



Bildkälla: Unsplash/Tiare Balbi.

FÖRNYBARA DRIVMEDEL FÖR FÄRJOR I KOLLEKTIVTRAFIK

Rapport från ett f3-projekt

Januari 2022

Författare:

Linda Styhre och Karl Jivén, IVL Svenska Miljöinstitutet

Karl Garne, KTH Kungliga tekniska högskolan

f3 Svenskt kunskapscentrum för förnybara drivmedel är en nätverksorganisation som fokuserar på utveckling av miljömässigt, ekonomiskt och socialt hållbara förnybara drivmedel och som

- Bidrar med bred, vetenskapligt grundad kunskap som stöd för strategisk planering
- Bedriver systeminriktad forskning kopplad till alla steg i värdekedjan för förnybara drivmedel
- Utgör en plattform för samverkan nationellt, gentemot Horisont 2020 som internationellt inom området förnybara drivmedel.

f3:s parter inkluderar Sveriges mest aktiva högskolor, universitet och forskningsinstitut inom området, liksom relevanta industriföretag. f3 har ingen politisk agenda och ägnar sig inte åt lobbying varken för specifika transportbränslen eller system, eller för parternas enskilda branschintressen.

f3 finansieras gemensamt av centrets parter och Västra Götalandsregionen. Tillsammans med Energimyndigheten finansierar f3 dessutom samverkansprogrammet Förnybara drivmedel och system. Chalmers Industriteknik fungerar som värd för centret (se www.f3centre.se).

FÖRORD

Projektet *Förnybara drivmedel för färjor i kollektivtrafik* har genomförts av IVL Svenska Miljöinstitutet och KTH med stöd från f3 Svenskt kunskapscentrum för förnybara drivmedel, och IVL:s samfinansierade forskning SIVL. Projektet är en fortsättning på förstudien *Fossilfri kollektivtrafik på vatten – hinder och möjligheter för färjor med hög miljöprestanda* som finansierades av Lighthouse branschprogram Hållbar Sjöfart. Projektgruppen önskar rikta ett stort tack till våra finansiärer.

Projektets övergripande mål är att ge kunskapsunderlag och rekommendationer som kan användas vid upphandling och implementering av färjor med förnybar drift, vilket ska leda till minskade utsläpp av växthusgaser, hälsofarliga emissioner och partiklar.

Projektet har genomförts i nära samarbete med en referensgrupp bestående av representanter från regioner, trafikoperatörer, färjerederier och skärgårdsredarnas branschorganisation. Från projektets sida vill vi tacka varmt för deltagandet vid möten och enskilda intervjuer, samt för återkoppling på rapportutkast. Referensgruppen består av följande personer och organisationer:

- Ellinor Svensson, Styröbolaget
- Torbjörn Cederberg, Styröbolaget
- Henrik Börjesson, Börjessons Sjötaxi & Charterbåtar samt Skärgårdsredarna
- Hanna Björk, Västtrafik
- Renato Petéh, Region Stockholm
- Fredrik Almlöv, Färjerederiet
- Hans Thornell, Green City Ferries

Stort tack även till följande organisationer som ställt upp för enskilda intervjuer: Volvo Penta, Scania, Region Blekinge, Skärgårdsredarna, Vattenbussen, Candela, Movia och Bottenvikens Skärgård. Ett särskilt tack till Susanna Hall Kihl på Vattenbussen och Nina Yngve på Skärgårdsredarna som generöst delade med sig av sammanställningen över upphandlad kollektivtrafik med färjor.

Göteborg/Stockholm, december 2021

Linda Styhre, Karl Jivén och Karl Garne

Denna rapport ska citeras enligt följande:

Styhre, L., Jivén, K. & Garne, K. (2022) *Förnybara drivmedel för färjor i kollektivtrafik*. Rapport nr f3 01:2022, f3 Svenskt kunskapscentrum för förnybara transportbränslen. Tillgänglig på www.f3centre.se.

SAMMANFATTNING

Den vattenburna kollektivtrafiken har stor potential att bidra till ett effektivt kollektivtrafiksystem genom att knyta samman fler noder och avlasta väg- och spårbunden trafik. Sverige har kommit långt med införandet av förnybara drivmedel inom kollektivtrafiken på landsidan, men färjetrafiken har halkat efter. Idag finns initiativ med HVO-bränsle och eldrift, men för att vi ska nå våra nationella miljö- och klimatmål, samt de ofta förekommande regionala och kommunala miljömålen för kollektivtrafiken, behövs en omställning av färjetrafiken på bred front.

Syftet med denna rapport är att beskriva vilka förnybara drivmedel som lämpar sig för olika fartygstyper, linjer och förutsättningar. Det övergripande målet är att ge kunskapsunderlag och rekommendationer som kan användas vid upphandling och implementering av färjor med förnybar drift, vilket ska leda till minskade utsläpp av växthusgaser, hälsofarliga emissioner och partiklar.

Rapporten ger en överblick över möjliga förnybara drivmedel och beskriver drivmedlens mög-
nadsgrad och behov av infrastruktur för bunkring och laddning. Vidare anges under vilka förut-
sättningar de olika drivmedlen är lämpliga för segmentet mindre färjor, till exempel utifrån tek-
niska och geografiska förutsättningar. Drivmedel som diskuteras är HVO, batteridrift, biogas,
metanol, ammoniak och vätgas, samt energieffektivisering med hjälp av vindassistans.

Hinder och möjlighet för fossilfri drift beskrivs utifrån tre perspektiv: upphandlingsrelaterade
aspekter kring val av drivmedel, tillgång på ny teknik och operationella aspekter inklusive ladd-
ning och bunkring.

Projektets slutsatser kan kortfattat sammanfattas i följande punkter:

- Eldrift (gärna med snabbaddning) är ett bra alternativ för många fartyg inom urban kollektivtrafik i Sverige.
- HVO är ett bra alternativ för befintliga fartyg i en kortare övergångsfas mot fossilfri drift, men löser inte problemen med buller och skadliga utsläpp av kväveoxider och partiklar.
- Optimera teknik och trafik och planera utifrån nya förutsättningar vid byte av drivmedel.
- Vid upphandling av färjetrafik är det viktigt att ta hänsyn till förändrade krav och förut-
sättningar under hela kontraktslängden för att fortlöpande skapa utrymme för nya lös-
ningar.
- Det är vid nyproduktion de stora miljövinsterna kan göras, men även retrofit av befintliga
fartyg krävs för en snabbare omställning.
- Det är nödvändigt med branschdialog och samverkan vid upphandling av färjor med al-
ternativ drift.
- Kostnadsjämförelse mellan drivmedel får göras med försiktighet – prisfluktuation, ändrad
tillgång och efterfråga, teknikutveckling och nya styrmedel kan påverka kostnadsbilden
på både lång och kort sikt.

SUMMARY

Waterborne public transport has great potential to contribute to an efficient public transport system by connecting additional nodes and reducing congestion in road and rail infrastructure. In Sweden, the share of renewable fuels in public transport is high on the landside, but the ferry traffic has lagged behind. There are initiatives including HVO fuel and electric power engines, but in order to achieve our national environmental and climate objectives, as well as the often occurring regional and local environmental goals for public transport, a broad transformation of the ferry traffic is needed.

The purpose of this report is to describe which renewable fuels are suitable for different vessel types, shipping routes and conditions. The overall goal is to provide knowledge and recommendations that can be used in the procurement and implementation of ferries with renewable fuels, which will lead to reduced greenhouse gas emissions, hazardous emissions and particles.

The report provides an overview of possible renewable fuels and describes the degree of maturity and the need for infrastructure for bunkering and charging. Furthermore, it is stated under which conditions the various fuels are suitable for the smaller ferry segment, for example based on technical and geographical conditions. Fuels that are discussed are HVO, electric power, biogas, methanol, ammonia and hydrogen, as well as wind assistance for increased energy efficiency.

Obstacles and opportunities for fossil-free operations are described from three perspectives: procurement-related aspects regarding the choice of fuel, access to new technology, and operational aspects including charging and bunkering.

The project's conclusions are summarized:

- All-electric passenger ferries (preferably with fast charging) is a good alternative for many vessels in urban public transport in Sweden.
- HVO is a good alternative for existing vessels in a shorter transition phase towards fossil-free operations but does not solve problems with noise and harmful emissions of nitrogen oxides and particles.
- When changing fuel, it is necessary to optimize technology and traffic and, based on the new conditions, replan the operation.
- When procuring ferry traffic, it is important to consider changing requirements and conditions throughout the entire length of the contract in order to continuously create opportunities for new solutions.
- The greatest environmental gains can be made when new vessels are ordered but retrofit of existing vessels is also required for a faster transition to fossil-free operations.
- Business and industry dialogue and collaboration are necessary when procuring ferries with alternative fuels.
- Cost comparison between fuels need to be carried out with caution - price fluctuation, changed supply and demand, technology development and new instruments can affect costs in both the long and short term.

INNEHÅLL

1	BAKGRUND	8
2	SYFTE OCH MÅL	9
3	METOD	10
4	FÖRNYBARA DRIVMEDEL INOM FÄRJETRAFIKEN	11
4.1	HVO	11
4.2	BATTERIER	12
4.3	BIOGAS/LBG	13
4.4	METANOL	13
4.5	AMMONIAK.....	14
4.6	TRYCKSATT OCH FLYTANDE VÄTGAS	14
4.7	VIND.....	15
5	JÄMFÖRELSE AV DRIVMEDEL	16
6	FÄRJOR MED ALTERNATIV DRIFT	18
6.1	BEFINTLIGA FARTYG I SVERIGE OCH INTERNATIONELLT	18
6.2	HAVNEBUSSE – ELFARTYG I KÖPENHAMN	19
7	HINDER OCH MÖJLIGHETER FÖR FOSILFRI DRIFT	21
7.1	UPPHANDLINGSRELATERADE ASPEKTER	21
7.2	TILLGÅNG PÅ NY TEKNIK	23
7.3	OPERATIONELLA ASPEKTER INKLUSIVE LADDNING OCH BUNKRING	24
8	SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER	26
	REFERENSER	28
	LITTERATUR	28
	INTERVJUER OCH E-POST	29

1 BAKGRUND

I Sverige har kommuner och regioner länge arbetat för en övergång till fossilfri väg- och spår-bunden kollektivtrafik. Dock ligger färjetrafiken långt efter vad gäller introduktion av förnybara drivmedel, och i många fall står sjötransporterna för stora utsläpp i förhållande till landburen trafik, trots att trafikarbetet är betydligt lägre. Det finns initiativ i Sverige som handlar om el-drift, hybriddrift och användning av HVO, men omställningen behöver göras på bred front.

Det finns en stor potential i flera städer att öka nyttjandet av de urbana vattenvägarna, där färjorna har en stor potential att knyta samman övrig kollektivtrafik och infrastruktur och även avlasta det landburna transportsystemet. I dag bedrivs kollektivtrafik på vatten året runt främst i Region Stockholm, Västra Götalands län, Blekinge och Skåne, där de två förstnämnda står för en klar majoritet av trafikarbetet.

2 SYFTE OCH MÅL

Denna rapport sammanfattar arbetet som bedrivits i projektet *Förnybara drivmedel för färjor i kollektivtrafik*. Syftet med projektet har varit att analysera vilka förnybara drivmedel som lämpar sig för olika fartygstyper, linjer och förutsättningar för kollektivtrafik på vatten.

Det övergripande målet är att bidra med kunskapsunderlag och rekommendationer vid upphandling och implementering av färjor med förnybar drift och minskade utsläpp av växthusgaser, luftemissioner och buller. Hänsyn tas även till om det rör sig om nybeställning eller ombyggnation av befintliga fartyg, då det har stor betydelse för lämplig lösning. Målet är att bidra till ökad kunskap om upphandling av fossilfri kollektivtrafik på vatten inför beslut om investering i nya fartyg med hög miljöprestanda.

3 METOD

Inom projektet har en kunskapssammanställning gjorts genom litteraturstudier och genomgång av nyligen genomförda projekt inom områdena fartygsbränsle, upphandling av färjetrafik och implementering av färjor med fossilfri drift.

En viktig del av metoden har varit samverkan och kunskapsutbyte med en referensgrupp som projektgruppen arbetat tillsammans med, både i grupp och enskilt. I referensgruppen ingår:

- Ellinor Svensson – Affärsutvecklare, Styröbolaget
- Torbjörn Cederberg – Teknisk inspektör, Styröbolaget
- Henrik Börjesson – VD, Börjessons Sjötaxi & Charterbåtar samt styrelseledamot Skärgårdsredarna
- Hanna Björk – Hållbarhetschef/Bitr. avd. chef Strategisk Planering, Västtrafik
- Renato Petéh – Affärsförvaltare Fartyg och Teknik, Region Stockholm
- Fredrik Almlöv – Teknik och miljöchef, Färjerederiet
- Hans Thornell – VD, Green City Ferries

Enskilda strukturerade intervjuer har genomförts med deltagarna i referensgruppen, samt med följande organisationer: Volvo Penta, Scania, Blekingetrafiken, Vattenbussen, Candela, Movia och Bottenvikens Skärgård.

Referensgruppen fick ta del av och diskutera preliminära slutsatser och rekommendationer i april 2021 innan rapporten slutfördes under hösten 2021. Samtliga vi intervjuat fick rapportutkastet skickat till sig och gavs möjlighet att kommentera texten. Rapporten har kvalitetsgranskats av en person på IVL och två personer på f3.

I Lighthouse-projektet *Fossilfri kollektivtrafik på vatten* (Jivén et al., 2020) som avslutades under våren 2020 genomfördes en fallstudie av upphandling av elfärjor i Köpenhamn. Vid den tidpunkten hade fartygen beställts, men inte satts i drift. Därför gjordes en uppföljning av fallstudien, med fokus på erfarenheter från implementeringen av elfärjorna.

4 FÖRNYBARA DRIVMEDEL INOM FÄRJE-TRAFIKEN

Trycket på att fasa ut fossila bränslen är idag stort inom i princip alla branscher och färjetrafiken är inget undantag. Enskilda aktörer som rederier och upphandlare arbetar med att hitta lösningar med förnybara drivmedel och inom akademien pågår nationellt och internationellt arbete inom området.

Idag finns det inte något specifikt drivmedel som kan pekas ut som den självklara lösningen framöver. I stället prövas och utvärderas olika alternativ som alla har sina för- och nackdelar, och som verkar mer eller mindre lovande för olika applikationer så som typ av fartyg, behov av räckvidd mellan bunkrings- och/eller laddningstillfällen och lokal tillgänglighet på bränsle eller laddningsmöjligheter.

Det finns ett antal studier där olika drivmedel viktats mot varandra och alternativen ställts upp i matriser. I dem görs en bedömning av parametrar som vikt och volym, tillgänglighet, förväntad räckvidd per bunkring/laddning, säkerhet, miljöprestanda, kostnader och den tekniska lösningens bedömda mognadsgrad. Studierna bedömer typiskt ett antal fossila respektive förnybara drivmedel där exempelvis energikostnaden bedöms vara hög för alla de förnybara alternativen (i vissa fall med undantag av eldrift) och den tekniska mognadsgraden relativt låg, förutom för HVO som är väl beprövat.

Exempel på sådana sammanställningar är:

- Studien *Comparison of Alternative Marine Fuels* från 2019 som är sammanställd av DNV GL (DNV GL, 2019).
- Sjöfartsverket utredning om fossilfri flotta från 2021 (Sjöfartsverket, 2021)
- Korberg, Brynolf, Grahn & Skov (2020). *Techno-economic assessment of advanced fuels and propulsion systems in future fossil-free ships*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 142, May 2021.

I detta kapitel har vi sammanställt de drivmedel som ser ut att ha potential för implementering i fartygssegmentet färjor. Några av de möjliga alternativen, såsom HVO, har fördelen att de direkt kan användas i befintlig fartygsflotta med små eller inga krav på konverteringar, s.k. retrofit. Andra alternativ, såsom vätgas och ammoniak, kräver helt nytt framdrivningsmaskineri, nya processer och säkerhetsföreskrifter.

Beroende på produktionsprocessen av drivmedlet kan vissa alternativ vara lösningar som bidrar till minskning av utsläpp av växthusgaser, men kanske bara marginellt minskar andra lokala emissioner. Ett sådant bränsle är HVO, där en färja som drivs med HVO i stället för traditionell fossilt baserad diesel kan minska växthusgaserna kraftigt, men förväntas ha likartade utsläpp av partiklar och kväveoxider, samt generera samma mängd buller under drift. Andra alternativ som eldrift genom batterier eller från vätgasdrivna bränsleceller, kommer i stället att i princip eliminera utsläppen av skadliga luftutsläpp och ser ut att ha potential att markant minska även över- och undervattensbuller från fartyget.

4.1 HVO

Som bränsle är HVO på många sätt ett bra förnybart alternativ till konventionella fossila dieselbränslen. Ombord krävs inga specifika rutiner eller förändringar i utrustning. Drift med HVO

förbättrar klimatprestandan avsevärt då exempelvis HVO100 (100 % HVO) endast ger upphov till cirka en sjättedel av de växthusgasutsläpp som konventionell diesel med Miljöklass 1 (MK1) gör (överslag från Energimyndigheten, 2020).

Det bör noteras att förbränningen av HVO och andra förnybara substitut ger upphov till likartade utsläpp av kväveoxider och partiklar som fossila dieselbränslen. En samhällsekonomisk värdering av utsläppen enligt Trafikverkets ASEK-modell (Trafikverket, 2021) visar att skadekostnader för luftutsläpp av partiklar och kväveoxider står för cirka 35 % av kostnaderna för en kollektivtrafikfärja som drivs med MK1. Denna andel är i princip oförändrad vid övergång till drift med HVO. En överslagsberäkning ger att cirka 60 % av de totala skadekostnaderna från luftutsläppen undviks om MK1 byts ut mot HVO.

Ett bränslebyte från MK1 till HVO minskar heller inte buller och vibrationer, som kan vara ett stort problem för kollektivtrafikfärjor som ofta opererar nära tätbebyggda områden.

En annan problematik kopplad till HVO är att de råvaror som bränslet produceras av till absoluta merparten är importerade. Dessutom kan PFAD (eng. Palm Fatty Acid Distillate), en biprodukt från palmolja produktionen, vara en dominerande beståndsdel. Hur hållbart HVO kan anses vara blir därmed en fråga om vilka komponenter som bränslet producerats av och varifrån dessa kommer.

Efterfrågan på inblandning av förnybara råvaror i drivmedel för det landbaserade transportsystemet ökar inom hela EU och specifikt i Sverige genom reduktionsplikten. Det ökar i sin tur konkurrensen om HVO eftersom det är enkelt att blanda in i dieselbränsle. Detta förväntas påverka tillgängligheten på HVO som en separat tillhandahållen förnybar produkt. På längre sikt kan ökad produktion väga upp för detta. Exempelvis Preem planerar för att producera fem miljoner ton kubikmeter biobränsle i Sverige till 2030. Samtidigt leder elektrifiering av vägsektorn till att efterfrågan på HVO kan minska.

4.2 BATTERIER

De batterier som idag finns tillgängliga är en fungerande lösning för en del av den kollektivtrafik som bedrivs på vatten. Det är främst trafik med korta avstånd som har ansetts mest lämpliga för elektrifiering, men snabb utveckling av effektivare batterier och nya tekniker kan komma att utöka det geografiska området som elfärjorna kan operera inom. Nya koncept med exempelvis färjor försedda med bärplansvingar (vingar under vattnet som lyfter skrovet över vattenytan) ser ut att kunna kombinera mycket låg energiförbrukning för framdrift med hög fart. Koncept med batteridrivna bärplansfärjor kommer inom de närmaste åren att testas i Stockholm (Region Stockholm, 2021).

Laddning av fartygen kräver tillgång på el och möjlighet att installera infrastruktur för laddning vid platser som färjorna angör. Om det finns möjlighet att ladda vid stopp under dagen kan batterikapaciteten ombord minskas avsevärt. Som exempel kan ett antal minuters snabbaddning vid ändstationer eller kajuppehåll avsevärt kan minska batteriinstallationens storlek, vilket i sin tur bidrar till bättre totalekonomi.

Ur ett energieffektivitetsperspektiv har ellösningar med batterier en mycket hög total verkningsgrad. Ser man till kostnaderna kan batterilösningar redan idag vara det mest lönsamma alternati-

vet för fartyg som kan laddas regelbundet och inte kräver allt för stora batteri. Under förutsättning att elen produceras med bra miljö- och klimatprestanda har batterilösningar för fartyg möjlighet att vara i princip nollemissionsfartyg.

4.3 BIOGAS/LBG

Det finns idag motorprogram framtagna för tunga lastbilar för drift av LNG (eng. Liquefied Natural Gas – fossil metangas) eller LBG (eng. Liquefied Biogas) vilka idag säljs i Sverige och internationellt. Energieffektivitetsmässigt verkar dessa motorer ligga i paritet med de konventionella dieselmotorerna, och drivs de med LBG kan synnerligen god klimatprestanda erhållas. LBG tar något mer plats och väger mer (inklusive tankar) än konventionellt dieselbränsle. Därför har lastbilar drivna med LNG eller LBG inte samma räckvidd. Även för större handelsfartyg med LNG-drift tar tankarna större plats.

De finns även miljömässiga fördelar med produktion av biogas. Om den metangas som bildas under rötningsprocessen vid biogasproduktion från gödselsubstrat omhändertas i stället för att släppas ut till luften, så får den nytta som erhålls tillgodoräknas enligt Förnybarhetsdirektivet RED II. Detta betyder att i enlighet med RED II får varje använd Mega-Joule biogas från gödselsubstrat räknas som en klimatnytta om 100 g koldioxidekvivalenter (2021). Eftersom just gödselsubstrat beräknas ha en potential att kunna bidra till runt hälften av all biogasproduktion i Sverige, i storleksordningen 2–3 TWh, är det sammantaget en stor klimatnytta som kan erhållas.

Det finns i dagsläget inga fartyg med gasdrift inom segmentet färjor, men det finns inga tekniska hinder med att anpassa LNG-motorer från landsidan till att fungera som marinmotorer. Dock bedöms efterfrågan som för liten för att kunna finansiera konverteringen av dessa motorprogram till marinmotorer (samtal med Scania 2020-12-02, respektive Volvo Penta 2020-12-03).

Vår bedömning är att det skulle vara tekniskt möjligt och även ekonomiskt överkomligt att driva kollektivtrafikfärjor på LBG eller trycksatt biogas, men att det främsta hindret idag är att det inte finns bra marinanpassade motorer på marknaden för de mindre färjorna. För handelsfartyg beräknas upp emot 15 % av allt bränsle inom sjöfarten kunna vara i form av LNG inom en tioårsperiod. Redan idag ligger konsumtionen av LNG på cirka 3 % av total bränslemängd (EC, 2019). Fartyg som inte transporterar LNG (dvs. gastankers) står för cirka 1 % (beräknat baserat på MRV-data (EMSA, 2021)). Inom detta segment finns stor potential att fasa ut fossilt LNG och introducera LBG.

4.4 METANOL

Idag finns flera metanoldrivna fartyg och det finns förnybar produktion planerad i både Sverige och Danmark, som exempel. Växthusgasprestandan för metanol producerad från biobaserade råvaror eller förnybar el och förnybar koldioxid ser bra ut jämfört med fossila alternativ. Kostnadsnivåerna för att producera och använda metanol tycks också vara lovande och just biometanol bedöms kunna vara det mest kostnadseffektiva alternativa flytande bränslet.

Förnybart producerad metanol bör kunna ses som möjligt alternativ för att framför allt minska växthusgaser från färjor. Liknande som för HVO kvarstår problematiken med buller och skadliga utsläpp av kväveoxider och partiklar, men potential finns även att minska dessa. Under

2021 har rederier med Maersk Line i spetsen beställt nya fartyg som ska vara möjliga att drivas med metanol (Maersk, 2021).

4.5 AMMONIAK

Idag finns ett stort intresse för att undersöka möjligheten att använda ammoniak som fartygsbränsle. Den stora fördelen med ammoniak är att ämnet inte innehåller något kol och därför inte heller genererar någon koldioxid när det används som bränsle. När ammoniak produceras med elektricitet som elektrobränsle behöver inte heller koldioxid tillföras processen som med andra elektrobränslen.

Gällande ammoniak finns dock farhågor för att lustgas, en potent växthusgas, bildas och släpps ut. Problematiken finns vid användning i förbränningsmotorer men eventuellt även vid användning i bränsleceller. Här behövs mer kunskap för att bättre kunna beskriva både omfattningen av problemen och möjliga lösningar.

Ammoniak kan potentiellt användas i förbränningsmotorer eller omvandlas till el i bränsleceller. Vissa bränsleceller kan matas direkt med ammoniak medan andra kräver att ammoniaken först reformeras till vätgas.

Bland andra Maersk, NYK och Lloyds har under 2021 initierat ett gemensamt projekt för att ta fram riktlinjer för säker användning av ammoniak ombord på fartyg. Ämnets giftighet gör det dock inte till ett attraktivt val som bränsle för kollektivtrafikfärjor, men utveckling inom området skulle kunna ändra på detta.

4.6 TRYCKSATT OCH FLYTANDE VÄTGAS

Vätgasen har både för- och nackdelar som bränsle. En fördel är att den kan produceras direkt från vatten med elektricitet på plats där den behövs med hjälp av en elektrolysör. Även om vätgas är lätt tar den mycket plats. Den lagras som trycksatt gas med 200–700 bar eller flytande vid mycket låga temperaturer. Den tar alltså mer plats ombord (i storleksordningen 7–10 gånger mer plats än konventionella dieselbränslen som marin gasolja, MGO) och ställer höga tekniska krav vid lagring.

Ett annat problem är att det i dagsläget saknas framtagna klassregler för vad som gäller vid installation av vätgassystem ombord. Det innebär att den som ska installera vätgassystem ombord på fartyg själv behöver visa att säkerhetsnivån är minst lika hög som för konventionella installationer, vilket kan bli kostsamt. Klassregler är dock under utveckling hos t.ex. DNV och Bureau Veritas.

Det finns idag planer och projekt som syftar till att bygga både mindre och större fartyg som drivs med vätgas. I de fartyg som redan är i drift finns främst dieselmotorer som konverterats till vätgasdrift, med undantag av det norska färjerederiet Norleds vätgasdrivna färja Hydra som levererades under 2021 (Motor Ship, 2021). Det finns även fartyg som idag projekteras med bränsleceller och som inom det närmsta året kan komma att tas i drift. Även Gren City Ferries (samtal 2021-05-06) har tagit fram ett fartygskoncept med vätgasdrivna snabba färjor, men har inte projekterat dessa än.

Kostnaden för att installera vätgassystem och bränsleceller är idag hög men förväntas sjunka i takt med att tekniken och produktionen fortsätter att utvecklas. Även priset på förnybart producerad vätgas förväntas att sjunka kraftigt över tid. I Sverige finns det redan idag ett antal produktionsanläggningar och vätgastankstationer på landsidan. Det finns också regioner som verkar för att bli vätgaskluster med ett flertal vätgastankstationer planerade. Det finns även ett växande intresse från svenska hamnar för introduktion och tillgängliggörande av vätgas som bränsle.

4.7 VIND

Inom handelssjöfarten projekteras idag för seglande eller vindassisterade fartyg, främst som en energieffektiviserande åtgärd men också där vinden är den huvudsakliga energikällan, som i projektet Oceanbird (Oceanbird, 2021). Vår bedömning är att det i dagsläget inte finns tillgänglig segelteknologi som kan implementeras i kollektivtrafik på vatten de närmaste åren, men det utesluter inte att sådan teknik utvecklas framöver. Till exempel finns redan nu Flettner-rotorer installerade på både Scandlines M/V Copenhagen, som opererar mellan Rostock och Gedser, och på Viking Grace som går mellan Stockholm och Åbo. De bidrar till framdriften och har potential att sänka energiförbrukningen ombord med 5–20 %.

5 JÄMFÖRELSE AV DRIVMEDEL

För att tydliggöra skillnader och likheter mellan drivmedlen och därigenom belysa deras lämplighet för olika applikationer med skilda förutsättningar har en sammanställning gjorts. I Tabell 1 visas en jämförelse mellan olika drivmedel baserat på intervjuer och litteraturstudier.

Ett perspektiv som kan användas för att jämföra förnybara bränslen är total verkningsgrad från energiråvara till nyttiggjord energi ombord i form av mekanisk energi, värme, etc. Här är verkningsgraden för ellösningar med batterier avsevärt mycket bättre än övriga bränslen som metanol, ammoniak, HVO etc. Detta beror på storleken på de förluster som uppstår i omvandlingsstegen där exempelvis en elektrolysör som omvandlar elektricitet till vätgas kan ha en verkningsgrad på i storleksordningen 60 % och att omvandlingsförlusterna i förbränningsmotorer normalt är större än 50 %. Sammantaget ger detta att förnybara bränslen typiskt har verkningsgrader på omkring 15–25 %. Ellösningar kan uppvisa en verkningsgrad på 80–90 %.

Tabell 1. Jämförelse mellan de olika drivmedlen för färjetrafik.

Drivmedel/ Kategori	Klimat- påverkan (g CO ₂ -e/MJ)	Lokal miljö- påverkan (NO _x , SO ₂ , PM, buller)	Tekniska och geografiska förut- sättningar (utrymme, vikt, energilagring, etc.)	Infrastruktur för bunkring / ladd- ning samt tillgänglighet	Drivmedlets mognads- grad ¹
Konventionell fossil diesel	76 ¹	Hög påverkan	Goda	Goda	Hög
Diesel- substitut: HVO	13 ¹	Hög påverkan. Utmaning med palmoljebaserad råvara och hög andel import	Goda, motsvarande diesel.	Enkelt att nyttja, befintlig infrastruktur för diesel är helt kompatibel med HVO. Utmaningar med pris och framtida tillgång.	Hög
Alkohol: Biometanol	2–8 ²	Mindre påverkan	Bedöms fungera bra för i princip alla typer av fartyg, men mer plats- och viktkrävande än konventionell diesel.	Idag finns få leverantörer av förnybart producerad metanol, men produktionskapaciteten bedöms vara under uppbyggnad med fler aktörer.	Medium
Gas: Biogas/ LBG	-11 ²	Mindre påverkan	Bedöms fungera bra för i princip alla typer av fartyg, men mer platskrävande än konventionell diesel.	Tillräckliga mängder LBG saknas idag för storskalig övergång till LNG. På sikt bedöms biogas kunna produceras i omfattningen att LNG inom sjöfart ska kunna fasa ut helt eller delvis.	Medium. Motorprogram för mindre färjor saknas.
Vätska: Ammoniak från förnybar produktion	18–45 ³ Lägre vid produktion från förnybar el	Lägre partikel- emissioner men högre utsläpp av NO _x och NH ₃ . Mycket låg påverkan vid utnyttjande i bränsleceller.	Plats- och viktkrävande. Bedöms kunna fungera bra för längre rutter. Utmaningar kopplas till ämnets giftighet, avsaknad av färdiga säkerhetsföreskrifter och tekniska anvisningar för användning ombord.	Tillgången på förnybart producerad ammoniak är idag liten. Produktion i större skala kan komma i gång kopplat till nya havsbaserade vindkraftsparker. Bunkring är komplex ur säkerhetssynpunkt, men är under utveckling.	Låg. Komplex/oprövat (teknisk, säkerhet, regelverk, motorprogram).
Gas/vätska: Vätgas (i bränsleceller)	20 ¹ Lägre vid produktion från förnybar el	Mycket låg påverkan	Mer platskrävande, där flytande väte tar mindre plats än trycksatt. Bedöms kunna ersätta konventionella bränslen för de flesta fartyg.	Stort fokus inom EU och andra delar av världen på att möjliggöra och utveckla kapacitet för vätgasproduktion baserat på förnybar el och/eller genom ångreformerings från förnybart producerad metan.	Låg. Relativt oprövat, men snabb utveckling
Elektricitet: Batterier	Förnybar el: 0, Svensk el- mix: 13 ¹	Mycket låg påverkan	Fungerar bäst för fartyg med begränsad räckvidd, men ny teknik och innovation möjliggör ökad fart och längre sträckor. Hög verkningsgrad.	Tekniken finns tillgänglig, men laddningsinfrastruktur för fartyg är inte utbyggd. Elektrisk kapacitet vid kajer är en utmaning.	Medium, men snabb utveckling.
Elektricitet: Batterier med snabb- laddning	Förnybar el: 0, Svensk el- mix: 13 ¹	Mycket låg påverkan	Möjlighet till laddning vid exempelvis regelbundna stopp kan medge kraftig minskning i batteristorlek. Hög verkningsgrad.	Tekniken är tillgänglig, men laddningsinfrastruktur för fartyg inte utbyggd. Elektrisk kapacitet vid kajer kan vara en utmaning. Snabbladdning är utvecklad. Fortsatt teknikutveckling kan möjliggöra effektivare system och att energi kan lagras över tid och snabbt överföras till fartyget.	Medium, men snabb utveckling.

¹ Energimyndigheten, 2020² EU, 2018. För LBG beräknat utifrån nationell svensk substratmix för typisk LBG produktion baserat på klimatprestanda för biodrivmedel (typiska värden och normalvärden för biometan).³ Sjöfartsverket, 2021⁴ Hansson, 2020. Bedömning av mognadsgrad för bränslet.

6 FÄRJOR MED ALTERNATIV DRIFT

6.1 BEFINTLIGA FARTYG I SVERIGE OCH INTERNATIONELLT

Idag sker en gradvis övergång från de inom sjöfarten fortfarande helt dominerande fossila bränslena till nya drivmedel och lösningar. Här är några svenska exempel som uppmärksammats under senare år:

- Rederiet Forsea bedriver färjetrafik mellan Helsingör och Helsingborg med bland annat färjorna Tycho Brahe och Aurora som sedan 2018 är eldrivna med batterier som laddas under varje hamnanlop.
- Inom Stockholms lokal- och regionaltrafik fasas fossila konventionella drivmedel till färjor ut. På befintliga färjor byts konventionell diesel ut mot förnybart producerad HVO, och under 2020 var cirka 50 % av bränslet som tankades HVO. Inom lokaltrafiken finns exempel på både helt eldriven färjetrafik i form av passagerarfärjan Sjövägen på Linje 80, det helelektriska fartyget Lotten och el-diesel-hybridfartyget Rex.
- Inom Västra Götalandsregionen har introduktion av fossilfria alternativ inom färjetrafiken införts inom älvtrafiken där färjan Elvy sattes i drift i slutet av 2019. Elvy är en el- och dieselmotorhybrid där batterier som laddas nattetid kan driva färjan under cirka halva dagen och där resten av kraften kommer från el genererad med dieselmotor kopplad till generator. Ytterligare en elhybridfärja har beställts. För vissa linjer finns krav på inblandning av HVO (samtal 2020-10-06), t.ex. för Käringsötrafiken och Kostertrafiken. Nyligen avslutades en upphandling av elfärja för trafiken mellan Lysekil och Skaftö.
- De nyaste LNG-drivna fartygen hos Destination Gotland går idag på fossil LNG med inblandning av 10 % förnybart producerad biogas.
- Trafikverkets Färjerederi arbetar vidare med att konvertera färjeleder till eldrift och att använda miljöbränsle utan konvertering enligt sin tonnageplan för framtida fartygsflotta *Inriktningsplan för klimatneutral färjedrift 2045* (Trafikverket, 2018).

Internationellt finns motsvarande utveckling i ett antal länder. Norge utmärker sig för att kommit långt i form av elektrifiering av färjor och piloter med vätgas. Utvecklingen baseras på en uttalad strategi från norska staten att vara ledande inom området (Norwegian Government, 2019). Under 2015 sjösattes världens första helelektriska färja i Lavik-Oppedal i Norge. Antalet norska fartyg med någon form av eldrift har sedan dess ökat och uppgår idag till ett hundratal. Ett exempel är de fem nya passagerarfärjorna med eldrift som upphandlats av Ruter, där det första fartyget levererades i december 2021 (Boreal, 2021). Samtliga fem fartyg förväntas vara i bruk över Oslofjorden till sommaren 2022. Ett annat exempel är MF Bastø Electric, världens för närvarande längsta fullelektriska färja, som kan ta 200 bilar eller 24 lastbilar samt 600 passagerare. Fartyget är 140 m långt, går i 13 knop och ska trafikera Oslofjorden mellan Horten och Moss. Batterikapaciteten är 4 300 kWh och det ska laddas med 7 200 kW effekt (Insideevs, 2021).

Ett intressant norskt exempel med vätgasdrivna fartyg står Rederiet Norled för. Under sommaren 2021 fick de leverans av den vätgasdrivna färjan Hydra som ska operera på en rutt nära Stavanger. Färjan kan ta upp till 300 passagerare och 80 bilar (Motor Ship, 2021). Färjan blir världens första större färja som går på flytande vätgas och ska bunkras var tredje vecka.

Det finns idag endast ett fåtal färjor i världen med vätgasdrift och bränsleceller. Ett exempel är passagerarfärjan FCS Alsterwasser i Hamburg som kan ta cirka 100 passagerare. Färjan driftsattes redan 2008. Ett annat exempel är en arbetsbåt för vattenbruksindustrin (REENERGY, 2021). Inom samarbetsklustret Renewy Energy Cluster (REENERGY) har fiskodlingsnäringen identifierats som ett område med potential för implementering av vätgasdrivna fartyg. Behovet av fartyg är stort i en tämligen homogen nisch, vilket möjliggör serieproduktion av fartyg. En utsläppsfri arbetsbåt för den norska fiskeindustrin är under utveckling och konstrueras för att klara en dags drift per bunkring men med möjlighet till utökad räckvidd. Fartyget beräknas tas i drift 2023 eller 2024. Utvecklingen av fartyget har genomförts av flera projektpartners. Principer för drivlina, logistik kring vätgashantering, samt produktion bör kunna vara applicerbara även för passagerarfärjor med liknande effektbehov och aktionsradier.

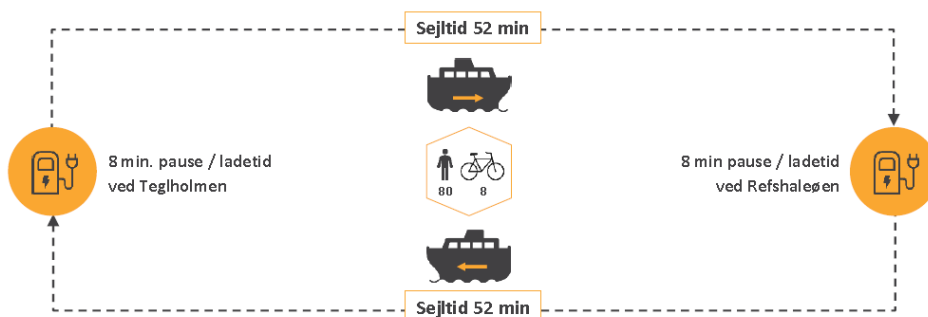
6.2 HAVNEBUSSE – ELFARTYG I KÖPENHAMN

I den Lighthouse-finansierade förstudien *Fossilfri kollektivtrafik på vatten* genomfördes en fallstudie av den danska kollektivtrafikaktören Movias upphandling av sju nya elfartyg till Köpenhamn. Arriva, en av de största leverantörerna av persontransporter i Europa, vann uppdraget tillsammans med varvet Damen Shipyard Group. Vid tidpunkten för Lighthouse-rapportens publicering 2020 var fem elfärjor under byggnation i Polen, men inget fartyg var ännu i drift. Beskrivning av upplägg och erfarenheter från upphandlingsförfarandet framgår av rapporten *Fossilfri kollektivtrafik på vatten - hinder och möjligheter för färjor med hög miljöprestanda* (Jivén et al, 2020).

Kortfattat innehöll specifikationen i anbudshandlingarna från Movia funktionskrav på fartygen att de skulle klara låga emissioner av kväveoxider, inte emittera svavel eller ge något nettoutsläpp av koldioxid, vilket gjorde att även lösningar med biobränsle var möjliga. Tekniska funktionskrav gällde yttre förutsättningar som höjd (<4m), förmåga till gång i fem cm nyis, att klara vind upp till 15 m/s och att kunna nyttja befintliga bryggor. Antal passagerare var satt till 80 och med plats för åtta cyklar. Det fanns krav att fartyget skulle kunna hanteras av en person. Kontraktstiden var tio + två år.

Projektets utveckling och dialogupphandlingsprocessen beskrivs av Movia i rapporten *Kortlægning og evaluering af nulemissionsudbud* (Movia, 2019). Där framgår att den 100 % elektrifierade lösningen för framdrift av fartygen var i kostnadsässig nivå med den befintliga trafiken. Det föranledde Köpenhamns kommun att redan innan de första fem fartygen driftsattes, besluta om att utöka trafiken med längre rutt, fler hållplatser och att utlösa optionen om ytterligare två fartyg, från fem till sju. Förändringen fick en påverkan på både fartyg och laddinfrastruktur. Enligt Movia (2019) höll man sig efter förändringarna av det ursprungliga avtalet ändå inom den ursprungliga budgetramen.

En förutsättning för att hålla budgeten var att hålla nere batteristorleken, vilket kräver snabb-laddning under dagen. Tidtabellen är därför utformad för att fartygen ska hinna laddas under åtta minuter vid varje ändhållplats, enligt Figur 1.



Figur 1. Tidtabell för Havnebussen som innebär 52 minuter transport och åtta minuter laddning.

I april 2021 hade de nya färjorna hade varit i drift ett knappt år. Då samtalade vi med Gert Højbjerg Mortensen på Movia (samtal 2021-04-12) som följt projektet från början. Han beskrev erfarenheterna av färjorna, laddningen och trafiken som helhet som positiva med förvånansvärt få problem. Färjorna levererades något försenade men driften har inte uppvisat fler barnsjukdomar än förväntat. Sedan 2017, då förstudierna utfördes och upphandlingen inleddes, har den tekniska utvecklingen gått snabbt. Troligen skulle elfärjor vara ett givet alternativ från start i en upphandling som inleddes idag. Den bilden bekräftas av Goel & Wadelius (2021) rapport om övergång till utsläppsfria pendelbåtar. Samtidigt blir det tydligt att Köpenhamns kommuns krav på mer miljövänliga färjor och beredskapen att betala för att kraven uppfylls, var betydelsefulla incitament för att framdriften av färjorna blev fullt ut elektrifierade redan innan tekniken ansågs fullt etablerad.

7 HINDER OCH MÖJLIGHETER FÖR FOSILFRI DRIFT

7.1 UPPHANDLINGSRELATERADE ASPEKTER

Varje år görs en rad offentliga upphandlingar för kollektivtrafik på vatten runt om i Sverige. Susanna Hall Kihl på Vattenbussen och Nina Yngve på Skärgårdsredarna har gjort en intressant kartläggning över samtliga upphandlingar av tidtabellbunden kollektivtrafik med färjor under åren 2012 till 2020. De hittade totalt 47 upphandlingsunderlag, varav nio enbart var samrådan inför upphandling. Tabell 2 inkluderar en sammanställning av de 38 faktiska upphandlingarna under tidsperioden. En majoritet är upphandlingarna gäller sommartrafik eller ersättningstrafik med korta avtalsstider. Större upphandlingar med längre kontraktstid än fem år gjordes enbart av Västra Götalandsregionen och Region Stockholm. Avtal längre än fem år är ovanligt och upphandlades enbart vid sex tillfällen under tidsperioden.

Tabell 2. Upphandlingar av färjetrafik i Sverige mellan 2012 och 2020. Källa: Opublicerad sammanställning av Vattenbussen och Skärgårdsredarna (med mindre revision för förtydligande).

	S. ostkust			Västkusten				Karlstad			Östergötland	Stockholm							Gävle		Norrländ															
Upphandlat enl. lagrum:																																				
LOU																																				
LUF																																				
LUK																																				
Avtalslängd (år)	0	3	2	2	2	8	3	10	8	6	0	0	0	0	5	1	4	2	12	2	0	5	5	7	0	0	2	2	0	0	0	0	0	3	3	
Åretruntrafik																																				
Sommartrafik																																				
Trafikaffärens storlek (S,M,L)	S	M	S	S	L	L	L	L	M	S	S	S	S	S	S	L	M	L	M	S	L	M	L	S	S	M	S	S	S	S	S	S	S	M	M	
Miljökrav																																				
Fartygskrav																																				
Sociala krav																																				
Tillgänglighetskrav																																				
Samverkan & ansvarsfördelning																																				
Tilldelningsbeslut																																				
Rättsfall																																				

Upphandling har skett med stöd av tre lagar: LOU=Lagen om offentlig upphandling, LUF=Lagen om upphandling inom försörjningssektorerna, och LUK=Lagen om upphandling av koncessioner.

Vi gick igenom och analyserade miljökraven för samtliga av de sammanställda upphandlingsunderlagen. Miljökrav förekom vid 15 upphandlingar, se tabell ovan, och ställdes främst av Västra Götalandsregionen och Region Stockholm, samt vid några ytterligare enstaka upphandlingar. Exempel på krav som ställdes är att kväveutsläppen inte får överstiga motsvarande Tier III (gräns på fartygsutsläpp av kväveoxid enligt International Maritime Organization, IMO), att landström ska användas om fartyget ligger längre än 15 minuter vid kaj, att andelen förnybara bränslen ska överstiga en viss andel, att elen måste vara 100 % förnybar, och att omgivningsljudet från fartyget inte får överskrida 80dB. Andra miljökrav förekom i underlagen som vi inte inkluderat i tabellen eftersom vi bedömde att de var av mer allmän karaktär eller sannolikt inte påverkar fartygets miljöprestanda. Exempel är krav på att drivmedel som lägst ska ha diesel miljöklass 1 (MK1), att oljehaltigt vatten och avfall måste hanteras, och att rederiet ska ha ett miljöledningssystem eller aktivt arbeta med miljöfrågor.

Det finns flera svårigheter med upphandlingsförfarandet för övergång till fartyg med fossilfri drift. Eftersom större upphandlingar görs relativt sällan och den tekniska utvecklingen går snabbt, är det svårt att besitta all den aktuella kunskap som behövs för att kunna beställa fartyg med alternativ drift. Det är också enligt Västtrafik (samtal 2020-10-06) svårt med sjöfarten då

upphandlingarna skiljer sig mer från varandra än standardiserade upphandlingar på t.ex. vägsidan. Flera aktörer vi haft kontakt med har därför lyft behovet av branschsamverkan för ökat erfarenhetsutbyte, men även samråd och dialogmöten vid upphandling mellan upphandlare, trafikoperatörer, rederier, fartygsoperatörer, regioner, kommuner, energibolag, brygg- och kajägare och andra involverade aktörer.

Från upphandlarens perspektiv finns det risker med att ställa höga miljökrav i en upphandling, både gällande ekonomi och för intresset från aktörer att lämna in anbud. I samtal med Region Blekinge (samtal 2021-03-16) som ansvarar för Blekingetrafiken framkom att bristen på konkurrens är påtaglig redan vid konventionell drift och man är orolig att inte få in anbud om man skärper miljökraven. Så var fallet vid en upphandling av färjetrafiken till Limön¹ i Gävle kommun 2019. När inget anbud klarade de uppsatta miljökraven fick upphandlingen avbrytas och genomföras på nytt med sänkta krav på fartygen. Detta bekräftas även av Transportstyrelsens utredning om kollektivtrafik på vatten ur ett upphandlingsperspektiv (Transportstyrelsen, 2017), som visade att majoriteten av rederier angav att miljökrav försvårar deras möjlighet att delta i upphandlingar. Detta var särskilt påtagligt bland de mindre rederierna där 75 % angav att miljökrav helt eller delvis försvårar deltagande.

En annan problematik är kostnaderna för fartyg med alternativ drift som kan förväntas bli högre. Det finns dock beräkningar som visar att det inte nödvändigtvis behöver bli dyrare med eldrift jämfört med konventionell drift (Jivén et al., 2020, samtal 2021-06-03). Nya kostnader kan också uppstå när nya aktörer behöver vara involverade i beslutet och det kan krävas nya finansieringsmodeller. Ett exempel är laddningsinfrastruktur för elfartyg, där ägare av bryggor och kajer behöver involveras i ett tidigt skede. Ägare kan vara olika avdelningar inom kommunen, men ute i skärgården kan bryggor även ägas privat eller av samfälligheter.

Sammanfattningsvis måste det därför finnas en politisk vilja bland regionerna att ta de eventuellt ökade kostnaderna och se över finansieringen som kan förknippas med att upphandla fartyg med alternativ drift, samtidigt som det ska finnas tid för samverkan mellan berörda parter.

Långa avtal är en viktig förutsättning för att kunna upphandla färjetrafik med alternativ drift, vilket lyftes som en framgångsfaktor vid upphandlingen i Köpenhamn. Västtrafik (samtal 2020-10-06) lyfter fram förlängd avtalstid som en möjliggörare för nya investeringar i elfartyg. Fördelen med långa avtal är att man minskar riskerna för rederiernas investeringar i nya fartyg och ger längre avbetalningstider. Typiska kontraktstider som diskuteras kan vara 10–15 år, vilket ändå är kortare än avskrivningstiden på ett fartyg. En risk med stora avtal och långa kontraktstider är dock att mindre aktörer inte ges möjlighet att konkurrera och lämna in anbud. Ett sätt att minska riskerna för rederierna och säkerställa att man får en kontinuitet kan också vara att se över ägandet av fartygen. Exempelvis valde Västtrafik att själva äga elhybridfartyget Elvy som går över Göta Älv och som opereras av Styröbolaget.

I en tid då utvecklingen av teknik och tillgång på förnybara drivmedel sker mycket snabbt, kräver upphandlingsavtalen att man säkerställer en kontinuerlig förbättring under kontraktslängden för att inte bromsa upp omställningen till fossilfri drift. Det är till exempel vanligt att krav finns på att den senaste tekniken ska användas vid motorbyte. Enligt Region Stockholm (samtal 2020-10-07) och Styrötrafiken (samtal 2020-10-09) görs motorbyte efter ungefär 35 000–50 000

¹ Se t.ex. <https://www.svt.se/nyheter/lokalt/gavleborg/limobat-till-furuvik-hotad-sankta-krav-i-ny-upphandling>

driftstimmar. Färjerederiet (samtal 2020-10-14) byter motorer med längre intervall, men gör omfattande motorrenoveringar vid cirka 30 000–35 000 timmar.

Slutligen diskuterades i samtal med rederierna Candela (samtal 2021-06-03), Green City Ferries (samtal 2021-05-06) och Styröbolaget (2020-10-09) att upphandlingens utformning i större utsträckning skulle kunna gynna innovation och utveckling inom färjetrafiken. Det nämndes att energieffektivitet, t.ex. mätt i kWh/personkilometer, bör vara ett kriterium vid upphandling, vilket det enligt uppgift redan är i Norge (e-post 2021-10-15). Detta skulle kunna driva utvecklingen mot mer energieffektiva fartyg.

Ett annat exempel är det i upphandlingsunderlag ofta förekommande krav på fartygets storlek som anges i antal passagerare/fartyg. Ett lämpligare mått skulle kunna vara antal passagerare per timme som färjelinjen kan hantera, vilket innebär att mindre men mer högfrekventa fartyg skulle kunna vara ett alternativ.

Ett sista exempel är att i upphandlingsunderlaget skilja på drivmedelskraven för framdrift och för uppvärmning ombord. En elfärja genererar ingen spillvärme på motsvarande sätt som ett fartyg med förbränningsmotor, vilket får till följd att elmotorn även måste användas för uppvärmning om man inte har ett separat värmesystem ombord, som t.ex. skulle kunna drivas av HVO. Om krav finns att batteriet även ska stå för uppvärmning, finns risk att man måste ta höjd för högre batterikapacitet för att uppfylla specifikationer om mini- och maxtemperatur för passagerarytor. Det kan få till följd att större batterier än vad som egentligen krävs för framdrift behövs installeras, vilket ger ett större energibehov pga. av tyngre båt (e-post 2021-11-09). Komfortvärmens kan stå för en relativt stor andel av energiförbrukningen. Styröbolaget anger t.ex. att komfortvärmens för hybridvärjan Elvy kan uppgå till 35 % av energianvändningen vid svåra vädersituationer (e-post 2021-11-09).

Sammanfattningsvis skulle ett förändrat synsätt hos upphandlande enheter kunna bidra till en snabbare omställning.

7.2 TILLGÅNG PÅ NY TEKNIK

I likhet med Movias erfarenheter från de nya Havnebussen i Köpenhamn, pekade samtal med Scania (2020-12-02) mot en förväntad utveckling mot elektrifierade mindre passagerarfärjor. El framhölls generellt som främsta framtida alternativ för korta resor, arbetsbåtar i fiskodlingar, vägfärjor och kollektivtrafik. När effektbehovet varierar, speciellt med perioder av låg last, är verkningsgraden för elmaskineri avsevärt högre än för förbränningsmotormaskineri. En marin förbränningsmotor kan ha en verkningsgrad på 42–46 %, men vid låg last, till exempel när en färja trycker mot kaj, kan verkningsgraden vara runt 20–25 %. Elmotorns verkningsgrad ligger runt 96 %, men räknat som helhet, inklusive laddningsförluster etc., kan riktvärdet för verkningsgraden förväntas vara 80–90 %.

För att i det korta tidsperspektivet uppnå fossilfrihet är HVO och eventuellt FAME de mest attraktiva alternativen. Scanias resonemang är att el-hybridlösningar kan vara aktuella vid uppgradering av fartyg, för nybyggnation gäller eldrift. Scanias elhybridutveckling bedrivs bl.a. i samarbete med Blidösbolaget, där fartyget Rex som går i pendeltrafik i Stockholms lokaltrafik utrustats med el-diesel-hybridarrangemang. Som framtida bränslen ser Scania metanol och vätgas som kandidater. Biogasen, som är ett vanligt bränsle inom kollektivtrafiken på landsidan och som har mycket god miljöprestanda, var däremot inte det som låg närmast i någon av de två motortillverkarnas framtidsspaning (samtal med Scania 2020-12-02 och Volvo Penta

2020-12-03). Man menade att det tekniskt sett skulle vara ett alternativ och att det finns marina LBG-drivna elgeneratorer (gen-set), men att marknaden bedöms som för liten för att det ska vara lönsamt att bygga upp motorprogram för LBG. Därför ser vi för tillfället inte någon satsning på gasmotorer för fartyg inom färjesegmentet bland svenska motortillverkare, och så verkar även fallet för utländska tillverkare.

På frågan om vad som bromsar övergången till fossilfria vattenburna transporter föreföll det inte främst föreliggande tekniska hinder. Vi tolkade det snarare som att priset och traditionen var avgörande för trögheten. Scania pekade till exempel på den snabbare förändringen i Norge där man använt subventioner och andra ekonomiska incitament. Man hänvisade också till att den marina branschen är konservativ och att regelverken kring fartyg till sin form kan komplicera implementering av nya lösningar. Det betonades också att affärssegmentet är ganska litet och att de små volymerna förklarar varför inte samma utveckling skett med de marina motorerna som för t.ex. lastbils- och bussmotorer.

7.3 OPERATIONELLA ASPEKTER INKLUSIVE LADDNING OCH BUNKRING

Tillgången på förnybara drivmedel för färjetrafiken är idag begränsad. HVO används i vissa områden, t.ex. i Stockholm där det finns tre bunkerstationer (Strömkajen, Värmdö och Årsta) där fartygen kan tanka HVO100 (samtal 2020-10-07). Enklare landanslutningar för mer frekvent besökande färjor finns vid vissa kajer för att täcka upp behov av el till exempelvis belysning och fläktar, men tillgång på elanslutning för laddning av batterier är i dagsläget begränsad. Mindre fartyg behöver inte så hög effekt, men när effekten är för låg kan en lösning vara att använda sig av batteripaket som laddas upp långsamt, men som töms fort när fartyget är vid kaj. Denna utveckling har gått snabbt framåt de senaste åren, och skulle kunna vara ett alternativ för orter med låg effekt, men som vill kunna erbjuda laddning av färjor.

Något som Färjerederiet (samtal 2020-10-14) och Bottenvikens Skärgård (samtal 2021-10-07) påtalade var svårigheten att få information från kommuner, elbolag eller nätägare om möjlighet att installera elladdning vid kajer, och i så fall vilken effekt som erbjuds. På mindre öar eller mer avlägsna orter i skärgården kan laddning troligtvis inte alls erbjudas. Enligt Färjerederiet är ytterligare en orsak att det är svårt att få besked att det först krävs utredning av nödvändiga anpassningar samt uppskattningar av hur effektbehovet kan tänkas utvecklas på 5–10 års sikt (samtal 2020-10-14).

En viktig aspekt är kostnaderna som är mycket komplexa att beräkna. Detta gäller både kostnader för att producera, lagra och hantera bränslet, och kostnader för användaren. Här sker idag en snabb utveckling och exempelvis vätgas bedöms framöver kunna produceras och tillgängliggöras till mycket lägre kostnadsnivåer än idag. Framtida kostnader kommer till stor del att bero på priset på förnybar producerad el och komponenter såsom elektrolysörer och batterier.

Det finns också idag en stark förväntan inom branschen att den nationella och internationella sjöfarten, på samma sätt som landbaserade aktiviteter, kommer att betala för utsläpp av främst växthusgaser, och på sikt även för annan negativ omgivningspåverkan. På vilka nivåer dessa avgifter eller skatter hamnar, är idag svårt att uppskatta. Men att denna typ av ekonomiska incitament krävs för att få till en hög omställningstakt och gynna produktion och efterfrågan av de nya förnybara drivmedlen kan idag antas vedertaget. Enligt Region Stockholm som köper in

stora mängder HVO är det ungefär dubbel så dyrt att gå över från diesel till HVO (samtal 2020-10-07). Detta kan utgöra ett hinder för att byta bränsle.

I ett flertal intervjuer lyftes behovet av att ta ett helhetsgrepp när ett fartyg med alternativ drift ska börja operera i kollektivtrafiken. Detta innefattar tidtabell, tidpunkt för laddning/bunkring, passagerarflöden, fart, kartläggning av resenärernas beteenden och krav för att optimera nyttan med fartyget. Detta är särskilt viktigt för elfartyg där tid till laddning måste räknas med i tidtabellen och där det är många aktörer inblandade som behöver ha samsyn kring lösningen.

För eldrift finns ett utbyggt distributionssystem även om el saknas på många kajer och effekten kan vara låg. En förekommande strategi är att elektrifiera korta sträckor och hybridifiera längre sträckor. I dagsläget finns många hybridlösningar med en kombination av eldrift och konventionell drift. På sikt, med effektivare och billigare batterier, när energieffektivare fartyg ersätter gamla törstigare fartyg och när laddningsmöjligheter byggs ut, är det troligt att rena elfartyg blir vanligare än hybridfartyg.

I denna rapport har vi fokuserat på val av drivmedel. En förutsättning för att kunna fasa ut fossila bränslen är dock att parallellt arbete med energieffektivisering. Ett rederi som fokuserar mycket på effektivisering är Candela (samtal 2021-06-03) som genom utveckling av bärplansbåtar med s.k. hydrofoilteknik har beräknat att de kan minska bränsleförbrukningen med upp till 90 % jämfört med konventionellt skrov. Fartygen får därmed en lång räckvidd i hög fart, enligt beräkningarna 60 sjömil i 23 knop. Under 2023 är planen att testa fartyget i Region Stockholms kollektivtrafik i ett pilotprojekt. Enligt Candela är energieffektivitet är också anledning till att el valts som drivmedel eftersom det har en mycket hög verkningsgrad (samtal 2021-06-03).

Ett annat rederi som arbetar med energieffektivisering, och som också har en drivmedelstrategi som inkluderar vätgas, är Green City Ferries. De satsar på eldrift för kortare sträckor, men har utvecklat ett koncept med lättviktskatamaran med vätgasdrift på sträckor längre än 15 sjömil (samtal 2021-05-06). I dagsläget är driftskostnaden för vätgas betydligt högre än för el, men förhoppningen är att vätgaspriset kan komma att sänkas kraftigt inom några år.

8 SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER

Det övergripande målet med denna rapport är att bidra med kunskapsunderlag för upphandling och implementering av färjor med förnybar drift och minskade utsläpp av växthusgaser, luftemissioner och buller. Under arbetet har vi haft diskussioner med många olika aktörer som upphandlar och opererar färjetrafik, arbetar med utveckling av transportsystem, teknik och fartygskoncept, samt äger fartyg. Fokus har varit på möjligheten att introducera nya drivmedel för mindre fartyg för kollektivtrafik och skärgårdstrafik och våra slutsatser är riktade mot just det segmentet.

Våra slutsatser är:

1. Eldrift (gärna med snabbladdning) är ett bra alternativ för många fartyg inom urban kollektivtrafik i Sverige.

Eldrift har många fördelar jämfört med andra drivmedel. Både lokala emissioner, inklusive buller, och klimatpåverkande emissioner kan sänkas avsevärt. Verkningsgraden är mycket hög och efter flera genomförda utvecklingsprojekt och piloter är det nu en relativt beprövad teknik. I synnerhet är eldrift med snabbladdning att föredra då det håller nere storleken, och därmed kostnaden, på batteripaketet. Sammanfattningsvis är eldrift därför det alternativ som är att föredra för korta och medellånga transportsträckor och där laddningskapacitet finns tillgänglig vid bryggor som anlöps. I dagsläget ser vi många hybridlösningar med en kombination av eldrift och konventionell drift. På sikt när batterierna bli effektivare och billigare och laddningsmöjligheter byggs ut, är det troligt att rena elfartyg blir vanligare.

2. HVO är ett bra alternativ för befintliga fartyg i en kortare övergångsfas mot fossilfri drift, men löser inte problemen med buller och skadliga lokala utsläpp av kväveoxider och partiklar.

För att skynda på en utfasning av fossila bränslen utan att behöva byta ut fartygssflottan är HVO ett alternativ under en övergångsfas. HVO är i dagsläget dyrare än konventionell diesel, men de tekniska egenskaperna är så lika att HVO kan användas i befintliga motorer och distributionskanaler. Växthusgaserna kan minskas kraftigt, men fartygens utsläpp av partiklar, kväveoxider består och de genererar samma mängd buller.

3. Optimera teknik och trafik och planera utifrån nya förutsättningar vid byte av drivmedel.

Oavsett om ett fartyg med alternativ drift ska ersätta ett fartyg på en befintlig linje eller sättas in på ny linje är det viktigt med helhetsperspektiv för att optimera trafiken. Det innebär att det måste finnas tid i tidtabellen för bunkring och laddning (inklusive snabbladdning) och att det ges möjlighet för att hitta det bästa förhållandet mellan fart och utfört transportarbete.

4. Vid upphandling av färjetrafik är det viktigt att ta hänsyn till förändrade krav och förutsättningar under hela kontraktslängden för att fortlöpande skapa utrymme för nya lösningar.

Vid upphandling av vattenburen kollektivtrafik brukar kontraktstiden vara lång, i synnerhet om det är fartyg med alternativ drift som ska upphandlas. Detta beror främst på de mycket stora fasta kostnaderna det innebär att investera i färjor. För upphandling där nyinvesteringar i fartyg krävs kan det förekomma kontraktstider på upp till 12–15 år, vilket var fallet med Movias upp-

handling i Köpenhamn (tioårskontrakt med option på ytterligare två år). Samtidigt går teknikutvecklingen oerhört snabbt. För att undvika inlåsning i daterad teknik under en lång kontraktstid behöver avtalen utformas med utrymme för kontinuerliga förbättringar och även nyinvesteringar under kontraktstiden. Ett exempel kan vara att vid motorbyte kräva att den nyaste tekniken köps in, eller att den nya motorn ska klara en viss utsläppsnivå för NO_x.

5. Det är vid nyproduktion de stora miljövinsterna kan göras, men även retrofit av befintliga fartyg krävs för en snabbare omställning.

Många av de fartyg som idag används inom kollektivtrafiken i Sverige är mycket gamla och det finns behov av nyproduktion. En del lösningar är mer lämpliga vid beställning av nya fartyg, till exempel energieffektiviserande åtgärder i skrovform och större motorinstallationer med kring-system för alternativ drift. Men eftersom livslängden kan vara mycket lång för en färja krävs att omställningen också skyndas på genom retrofit av befintliga fartyg. Exempel är modifiering av motorer för att de ska kunna gå på t.ex. el eller metanol, eller installation av landel. Som nämnts ovan kan också HVO användas i en övergångsfas till fossilfri framdrift.

6. Det är nödvändigt med branschdialog och samverkan vid upphandling av färjor med alternativ drift.

Vid en introduktion av färjor med alternativ drift kommer fler aktörer att involveras som inte är delaktiga i färjetrafiken idag. Man kan behöva involvera brygg- och kajägare för att installera laddnings- och bunkringsmöjligheter, kommuner eller energibolag för att säkerställa tillgång på elektricitet och tillräckligt högt effektuttag, eller finansiärer av den nyaste tekniken. För att säkerställa att rederierna kan svara upp mot högre miljökrav behövs också en närmare dialog mellan upphandlare och utförare. I dialogen mellan aktörerna ingår också att besluta om fördelning av ansvar, risker och kostnader då det kan skilja sig från konventionell upphandlad färjetrafik.

7. Kostnadsjämförelse mellan drivmedel får göras med försiktighet – prisfluktuation, ändrad tillgång och efterfråga, teknikutveckling och nya styrmedel kan påverka kostnadsbilden på både lång och kort sikt.

I flera projekt görs olika kostnadsjämförelser mellan förnybara drivmedel för att utreda konkurrenskraften i förhållande till konventionell dieseldrift. Eftersom hela energi- och transportbranschen står inför ett enormt skifte kan det hända mycket på bara några få år som helt förändrar kostnadsbilden. Snabb teknikutveckling och större produktionsserier gör att batterier, elektrolysörer och annan utrustning blir betydligt billigare. En annan stor förändring, vilket kan ge bränslen som vätgas och ammoniak en fördel, är pågående förhandlingar att införliva sjöfarten i EU:s handelssystem för utsläppsrätter (EU Emissions Trading System, ETS). Diskussionen gäller för närvarande enbart fartyg större än 5 000 GT, men kan mycket väl komma att inkludera mindre fartyg på sikt. Om det genomförs kommer det redan inom ett par år bli dyrare för sjöfarten att släppa ut växthusgaser. Vidare sker mycket på både produktionssidan med ökade investeringar och inom teknikutvecklingen som kraftigt kan öka tillgången på förnybara drivmedel. Prisbilden kommer samtidigt att påverkas av efterfrågan.

REFERENSER

LITTERATUR

- Boreal, 2021. *Første elektriske øybat på plass*. Publicerad 2021-12-16.
<https://www.boreal.no/om-boreal/organisasjon/aktuelt/forste-elektriske-oybat-pa-plass-article30363-1169.html>
- DNV GL, 2019. *Comparison of Alternative Marine Fuels*. Report No.: 2019-0567, Rev. 4.
https://sea-Ing.org/wp-content/uploads/2020/04/Alternative-Marine-Fuels-Study_final_report_25.09.19.pdf
- EC, 2019. Commission Staff Working Document accompanying the document 'Report from the Commission, 2019 Annual report on CO₂ emissions from maritime transport' (SWD(2020) 82 final https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/transport/shipping/docs/swd_2020_82_en.pdf
- Energimyndigheten, 2020. *Drivmedel 2019, Redovisning av rapporterade uppgifter enligt drivmedelslagen, hållbarhetslagen och reduktionsplikten*, ER 2020:26
- EU, 2018. *Europaparlamentet och Rådets Direktiv (EU) 2018/2001 av den 11 december 2018 om främjande av användningen av energi från förnybara energikällor*, L 328/82.
- Goel V. och Wadelius S., 2021. *Evaluation of transition towards zero emission commuter ferries –Comparative Analysis of Fuel-based and Battery-based Marine Propulsion Systems from financial and environmental perspectives*, MSc Thesis, KTH Royal Institute of Technology Stockholm.
- Hansson J., 2020. *Navigation towards Low and Potential Zero Carbon Marine Fuels*, The Journal of Ocean Technology, Vol 15, No 4, 2020.
- Insideevs, 2021. *World's Longest Electric Ferry Now Operational In Norway*,
<https://insideevs.com/news/491590/largest-electric-ferry-norway-oslo/>
- Jivén, K., Mellin, A., Styhre, L. och Garne, K., 2020. Lighthouse Rapport.
<https://lighthouse.nu/2020/05/07/fossilfri-kollektivtrafik-pa-vatten/>
- Korberg, Brynolf, Grahn & Skov, 2020. *Techno-economic assessment of advanced fuels and propulsion systems in future fossil-free ships*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 142.
- Motor Ship, 2021. *Hydrogen ferry fits Norwegian green agenda*. Publicerad 13 Sep 2021.
<https://www.motorship.com/hydrogen-ferry-fits-norwegian-green-agenda/1459526.article>
- Movia, 2019. *Kartläggning og evaluering af nulemissionsudbud*, Rapport Movia September 2019.
- EMSA, 2021. *MRV - Supporting Monitoring Reporting & Verification of CO₂ Emissions from maritime transport*. <https://mrv.emsa.europa.eu/#public/eumrv>.
- Norwegian Government, 2019. *The Government's action plan for green shipping*, Published by Norwegian Ministry of Climate and Environment, Publication number: T-1567 E
- Region Stockholm, 2021. *Region Stockholm ska testköra eldriven bärplansbåt*,
www.sll.se/verksamhet/kollektivtrafik/nyheter/2021/03/eldriven-barplansbat-ska-testas-i-kollektivtrafiken/

Sjöfartsverket, 2021. *Fossilfri flotta*. Dnr 20-02039.

Maersk, 2021. *Maersk accelerates fleet decarbonisation with 8 large ocean-going vessels to operate on carbon neutral methanol*, Published 2021-08-24.

<https://www.maersk.com/news/articles/2021/08/24/maersk-accelerates-fleet-decarbonisation>

Oceanbird, 2021. <https://www.theoceanbird.com/>

REENERGY, 2021. *Vil bygge verdens første hydrogenelektriske arbeidsbåt for havbruksnæringen*. <https://renergycluster.no/2020/vil-bygge-verdens-forste-hydrogenelektriske-arbeidsbat-for-havbruksnaeringen/>

Trafikverket, 2021. *ASEK, Analyismetod och samhällsekonomiska kalkylvärden*.

<https://www.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/Planera-och-utreda/Planerings--och-analysmetoder/Samhallsekonomisk-analys-och-trafikanalys/asek-analysmetod-och-samhallsekonomiska-kalkylvarden/>

Trafikverket, 2018. *Inriktningsplan för klimatneutral färjedrift 2045*,

https://www.trafikverket.se/contentassets/76169f3bd3e344f2b7637d1eebca4016/inriktningsplan-for-klimatneutral-farjedrift-2045_2018.pdf

Transportstyrelsen, 2017. *Kollektivtrafik på vatten – upphandling och avtal*, TSS 2017-1737.

<https://www.transportstyrelsen.se/globalassets/global/publikationer/marknadsovervakning/upphandling-kollektivtrafik-pa-vatten-170907.pdf>

INTERVJUER OCH E-POST

Samtal 2020-10-06 Linda Styhre IVL och Hanna Björk, Hållbarhetschef/Bitr. avd. chef Strategisk Planering, Västtrafik

Samtal 2020-10-07 Linda Styhre IVL och Renato Petéh, Affärsförvaltare Fartyg och Teknik, Region Stockholm

Samtal 2020-10-09 Linda Styhre IVL och Torbjörn Cederberg, Teknisk inspektör, Styröbolaget

Samtal 2020-10-14 Linda Styhre IVL och Fredrik Almlöv, miljö och teknikchef, Färjerederiet

Samtal 2020-12-02. Karl Garme KTH och Svante Lejon, Magnus Folin och Magnus Fröberg, Scania 2020-12-02.

Samtal 2020-12-03. Karl Jivén IVL och Ronny Lindgren, Technology Strategy and Development Manager, Volvo Penta

Samtal 2021-03-16 Linda Styhre IVL och Jan Johansson, Region Blekinge.

Samtal 2021-03-18 Linda Styhre IVL och Susanna Kihl, Vattenbussen och Nina Yngve, Skärgårdsredarna

Samtal 2021-04-12. Videosamtal mellan Karl Garme KTH och Gert Højbjerg Mortensen, Movia.

Samtal 2021-05-06 Linda Styhre och Karl Jivén IVL och Hans Thornell, Green City Ferries

Samtal 2021-06-03 Linda Styhre och Karl Jivén IVL och Erik Eklund, Director Public Transport, Candela.

Samtal 2021-10-07 Linda Styhre och Karl Jivén IVL och Lisa Lundstedt, samordnare för Bottenvikens skärgård kommunsamverkan, Bottenvikens Skärgård.

E-post 2021-10-15 Erik Eklund, Director Public Transport, Candela.

E-post 2021-11-09 Torbjörn Cederberg, Teknisk inspektör, Styröbolaget.

