

Executive summary

BIO-ELEKTROBRÄNSLEN – HYBRIDDRIVMEDEL FÖR FÖRBÄTTRAD RESURSEFFEKTIVITET

Maj 2022

Erik Furusjö
RISE Research Institutes of Sweden

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 50452-1. 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:

Furusjö, E. (2022) *Bio-elektrobränslen – hybriddrivmedel för förbättrad resurseffektivitet (Executive summary)*. Publ. nr FDOS 46:2022. Tillgänglig på <https://f3centre.se/sv/samverkansprogram/>

Projektets totala resultat presenteras i följande publikationer:

Furusjö, E., et. al., (2022) *Bio-electro fuels – hybrid technology for improved resource efficiency*. Titel. Publ. nr FDOS 45:2022. Tillgänglig på <https://f3centre.se/en/renewable-transportation-fuels-and-systems/>

BIOMASSARESURSEN ÄR BEGRÄNSAD OCH SKA ANVÄNDAS EFFEKTIVT

Biodrivmedel är en viktig komponent i omställningen till en hållbar ekonomi och ett hållbart energisystem. Två viktiga faktorer för en hållbar omställning är god klimatprestanda hos de biodrivmedel som produceras samt resurseffektivitet. Dagens kommersiella produktionsprocesser för biodrivmedel från skogsbiomassa (lignocellulosa) och de som är under kommersiell utveckling, har ofta begränsad resurseffektivitet, sett till utnyttjandet av biomassans kolatomer. Det innebär att det finns kol i bioråvaran som, i varierande grad, inte hamnar i slutprodukten. Att öka kolutnyttjandet skulle innebära att utbytet från en viss mängd bioråvara blev större.

Nuvarande och kommande teknik för produktion av biodrivmedel från exempelvis bark och sågspån medför typiskt att bara 25–50 % av bioråvarans kol hamnar i produkten. Det finns främst tre orsaker till att förnybara kolatomer förloras i när biomassa omvandlas till drivmedel:

- Bioråvaran och produkten har väldigt olika kemisk sammansättning. Dagens drivmedel (t.ex. bensin och diesel) är valda för att vara lätta att framställa ur fossil olja, vilket innebär att de är svåra att framställa ut biomassa med en helt annan kemisk sammansättning.
- Bioråvaran används även som energikälla i processen, vilket vanligtvis innebär att en del av råvaran förbränns.
- Kolatomer hamnar i biprodukter, som har lägre nytta eller värde. Exempel på sådana är ligninbränslepellets och brännngaser.

TILLSATS AV EL KAN GE ÖKAD MÄNGD BIODRIVMEDEL

Elektrifiering av bioraffinaderier har stor potential att öka resurseffektiviteten i användningen av bioråvaran. De främsta orsakerna är

- att el kan användas för att framställa vätgas som gör det lättare att hantera den skilda sammansättningen mellan biomassa och bränsleprodukt
- att el kan ersätta delar av bioråvaran som energikälla för processen, vilket minskar förbränning av råvaran

Att kombinera elektrifiering med olika produktionsvägar för biodrivmedel gör att vi kallar produkterna för bio-elektro-bränslen eftersom de kan beskrivas som hybrider av rena biodrivmedel (som framställs ur biomassa med liten eller ingen övrig energitillförsel) och rena elektrobränslen (som framställs ur koldioxid och el).

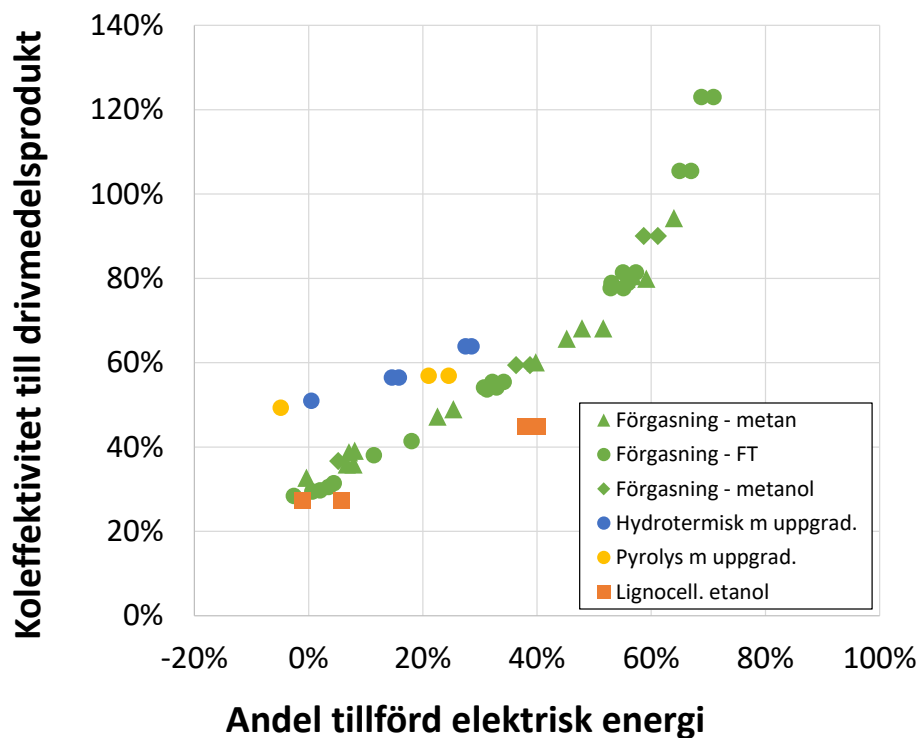


Bild: Osman Rana, Unsplash.

För att i detalj studera effekten av elektrifiering på resurseffektivitet, energieffektivitet, produktionskostnader och växthusgasutsläpp valde vi ut tio relevanta specifika produktionsvägar för biodrivmedel ur restprodukter från skogsbruk och jordbruk. De undersökta produktionsvägarna är sådana som håller på att kommersialiseras i nuläget, baserade på kända tekniker som förgasning, pyrolys och fermentering.

För att kvantifiera potentialen för de el-boostade produktionsvägarna att förbättra resurseffektiviteten, analyserades hur stor andel av råvarans kol som hamnar i de olika drivmedelsprodukterna, vid olika elektrifieringsgrad för olika bio-elektro-bränslespår.

Vi kunde se en tydlig och kraftig ökning av resurseffektiviteten med ökad elektrifiering (figuren nedan). De mest elektrifierade bio-elektro-bränslespårerna med högsta möjliga effektivitet har eltillförsel som är cirka två tredjedelar av den totala energitillförseln. Det innebär att det används ungefär dubbelt så mycket elektrisk energi som biomassaenergi. De mest elektrifierade fallen har en mycket hög resurseffektivitet, mätt som andel kolatomer från råvaran som hamnar i drivmedelsprodukten.



Koleffektivitet (andel av råvarans kol som hamnar i en drivmedelsprodukt) som funktion av elektrifieringsgrad för olika biodrivmedelsprocesser. Varje symbol motsvarar en teknikkonfiguration, som alla baseras på de tio undersökta produktionsvägarna men med olika grad av elektrifiering.

RESTVÄRMEN HAR STOR POTENTIAL

Det bildas ofta mycket restvärme i bioraffinaderiprocesser, och än mer när de elektrifieras. Denna värme kan till exempel användas för fjärrvärme. Om det antas att överskottsvärmen från produktionen av biodrivmedel ersätter kraftvärme från eldning av biomassa kan detta ytterligare minska den totala mängden biomassa som behöver användas. Ur ett systemperspektiv innebär det att produktion av biodrivmedel och värme ur bioråvara kan göras mycket effektiv.

TEKNIKEN ÄR KOSTNADSEFFEKTIV

Produktionskostnaden för alla utvärderade bio-elektrobränslespar blir mellan 6 och 14 SEK/liter (omräknat som diesel). Den dyrare delen av intervallet, 10–14 SEK/liter, motsvarar produktionskostnaden för *drop in*-bränsle, dvs bränslen som kan användas i dagens fordon och motorer. Den billigare delen av produktionskostnadsintervallet, 6–10 SEK/liter, motsvarar produktionskostnaden för drivmedlen biometanol, biogas och bioetanol, som kan kräver anpassade motorer och fordon. Elektrobränslen, framställda ur koldioxid och elektrisk energi, är med få undantag dyrare att producera än motsvarande biodrivmedel respektive och bio-elektrobränsle.

När biodrivmedelsprocesserna elektrifieras så att resurseffektiviteten ökar, förändras produktionskostnaderna i vissa fall. *Drop in*-drivmedlen har ungefär samma produktionskostnad även när resurseffektiviteten ökar, förutsatt dagens bioråvarupriser. Det kostar då alltså inget extra att öka resurseffektiviteten. Om man tror att priset på bioråvara ökar i framtiden, så får de elektrifierade, bio-elektro-bränslespårn lägre kostnad än produktionsprocesserna för de rena biodrivmedlen, eftersom de förstnämnda kan producera mer produkt ur samma bioråvarumängd.

För de biodrivmedel som har lägre produktionskostnader, till exempel biogas och bioetanol, innebär elektrifiering av produktionen för ökad resurseffektivitet en något ökad produktionskostnad från den låga nivån.

MED BIO-ELEKTRO-BRÄNSLEN RÄCKER BIOMASSAN TILL TRANSPORTSEKTORNS BEHOV

För att bedöma den inverkan som storskalig implementering av bio-elektrobränsleteknik skulle kunna ha på möjligheten att leverera transportbränsle för svenska behov gjorde vi en scenarioanalys. De framtida bränslebehoven i scenarierna togs från den så kallade Utfasningsutredningen (SOU 2021:48) och kompletterades med behoven för utrikes transporter. Trots omfattande elektrifiering av vägtransporter kommer det finnas ett omfattande behov av gas- och vätskeformiga drivmedel både 2030 och 2045.

Användningen av biobränsleteknik med begränsad resurseffektivitet (dvs. utan elektrifiering) leder till en mycket stor efterfrågan på biomassa för att möta efterfrågan på transportbränsle, vilket tyder på att enbart biobränslen inte är ett realistiskt alternativ. För 2030 års scenarier kan endast 30–50 % av efterfrågan tillgodoses av biobränsleproduktionstekniken från inhemska hållbara biomassaresurser. Om behoven av hållbara drivmedel ska mötas med rena elektrobränslen blir elbehovet för detta motsvarande 50-100% av hela Sveriges elförbrukning idag.

Därför är det uppenbart att det krävs en kombination av biobränslen och elektrobränslen för att möta behoven. Utifrån scenarier för att möta det totala drivmedelsbehovet framgår att bio-elektrobränslen, som studerats här, är resurseffektivare och har lägre kostnader än alternativen. I ett scenario där elektrifierad biodrivmedelsproduktion med hög effektivitet används, räcker den inhemska biomassaresursen till behoven för både inrikes och utrikes transporter, både 2030 och 2045.

En annan fördel med den höga resurseffektiviteten hos bio-elektro-bränsleprocesserna är den ökade klimatnytta som kommer av att direkta koldioxidutsläpp från produktionsprocessen för biodrivmedel undviks. När kolet i stället binds i bränsleprodukter frigörs det fortfarande som koldioxid i atmosfären när bränslena används, men eftersom biobränsleprodukterna ersätter fossila bränsleprodukter blir det totalt sett en klimatvinst.

VIKTEN AV LAGAR OCH REGLER

Lagstiftning är och kommer att vara en viktig faktor vid kommersialiseringen av olika typer av hållbara drivmedel genom uppförande av storskaliga produktionsanläggningar. En viktig aspekt är hållbarhetskriterierna och klassificeringen av bränsletyp i EU-lagstiftningen, eftersom det fastställer villkoren för ett antal andra aspekter av stor betydelse, såsom minimiskattesatser och möjligheten att uppfylla särskilda kvoter för förnybar energi, osv. Hur dessa nya hybriddrivmedel klassificeras kommer att vara av stor vikt för den fortsatta utvecklingen av tekniken.

MÅNGA FÖRDELAR MED DEN NYA TEKNIKEN

Sammanfattningsvis har de hybriddrivmedel som studeras här många fördelar som gör dem attraktiva i den begynnande kommersialiseringen av hållbara drivmedel från nationellt tillgängliga resurser.

- Elektrifiering av biodrivmedelsproduktion, som leder till så kallade bio-elektrobränslen, kan dramatiskt förbättra resurseffektivitet i användande av den begränsade biomassaresursen. De viktigaste elektrifieringsteknikerna som kan leda till denna effektivitetsförbättring är vattenelektrolys, direkt uppvärmning och värmepumpar.
- Biodrivmedelsproduktion baserad på så kallad förgasning av biomassa har störst potential för att nå riktigt hög effektivitet med elektrifiering. Även andra produktionstekniker visar goda, men mindre, effektivitetsförbättringar.
- Processens totala energieffektivitet påverkas i allmänhet inte negativt av elektrifieringen.
- Produktionskostnaden för hybridbränslena med integrerad el liknar eller är något högre än motsvarande produktionskostnader för biodrivmedel, men lägre än för motsvarande elektrobränslen.
- Växthusgasprestandan för alla undersökta alternativ är i allmänhet god så länge växthusgasutsläppen för den el som används i processen är lågt.
- Användning av den mer resurseffektiva teknik som studerats här kan avsevärt öka möjligheterna för Sverige att bli självförsörjande på hållbara drivmedel för hela landets transportsektor.



Bild: Tyler Casey, Unsplash.

ENGLISH SUMMARY

Despite extensive electrification, primarily in road transport, the demand for gaseous and liquid fuels in the transport sector is expected to be significant in both 2030 and 2045. But since sustainable biomass is a limited resource, carbon efficiency in fuel production processes needs to be improved.

Emerging biofuel production technologies for lignocellulosic feedstock typically demonstrate carbon efficiencies in the range of 25-50%. It can be explained by limitations posed by the differing elemental composition of feedstock and product, the fact that some of the feedstock is combusted in the process as it serves both as carbon source and as energy source, and the formation of carbon-containing streams other than the main desired product

This research project investigates how integrated electrification of biorefinery processes can be used to improve the carbon efficiency. For some biorefinery technologies, the fraction of electric energy input can become substantial and even exceed the energy input from the biomass feedstock. This motivates the terminology bio-electro-fuels for the products of such an electrified biorefinery.

Based on process modelling, techno-economic analysis and implementation scenario analysis, the following overall conclusions can be made:

- Integrated electrification of biofuel production, leading to so called bio-electro-fuels, can greatly improve biomass resource efficiency. It also enables increased production capacity and improved economies of scale for a given amount of feedstock available.
- The most important electrification technologies that can lead to this improvement in efficiency are water electrolysis, high-temperature direct electric heating and heat pumps.
- Gasification-based biofuel production from lignocellulosic biomass show the greatest potential for integrated electrification. The amount of transportation fuels that can be produced from the same amount of biomass can in many cases be doubled or tripled.
- The production costs for bio-electro-fuels are similar to or somewhat higher than the corresponding biofuels production costs, but lower than the corresponding electrofuels cost. This indicates that indirect electrification is cost-efficient.
- The greenhouse gas performance of all options studied – biofuels, bio-electro-fuels and electrofuels – are in general good as long as the GHG footprint of the electricity used in the process is low.
- A scenario analysis for production to meet the demand of the future transport sector demand for liquid and gaseous fuels was made. The results indicate that improving biomass resource efficiency by indirect electrification leads to the possibility to meet demand based on domestic sustainable biomass resources, which was not possible using state-of-the-art biofuel production technology with lower carbon efficiency.

