

Executive summary

# HÅLLBAR HVO-PRODUKTIONSPOTENTIAL OCH MILJÖPÅVERKAN

December 2021

Hanna Karlsson Potter  
SLU Sveriges lantbruksuniversitet

## 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 46980-1. 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](http://www.f3centre.se))

### **Denna publikation ska citeras enligt följande:**

Karlsson Potter, H. (2021) *Hållbar HVO-Produktionspotential och miljöpåverkan (Executive summary)*. Publ. nr FDOS 21:2021. Tillgänglig på <https://f3centre.se/sv/samverkansprogram/>

### **Projektets totala resultat presenteras i följande publikationer:**

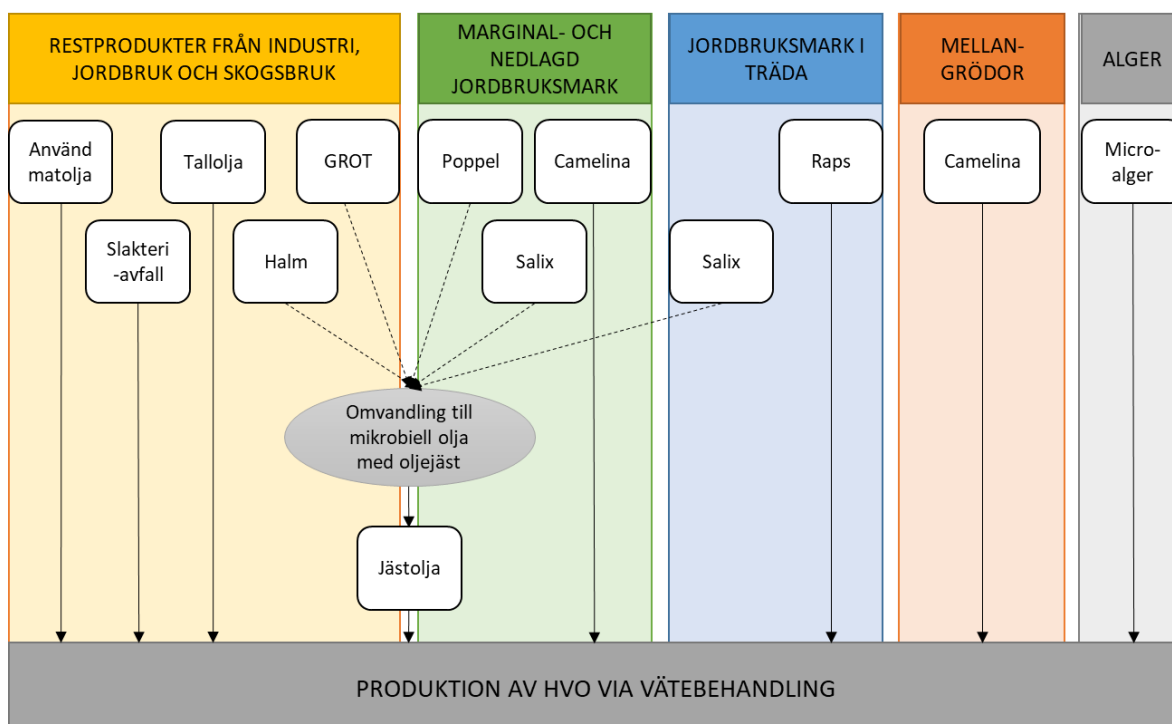
Karlsson, H. et al. (2020). *HVO Produced from Swedish Raw Materials - Current and Future Potentials*. Report No. FDOS 07:2020. Available at <https://f3centre.se/en/renewable-transportation-fuels-and-systems/>

Karlsson Potter, H. et al (2021) *Environmental and techno-economic assessment of alternative production pathways for Swedish domestic HVO production*. Publ. nr FDOS 20:2021. Tillgänglig på <https://f3centre.se/en/renewable-transportation-fuels-and-systems/>

## KAN INHEMSKA HVO-RÅVAROR ERSÄTTA IMPORTEN?

Det mest använda biodrivmedlet i Sverige idag är Hydrerade Vegetabiliska Oljor, HVO. Det produceras från fettsyror från en mängd olika ursprung. 2019 importerade Sverige hela 95% av råvaran för HVO i form av restprodukter, vilket gör att tillgången bestäms av hur stor efterfrågan är på huvudprodukten.

Olika råvaror för produktion av fettsyror/oljor, som i sin tur är råvaran för HVO, lämpar sig för olika produktionssystem. Lignocellulosabaserade råvaror kräver bearbetning i fler steg än andra. Ett exempel är omvandling av GROT till mikrobiell olja med hjälp av oljejäst. Använd matolja och slakteriavfall är exempel på råvaror som inte behöver samma behandling innan de kan ingå i HVO-produktion. Figur 1 visar förenklat sambanden mellan olika råvaror och tekniska förutsättningar för framställning av fettsyror/oljor ifrån desamma.



**Figur 1. Kategorier av råvaror för framställning av fettsyror och efterföljande produktion av HVO som studiens initiala kartläggning har inkluderat.**

Vad figuren också visar är vilka råvaror som valdes ut av oss att ingå i en kartläggning av produktionspotentialen av inhemska alternativ till importerad HVO-råvara.

Baserat på råvarorna och produktionssystemen – Vilka möjligheter har vi att producera HVO i Sverige, av svenska råvaror? Vad skulle vara miljöprestandan för dessa råvaror?

Vi har studerat detta genom att först kartlägga inhemska alternativ till importerad HVO-råvara och därefter analysera klimatpåverkan och tekoekonomisk prestanda för två utvalda råvaror.

## DAGENS INHEMSKA RÅVAROR KAN INTE FYLLA BEHOVET

Av de råvaror som idag används till HVO-produktion är den inhemska tillgången liten. Den långsiktiga årliga tekniska potentialen uppskattades till 0,2 TWh för använd matolja, 0,6 TWh för slakteriavfall, 2,7 TWh för rapsolja odlad på mark i träda, och 1,3–2,6 TWh för tallolja.

Utöver de råvaror som används idag analyserades också oljegrödan camelina (oljedådra). Den årliga tekniska potentialen uppskattades till 0,4 TWh i fallet med vintercamelina odlad som mellangröda, och 0,4 TWh när grödan odlas som enskild gröda på marginalmarker.

Dessa potentialer, sammanlagt mellan 5,6–6,9 TWh, kan jämföras med de ungefär 13 TWh HVO och 4,6 TWh FAME (fettsyrametylestrar, i dagligt tal biodiesel) som användes i Sverige 2019.<sup>1</sup> Sammanfattningsvis visar studien att det finns utrymme för svenskproducerad råvara i HVO- och FAME-produktionen i Sverige att ersätta delar av den importerade råvaran. Dock ser potentialen för ökad produktion av fettsyror inte ut att kunna möta dagens användning av biobränslen som produceras från fettsyror.

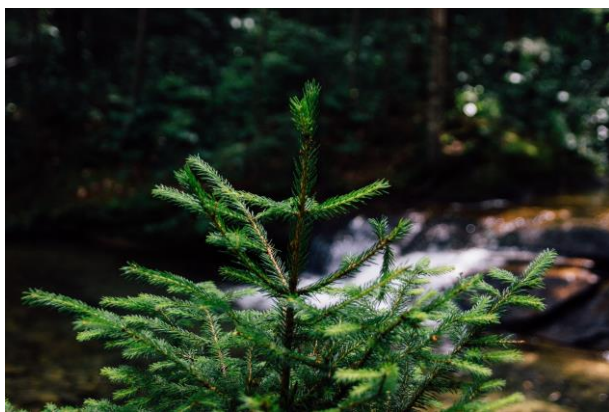


Foto: Andrew Spencer/Unsplash.

## PÅ SIKT FINNS MER ATT HÄMTA I SKOGEN

Kartläggningen av inhemska alternativa HVO-råvaror visade att tekniker för omvandling av lignocellulosa till fettsyror som kan användas direkt i dagens HVO-produktion hade störst potential på längre sikt (2050). Den årliga ekonomiska potentialen 2050 för HVO-produktion från dessa råvaror uppskattades till 0,3–0,4 TWh för salix och poppel på nedlagd jordbruksmark, 0,7 TWh från halm

---

<sup>1</sup> Drivmedel 2019. Redovisning av rapporterade uppgifter enligt drivmedelslagen, hållbarhetslagen och reduktionsplikten. Statens energimyndighet oktober 2020, ER 2020:26.

och 5.7 TWh från grenar och toppar, så kallad GROT. Men den totala energiproduktionen från respektive råvara skulle bli ännu högre eftersom även biogas och elektricitet produceras (se figur 2).

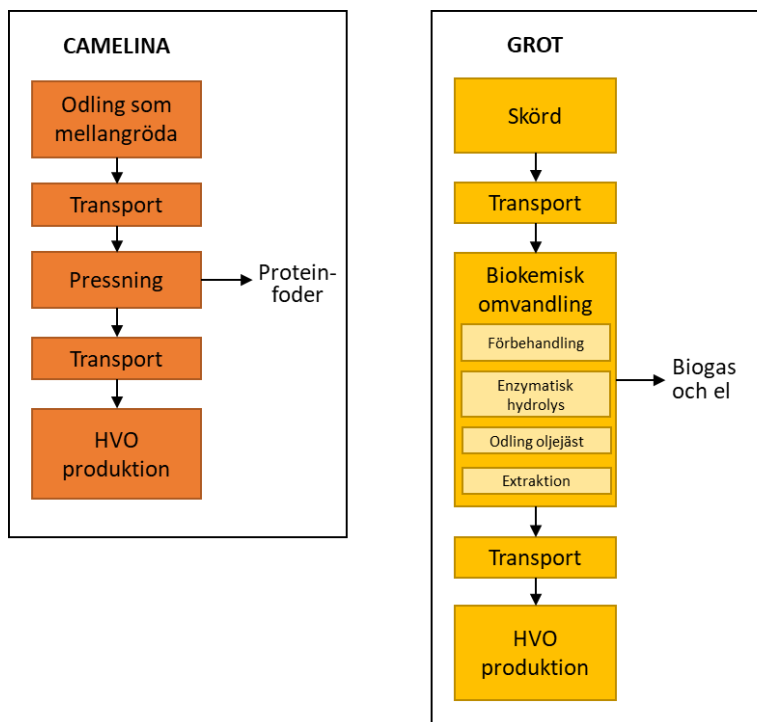
Den teknik för omvandling av lignocellulosa till fettsyror som undersöktes var biokemisk omvandling av lignocellulosa till fett med hjälp av oljejäst, en slags oljeinlagrande jästsvampar. Metoden har ännu inte nått kommersiell status och för att utnyttja de potentialer som beskrivs ovan krävs satsningar i industriell skala.

## CAMELINA OCH GROT SOM MÖJLIGA ALTERNATIV

Från resultatet av kartläggningen av svenska potentiella HVO-råvaror gick vi vidare med fördjupande analyser av två intressanta alternativ där klimatprestanda och teknoekonomiska förutsättningar undersöktes närmare.

1. HVO producerad från vintercamelina odlad som mellangröda
2. HVO producerad från GROT som omvandlas till fettsyror med hjälp av oljejäst

Råvarorna och produktionssystemen valdes ut efter diskussioner i forskargruppen och en referensgrupp bestående av drivmedelsproducenter.



**Figur 2. Systembeskrivningar av vintercamelina odlad som mellangröda och vidare förädling till HVO (vänster), samt GROT som via biokemisk omvandling kan vidareförädlas till HVO (höger).**

Vintercamelina odlad som mellangröda valdes trots en förhållandevis låg uppskattad potential. Skälet är att odling av en mellangröda kan öka produktionen från jordbruksmark samt medföra positiva effekter såsom minskad erosion. Dessutom innebär vintercamelinans tidiga blomning på våren fördelar för pollinerare.

GROT valdes dels på grund av sin höga råvarupotential, dels för att den är en relativt billig råvara. En förutsättning för utnyttjande är dock mognadsnivån för tekniken med mikrobiell jäst som beskrivits ovan.

Men de båda utvalda systemen kan också medföra negativa effekter på miljön. Camelina behöver en mängd insatsmedel såsom gödsel och energi för fältoperationer. Biokemisk omvandling av GROT kräver även det insatsmedel. En ökad skörd av GROT påverkar mängden kol som lagras i död biomassa och marken i skogen, vilket i senare led påverkar det producerade bränslets klimatprestanda.

## RÅVARUKOSTNAD OCH INKOMST FRÅN BIPRODUKTER AVGÖR PRISET

Den beräknade kostnaden för att producera camelinaolja var 5 SEK/l och motsvarande kostnad för GROT-oljan var 10 SEK/l. Råvarupriserna och produktionskapaciteten påverkade i hög grad kostnaden. Andra viktiga aspekter var marknadspotentialen för och försäljningspriset på biprodukterna som el eller biogas i fallet med mikrobiell olja från GROT.

För att beräkna den totala kostnaden för oljan som senare kommer att användas i HVO-processen tog vi hänsyn till investeringskostnad (CAPEX), driftskostnad (OPEX) och intäkter från biprodukter. Vidare förädling till HVO inkluderades inte i den tekoekonomiska bedömningen eftersom denna förädling antogs vara liknande för båda oljorna.

## BÄTTRE KLIMATPRESTANDA ÄN FOSSILA BRÄNSLEN

För HVO producerat från camelinaolja respektive GROT-olja beräknade vi klimatprestanda med två olika metoder: enligt förnybartdirektivet<sup>2</sup> (RED-metoden) och enligt ISO-standard för LCA<sup>3</sup>, livscykelanalys (ISO-metoden).

Resultaten av beräkningarna enligt RED-metoden visade att HVO producerat från camelinaolja har potential att reducera klimatpåverkan (koldioxidutsläpp) med 90 % jämfört med en fossil referens, om effekten av en ökad markkolinlagring inkluderades. Utan inkludering av markkolinlagring blev reduktionen 72 % (Figur 3).

För HVO producerat från GROT-olja var minskningspotentialen 82 % beräknat enligt RED-metoden.

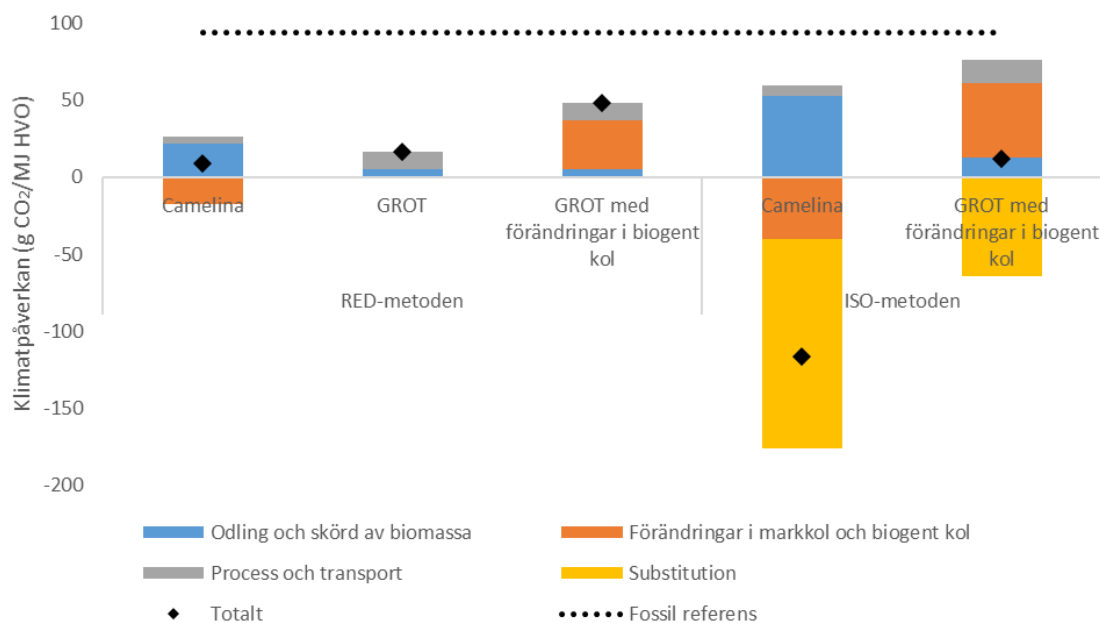
Beräkning av klimatpåverkan enligt ISO-metoden inkluderade både förändringar i markkollager och biogena kollager för båda systemen (camelinaolje- respektive GROT-oljeproduktion), och använde systemexpansion där biprodukterna antas ersätta jämförbara produkter på andra marknader.

---

<sup>2</sup> Renewable Energy Directive II (RED II).

<sup>3</sup> Metod 2 följer standarderna Miljöledning – Livscykelanalys – Principer och struktur (ISO 14040:2006) och Miljöledning – Livscykelanalys – Krav och vägledning (ISO 14044:2006).

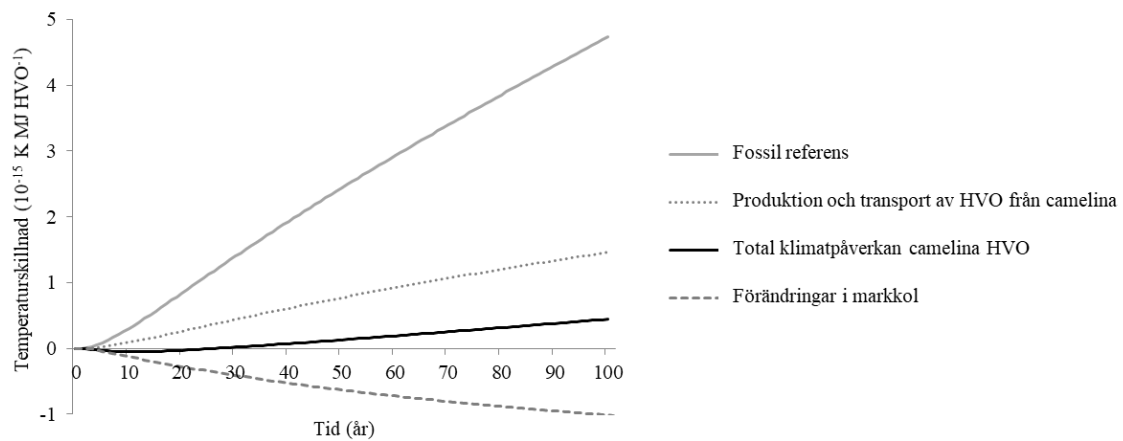
Substitutionseffekten från biprodukterna gjorde att båda systemen resulterade i betydande reduktionspotential jämfört med den fossila referensen (Figur 3). Odlingen av camelina resulterade i en ökad mängd markkol jämfört med ett system där ingen mellangröda odlas. Skörd av GROT minskade däremot mängden kol i skogen, jämfört med om toppar och grenar hade lämnats kvar. Skillnaden i förändringar av markkol och biogena kollager för de båda systemen uppskattades i ett tidsperspektiv på 100 år för camelina och 90 år för GROT för att motsvara en rotationsperiod för skogsbruk i Mellansverige.



**Figur 1. Klimatpåverkan för HVO som produceras från camelinaolja respektive GROT-olja beräknat med RED-metoden och ISO-metoden. ISO-metoden inkluderar effekter på biogena kollager för båda systemen och hanterar biprodukter med systemexpansion.**

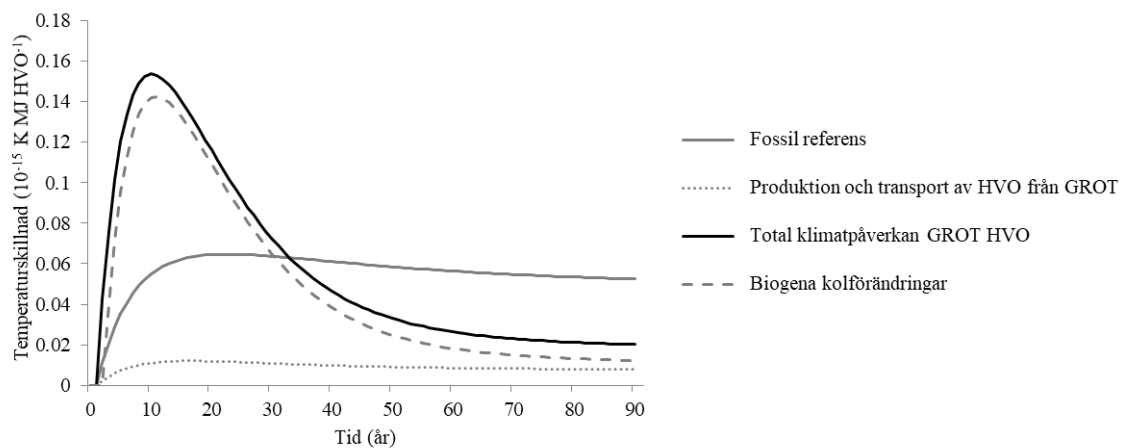
## KLIMATET PÅVERKAS AV FÖRÄNDRINGAR I BIOGENA KOLLAGER ÖVER TID

Vi analyserade klimatpåverkan över tid med metoden Absolute Global Temperature Change Potential (AGTP) som ger ett mått på potentiellt bidrag till temperaturförändring. Analysen visade att camelinaoljebaserad HVO bidrar mindre till temperaturhöjning än den fossila referensen gör. Analysen visar en omedelbar klimatvinst för camelinaoljebaserad HVO som beror på att introduktionen av en mellangröda tillför biomassa, vilket ökar mängden kol som lagras i marken (Figur 4).



**Figur 2. Klimatpåverkan visat som potentiellt bidrag till temperaturförändring över 100 år för vinter-camelina odlad som mellangröda och vidare förädling till HVO.**

I figur 5 syns hur HVO producerat från GROT-olja i ett 30-års perspektiv gav högre klimatpåverkan än fossilreferensen (analys ur skogsbeståndsperspektiv, inte med effekter på ett helt landskap). Den biogena kolförändringen visar hur skörd av GROT för att använda den som bioenergi innebär ett utsläpp av koldioxid i biomassan i form av koldioxid. I referensfallet har GROT lämnats kvar i skogen. Skillnaden mellan utsläpp till följd av skördad respektive kvarlämnad GROT blir mindre över tid eftersom GROT i skogen förmultnar och koldioxid släpps ut långsamt. Tillväxten av skogen påverkar inte denna analys eftersom tillväxt av ny biomassa i den växande skogen sker även i referensfallet.



**Figur 3. Klimatpåverkan visat som potentiellt bidrag till temperaturförändring över 90 år för GROT-olja som vidareförädlas till HVO.**



## EFFEKTER PÅ BIODIVERSITET OCH NÄRINGSCYKLER

I studien lyfte vi respektive produktionssystem miljöpåverkan utöver klimatpåverkan i en kvalitativ diskussion.

Odling av vintercamelina som mellangröda kan förknippas med flera positiva miljöaspekter. En är positiv påverkan på biodiversitet, både vad gäller bidraget till en större variation av grödor i odlingssystemet, och att den kan gynna pollinerare eftersom den blommar tidigt på våren. Ökning av markkol ger en inlagring av kol vilket är positivt ur klimatsynpunkt, men ökad markkol är även önskvärt också för långsiktig produktivitet i jordbruket och ökad biodiversitet i marken.

Negativa effekter av vintercamelina innefattar bland annat risk att odlingen påverkar sådden och etableringen av huvudgrödan som sås efter camelina. Vidare kan camelina behöva tillförsel av växtnäring vilket innebär en ökad risk för näringsläckage.

Vad gäller miljöpåverkan av ett ökat uttag av GROT kan det innebära ett intensifierat skogsbruk som i sin tur får konsekvenser som läckage av tungmetaller, ökade försurande utsläpp och negativ påverkan på biodiversitet. Speciellt för skörd av GROT är att toppar och grenar är särskilt näringsrika delar av trädet, och med ett ökat uttag av GROT finns farhågor att den långsiktiga tillväxten av skogen påverkas. Detta kan delvis kompenseras för genom askåterföring och eventuell kvävegödsling. Att öka uttaget av GROT resulterar i mindre mängd död ved i landskapet vilket påverkar biodiversiteten negativt.



Foto: Cam James/Unsplash.

## LÄGRE KOSTNAD OCH FLER MILJÖVINSTER MED HVO FRÅN CAMELINA

Studien visar att både camelina-HVO och GROT-HVO kan produceras med relativt låga klimatpåverkande utsläpp från odling, skörd och omvandling till HVO, men förändringar i biogena kol-lager är viktiga att beakta då dessa kan ha stor betydelse för systemets klimatpåverkan.

Trots den relativt låga potentialen som studiens inledande råvarukartläggning visade, är HVO från camelinaolja intressant ur både ekonomiska och miljömässiga perspektiv. Grödan kan öka produktionen från befintliga jordbrukssystem och också bidra till ökad biodiversitet och ökad markkol. Camelina är dock en obeprövad gröda i Sverige, och det behövs fler studier av grödans lämplighet för svenska jordbrukssystem och klimat, samt av i vilka typer av växtföljder den kunna skulle passa och vilka effekterna blir på efterföljande gröda. Framför allt skulle påverkan på rapsodling och växtföljdseffekter i samband med det behöva analyseras.

När det gäller ökat uttag av GROT för framställning av HVO-råvara till drivmedel riskerar det att minska mängden lagrad kol i biomassa och mark vilket är avgörande för det producerade drivmedlets klimatprestanda. För att öka kunskapen om dessa samband behövs vidare analys på hela skogens system över större områden och studier som inkluderar effektiv användning av alla skogens produkter samt substitutionseffekter. Mikrobiell olja från lignocellulosa, det vill säga råvara till HVO, kan produceras från flera olika lignocellulosa material. Ur klimatperspektiv är det speciellt intressant med produktionssystem som kan bidra till en ökad inbindning av kol i mark och biomassa. Exempel på det är odling av salix eller poppel på nedlagd odlingsmark.

Sammanfattningsvis visar denna studie på nulägespotential och framtida möjligheter för en ökad HVO-produktion från inhemska råvaror. Vidare så har studien ökat kunskapen om utvalda råvarors miljöpåverkan och teknoekonomiska förutsättningar.

## ENGLISH SUMMARY

Hydrotreated vegetable oil (HVO) is currently the dominant liquid biofuel on the Swedish market for transportation fuels. This HVO is largely imported into Sweden and concerns regarding the environmental impact, especially of HVO produced from palm oil, have been raised.

This study presents life cycle-based environmental and techno-economic assessments of alternative production pathways for Swedish domestic HVO production. The study was performed in two parts, the first mapping the potential for Swedish domestic HVO raw materials. In the second part, two raw materials and pathways for future HVO production were selected for further investigation:

- System I: Camelina. HVO produced from the winter oil crop *Camelina sativa* grown as a cover crop not directly competing with other crops.
- System II: Forest residues. HVO produced from tops and branches by biochemical conversion using oleaginous yeast.

For the techno-economic assessment, three indicators were used to estimate the total cost of produced oil from both systems to be used in the HVO process: investment cost based on capital expenditure (CAPEX); operating cost (OPEX); and revenues from co-products.

The focus of the economic assessment was on oil production. Processing from oil to HVO was assumed to be comparable due to the similarities in quality of Camelina oil and microbial oil, and thus excluded as it was not expected to influence the final HVO quality and cost.

The focus of the environmental assessment was climate impact. Two methods were applied to assess it: the EU Renewable Energy Directive (RED) and the ISO standard for life cycle assessment (LCA). Results were presented in Global Warming Potential (GWP) and Absolute Global Temperature Change Potential (AGTP), assessing the climate impact over time.

For the camelina oil and microbial oil, the estimated total cost was found to be 5.01 and 9.6 SEK/litre, respectively. Costs were estimated based on an oil production capacity of about 22 ktonnes oil annually from each system. The annual corresponding feedstock demand is 50 ktonnes of camelina seeds and 200 ktonnes of forest residues. Feedstock prices and production capacity greatly influence the final cost. Other important parameters influencing the final cost included market potential and selling price of co-products such as electricity or biogas.

The climate impact assessment showed that compared to a fossil reference, HVO produced from camelina oil had a greenhouse gas (GHG) reduction potential of 90% (RED method). HVO produced from forest residues indicated a reduction potential of 82% (RED method). The ISO method resulted in large reduction potential values for both feedstocks compared with fossil fuels. Changes in biogenic carbon stocks and substitution effects from production of by-products were important. Analysis of climate impact over time (using the AGTP climate metric) showed that camelina HVO had an immediate climate benefit compared with a fossil reference, while HVO produced from forest residues showed a higher climate impact than the fossil reference over the first 30 years when analyzed from a stand perspective.



**NESTE**

