och andra lungsjukdomar, till uppkomsten av hjärtinfarkter, slaganfall och förtida dödsfall. (Sehlstedt;Forsberg;Westerholm;Boman;& Sandström, 2007)

2.6.1 Diesel

De hälsoeffekter som användningen av diesel har på oss, är de hälsoproblem som uppstår från dieselavgaser som finns i omgivningen. De avgaser som marina dieselmotorer genererar består av två huvudkomponenter, gaser och sot. Dessa består i sin tur av många olika ämnen. Gaserna består främst av koldioxid, kolmonoxid, kväveoxid, dikväveoxid, svaveloxider och kolväten, inkluderat polycykliska aromatiska kolväten, s.k. PAH:er. Avgasernas sot del består av partiklar såsom kol, organiskt material (inkluderat PAH:er) och spår av metalliska föreningar. (American Cancer Society, 2012)

Dieselavgasernas kemiska sammansättning och partikelstorlek varierar betydligt mellan olika motorer (tungt fordon, lätt fordon), motorernas driftförhållanden (tomgång, accelerering, bromsning) och bränslets utformning (låg/hög svavelbränsle). Skillnader i utsläpp kan även urskiljas mellan motorer som används för vägar och motorer som används utanför vägtrafiken. Detta beror på att motorerna som inte används för vägar ofta är av äldre teknologi, vilket speciellt gäller marina dieselmotorer. (EPA, 2009)

Människor exponeras för dieselmotorernas avgaser främst genom inandningen. Det mest skadliga för människans hälsa är de partiklar som släpps ut i lämplig inandningshöjd. Speciellt dieselmotorer producerar för människan skadliga kväveoxid- och partikelutsläpp. Katalysatorerna, som togs i bruk i början av 1990-talet, minskade avsevärt på de för hälsan skadliga avgasutsläppen. Många nya dieselmotorer saknar partikelfilter och precis som för katalysatorer borde användningen av partikelfilter lagstadgas. Partikelfilter skulle minska på mängden partikel- och kväveoxidutsläpp avsevärt, även om inte de förmår avlägsna de minsta partiklarna, de under 2,5 µm. (Hoffrén, 2008)

De minsta partiklarna, som är mindre än 2,5 µm i diameter (PM_{2,5}), anses vara de mest skadliga. Dessa partiklar kan ta sig långt ned i luftvägarna där de förorsakar irritation och inflammation. Det finns även misstankar om att de via lungorna kan ta sig in i den systematiska cirkulationen och påverka blodkärlsväggarna. (Lundbäck, 2009) Dieselavgaser kan irritera ögonen, näsan, halsen och lungorna. De kan orsaka hosta, huvudvärk, lätt förvirring och illamående. (American Cancer Society, 2012)

Dieselavgaser innehåller cancerframkallande ämnen som bensen, arsenik och formaldehyd. I juni 2012 klassificerade Världshälsoorganisationen WHO, dieselmotorns avgaser till grupp 1, cancerogena för

människor. Beslutet baserades på bevis som visar att exponering för dieslavgaser leder till en ökad risk för lungcancer. (WHO, 2012)

2.6.2 Biodiesel

Jämfört med petroleumdiesel innehåller biodieslavgaserna lägre halter av partiklar, kolmonoxid, samt polycykliska aromatiska kolväten (PAH:er). Därtill innehåller biodieslavgaserna inga svaveloxider över huvudtaget. Nackdelen med biodiesel har visat sig vara förhöjda halter av kväveoxider i motorernas avgaser. Kväveoxiderna medför potentiella hälsoeffekter och bidrar till ozonbildningen. (Swanson;Madden;& Ghio, 2007)

Den viktigaste kväveoxidformen är NO₂. Kvävedioxid kommer in i lungorna genom inandningsluften. När kvävedioxid har satt sig i lungorna kan den lösa upp sig i de vätskor som finns i lungorna och bilda salpetersyra. (Yang & Omaye, 2009)

Ju sämre kvaliteten på biodieseln är, desto mer skadliga ämnen innehåller dess avgaser. Dåligt förädlad biodiesel, alltså biodiesel som fortfarande innehåller mycket glycerol, förorsakar förhöjda halter av akrolein i avgasen. Akrolein används t.ex. som tårgas. Metanol och etanol är föregångare till aldehyder. Rester av dessa alkoholer i biodieseln kan vid förbränningen medföra att det uppstår formaldehyd eller acetaldehyd, som båda klassificeras som karcinogena. (Swanson;Madden;& Ghio, 2007)

I biodieseln blandas ofta olika tillsatämnen och antalet tillsatämnen på marknaden är stort. Tillsatämnen används t.ex. för att förbättra biodieselns koldgenskaper, höja på cetantalet och förhindra nedbrytning av bränslet. Ännu finns det ingen forskning om hur tillsatämnen påverkar hälsan och emissionerna i avgaserna. Vissa av dessa tillsatämnen innehåller bland annat metaller. Ytterligare forskning på detta område krävs för att man helt skall kunna bestämma biodieselns hälsoeffekter. (Swanson;Madden;& Ghio, 2007)

2.7 MILJÖEFFEKTER

I en studie som utförts i Taiwan har man ersatt det traditionella dieselbränslet, som används inom fiskerinäringen med biodiesel tillverkat av avfallsmatolja. Från de resultat som studien kommit fram till kan man grovt uppskatta hur mycket utsläppen skulle minska, om man skulle använda biodiesel inom fiskeindustrin i Finland. Resultaten kan ses i Tabell 6. (Lin & Huang, 2011)

Som man kan se i tabellen minskar mängden utsläpp med en ökad halt biodiesel i bränslet, förutom för kväveoxiderna, där utsläppen ökar. Detta kan bero på bl.a. högre densitet. Diesel och biodiesel påverkar miljön på olika sätt. Förbränningen av diesel i motorerna medför utsläpp som har negativa effekter på miljön. Biodieselns miljöpåverkan beror främst på råmaterialets ursprung och till en mindre del på de utsläpp som genereras vid förbränningen.

TABELL 6. Skillnaden i mängden utsläpp, i %, för olika biodieselmblandningar jämfört med dieselbränsle för fiskebåtar i Taiwan (Lin & Huang, 2011).

Bx	PM [%]	HC [%]	CO [%]	NOx [%]	SOx [%]
B2	-1,27	-2,21	-1,30	0,20	-1,68
B5	-3,14	-5,44	-3,23	0,49	-4,20
B10	-6,18	-10,59	-6,35	0,98	-8,40
B15	-9,09	-15,33	-9,33	1,48	-16,45
B20	-11,99	-20,06	-12,30	1,98	-24,50
B25	-14,50	-23,86	-14,91	2,49	-28,27
B30	-17,10	-27,66	-17,52	2,99	-32,04
B50	-27,33	-42,86	-27,97	5,02	-47,13
B100	-47,19	-67,36	-48,11	10,29	-84,00

2.7.1 Diesel

Diesel påverkar miljön på följande sätt; påverkan från avgaser och andra föroreningar på ozonskiktet, övergödning, försurning, bildandet av marknära ozon och fotooxidanter, mark- och vattenföroreningar, korrosion och påverkan på kulturarv. (Petersson, 2007) Dieselspill (olycka), läckage från rörledning- ar och tankar och avrinning från vägbanan är de mest vanliga formerna av oavsiktliga utsläpp av diesel till miljön. (Lloyd & Cackette, 2011)

Kolmonoxid, kolväten och aldehyder finns i dieselavgaserna som ett resultat av ofullständig förbränning. Kolväten och aldehyder är de största bidragsgivarna till den karakteristiska lukten av diesel. Kolmonoxi- den har en negativ miljöpåverkan eftersom den är en viktig komponent i smog. (Nett Technologies Inc.)

Dieselmotorer ger också betydande utsläpp av kväveoxider. Utsläpp av kvävemonoxid och kvävediox- id bidrar starkt till eutrofiering, försurning, oxidantbildning och korrosion på material och byggnader. Di-kväveoxid som bildas vid avgasrening och denitrifikation bidrar starkt till växthuseffekten och ned- brytning av ozonskiktet. (Petersson, 2007)

Svaveldioxid bildas från svavlet i dieselbränslet. Svaveldioxid är en färglös giftig gas med en karakteris- tisk, irriterande lukt. Den har också en stor påverkan på miljön eftersom den är den största orsaken till surt regn. (Nett Technologies Inc.). Många av dieseln miljöeffekter är kopplade till utvinning och trans- portering av råolja samt till framställning, transporter och hantering av produkterna (Petersson, 2007)

2.7.2 Biodiesel

Odling av grödor för biodieseltillverkning kan ha avsevärda effekter på miljön, både positiva och ne- gativa. Gödselmedel och bekämpningsmedel har stor inverkan på vattendrag och grundvatten. Andra miljöeffekter som uppkommer vid odling av biomassa är försurning, övergödning, fotokemisk smog, uttunnning av ozonlagret och spridning av andra giftiga substanser. (Jonsson, 2007) Biobränslen fram- ställda av organiskt avfall är miljömässigt mycket gynnsammare än biobränslen gjorda på energigrödor.

Detta illustreras i Tabell 7. Utsläpp från biodiesel jämfört med fossila bränslen, då biobränslenas hela livscykel har tagits i beaktande (Jayasinghe & Hawboldt, 2012)., där man jämfört biodiesel tillverkat av olika råmaterial med fossilt diesel i transportbruk. Bränslenas hela livscykel har tagits i beaktande. Som tabellen visar medför biodiesel tillverkat av rapsolja och sojaolja mer utsläpp än biodiesel tillverkat av animaliskt fett, vilket beror på utsläpp som uppstår i samband med odlingen av de vegetabiliska oljorna. (Jayasinghe & Hawboldt, 2012)

TABELL 7. Utsläpp från biodiesel jämfört med fossila bränslen, då biobränslenas hela livscykel har tagits i beaktande (Jayasinghe & Hawboldt, 2012).

	B100 BIODIESEL			B20 BIODIESEL		
	Raps	Soja	Animaliskt fett	Raps	Soja	Animalsikt fett
Växthusgaser						
CO ₂	-67 %	-67 %	-73 %	-13 %	-13 %	-14,20 %
CH ₄	-39 %	-40 %	-51 %	-8 %	-8 %	-10 %
N ₂ O	99 %	162 %	-1635 %	19 %	31 %	-3 %
Totala CO ₂ ekviv.	-64 %	-63 %	-92 %	-12 %	-12 %	-18 %
Icke växthusgaser						
CFC+HFC	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
CO	-70 %	-69 %	-74 %	-13 %	-13 %	-14 %
NO _x	53 %	52 %	2,70 %	10 %	10 %	0,50 %
VOC	-43 %	-42 %	-28 %	-8 %	-8 %	-5 %
SO _x	-20 %	-21 %	-43 %	-5 %	-5 %	-9 %
PM	-12 %	-12 %	-39 %	-4 %	-4 %	-9 %

Biobränsleproduktionskedjan måste genomföras så att lantbrukets och transportkedjans konsumtion av fossila bränslen inte överskrider energiinnehållet i slutprodukten. Några experter menar att användning av biobränsle gjorda av korn, sockerrör eller sojabönor kan påverka miljön mycket mera negativt än användningen av fossila bränslen. Även om bränslena i sig gör att växthusgaserna minskar, har de alla högre kostnader i form av förlust av biologisk mångfald och förstörelse av jordbruksmark. (Jha, 2008)

3. LABORATORIETESTER OCH PILOTTTESTER

Förutom litteraturstudier utfördes även praktiska tester i projektet. I Technobotnias motorlaboratorium utfördes motortester på olika biodieselbränslen. Biodieselbränslenas köldegenskaper testades med hjälp av ett klimatskåp och biodiesel tillverkat av rävfett testades ute på fältet i samarbete med två yrkesfiskare och Larsmo kommun. I detta kapitel diskuteras utförandet av dessa tester.

3.1 MOTORTESTER I LABORATORIET

I samarbete med Vasa Universitet utfördes bränsletester på råfiskolja, fiskdiesel, rävdiesel samt vanlig diesel i Technobothnias motorlaboratorium våren 2012. Fiskdieseln var tillverkad av fiskrens och fiskrester från odling av regnbågsforell. Rävdieseln var tillverkad av animaliskt fett. Båda biobränslen var tillverkade av restprodukter, som annars skulle ses som avfall. Den råa fiskoljan var fiskolja som inte vidareförädlats till biodiesel. Förutom motortesterna skickades bränslena på bränsleanalys.

I Technobothnias motorlaboratorium testas man enligt ISO 8178 standarden, som är en samling av test cykler för bestämning av utsläppsstandarder för non-road förbränningsmotorer. I praktiken innebär det att man utför testerna genom att motorn körs på två olika varvtal, i detta fall kördes motorn på 2200 rpm och 1500 rpm. Totalt kördes motorn med åtta olika belastningar, varav en av lastpunkterna var tomgång och en var fullast. Testmotorn som användes var en AGCO Sisu Power 44 CWA diesel-motor. Som motorbelastning användes en virvelströmbroms. Virvelströmsbromsen fungerar genom ett magnetfält, som skapas av en elström. Detta magnetfält bromsar motorn och den värme som bildas i processen kyls bort med vatten. Genom ett komplicerat styrsystem kan virvelströmbromsen garantera jämn belastning på motorn under hela testperioden.

Vid jämförande av olika bränslen vill man främst mäta utsläppen av skadliga ämnen, samt bränsleförbrukningen. Utsläppen som mättes var bland annat halterna av ultrafina- och nanopartiklar (partiklar med en diameter under 0,1 μm respektive 0,05 μm), kväveoxider och oförbrända kolväten. Utsläppen beräknades i enheten producerad energi (g/kWh) för att underlätta jämförelsen mellan bränslena. För beräkningen av motorns uteffekt (kW) bör man veta motorns varvtal (s^{-1}) och motorns vridmoment (kgm^2s^{-2}). För att kunna beräkna avgasmängden måste man däremot veta mängden intagen luft och bränsleförbrukningen vid given belastning.

Mängden partiklar bestämdes genom en partikelräknare. Ett avgasprov späddes ut med ren luft, provet leddes sedan in i en partikelräknare som kan bestämma totala antalet partiklar av storlekar 5,6-560 nm, samt storleksdistributionen. I laboratoriet är det även möjligt att mäta cylindertrycket och förändringar i tryck. Genom avancerad utrustning samt cylindertrycket kunde man följa med förbränningsförloppet i realtid och t.ex. jämföra de olika bränslenas antändning. Vid jämförelsen av olika bränslen, bör motorns parametrar vara samma och testerna bör utföras i så identiska förhållanden som möjligt. I slutändan vill man se om de testade bränslen går att användas i motorer utan större motormodifikationer.

3.1.1 Resultat

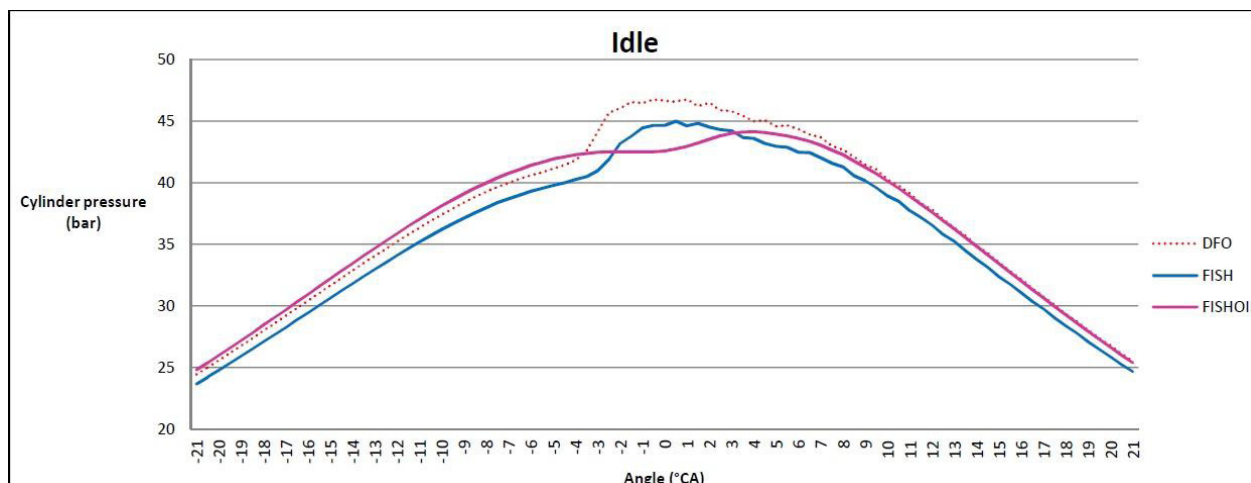
I motortesterna jämfördes biodiesel bränslena med rå fiskolja och vanlig diesel. Utsläppsresultaten jämfördes sedan med EURO krav för non-road förbränningsmotorer. För att få en bild av bränslenas egenskaper skickades bränslena för bränsleanalys till bränslelaboratorier. Resultaten kan ses i Tabell 8.

De största skillnaderna mellan biobränslena och rå fiskolja är att fiskdieseln och rävdieseln genom transesterifieringen fått en lägre syrahalt, samt lägre densitet. Jämfört med EN 14214 standarden uppfyller den rå fiskoljan inte kraven på dessa två punkter, vilket är en av huvudorsakerna till att rå olja vidareförädlas. Jämfört med vanlig diesel har fiskdieseln och rävdieseln ännu högre densitet, vilket t.ex. kan förorsaka högre utsläpp av partiklar och kväveoxider. Även det lägre cetantalet hos fiskdieseln kan leda till ökad mängd kväveoxider i utsläppen, samt en sämre antändningskvalité. I detta fall uppfyller fiskdieseln inte EN 14214 standardens alla krav. Vattenhalten är för hög och oxidationsstabiliteten för låg. Oxidationsstabiliteten påverkar främst bränslets lagringsegenskaper. För rävdieseln är svavelhalten för hög.

Andra egenskaper som försämrar bibränslenas förbränning gentemot dieseln är högre ytspänning och lägre värmevärde. Båda dessa värden påverkar förbränningen och med ett lägre värmevärde har motorn högre bränsleförbrukning, eftersom man erhåller mindre energi ur samma mängd bränsle. Cetantalets påverkan på antändningsfördröjningen illustreras i Figur 2. Figuren visar förbränningsförloppet för diesel, rå fiskolja och fiskdiesel vid tomgång. På y-axeln är cylindertrycket och på x-axeln vevaxelns vinkel.

TABELL 8. Bränsleanalys på rå fiskolja, fiskdiesel, rävdiesel och vanlig diesel jämfört med EN 14214 standarden. (Biofuel Systems Group Ltd).

Parameter	Rå fiskolja	Fiskdiesel	Rävdiesel	Diesel	EN 14214
Vattenhalt [mg/kg]	909	1096	255		max 500
Syrahalt [mg KOH/g]	2,09	0,1	0,12		max 0,50
Jodhalt [g/100g]	107	113	76		max 120
Oxidationsstabilitet [h]	0,68	0,55	32,05		min 6
Ytspänning [mN/m]	33,59	31,91	31,41	28,54	
Kväve, N [vikt-%]	0,13	0,17	0,19	0,19	
Kol, C [vikt-%]	77,19	77,35	76,52	86,12	
Väte, H [vikt-%]	11,51	12	12,3	13,69	
Svavel, S [mg/kg]	2,1	1,9	19	3,3	max 10
Aska [vikt-%]	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	
Organiskt bundet kväve [mg/kg]	5,1	5,6	63	13	
Cetantal	För viskos	51	59,4	54,1	min 51
Densitet (15°C) [kgm-3]	919,79	884,35	875,31	834,69	860–900
Värmevärde [MJ/kg]	40,19	39,75	39,82	45,78	
Metaller 1 (Na, K) [mg/kg]	1,75	0,09	0,12		max 5
Metaller 2 (Ca, Mg) [mg/kg]	0,13	1,76	0,13		max 5



FIGUR 2. Förbränningsförloppet för diesel (DFO), fiskdiesel (FISH) och rå fiskolja (FISHOIL) vid tomgång.

Som man kan se i figuren har dieseln den lägsta antändningsfördröjningen. Kurvan når sin max höjd snabbast. Dieseln har även det högsta cetantalet av dessa tre bränslen. Den rå fiskoljan har väldigt lång antändningsfördröjning jämfört med de två andra bränslena.

I Tabell 9 visas resultaten för utsläppsmätningarna för rå fiskolja, fiskdiesel, rävdiesel och diesel. Resultaten jämförs med uppsatta standarder för non-road dieselmotorer med effekten 37-56 kW som gäller för motorer från 2013.

TABELL 9. Utsläppsvärden för rå fiskolja, fiskdiesel, rävdiesel och diesel jämfört med Stage 3b standarden för non-road dieselmotorer (Dieselnet, 2013).

Utsläpp	Rå fiskolja	Fiskdiesel	FME	Diesel	Stage 3b
CO [g/kWh]	5,250	0,580	0,000	0,620	5,000
HC + NOx [g/kWh]	3,910	3,620	3,380	3,180	4,700
PM [g/kWh]	0,280	0,050	0,040	0,200	0,025

Som man kan se är den raffinerade fiskdieseln och rävdieseln mycket renare än den obehandlade råa fiskoljan. Jämfört med dieseln har biobränslena lägre utsläpp av kolmonoxid och partiklar, medan kväioxidutsläppen är högre. Biobränslena uppfyller nästan alla krav för non-road motorer byggda efter 2013, förutom då det gäller halten partiklar. Genom att ännu försöka sänka fiskdieseln och rävdieseln densitet eller genom installation av ett partikelfilter kunde även det kravet uppfyllas. Som tidigare nämntes, beror högre kväveoxidutsläpp för biobränslena på en högre densitet och lägre cetantal. Ett högre cetantal betyder snabbare självantändning av bränslet och således en lägre förbränningstemperatur. Kväveoxider bildas av kväve och syre vid hög temperatur och högt tryck.

3.2 KYLTESTER I LABORATORIET

Kyltester i laboratoriet utfördes i september 2012 för att testa biodieseln hållpunkter (lägsta flyttempe-



BILD 9. Klimatskåp som användes för kyltesterna. Bild: Skog 2012.

raturen) och pumpbarhet. Bränslena som testades var biodiesel tillverkat av rävfett och fiskolja, samt rå fiskolja. Kyltesterna gjordes i ett klimatskåp, som kunde kylas ned till $-33\text{ }^{\circ}\text{C}$, se Bild 9. Bränslena kunde dock inte kylas mer än till $-29\text{ }^{\circ}\text{C}$, vilket i detta fall kan anses helt acceptabelt med tanke på att temperaturen sällan sjunker lägre än så vintertid. Olika biodiesel-dieselblandningar testades. Bränslena blandades i olika förhållanden med sommar-diesel. Bränslet hälldes upp i dekanterglas, som sedan placerades i klimatskåpet för nedkyllning. Proverna kontrollerades regelbundet. Hällpunkten uppmättes vid den temperatur då dekanterglaset kunde tippas omkull för fem sekunder, utan att provet rann ut. Till den uppmätta temperaturen tillsattes tre grader som säkerhetsmarginal, vilket sedan antecknades som bränslets/blandningens hällpunkt.

I testerna användes också en liten elpump och ett bränslefilter för att testa pumpbarheten och filtrerbarheten. Proceduren illustreras i Bild 10.

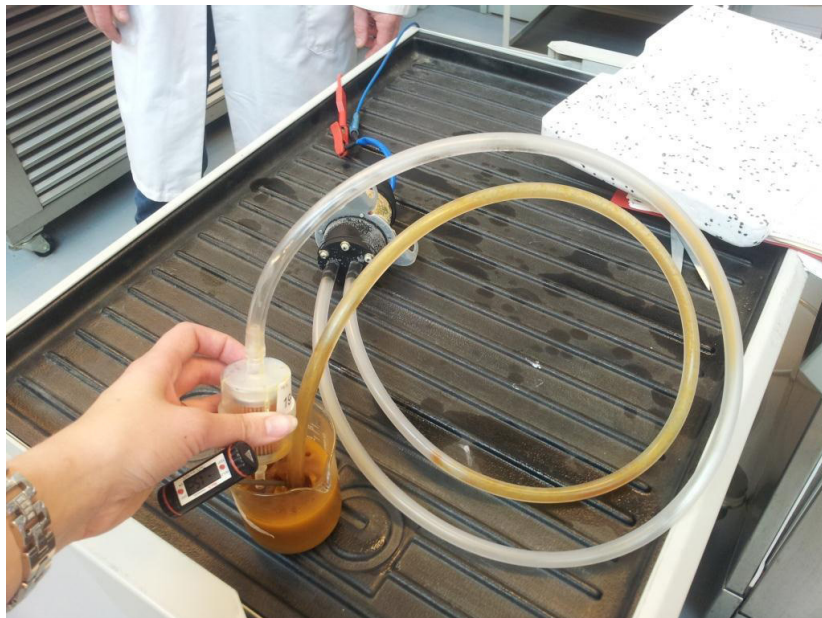


BILD 10. Testning av pumpbarhet för biodiesel, som tillverkats av rävfett, vid hällpunkten. Bild: Skog 2012.

Förutom biodiesel-dieselblandningar testades även tre olika tillsatämnen som förbättrar diesels köldegenskaper. Tillsatämnen erhölls från en lokal reservdels- och biltillbehörsaffär. Tillsatämnen blandades med rävdieseln, eftersom det var rävdieseln som användes av yrkesfiskarna i projektet.

3.2.1 Resultat

Resultaten från kyltesterna är bara riktgivande värden, eftersom inga standarder följdes under testerna och utrustningen som användes var inte anpassad för dylika tester. En del osäkerheter förekom under mätningarna.

Direkt proverna togs ur klimatskåpet sjönk temperaturen och den exakta hällpunkten var svår att definiera. Därtill var det svårt att se när bränslet hade nått den punkt då det längre inte var rinnande, eftersom temperaturen skilde sig på olika mätpunkter i bränslet. De riktgivande resultaten kan dock ses i Tabell 10.

TABELL 10. Hållpunkter för olika biodiesel, dieselblandningar.

TEST	RÄVDIESEL	FISKDIESEL	RÅ FISKOLJA
B5	Flytande vid -29 °C	Flytande vid -29 °C	Flytande vid -29 °C
B20	Flytande vid -29 °C	Flytande vid -29 °C	-26 °C
B50	-21 °C	-23 °C	-24 °C
B70	-17 °C	-27 °C	-23 °C
B100	0 °C	-4 °C	-6 °C

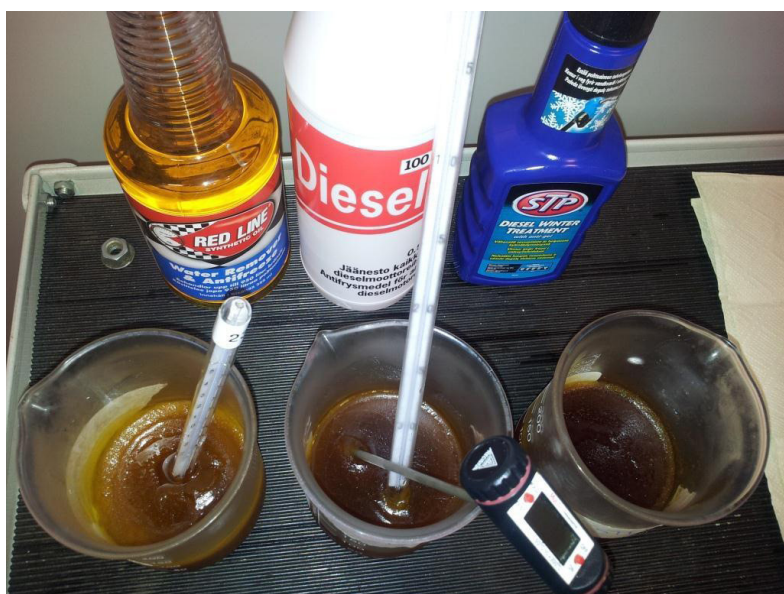


BILD 11. Tillsatsämnen som användes för kyltesterna. Bild: Skog 2012.

Enligt erhållna resultat är 5 % bio-bränsle blandat med sommardiesel flytande vid -29 °C. Resultaten kan dock vara missvisande, eftersom bränslenas egenskaper förmodligen ändrat under testernas gång, då klimatskåpet kylts och värmts upp om vartannat. Man kan dock tydligt se att genom att blanda biodieseln med diesel kan köldtåligheten avsevärt förbättras.

Genom pumpbarhetstestet kunde det konstateras att det inte alls fungerade att pumpa bränslen som nått hållpunkten, medan lite grumligt bränsle gick bra att pumpa. Därtill testades viskositeten indirekt genom tidtagning. Pumpningstiden för en liter diesel jämfördes med pumpningstiden för en liter fiskdiesel, samt en liter rå fiskolja.

Skilnaderna syntes tydligt. Pumpen klarade av att pumpa ca 60 l diesel per timme, medan den endast klarade av 48 liter fiskdiesel och 25 liter rå fiskolja. Som resultaten indikerar kan man sänka viskositeten betydligt genom att behandla den rå fiskoljan genom transesterifiering till biodiesel. Den råa oljanströghet märktes även vid motortesterna. Vid låg belastning fungerade det bra att köra på rå fiskolja, medan systemet snabbt stockades då belastningen ökade.



BILD 12. Bränsleblandningar i klimatskåpet. Längst till vänster rå fiskolja, i mitten fiskdiesel och de två blandningarna till höger är rävdiesel. Bild: Skog 2012.

Vid testning av dieseltillsatsämnen blandades tillsatsämnena i rävdieseln enligt de doseringsinstruktioner

ner som fanns på flaskorna. Ingen märkbar inverkan noterades. Doseringen av tillsatssämnen höjdes fyrdubbelt, men inte ens det gav någon märkbar inverkan. Vid en dosering av 9 % tillsatsämne och 89 % biodiesel noterades en väldigt liten skillnad för två av de tre tillsatssämnena, medan det för det ena inte alls syntes någon verkan. Resultaten kan ses i Tabell 11.

TABELL 11. Testning av tillsatssämnen

DOSERING PÅ 100 ML	RED LINE	DIESEL 100	STP
0,5 ml	Ingen inverkan	Ingen inverkan	Ingen inverkan
2 ml	Ingen inverkan	Ingen inverkan	Ingen inverkan
10 ml	Ingen inverkan	Liten inverkan	Liten inverkan

Det går dock att konstatera att användningen av så stora mängder av dessa tillsatssämnen att det skulle ha någon inverkan inte är ekonomiskt möjligt under en längre tid. De tillsatssämnen som testades var gjorda för diesel och biodiesel nämndes inte i produktbeskrivningen, vilket kan vara en orsak till deras dåliga verkan. Det fanns dock inga andra tillsatssämnen att välja på och för att användningen av tillsatssämnen för biodiesel skulle vara intressant, bör tillsatsämnet vara lättillgängligt.

3.3 PILOTTESTER

En del av projektet var att utföra praktiska biodieseltester med yrkesfiskare. Testerna utfördes under sommaren 2012. För projektet valdes två yrkesfiskare som var beredda att använda biodiesel i sin verksamhet. Båda är stationerade vid fiskehamnen i Vexala, Nykarleby. En av yrkesfiskarna hade redan tidigare erfarenhet av biodieselanvändning. Förutom yrkesfiskarna var även Larsmo kommun intresserad av att köra sin taxibåt MS Wilma på biodiesel. MS Wilma trafikerar gratis mellan småbåtshamnen Sonamo i Larsmo och fritidsområdet Köpmanholmen, som är en ö 300 meter från fastlandet.

För MS Wilma börjar säsongen i början av juni då skolorna har slutat och slutar i mitten av augusti då skolorna börjar. Båttaxin kan beställas via en telefon som finns i småbåtshamnen. Färden från fastlandet till ön tar ca fem minuter. Under hela säsongen förbrukar båttaxin ca 200 liter bränsle. Förbrukningen är relativt låg, eftersom båten går mycket på tomgång. MS Wilmas säsong började vecka 25 och säsongen slutade vecka 32. Totalt hann man alltså köra ca två månader på biodiesel.

Yrkesfiskaren Paul Holm använde biodiesel mellan vecka 26 och vecka 38, alltså totalt under ca 13 veckor. Han hade redan erfarenhet av biodiesel från sommaren 2011. Under säsongen 2011 renade Holm filtret i bränsletanken. Han rekommenderar att man byter bränslefilter varje säsong. Holm körde med en Valmet (6 cyl. 410 HK) motor.

Den andra yrkesfiskaren i projektet heter Karl-Johan Elvström. Elvström började använda biodiesel först mot slutet av augusti. Han hann köra på biodiesel i ca nio veckor. Elvström körde med en Perkins (6 cyl. 185 HK) motor. Så länge vattentemperaturen är över +5 °C värmer vattnet biodieseln i båten och inga problem med trögflytande bränsle uppstår. Elvström rekommenderar dock att man tillsätter brännolja till tanken vid de första frostnätterna.



BILD 13. Taxibåten MS Wilma. Bild: Skog 2012.



BILD 14. Bränslefilter som stockats igen p.g.a. avlagringar som lossnat från bränsletanken och bränslesystemet. Bild: Skog 2012.

3.3.1 Resultat

Pilottesterna utfördes i verkliga förhållanden och därför kan erfarenheterna som erhöles från dessa tester bäst ge en inblick i hur biodieselanvändningen fungerar i praktiken. Inga modifikationer eller filterbyten genomfördes på motorn i MS Wilma innan man övergick till biodieseldrift. Det enda problemet som uppstod under testperioden var stockning av bränslefiltret efter ca tre veckors användning. Detta berodde troligtvis på att avlagringar i motorn hade lossnat och fastnat i filtret, se Bild 14. Filtret hade inte bytts innan ibruktagningen av biodiesel, vilket rekommenderades av yrkesfiskarna som även deltog i projektet. Problemet löstes genom att filtret byttes och cyklonen under båten rengjordes. Båten fungerade nästan bättre än förr. Inga problem noterades efter det. Totalt använde man en tunna på 200 liter biodiesel, efter det bytte man tillbaka till diesel.

Kommentarer från de som körde båttaxin var att det luktade som om man skulle bränna minkfett. Skillnader i bränsleförbrukningen var väldigt svåra att uppskatta, eftersom båten varken hade timräknare eller mile-mätare. Ingen skillnad på prestandan märktes dock, vilket kan indikera på att förbrukningen ungefär var samma för biodiesel och diesel.

Paul Holm tyckte att motorn startade bra med biodiesel och han upplevde att det fungerade smärtfritt att köra på det. I slutet av sommaren stannade båten ett par gånger på grund av smuts i tanken. Byte av bränslefilter redde snabbt upp problemet, men även tanken rengjordes och ursköljdes. Det har varit svårt att jäm-

föra bränsleförbrukningen mellan diesel och biodiesel, eftersom fiskresorna är olika under de säsonger som de två olika bränslen används.

Holm upplevde att användningen av biodiesel hälsomässigt har varit sämre för honom, medan hans fru som lider av astma har mått bättre av det. Även andra farmare och jordbrukare som använder biodiesel och lider av astma har bara haft positivt att säga om biodiesel.

I mitten av september fick Holm problem med motorn under en fiskefärd. Bränslesystemet tog in luft, vilket förorsakade motorstopp. På grund av några kraftiga höststormar, drevs båten upp på grund och båten blev obrukbar. Man kom dock fram till att detta inte berodde på bränslet, vilket ledde till att båten och motorn inlöstes av försäkringsbyrån.

För Karl-Johan Elvström har biodieselanvändningen inte medfört några som helst problem. Bränslefilter byttes innan ibruktagningen av biodiesel och fastän bränsletankarna inte tvättats på närmare 50 år, medförde det inga problem under de veckor han använde biodiesel. Vattenavskiljaren tömdes en gång, för att få bort slagg som samlats i den. Elvström upplevde att båten gick på fulleffekt hela tiden. Vid användning av biodiesel tyckte Elvström att båten luktade som en grillkiosk.

4. DISKUSSION

Projektet har väckt mycket intresse i media. Artiklar om projektet har varit med i Vasabladet, Österbottens tidning, Lande och Studentbladet. Därtill har intervjuer gjorts för radio och TV-nyheter. Som en följd av detta projekt startade ett nytt projekt, Nätverk för biobränslen. Inom Nätverk för biobränslen ordnades en studieresa till Frankrike och I.T.S.A.S.O.A. projektet, som beskrevs i kapitel 2.5.5. I Frankrike fick den finländska gruppen bekanta sig med hur de använder biobränsle i sina fiskebåtar och vilka resultat de kommit fram till.

Många andra har även varit intresserade av biodieselanvändning, t.ex. Håll skärgården ren har planer på att börja använda biodiesel utgående från de resultat som erhållits i detta projekt. Många frågor kvarstår dock. Vilka långtidseffekter kommer biodieselanvändningen att medföra? Det är kanske den viktigaste frågeställningen som projektet inte gett svar på. För att verkligen få veta biodieselns fördelar och nackdelar på lång sikt borde varaktighetstester utföras och för att få säkrare uppgifter på biodieselns prestanda jämfört med diesel, borde mätutrustning för detta syfte installeras på fiskebåten. Projektet har dock kunnat ge riktgivande svar på hur biodieselanvändningen fungerar i praktiken och vilka möjligheter den medför. Genom litteraturstudier och förfrågningar har positiva hälso- och miljöeffekter kunnat konstateras vid användningen av biodiesel jämfört med vanlig diesel.

När verktygen för att hålla kvar yrkesfisket i Österbotten blir få kunde reklam om yrkesfiskets miljövänlighet och energieffektivitet ge tilläggsvärde för fisket. Attityderna gentemot biodieselanvändning har dock varit skeptiska. Är bränslet tillförlitligt? När man är på sjön är det viktigt att man kan lita på den utrustning man har. Ett sätt att öka tillförlitligheten på sjön är användningen av dubbla tankar, en tank för biodiesel och en för diesel. Byte av bränsle kan antingen ske automatiskt eller manuellt beroende på omständigheterna. Dubbla tankar används t.ex. i biobränsleprojektet i Frankrike. Problemet är att endast 21 % av de tillfrågade yrkesfiskarna har dubbla tankar i sina fiskebåtar. Utgående från pilo-

testerna som genomfördes inom Biobränslen för fiskerinäringen kan man dock konstatera att biodiesel är ett alternativt bränsle i marina dieselmotorer. Motortesterna gav positiva resultat, med tanke på minskade utsläpp och motorns funktion och kyltesterna gav antydningar om bra köldtålighet då biodieseln blandades ut med diesel. Som med allt annat krävs det dock försiktighetsåtgärder när man tar i bruk något nytt och det lönar sig att följa givna rekommendationer. Handboken om energieffektivt fiske och biodieselanvändning på sjön kan vara en hjälp på vägen.

Tillverkning av egen biobrännolja utgående från de bifångster och det fiskrens som uppstår inom en yrkesfiskares verksamhet är knappast lönsamt på grund av de finska fiskarternas låga fetthalt. Endast lax och forell har en tillräcklig fetthalt för tillverkningen av biobrännolja. Logistiskt och ekonomiskt sätt är biodiesel lättillgängligt inom Österbottens verksamhetsområde, eftersom Feora tillverkar biodiesel i Nykarleby. Feoras relativt billiga literpris (15 cent/l billigare än vanlig diesel) och ingen skatt på bränslet, gör det olönsamt att tillverka eget bränsle med de dyra produktions- och investeringskostnader som konstaterades i kapitel 2.5.1.7.

Detta projekt kan fungera som grund för framtida projekt inom biobränslen för fiskerinäringen. Frågeställningar som inte kunde svaras i detta projekt kunde utvecklas vidare till ett större projekt med fler körtimmar. Då borde även mätutrustning installeras på fiskebåtarna för att följa upp motorns prestanda och förbrukningen. Därtill borde biodieselanvändningen påbörjas tidigare på våren och fortsätta längre in på hösten för att de verkliga köldegenskaperna kunde undersökas.

Till exempel finns det möjligheter att förbättra biobränslets köldegenskaper genom användningen av ett bränsleuppvärmningssystem. I projektet i Frankrike var man tvungen att värma upp PPO bränslet innan insprutning i motorn, för att få bränslet mera lättflytande. Detta kunde t.ex. vara ett alternativ vid användning av rå fiskolja. Andra sätt att förbättra yrkesfiskets energieffektivitet och miljövänlighet kunde vara att forska i användningen av eldrivna utombordsmotorer och biobränsleanvändningen i snöskotrar, därtill vore konceptet med dubbla tankar värt att prövas i framtiden. Eftersom attityderna mot biobränslen är väldigt skeptiska skulle det dock krävas någon form av ersättning åt de yrkesfiskare som deltar i ett större projekt för att överhuvudtaget få med intresserade.

REFERENSER

Alvarez, H. (2003). Energiteknik, Del 2. Lund: Studentlitteratur

American Cancer Society. (2012). Hämtat från Diesel exhaust: <http://www.cancer.org/cancer/cancercauses/othercarcinogens/pollution/diesel-exhaust> den 16 oktober 2012

Bimbo, A. P. (2011). Edible Oil Processing. Hämtat från THE PRODUCTION AND PROCESSING OF MARINE OILS: <http://lipidlibrary.aocs.org/processing/marine/index.htm> den 6 juni 2010

Biofuel Systems Group Ltd. (u.d.). Hämtat från Biodiesel standards: <http://www.biofuelsystems.com/biodiesel/specification.htm> den 5 maj 2013

Clarke, S., Eng., P., & DeBruyn, J. (2012). Vehicle Conversion to Natural Gas or Biogas. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs.

Clifford, T., Miller, D., Parish, D., & Wood, N. (2007). Bio-fuels for the fishing industry. The Sea Fish Industry Authority.

Demirbas, A. (2008). Biodiesel - A realistic fuel alternative for diesel engines. Springer-Verlag.

Dieselnet. (2013). Hämtat från Nonroad Diesel Engines: <http://www.dieselnet.com/standards/eu/nonroad.php> den 5 maj 2013

- Eastlack, E. J. (2011). *Natural Gas: A Viable Marine Fuel in the United States (EM680)*. United States Merchant Marine Academy.
- Engine Manufacturers Association. (2006). Hämtat från *Use of Raw Vegetable Oil or Animal Fats in Diesel Engines* : http://www.biodiesel.org/docs/ffs-engine_manufacturers/ema-statement-regarding-use-of-raw-vegetable-oil-or-animal-fats-in-diesel-engines.pdf?sfvrsn=4 den 12 oktober 2012
- EPA. (2009). *Regulatory Impact Analysis: Control of Emissions of Air Pollution from Category 3 Marine Diesel Engines*. United States - Environmental Protection Agency.
- Ethanol and older engines. (2012, april). *Seaworthy*, 30(2), pp. 1, 8-9.
- European Biodiesel Board. (2013). Hämtat från Statistics: <http://www.ebb-eu.org/stats.php#> den 29 april 2013
- Feora. (n.d.). Retrieved november 14, 2012, from Feora - Ecofuel: <http://www.feora.fi/index.html>
- Finlex. (2011). Hämtat från *Lag om främjande av användningen av biodrivmedel för transport 13.4.2007/446*: www.finlex.fi
- Finlex. (2012). Hämtat från *Lag om punktskatt på flytande bränslen 29.12.1994/1472*: www.finlex.fi
- Finlex. (2012). Hämtat från *Punktskattelag 182/2010*: www.finlex.fi
- Grüssner, U. (den 23 maj 2011). *Röde Orm*. Hämtat från *Fakta om stadsbussen Torgunn och hennes miljöbränsle*: http://www.rodeorm.ax/Torgunn_fisk_2011.jpg den 14 november 2012
- Hoffrén, J. (2008). *Ilman pienhiukkaset merkittävä terveysongelma*. Tieto & Trendit(3).
- Hämäläinen, S., & Tukia, J. (2007). *Biodieselin, biokaasun ja ruokohelven tuotannon kannattavuus maataloilla Keski-Suomessa*. Jyväskylän Ammattikorkeakoulu.
- Jayasinghe, P., & Hawboldt, K. (2012). *A review of bio-oils from waste biomass: Focus on fish processing waste*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, ss. 798-821.
- Jha, A. (2008). *Burning biofuels may be worse than coal and oil, say experts*. *The Guardian*.
- Jonsson, P. (2007). *Biodrivmedel - En litteraturoversikt*. Statens väg- och transportforskningsinstitut.
- KAG-Kustaktionsgruppen. (u.d.). Hämtat från <http://kag.aktion.fi/svenska/kag/> den 24 maj 2012
- Knothe, G., Gerpen, J. V., & Krahl, J. (2005). *The Biodiesel Handbok*. AOCS Press.
- Lantmännen Agroetanol. (u.d.). Hämtat från *Bioetanol - Frågor och svar*: <http://www.agroetanol.se/etanol/Fragor-och-svar/> den 8 juni 2012
- Lin, C., & Huang, T. (2011). *Cost-benefit evaluation of using biodiesel as an alternative fuel for fishing boats in Taiwan*. National Taiwan Ocean University.
- Lin, C., & Li, R. (2009). *Engine performance and emission characteristics of marine fishoil biodiesel produced from the discarded parts of marine fish*. Taiwan Ocean University.
- Lloyd, A. C., & Cackette, T. A. (2011). *Diesel Engines: Environmental impact and control*. Air & Waste Management Association.
- Lundbäck, M. (2009). *Cardiovascular effects of exposure to diesel exhaust - mechanistics and interventional studies*. Umeå University.
- Maa- ja metsätalousministeriö. (2010). Hämtat från *Kansallinen ammattikalastuohjelma 2015*: http://www.mmm.fi/attachments/kalarii_stajaporot/5nUA8SvWg/100212_ammattikalastusohjelma_rappari.pdf den 31 oktober 2012
- Maersk Ship Management. (2011). Hämtat från http://www.lr.org/Images/8_Results%20Presentations%20Biofuel_V6_senternovem_tcm155-237163.pdf den 29 juli 2013
- Malkki, L. (2006). *Rypsiöljyn metyylisterin paikallinen valmistus ja käyttö*. Jyväskylän yliopisto.
- Nett Technologies Inc. (u.d.). Hämtat från *What are diesel emissions*: <http://www.nettinc.com/information/emissions-faq/what-are-diesel-emissions> den 29 maj 2012
- Ng, J.-H., Ng, H., & Gan, S. (2010). *Advances in biodiesel fuel for application in compression ignition engines*. *Clean Techn Environ Policy*, ss. 459-493.
- Nilles, D. (den 1 juli 2004). *Biodiesel Magazine*. Hämtat från *Making waves*: <http://www.biodieselmagazine.com/articles/534/making-waves/> den 8 oktober 2012
- Nylund, N.-O., Aakko-Saksa, P., & Sipilä, K. (2008). *Status and outlook for biofuels, other alternative fuels and new vehicles*. VTT Technical Research Center of Finland.
- Opdahl, O., & Hojem, J. (2007). *Biofuels in ships*. ZERO Emission Resource Organisation.

REFERENSER

- Perrin, F. (2012). European Commission. Hämtat från Fisheries - Farnet: https://webgate.ec.europa.eu/fpfis/cms/farnet/files/documents/FARNET_Environment_seminar_WG1_GreenInnovation_PERRIN.pdf den 14 november 2012
- Petersson, G. (2007). Miljöbilar - Hälsa, Miljö och Klimat. Chalmers Tekniska Högskola.
- Sehlstedt, M., Forsberg, B., Westerholm, R., Boman, C., & Sandström, T. (2007). The Role of Particle Size and Chemical Composition for Health Risks of Exposure to Traffic Related Aerosols - A Review of the Current Literature. Umeå University och Stockholm University.
- Skog, S.-S. (2010). Projektet Fiskrens och bifångster. Vasa: Examensarbete för ingenjörsexamen, Yrkeshögskolan Novia, Teknik.
- Suuronen, P., Chopin, F., Glass, C., Lokkeborg, S., Matsushita, Y., Quierolo, D., o.a. (2012). Low impact and fuel efficient fishing - Looking beyond the horizon. Fisheries Research, 119-120, ss. 135-146.
- Swanson, K. J., Madden, M. C., & Ghio, A. J. (2007). Biodiesel exhaust: The need for health effects research. Environmental Health Perspectives, 115(4).
- The Energy Federation of New Zealand Inc. (2012). Hämtat från Energy efficient ways to improve the economic bottom line of your fishing business: www.energyfed.org.nz/Fishing.pdf den 10 juli 2012
- Tulli. (2012). Hämtat från Energiskatt: http://www.tulli.fi/sv/foretag/beskattning/punktskattepliktiga_produkter/energi/index.jsp den 30 maj 2012
- Wang, H., Tang, H., Wilson, J., Salley, S. O., & Ng, S. (2008). Total acid number determination of biodiesel and biodiesel blends. American Oil Chemists' Society.
- WHO. (den 12 juni 2012). Hämtat från IARC: Diesel Engine Exhaust Carcinogenic: http://www.iarc.fr/en/media-centre/pr/2012/pdfs/pr213_E.pdf den 15 oktober 2012
- Yang, W., & Omaye, S. T. (2009). Air pollutants, oxidative stress and human health. Mutation research(674), ss. 45-54.

YRKESHÖGSKOLAN
NOVIA

Yrkeshögskolan Novia har ca 4000 studerande och personalstyrkan uppgår till ca 380 personer. Novia är den största svenskspråkiga yrkeshögskolan i Finland som har examensinriktad ungdoms- och vuxenutbildning, utbildning som leder till högre yrkeshögskoleexamen samt fortbildning och specialiseringsutbildning. Novia har utbildningsverksamhet i Vasa, Jakobstad, Raseborg och Åbo.

Yrkeshögskolan Novia är en internationell yrkeshögskola, via samarbetsavtal utomlands och internationalisering på hemmaplan. Novias styrka ligger i närvaron och nätverket i hela Svenskfinland.

Novia representerar med sitt breda utbildningsutbud de flesta samhällssektorer. Det är få organisationer som kan uppvisa en sådan kompetensmässig och geografisk täckning. Högklassiga och moderna utbildningsprogram ger studerande en bra plattform för sina framtida yrkeskarriärer.

YRKESHÖGSKOLAN NOVIA

Fabriksgatan 1, 65100 Vasa, Finland
Tfn +358 (0)6 328 5000 (växel),
www.novia.fi

ANSÖKNINGSBYRÅN

PB 6, 65201 Vasa, Finland
Tfn +358 (0)6 328 5555
ansokningsbyran@novia.fi

Yrkeshögskolan Novia upprätthåller en publikations- och produktionsserie för att sprida information och kunskap om verksamheten såväl regionalt, nationellt som internationellt. Publikations- och produktionsserien är indelad i fem kategorier:

R - Rapporter • P - Produktioner • A - Artiklar • L - Läromedel • S - Studerandes arbete

Läs våra senaste publikationer på www.novia.fi/FoU/publikation-och-produktion