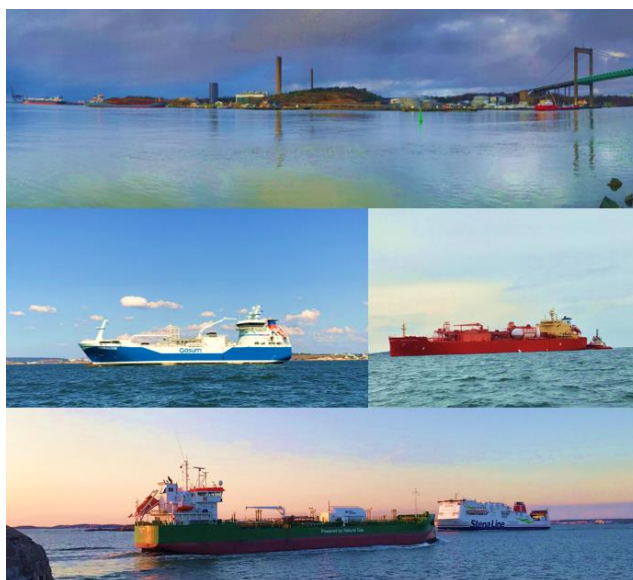


KAN FÖRNYBAR FLYTANDE METAN (LBM) ERSÄTTA LNG INOM SJÖFARTEN?



April 2022

Karl Jivén¹, Anders Hjort¹, Elin Malmgren², Emelie Persson¹, Selma Brynolf², Tomas Lönnqvist¹, Mirjam Särnbratt¹ och Anna Mellin¹

¹ IVL Svenska Miljöinstitutet

² Chalmers Tekniska Högskola

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 50435-1. 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:

Jivén, K., *et. al.*, (2022) *Kan förnybar flytande metan (LBM) ersätta LNG inom sjöfarten? (Executive Summary)* Publ. No FDOS 28:2022. Tillgänglig på <https://f3centre.se/sv/samverkansprogram/>.

Resultat relaterade till studien kommer också att presenteras och publiceras i en separat vetenskaplig artikel under 2022.

NÄSTA STEG MOT FOSSILOBEROENDE SJÖFART

Sjöfarten måste fasa ut de fossila bränslen som används. Fram till för ett par år sedan sågs flytande naturgas, LNG, (eng. *liquified natural gas*) av många som en del av lösningen. LNG innehåller mindre kol per energimängd och har potential att i viss mån minska koldioxidutsläppen. Jämfört med traditionella bunkerbränslen inom sjöfarten, såsom marin dieselbrännolja, MGO, (eng. *marine gas oil*) och tjockolja, HFO (eng. *heavy fuel oil*), kan LNG också avsevärt minska utsläpp av partiklar och svaveloxider.

Men såväl en större del av sjöfartsbranschen som beslutsfattare och allmänhet uppfattar att det behöver göras mer. För att på allvar minska sjöfartens fossila bränsleanvändning är det inte tillräckligt att byta till LNG om det inte samtidigt kombineras med andra åtgärder, till exempel koldioxidinfångning och -lagring, s.k. CSS (eng. *carbon capture and storage*).

Två decennier har gått sedan LNG introducerades som bunkerbränsle och gjordes tillgängligt i större hamnar. LNG-fartyg prognostiseras att utgöra 10–40 % av alla fartyg i framtiden. Med den utvecklingen krävs lösningar för hur utfasningen av fossila bränslen i denna del av fartygsflottan ska uppnås.

FLYTANDE BIOMETAN KAN ERSÄTTA LNG

Förnybar och hållbart producerad metan i flytande form, LBM (eng. *Liquid Bio-Methane*), skulle utan krav på några ändringar ombord på LNG-fartygen kunna ersätta LNG som bränsle. Den här studien har undersökt möjligheterna till det.

Termen LBM har valts för att uttrycket *flytande biogas* (LBG, eng. *liquified biogas*), som annars ofta används i Sverige, varken inkluderar den metan som kan produceras som ett elektrobränsle baserad på koldioxid från rötningsprocessen, eller den som produceras via metanisering av syngas från förgasningsanläggningar. LBM används alltså som en paraplyterm för förnybart producerad metan för rotat och förgasat substrat med biologiskt ursprung, för elektrometan samt för metan som produceras på basis av vätgas och koldioxid som uppkommer i rötningsprocessen. För sådan förnybart producerad metan i flytande form används här termen LBM och för trycksatt förnybart metangas används termen CBG (eng. *compressed biogas*).

PRODUKTIONSPOTENTIALEN FÖR BIOMETAN

Sedan 80-talet har flera studier beräknat hur mycket biogas som kan produceras i Sverige via anaerob rötning från svenska substrat, baserat på olika antaganden. Den här studien har utöver det sammanställt befintlig såväl som planerad biogasproduktionskapacitet för varje län i Sverige.

För att uppskatta den totala biometanproduktionspotentialen fram till och med 2045 har vi lagt ihop potentialerna från tre olika produktionsmetoder; anaerob rötning, metanisering av överskott av koldioxid från anaerob rötning samt metanisering av syngas från förgasning.

Resultatet av sammanställningen visar en total årlig biogasproduktionskapacitet på cirka 3,6 TWh i Sverige för år 2026, där 2,1 TWh är befintlig kapacitet och 1,5 TWh är ny kapacitet. Planerad nyproduktion består av ca 1,3 TWh/år LBG och 0,2 TWh/år komprimerad biogas (CBG). Förutom nya produktionsanläggningar för biogas finns det också planer på investeringar för kondensering av befintlig CBG-produktion till LBG, vilket ger totalt 0,5 TWh/år. Produktionskapaciteten avser planerad kapacitet som förväntas vara på plats före 2030 i linje med beviljade stöd från Klimatklivet.

Med utgångspunkt från den potential på tillgängliga substrat har vi sett på framtida potential som vi bedömer är möjlig att producera. Det presenteras i tabellen nedan.

Sammantaget tycks det potentiellt möjligt att med tekniska, ekonomiska och hållbarhetsaspekter tagna i beaktande producera dryga 20 TWh biometan 2030 och upp emot 30 TWh 2045.

Biometanproduktionspotential för år 2030 och 2045 från anaerob nedbrytning och metanisering av koldioxid (CO₂) från anaeroba rötnings- och förgasningsanläggningar.

	Biometanproduktion potentiellt		Begränsningar avseende teknik, ekonomi och hållbarhetsaspekter
	2030	2045	
Anaerob rötning	14 TWh/år	19 TWh/år	Endast substrat som härrör från gödsel, organiska restprodukter, halm och biomassa från områden med ekologiskt fokus och jordar i träda ingår.
Metanisering av CO₂ från rötning	4.7 TWh/år	6.4 TWh/år	95 resp. 96 % av CO ₂ från biogasanläggningar används för att producera elektrometan år 2030 resp. 2045.
Metanisering av syngas från förgasnings-anläggningar	3.5 TWh/år	3.5 TWh/år	Endast syngas från förgasning från rester av lignocellulosamaterial (t.ex. rivning och förpackningsmaterial inklusive pallar) ingår.
TOTAL	22.2 TWh/år	28.9 TWh/år	

Befintlig och planerad kapacitet återspeglar varje läns identifierade teoretiska potential enligt värden som utgår från Linné et al (2008)¹.

Befintlig biogasproduktion från anaerob rötning har potential att öka med mellan 15–70% utan tillsats av ytterligare substrat när elektroprocesser kombineras med befintlig rötningsprocess. Det görs genom att ta tillvara den koldioxid som bildas i rötningsprocessen och använda den till ytterligare elektrometanproduktion. Variationen i potentialökningen beror på att olika substratkombinationer

¹ Linné M., Ekstrand A., Engleson R., Persson E., Björnsson L., Lantz M. (2008); *Den svenska biogaspotentialen från inhemska restprodukter*. Avfall Sverige, Svenska Biogasföreningen, Svenska Gasföreningen och Svenskt Vatten, 2008.

ger upphov till skillnader i metan- och koldioxidkoncentration i den producerade biogasen. Rå biogas innehåller mellan 20–50% koldioxid beroende på vilken typ av biomassa som rötas. Teoretiskt sett kan all koldioxid kombineras med vätgas som produceras av elektrolys av vatten i en metaniseringsreaktor.

Både kemisk och biologisk metanisering är möjlig, men eftersom den kemiska metaniseringsprocessen för närvarande är mer mogen har potentialen beräknats med data från kemisk metanisering. Trots att biologisk metanisering är mindre tekniskt utvecklat anses det vara en lovande teknik framöver.

KONKURRENS OM BIOMETAN

År 2021 hade cirka 12 % av de befintliga **fartygen** s.k. alternativa bränslesystem, varav cirka 6 % är LNG-system. Men flytande metan efterfrågas inte bara av sjöfarten.

Efterfrågan på flytande metan från **vägtransporter** i Sverige uppgick 2021 till cirka 0,10 TWh och förväntas öka framöver. Intresset för elektrifierad framdrivning som en central del av fossilfria transporter i stadsmiljöer ökar stadigt och många kommuner har påbörjat en övergång från biobränslen till elektrifiering i sina bussflottor. Den accelererande utvecklingen driver däremot bort CBG och andra biobränslen från det transportsegmentet. En liknande utveckling med elektrifiering ses för personbilar.

Det finns idag tunga lastbilar som kan köras på LBM. Med den nuvarande kostnadsstrukturen inklusive skatter och styrmedel etc. har LBM blivit ett drivmedel med en generellt bra kostnadsbild, särskilt för långdistanslastbilstransporter med höga årliga miltal. Antalet tunga LNG/LBM-drivna fordon i Sverige ökar sedan 2018 i allt högre takt. Vår bedömning är att det är här som den huvudsakliga efterfrågan på LBM kommer att finnas inom vägtransporter.

Industrin använde 2020 cirka 81 TWh bränsle, varav ungefär en tredjedel, ca 27 TWh, var fossila bränslen. De bränslen som direkt kan ersättas med LBM är LNG, medan naturgas kan ersättas med biometan. År 2020 användes i Sverige ca 1 TWh LNG och 3 TWh naturgas. Vissa industrier har börjat ersätta olja, kol och koks med naturgas, LNG eller gasol. De kan i sin tur ersättas med biometan eller LBM.

I stålindustrin finns planer på att ersätta fossila bränslen med el eller vätgas producerad genom elektrolys av vatten. Andra branscher har sett över möjligheten att reformera biogas till vätgas eller att använda kolatomer i biogasen i sina kemiska tillverkningsprocesser. Sammantaget syns en betydande efterfrågan på biometan från industrin.

DAGENS EFTERFRÅGAN FRÅN SVENSK SJÖFART

Vad som utgör den svenska andelen av global eller europeisk användning av marinbränsle respektive LNG är svårt att definiera. Andelen kan beräknas utifrån bränsle som bunkras i Sverige eller genom analys av inhemska fartygsrörelser tillsammans med en tilldelad del av fartygsrörelsen mellan svenska och utländska hamnar. Ungefär 25 TWh bunkerbränsle bunkras årligen i Sverige och

den nivån har i studien använts som en indikator på den totala energiefterfrågan från sjöfartssektorn i Sverige. Om till exempel 15 % av bunkerbränslet om ett par år var relaterat till fartyg med LNG-bränslesystem, skulle därmed knappt 4 TWh LNG kunna vara aktuellt att fasa ut med LBM.



Bild: Paul Hanaoka, Unsplash.

VAD PÅVERKAR FRAMTIDA TILLGÅNG OCH EFTERFRÅGAN PÅ BIOMETAN?

I vår studie har data från EU:s MRV-system (eng. *Monitoring, Reporting and Verifying*) och fartygsdatabaser använts för att modellera dagens förbrukning för LNG-fartyg inom EU. På basis av det har vi modellerat trender och scenarios för Sverige.

Tillgång och efterfrågan har uppskattats och beräknas för LBM och CBM från 2021 till 2045. Potentiellt tillgänglig förnybar metan har fördelats som produktionskapacitet för LBM och CBM, och efterfrågan på LBM och CBM har fördelats mellan de tre kategorierna industri, vägtransporter och sjöfart. Syftet är att undersöka om efterfrågan från sjöfart och andra sektorer kan matcha möjlig produktion.

Uppskattningarna av potentiellt tillgänglig förnybar metan för 2021 har utgått från den nuvarande produktionskapaciteten för LBM och CBM i Sverige. Prognosen fram till 2045 utgår bland annat från de kartlagda planerade nya projekten för produktionsanläggningar i Sverige.

Efterfrågan 2021 baseras på den nuvarande efterfrågan på LBM och CBM i Sverige. Prognosen fram till 2045 baseras främst på kartlagda planerade projekt för kategorierna industri, vägtransporter och sjöfart, där årliga ökningarna fram till 2045 har antagits. Efterfrågescenarierna för sjöfart bygger på data och prognoser inom de segment och fartygstyper som använder LNG idag och den förväntade utvecklingen. Bakgrunden till de olika scenarierna som vi tagit fram bygger på olika nivåer av policyutveckling som stöd till biometanproduktion, internalisering av externa kostnader för utsläpp och växthusgasutsläpp inom sjöfarten etc.

Tillgång och efterfrågan på biometan är delvis beroende av varandras utveckling eftersom tillgången inte ökar om det inte finns någon efterfrågan och vice versa. Det krävs interaktion inom flera områden för att öka tillgång och efterfrågan där det kan finnas hinder som hindrar utvecklingen.

Scenarierna som vi tog fram visar att potentiellt möjlig utbyggnad av produktion ligger i linje med vad ett avvägt sammantaget behov av LBM inom de studerade sektorerna kan förväntas vilja konsumera. Vi gör också bedömningen att utvecklingen av produktion och konsumtion av biometan kan komma att se väldigt olika ut beroende på vilka satsningar som görs på att förverkliga den potential som identifierats.

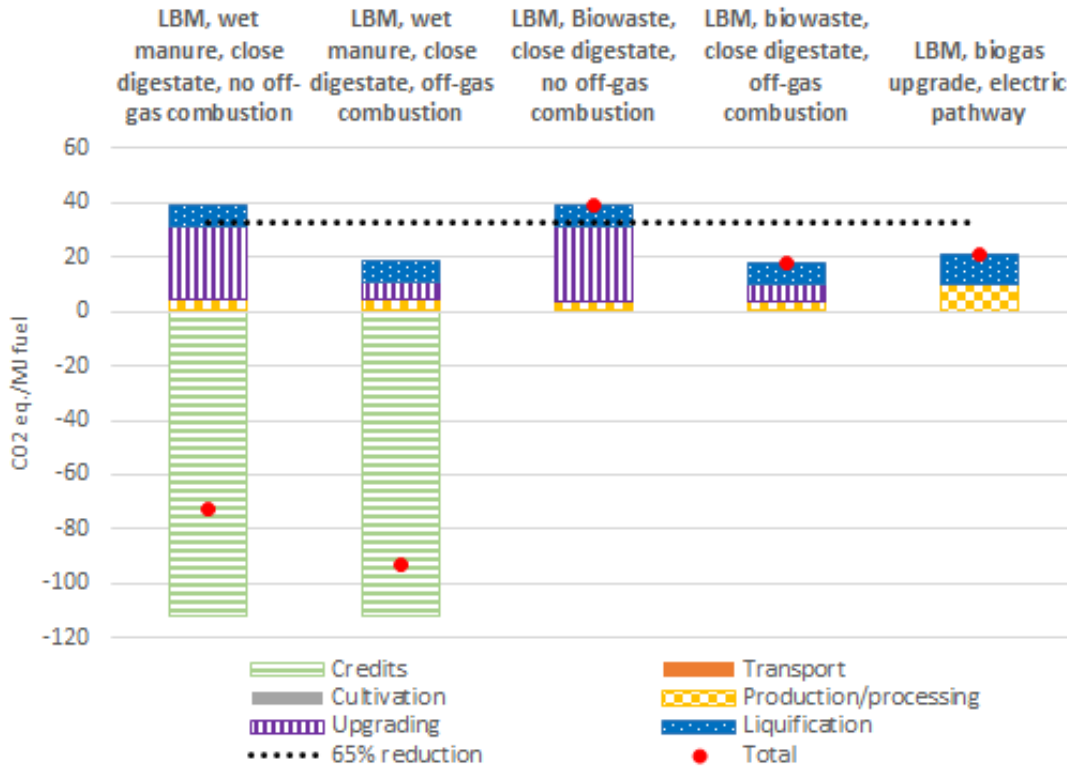
TVÅ PRODUKTIONSVÄGAR MED GOD KLIMATPRESTANDA

För att ge en bild av klimatprestanda för LBM genomfördes livscykelanalyser för olika produktionsvägar av LBM. Miljöpåverkan från några av produktionsvägarna är tidigare väl utredda. Andra genomförda beräkningar (elektrometan/metan baserat på metaniserad koldioxid från röttningsprocessen) har tidigare i alla fall inte utvärderats i förhållande till en svensk kontext.

Beräkningarna i studien har gjorts i enlighet med och på basis av emissionsfaktorerna för beräkningar av klimatpåverkan från RED II, *Renewable Energy Directive* (förnybartdirektivet).

I figuren nedan presenteras resultaten för några valda produktionsvägar för att ge mer insikt i miljöprestandan hos den LBM som kan komma att produceras i Sverige i framtiden. Där syns det att LBM som producerats genom rötning av substrat baserat på gödsel (första och andra stapeln från vänster) ger en mycket god klimatprestanda som till och med skapar negativa utsläpp genom att produktionen tilldelas så kallade gödselkrediter. Det innebär ett undvikande av klimatpåverkan eftersom gödsel som samlas in och tas tillvara industriellt i princip inte genererar metanutsläpp.

Även biobaserat avfall (tredje och fjärde stapeln från vänster) samt elektrometanproduktion (femte stapeln) genererar en LBM-produkt med god klimatprestanda.



Beräkningar av tre olika LBM-produktionsvägar baserade på RED II, förutsatt att produktionen baseras på förnybar el från det svenska elnätet. Den streckade linjen indikerar kravet i RED II på 65 % reduktion av växthusgasutsläpp i förhållande till utsläpp från motsvarande fossilt bränsle.

Resultaten från beräkningarna visar också att elektrometan är ett klimatmässigt bra alternativ till LNG inom sjöfarten om förnybar el används för att producera elektrometan. Tillgång till förnybar el är en förutsättning för att elektrobränslen ska bidra till en lägre klimatpåverkan.

BIOMETANPOTENTIALEN KAN FÖRVERKLIGAS

Den politik och de styrmedel som föreslås i Sverige och EU gör att framtiden för svensk biometan ser ljus ut. Svenskproducerad biogas kommer att gynnas av ett kommande produktionsstöd och införlivandet av sjöfarten i EU:s utsläppshandelssystem kommer att vara fördelaktigt för förnybara bränslen generellt.

Produktionskapaciteten för biometan skulle kunna uppgå till cirka 20 TWh år 2045 baserat på den teknoekonomiska potential som finns, men det krävs att biogassektorns lönsamhet förbättras och att utmaningen med tidskrävande tillstånd övervinns. Därtill krävs långsiktiga stabila förutsättningar för att industrin ska våga investera. För att nå biogasmärknadsutredningens mål om 10 TWh biometan 2030 krävs en expansionstakt på 1 TWh/år till 2030, vilket är en stor utmaning.

Om förnybar el kan säkras och hållbara biomassakällor används för produktion av LBM är klimatpåverkan från LBM låg. **Resultat från LCA-beräkningar visar att inte bara LBM från rötning**

visar god klimatpotentialprestanda, det gör även elektrometan som produceras från koldioxid från biogasuppgraderingar.

En övergång i Sverige från LNG till LBM för sjöfart som bunkrar i Sverige verkar realistisk att kunna genomföra för ett uppskattat behov av 4–6 TWh per år. Skiftet kommer dock inte ske utan incitament från samhället till industrin som stödjer denna förändring och tydligt visar på långsiktighet och uthållighet för att öka produktionen och användningen av förnybar metan. Det är särskilt viktigt att planerade styrmedel införs, som kopplar samman sjöfartens växthusgasutsläpp med en kostnad som kan undvikas om bränslen med låga eller nollutsläpp används.

Ett svenskt produktionsstöd i kombination med införandet av sjöfart inom EU:s utsläppshandelssystem verkar kunna jämna ut kostnadsskillnaden mellan LNG och LBM som marint bränsle. Sammantaget verkar den framtida kostnadsnivåskillnaden mellan LNG och LBM kunna vara nära noll eller åtminstone ett mycket mindre hinder att övervinna. Det finns dock fortfarande många osäkerheter, till exempel framtida prisskillnader, framtida kostnadsnivåer för utsläppsrätter inom utsläppshandelssystemet samt vilken minskningskvot som LBM kan dra nytta av inom EU:s system för handel med utsläppsrätter. Men med en politisk vilja och en sannolik politisk utveckling inom bland annat styrmedel verkar det åtminstone möjligt att rederier med en vilja att minska växthusgasutsläppen genom övergången från LNG till LBM skulle kunna lösa detta i förhållande till bränsleekonomin kopplat till fartygsdriften. Ett framtida LBM-bränsle som har en större andel e-metan kommer potentiellt också att bli dyrare. Detta är dock svårt att hävda med säkerhet eftersom nya alternativ som kan förändra prisbilden kan vara aktuella vid andra tidpunkter i framtiden.



Bild: Tobias Tullius, Unsplash.

ENGLISH SUMMARY

As per today, in total some 500 TWh bunker fuel is consumed within the shipping sector annually within EU waters and approximately 25 TWh of this (5%) is LNG (liquefied natural gas). The fleet of LNG fuelled vessels has grown steadily since the first vessels were introduced around year 2000. Predictions and scenarios indicate that in a couple of years, it is likely that around 15 % of all bunker fuels consumed in shipping will be LNG.

Through detailed analyses of present and planned production capacity combined with scenarios built for future potential bio- and electro-methane production, a possibility to replace large amounts of LNG in shipping can be seen from a Swedish perspective.

In total, the analysis shows a maximum scenario for LBM production (Liquefied Bio Methane) in Sweden year 2045 of nearly 30 TWh annually. This potential includes electro-methane production based on carbon dioxide that is naturally formed during the biogas digestion production process. All production, of methane being assessed as potential, is assessed to be based on sustainable substrates and sustainably produced.

This report shows that it could be possible to replace fossil LNG as a fuel in shipping with renewable LBM at a large scale from a Swedish perspective. The total bunkering of ships in Sweden are around 25 TWh per year, varies over time, and is dependant not only on which ships that calls Swedish ports but also with the market competition with bunker suppliers in other countries. Should 15% of that fuel be LNG, it would be some 4 TWh LNG that could be interesting to switch towards renewable LBM.

The potential shift in shipping in Sweden from LNG to LBM at a level of 4-6 TWh is assessed to be a realistic potential, but the shift will not happen unless the society gives the industry incentives that supports that shift and clearly shows the involved stakeholders that there is a long-term strategy to enhance renewable methane production and consumption. It is especially important that policy instrument in the shipping sector is introduced that connects greenhouse gas emissions with a cost that can be avoided if fuels with low or zero emissions being used.

Today, only a small proportion of bio-methane is liquefied to LBM in Sweden, while most of the planned production facilities for biogas will be for LBM, thanks to subsidies in the form of investment support and the decreased demand of CBG that benefits LBM.

This report has chosen to use the expression Liquid Bio-Methane (LBM) due to the fact that the expression often used Liquid Bio Gas (LBG) does not cover the important part of the methane produced as an electrofuel based on carbon dioxide from the digestion process and also not really includes the methanation of syngas from gasification plants.

A Swedish production support in combination with the introduction of shipping within the EU emission trading scheme (ETS) seems too possibly even out the cost difference between LNG and LBG as a marine fuel or at least give a significantly smaller barrier to overcome.

To establish the environmental rationale of this product, life cycle assessments of the production of LBM and the use in the shipping sector were performed. No previous scientific studies have been identified which look into the performance of using electrofuel pathways of LBM in the shipping sector. The results are presented in the report together with an analysis of potential future issues to observe.



CHALMERS



www.energimyndigheten.se



www.f3centre.se