

Executive summary

PRODUKTION AV SVAVELFRITT MARINBRÄNSLE FRÅN RESTPRODUKTER FRÅN SKOGEN

Maj 2022

Författare

Dimitris Athanassiadis, Sveriges lantbruksuniversitet SLU

FÖRNYBARA DRIVMEDEL OCH SYSTEM 2018-2021

Ett samverkansprogram mellan Energimyndigheten och
f3 Svenskt kunskapscentrum för förnybara drivmedel

FÖRORD

Denna executive summary har skrivits för ett projekt inom samverkansprogrammet Förnybara drivmedel och system, projektnummer 48358-1. Projektet har finansierats av Energimyndigheten och f3 – Svenskt kunskapscentrum för förnybara drivmedel.

Energimyndigheten arbetar på regeringens uppdrag med energiomställningen till ett modernt, hållbart, fossilfritt välfärdssamhälle och stödjer forskning om förnybara energikällor, smarta elnät och framtidens fordon och bränslen.

f3 är en nätverksorganisation som fokuserar på utveckling av miljömässigt, ekonomiskt och socialt hållbara förnybara drivmedel. f3 finansieras gemensamt av centrets parter och Västra Götalandsregionen. Chalmers Industriteknik fungerar som värd för centret. Kansliet vid f3 utgör programkansli för samverkansprogrammet Förnybara drivmedel och system. (se www.f3centre.se)

Denna publikation ska citeras enligt följande:

Athanassiadis, D. (2022) *Produktion av svavelfritt marinbränsle från skogsrestprodukter (Executive summary)*. Publ. nr FDOS 52:2022. Tillgänglig på <https://f3centre.se/sv/samverkansprogram/>

Projektets totala resultat kommer att presenteras i följande publikation:

Författare, F. *et al* (2022) *Assessing the potential of sulphur-free renewable marine fuels through organosolv lignin extraction*. Publ. nr FDOS 51:2022. Tillgänglig på <https://f3centre.se/en/renewable-transportation-fuels-and-systems/>

SJÖFARTEN EFTERFRÅGAR SVAVELFRITT DRIVMEDEL

Sjöfartsnäringen har som mål att avsevärt minska utsläppen av växthusgaser och svaveloxid under det kommande decenniet för att möta nya regler, långsiktiga mål och krav från kunder på lägre miljöpåverkan från sjötransporter. Detta innebär att minska den utbredda användningen av tung brännolja, det mest använda bränslet inom internationell sjöfart och historiskt sett ett billigt alternativ som framställts från fossila råvaror. Tung brännolja innehåller giftiga föreningar och under förbränning bildas partiklar, t.ex. svart kol, som bidrar till den globala uppvärmningen. Användningen innebär också betydande miljörisker från spill.

Den globala marinsektorns överväldigande beroende av fossila bränslen utgör en enorm potential och utmaning för en övergång till förnybara bränslen. Efterfrågan på marinbränsle med lägre svavelhalt är stor, men att minska svavelhalten i oljan är en process som ger upphov till såväl ökade kostnader som förhöjda koldioxidutsläpp från raffinaderier. Att åstadkomma svavelutsläppsminskningarna ombord på fartygen med hjälp av scrubbers är utrymmeskrävande och resulterar i kostnader för relaterade kemikalier och hantering av reningsvattnet.

Det behövs drivmedel för sjöfarten som både möter kraven på låg svavelhalt och minskade koldioxidutsläpp. Men många faktorer måste beaktas vid utvärdering av nya marina bränslen. De inkluderar bränsletillförsel, ekonomisk och teknisk genomförbarhet och miljöpåverkan.

Den operativa livslängden för fartyg och det kapital som investeras i befintliga flottor gör drop-in bränslen till en nyckellösning för befintliga fartyg för att nå målen för minskning av svavel- och växthusgasutsläpp.

RESTPRODUKTER FRÅN SKOGEN OCH SÅGVERKEN KAN UTGÖRA RÅVARAN

Ett typiskt nordiskt sågverk omvandlar 47 % av stockarna till timmer och resterande 53 % är biprodukter. Skogsavverkningsrester och sågverksbiprodukter har stor potential att på ett hållbart sätt, helt eller delvis uppfylla kriterierna som råvara för de efterfrågade drop in-drivmedlen som kan ersätta tung brännolja.

Genom en ny teknik för behandling av vedrester baserad på så kallad organosolvfraktionering, kan cellulosa respektive svavelfritt lignin från skoglig biomassa isoleras. Cellulosa kan användas för framställning av den etanol som ingår i etylenglykol, som i sin tur blandas med ligninet för att framställa ett bränsle som kallas LinEG. Figuren på nästa sida illustrerar förenklat stegen i processen.

Vi har studerat produktionen av LinEG i labbskala och undersökt möjligheten att använda det som drop in-ersättning i fartyg som för närvarande använder tung brännolja.



Förenklat schema över processen där restprodukter från sågverk används för framställning av biobaserat fartygsbränsle som kan fungera direkt i dagens marina dieselmotorer som drop in-bränsle.

EGENSKAPER HOS LINEG SOM FARTYGSBRÄNSLE

En bränsleanalys av LinEG indikerade en låg benägenhet för självantändning. Det gör att LinEG behöver blandas med mer dieselliknande bränslen, till exempel tung brännolja, för användning i konventionella fartygsmotorer av dieseltyp. Användningen av LinEG som drop-in bränsle möjliggör reduktion av både växthusgaser och svaveldioxid.

Ångtrycket är jämförbart med dieselbränslen men med en högre destillationskurva, vilket gör LinEG till ett lämpligt bränsle för direktinsprutning och även jämförbart säkert att hantera. Viskositeten, ungefär fyra gånger högre än den för diesel men mycket lägre än tung brännolja (som i sin tur kräver uppvärmning för att bestå i flytande form), bedöms sannolikt inte innebära några problem. Alternativa förbränningsstrategier, inklusive motormodifieringar för gnisttändning, skulle kunna implementeras för att tillgodose det låga cetantalet för drift med LinEG som primärt bränsle. Motorer med insprutning i insugningskanalen kommer dock sannolikt inte att fungera bra med LinEG-bränslet.

LinEGs relativt låga värmevärde skulle göra det nödvändigt att fördubbla volymen för bränsletanken ombord (eller fyllningsfrekvensen) för att uppnå motsvarande transporträckvidd jämfört med tung brännolja.

LinEGs bränslestabilitet under långvarig lagring har dock ännu inte fastställts.

BETYDANDE MILJÖPÅVERKAN I VISSA DELAR AV LIVSCYKELN

Produktionsprocesser av drivmedel ger upphov till utsläpp och detta gör livscykelanalys till ett viktigt verktyg för att minimera miljöpåverkan och kostnader vid sidan av själva utvecklingen av biodrivmedel.

Livscykelanalysen inkluderade effekterna av produktionen av bränslets beståndsdelar och deras transport till produktionsanläggning, produktionen av själva bränslet och dess transport till bunkringsplatsen. Vi kunde se en betydande miljöpåverkan av LinEG i två kategorier, klimatpåverkan från växthusgaser och utarmning av fossila resurser, vilket framgår av tabellen nedan.

Miljöpåverkanskategorier i livscykelanalysen. Resultaten ges för 1kg av LiNEG.

Miljöpåverkanskategori	Etylenglykol	Lignin- produktion	Transport av LinEG	Total
Klimatpåverkan växthusgaser (kg CO ₂ eq)	1,660	0,055	0,007	1,721
Luftburna partiklar (kg PM _{2,5} eq)	0,003	0,001	0,001	0,003
Marknära ozon (kg NO _x eq)	0,004	0,001	0,001	0,004
Försurning (kg SO ₂ eq)	0,005	0,001	0,001	0,006
Marin övergödning (kg N eq)	0,001	0,001	0,001	0,001
Utarmning av fossila resurser (kg oil eq)	0,878	0,02	0,003	0,9

Själva processen för produktion av ligninet utgjorde en mindre del av den totala påverkan i båda kategorierna: 0,055 kg koldioxidekvivalenter respektive 0,02 kg oljeekvivalenter. Detta berodde främst på elförbrukningen vid produktion av ligninet i laboratorieskala. En storskalig kommersiell process, med energibesparingar från stordriftsfördelar, skulle minska denna påverkan avsevärt.

De mest märkbara effekterna är knutna till produktionen av etylenglykol, en fossilbaserad kolväteprodukt (se Tabell ovan). Etylenglykol kan dock framställas på hållbara sätt, till exempel via jäsning av cellulosa. Detta skulle orsaka en stor minskning av de två påverkanskategorierna.

Transporten av LinEG-bränslet till bunkring är den minsta källan till påverkan med ett bidrag av 0,007 kg koldioxidekvivalenter. och 0,003 kg oljeekvivalenter. jämfört med de tidigare nämnda effekterna.

PRODUKTIONSKOSTNADER OCH HINDER FÖR GENOMFÖRBARHET

Att biodrivmedel i jämförelse med konventionella marina bränslen kostar mer är ett reellt hinder för en bred användning. Vi uppskattade produktionskostnaden för LinEG-bränsle till 380 EUR/ton (0,02 EUR/MJ), exklusive skatter, arbetskostnader och statsbidrag. Det kan jämföras med Ultra-låg

svavelbrännolja (ULSFO; 0.1% svavelhalt) som kostar 572 EUR/ton (0,014 EUR/MJ) och fossilfri HVO som ligger på 1564 EUR/ton (0,036 EUR/MJ).

Annat som hindrar ökande användning av biodrivmedel inom sjöfarten är att hamnlogistiken förutsätter bränsletyper kompatibla med diesel, att sjöfartssektorns expertis gällande hantering av vissa bibränslen, inklusive långsiktig stabilitet, är begränsad samt att långsiktiga bränsletestdata för att garantera säkerheten och fortsatt tillförlitlighet för ett valt bränsle är bristfälliga. Dessutom innebär användning av bränslen med lägre energitäthet, som till exempel metanol och gasformiga bränslen, att antingen fartygens lastutrymme måste minskas eller att bunkringsfrekvensen behöver öka.

En del av dessa hinder stämmer även för LinEG-bränslet men inom studien har inte vidare undersökningar gjorts om hur de kan undanröjas. Studien kan dock betraktas som ett bidrag till sjöfartssektorns kunskap gällande möjligheterna med biodrivmedel som kommer kräva vidare utveckling.



Foto: Malin Andersson, Sjöfartsverket.

BRÄNSLEKOSTNADER FÖR ETT TILLTÄNKT MARKNADSSEGMENT

Det potentiella marknadssegmentet för det LinEG-bränsle som produceras i projektet ansågs vara de fartyg som för närvarande är i drift på tung brännolja. LinEG kan inte utan olika anpassningar blandas in i destillatbränslen.

Vi gjorde därför en jämförelse av fartygsdrift med LinEG och lågsvavlig tung brännolja för fartyg som anlöper hamnar i svenska vatten. Vi inkluderade fartyg som opererade på en fast rutt med ett hamnanlopp nära möjliga LinEG-bränsleproduktionsanläggningar. Storskalig drop-in biodrivmedelsproduktion är mest lönsam genom integration med kommersiella bioraffinaderier där biomassans beståndsdelar kan isoleras och förädlas med cirkulär-ekonomiska fördelar och synergier.

Ur ett bränslekostnadsperspektiv visade sig LinEG-bränslet vara dyrare än den lågsvavliga fossila brännoljan. Det förväntas dock bli billigare än HVO-bränslet, ett fossilfritt alternativ som har använts som drop in-lösning för fartyg.

LinEG-bränslet förväntas ha en viss påverkan på fartygsdriften eftersom dess uppvärmningsvärde är lägre än för konventionella brännoljor. Om all tung brännolja ersätts med LinEG skulle nästan dubbelt så mycket bränsle i volym skulle behöva transporteras, alternativt skulle bunkringsfrekvensen behöva fördubblas. Bränslets lägre energiinnehåll skulle också kräva vissa justeringar av motorbränsletillförseln, vilket skulle kunna lägga till ytterligare en viss driftskomplexitet.

MÅNGA POTENTIELLA FÖRDELAR MED LINEG

Det nya biodrivmedel som vi utvecklat har minimalt svavelinnehåll vilket gör det till ett intressant alternativ för den marina sektorn. Den behöver ersätta fossila bränslen i stor utsträckning för att möta nya regler, långsiktiga mål och krav från kunder på lägre miljöpåverkan från sjötransporter.

Produktionen av LinEG av inhemska förnybara källor har potential att förbättra energisäkerheten eftersom det gör Sverige mindre beroende av importerade råvaror och drivmedel. Ekonomin för skogssektorn kan förbättras av faktumet att det finns god avsättning för dess restprodukter som kan utgöra drivmedelsråvara.

För att LinEG-produktion i större skala ska kunna förverkligas behövs en storskalig kontinuerlig organosolvfraktionering av skoglig biomassa där en ligninfraktion med hög renhet kan utvinnas. Man skulle också behöva minska miljöpåverkan från den etylenglykol som behövs i processen. Det kan göras genom att låta den cellulosa som separerats från ligninet i skogsrestbiomassan bli råvara för etylenglykolen.

ENGLISH SUMMARY

The shipping industry aims to significantly reduce greenhouse gas and sulphur oxide emissions in the coming decade to meet new rules, long-term goals and requirements from customers for lower environmental impact from maritime transport. This means reducing the widespread use of heavy fuel oil, a fossil fuel that contains toxic compounds, contributes to global warming and brings significant environmental risks from spills. The lifetime of marine vessels and the capital invested in existing fleets make drop-in fuels a key solution for realising emission reductions. Through a new technology for treating wood residues based on the so-called organosolv fractionation, sulphur-free lignin from forest biomass can be isolated and a huge potential exists in logging residues and sawmill by-products as feedstock. In this project the production of a lignin fuel (LinEG) has been studied at laboratory scale.

Life cycle assessment was used to analyse the effects of the production of the fuel components and their transport to the production facility, the production of the fuel itself and its transport to the bunkering site. Significant environmental impact of LinEG in two categories was seen; climate impact-greenhouse gases and depletion of fossil resources but these stemmed from the ethylene glycol used in the production. However, ethylene glycol can be produced in a sustainable way, for example by fermentation of cellulose. This would cause a large reduction in the two categories of impact. The process itself for the production of lignin accounted for only a small part of the total impact and this would likely be reduced for a large-scale process which benefits from economy of scale.

A conducted case study indicated that the production cost of LinEG fuel would be at 330 EUR/tonne (~0.02 EUR/MJ), excluding taxes, labour costs and government subsidies. It can be compared with Ultra-low sulphur fuel oil (ULSFO; 0.1% sulphur content) which costs 572 EUR/tonne (0.014 EUR/MJ) and fossil-free HVO which is 1564 EUR/tonne (0.036 EUR/MJ).

A fuel analysis of LinEG indicated a low propensity for self-ignition. This means that LinEG needs to be blended with more diesel-like fuels, such as heavy fuel oil, for use in conventional ship-type diesel engines. The vapour pressure is comparable to diesel fuels but with a higher distillation curve, which makes LinEG a suitable fuel for direct injection and comparably safe to handle. The viscosity, about four times higher than that of diesel but much lower than heavy fuel oil (which in turn requires heating to remain in liquid form), is probably not problematic. Alternative combustion strategies, including engine modifications for spark ignition, could be implemented to meet the low cetane rating for operation with LinEG as the primary fuel. However, engines with injection in the intake duct will probably not work well with the fuel. LinEG's relatively low calorific value would make it necessary to double the volume of the fuel tank on board (or the filling frequency) in order to achieve the corresponding transport range compared to heavy fuel oil. The fuel's stability during long-term storage has not yet been determined.

Organosolv lignin has been shown to be an interesting product for the production of low sulphur biofuels. LinEG is interesting alternative for the marine sector and production from inland renewable feedstock has the potential to improve energy security and independence. Moreover, there is potential to strengthen the forest sector through valorisation of forest by-products.

