



KUSTBEVAKNINGEN

RAPPORT

UPPDRAG ATT ANALYSERA OCH
FÖRESLÅ HUR MYNDIGHETENS
FARTYGSFLOTTA SKULLE
KUNNA BLI FOSSILFRI



Kustbevakningen

Adress: Box 536, 37123 Karlskrona
E-post: registrator@kustbevakningen.se
Telefon: 0776 - 707 000

Titel: Uppdrag att analysera och föreslå hur myndighetens fartygsflotta skulle kunna bli fossilfri
Författare: Jonas Nilsson
Datum: 2021-01-22
Ärende: 2020-1103

Omslagsbilder: Övervakningsfartyget KBV312
Kombinationsfartyget KBV002
Vattenskoter KBV843
Kombinationsfartyget KBV034

ISBN: 978-91-519-6888-9

1.	SAMMANFATTNING	3
2.	INLEDNING	5
2.1	UPPDRAGET	5
2.2	UPPDRAGETS BAKGRUND	5
2.3	UTGÅNGSPUNKTER	6
2.4	AVGRÄNSNINGAR	7
2.5	OSÄKERHETER	7
3.	KUSTBEVAKNINGEN	8
3.1	VERKSAMHET	8
3.1.1	Miljöräddning till sjöss.....	8
3.1.2	Sjöräddning och annan räddningstjänst	9
3.1.3	Sjöövervakning.....	9
3.1.4	Krisberedskap och totalförsvaret.....	9
3.1.5	Internationella åtaganden.....	9
3.2	FARTYGSFLOTTA.....	10
3.3	LÄGESBILD BRÄNSLE OCH UTSLÄPP.....	11
4.	FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR OMSTÄLLNINGEN.....	12
4.1	ALTERNATIVA BRÄNSLEN	12
4.1.1	HVO.....	13
4.1.2	Metanol.....	14
4.1.3	Etanol.....	16
4.1.4	Biogas (LBG).....	17
4.1.5	Vätgas.....	22
4.1.6	Ammoniak	25
4.1.7	Elektricitet.....	26
4.1.8	Vind.....	27
4.2	JÄMFÖRANDE SAMMANSTÄLLNING	28
4.3	MATRIS FÖR BEDÖMNING AV MÖJLIGA ALTERNATIVA BRÄNSLEN	35
5.	BEAKTANDE AV BEHOVEN INOM TOTALFÖRSVARET	38
6.	FÖRSLAG TILL STRATEGI FÖR FOSSILFRIHET	39
6.1	ÖVERGRIPANDE STRATEGI.....	39
6.2	FÖRSLAG PÅ GENERELLA ÅTGÄRDER.....	39
6.2.1	Val av bränsle.....	39
6.2.2	Styrning.....	44
6.2.3	Energieffektivisering.....	45
6.3	FÖRSLAG PER FARTYGSERIE.....	47
6.3.1	KBV001-Serien.....	47
6.3.2	KBV010.....	48
6.3.3	KBV031-Serien.....	49
6.3.4	KBV047-Serien.....	50
6.3.5	KBV050-Serien.....	51
6.3.6	KBV181.....	52
6.3.7	KBV201-Serien.....	53
6.3.8	KBV301-Serien.....	54
6.3.9	KBV312-Serien.....	55
6.3.10	KBV320-Serien.....	56
6.3.11	Ersättningsfartyg	57
6.3.12	Båtar och vattenskotrar	58
6.3.13	Svävare	59
6.4	UPPSKATTAD KOSTNAD FÖR FOSSILFRIHET.....	60
7.	SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER	61
8.	REFERENSER	63

1. Sammanfattning

Kustbevakningen har fått i uppdrag att analysera och presentera en strategi för hur myndighetens fartygsflotta skulle kunna bli fossilfri. I uppdraget ingår det att bedöma möjligheter, hinder, tidsaspekter och när olika åtgärder bör genomföras. Rapporten ska redovisa kostnader på kort respektive lång sikt.

Synpunkter har inhämtats från utpekade myndigheter och andra relevanta organisationer.

Kustbevakningen bedömer att det med en förstärkning av budgeten är möjligt att minska myndighetens växthusgasutsläpp med 70 procent till 2030 och bli fossilfria senast 2045. Vårt förslag till strategi beräknas spara 367 662 ton koldioxid som enligt ASEK 7.0 värderas till 2 573 mnkr. Kostnaden för genomförandet bedöms hamna på 1 545 mnkr¹ fram till 2045 och utgörs av merkostnader för dyrare alternativa bränslen, hybridisering av fartygen för ökad elektrifiering samt energieffektivisering och utbyggnad av infrastrukturen för landanslutningar.

Eftersom Kustbevakningen utgör en viktig resurs inom totalförsvaret inom både det civila och det militära försvaret behöver ansvarsförhållanden klargöras i fråga om bränsletillförsel till Kustbevakningens verksamhet i händelse av kris, höjd beredskap och krig. Detta gäller även vilka bränslen som behöver finnas i beredskapslager framöver. Strategin för fossilfrihet utgår därför tillsvidare från att alla skepp och större båtar ska kunna köras på diesel. Vad gäller den existerande flottan finns det dessutom inga enheter med nuvarande driftsprofiler och begärda förmågor som tekniskt lämpar sig för några andra alternativa bränslen än HVO100 och elektrobränsle (*e-MGO*). Vi kan också konstatera att inga av våra fartyg passar för ren eldrift, men att laddhybridlösningar kan vara möjliga för flera fartygsserier.

Baserat på detta blir Kustbevakningens föreslagna strategi att byta huvudbränsle till HVO100 och senast 2040 övergå till *e-MGO*. Anledningen till långsiktig övergång till *e-MGO* bygger på att HVO100 dels inte har tillräckligt låga utsläpp för att bli helt fossilfritt, men framförallt på osäker tillgång då råvaran är begränsad. Dessutom ser vi risker med att den ökade efterfrågan driver på en utveckling mot större användning av palmolja och PFAD i HVO-produktionen vilket påverkar helhetsperspektivet negativt.

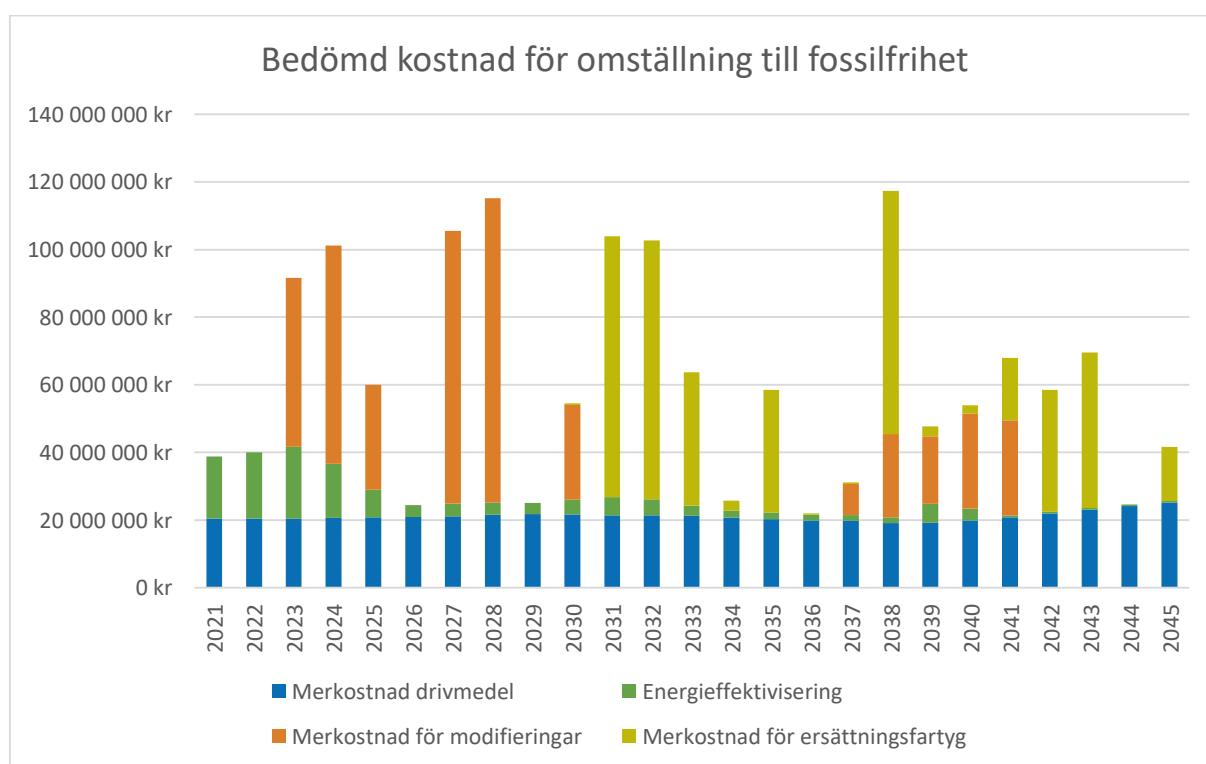
För att öka chansen att klara omställningen trots den osäkra tillgången till HVO100 bör Kustbevakningen ha målsättningen att halvera sin drivmedelsvolym fram till 2045. Detta bör ske med större klimatfokus på styrningen, energieffektivisering av fartygen och ökad elektrifiering av flottan. Då det krävs tekniska modifieringar kommer mindre sådana att utföras löpande medan större förändringar bör genomföras vid halvtidsmodifieringar eller livstidsförlängningar. Målsättningen bedöms möjlig och realistisk under förutsättning att budgeten stärks och ska ske utan att påverka ambitionsnivån i myndighetsuppdraget.

För att underlätta övergången till fossilfri framdrift på den statliga flottan som är svår att ställa om kan staten underlätta genom att stödja forskning och produktion av både hållbart biobränsle (*HVO*) och elektrobränsle (*e-MGO* och *e-metanol*). Syftet bör vara att öka chansen att bränslena snabbt blir kommersiella och kan skalas upp till de volymer som statlig sjöfart kräver.

¹ (2020). Kostnadsberäkningar för omställning till fossilfrihet. Kustbevakningen

Skärpningen av reduktionsplikten försvårar också omställningen för den statliga flottan genom att tillgången på HVO100 minskar. Anledningen är att reduktionsplikten med nuvarande utformning inte tillåter oljebolagen att tillgodoräkna sig andelen förnybart drivmedel i färgat (*skattebefriat*) fartygsbränsle. För att undvika sanktionsavgifter används därför HVO-produktionen för att sänka utsläppen i bolagens andra produkter. Staten bör därför antingen prioritera tillgången av HVO100 till statlig sjöfart eller inkludera färgat bränsle i reduktionspliktens måluppfyllelse.

I nuläget är det dessutom billigare med fossil skattebefriad diesel än grön el. För att underlätta ökad elektrifiering skulle staten därför kunna inkludera el som fartygsbränsle, alternativt utöka skattereduktionen för landanslutning till att även gälla fartyg under 400 bruttoton och 380 V. Dessutom bör laddningen av batterier inkluderas i reduktionen och ett arbete starta med att se över landanslutnings-infrastrukturen och dess placeringar för att driva på utvecklingen mot elhybridlösningar och på längre sikt rent eldrivna fartyg.



Figur 1 Översikt av merkostnader för omställningen per år av den totala kostnaden på 1545 mnkr.

2. Inledning

2.1 Uppdraget

Regeringen uppdrar åt Kustbevakningen att analysera och föreslå hur myndighetens fartygsflotta skulle kunna bli fossilfri. Kustbevakningens samtliga sjögående enheter omfattas av uppdraget.

Kustbevakningen ska redovisa samtliga förutsättningar för omställningen till fossilfrihet, inklusive möjligheter, hinder, tidsaspekter, vilka åtgärder som krävs och vilka kostnader som dessa beräknas medföra, bl.a. uppskattade kostnader, totalt och per fartyg. Myndigheten ska analysera och redovisa om det bedöms bli en merkostnad, på kort respektive lång sikt, jämfört med om flottan inte skulle bli fossilfri. Myndighetens redovisning ska också innehålla en konsekvensbeskrivning såvitt avser andra aspekter, bl.a. med effektbedömning vad gäller utsläpp av växthusgaser.

Kustbevakningen ska vid genomförandet av uppdraget inhämta synpunkter från Försvarmakten, Naturvårdsverket, Statens energimyndighet, Trafikverket och andra relevanta aktörer.

Uppdraget ska redovisas till Regeringskansliet (*Infrastrukturdepartementet*) senast den 31 januari 2021.

2.2 Uppdragets bakgrund

I juni 2017 beslutade riksdagen om ett klimatpolitiskt ramverk som innehåller en klimatlag (2017:720) och nya ambitiösa klimatmål. Ett av dessa mål är ett sektormål som anger att växthusgasutsläppen för inrikes transporter, utom inrikes luftfart som ingår i EU:s utsläppshandelssystem, ska minska med minst 70 % senast 2030 jämfört med 2010. Detta är numera även ett transportpolitiskt etappmål.

Etappmålet för inrikes transporter omfattar även utsläppen från inrikes sjöfart. Av regeringens klimatpolitiska handlingsplan, prop. 2019/20:65, framgår att nettonollmålet innebär att växthusgasutsläppen från flera sektorer, inklusive transportsektorn, i princip kommer att behöva vara noll senast 2045. Det innebär att sjöfartens utsläpp måste minska. Av handlingsplanen framgår vidare att på motsvarande sätt som det har utretts för flyget ska det även analyseras hur sjöfarten kan ställa om för att minska växthusgasutsläppen.

Regeringens ambition är att staten ska vara föregångare i omställningen till fossilfria transporter, bl.a. genom att alla fartyg som staten äger ska bli fossilfria. Detta är både en fråga om att staten behöver vara trovärdig i klimatpolitiken och att visa andra aktörer att det går att ställa om.

Sjötransporter är, jämfört med vägtransporter, ofta energieffektiva på grund av den låga drivmedelsförbrukningen per vikt och sträcka transporterat gods. De flesta fartyg drivs dock av fossila drivmedel vilket innebär att även om sjöfartens utsläpp står för en mindre del av de inrikes transporternas totala växthusgasutsläpp, behövs även här en omställning till fossilfrihet för att klimatmålen ska nås. Utvecklingstakten för sjöfarten har varit lägre vad avser nya

lösningar för att minska klimatpåverkan. Staten och övrig offentlig sektor bör gå före och visa vägen mot fossiloberoende även inom sjöfarten.

Regeringen uppdrog 2018 åt Trafikverket att analysera förutsättningarna för en omställning till fossilfrihet för statligt ägda fartyg, samt lämna förslag till en strategi, inklusive förslag till åtgärder för hur detta kan nås. Trafikverket har redovisat uppdraget.

Trafikverket bedömer att åtgärder i första hand bör riktas mot Trafikverket (*Färjerederiet*), Kustbevakningen och Sjöfartsverket då de står för den absoluta merparten av utsläppen av växthusgaser från den statliga flottan. Trafikverket menar vidare att fram till 2030 bör åtgärder främst genomföras i samband med att fartyg ska omsättas eller halvtids-moderniseras.

Eftersom Kustbevakningen har många plattformar utgör myndigheten en viktig resurs inom totalförsvaret. Myndigheten ingår både i det civila och det militära försvaret. Det senare regleras i förordningen (1982:314) om utnyttjande av Kustbevakningen inom Försvarsmakten. Förordningen innebär i korthet att personal och materiel ur Kustbevakningen i en krigssituation ska användas inom Försvarsmakten för övervakning, transporter och andra uppgifter, enligt närmare överenskommelse mellan myndigheterna. Med tanke på detta är det av stor vikt att Kustbevakningen inom ramen för uppdraget beaktar Försvarsmaktens behov och att detta görs i samverkan mellan myndigheterna.

2.3 Utgångspunkter

Rapporten är skriven utifrån nuläget och kostnader är beräknade utifrån dagens kostnadsnivåer utan indexering av framtida kostnader.

Strategin baseras på klimatmålen, alltså att växthusgasutsläppen jämfört med 2010 ska minska med 70 % till 2030 och att vi senast år 2045 når fossilfrihet. Eftersom det är den sammanlagda mängden utsläpp av växthusgaser över tid som avgör hur stor uppvärmningen blir behövs en utsläppsminskningsskurva som i närtid brant lutar nedåt. Sedan kan myndigheten fortsätta att följa den linjära reduktionen som följer etappmålen ner mot 2030 och 2045.²

Samtliga beräkningar och utsläppsnivåer i rapporten bygger på ett helhetsperspektiv för bränslet (WtW, Well to Wake). Vi tar alltså inte bara hänsyn till utsläppet vid förbränning ombord fartyget utan också miljöpåverkan från tillverkning och transport av bränslena. Kustbevakningen har valt detta perspektiv för att möjliggöra en rättvis jämförelse av olika bränslen och därigenom kunna fatta långsiktigt hållbara beslut.

Som utgångspunkt gäller även att vår flotta till antal fartyg och driftprofil fortsätter som den ser ut idag. Dock får det anses som sannolikt att förändringar i både antal fartyg och användande förändras under de kommande 25 åren.

Omställningen för Kustbevakningen blir extra utmanande eftersom myndigheten efter referensåret 2010 fått utökade uppdrag. Dessutom har vi sedan dess fått större och mer komplexa fartyg samt hanterat utlandsuppdrag. Detta har medfört en ökad bränsleförbrukning och därmed också större utsläpp av växthusgaser.

² (2019). En samlad politik för klimatet – klimatpolitisk handlingsplan Prop. 2019/20:65. Regeringen

Myndigheter som har lämnat synpunkter på och information till rapporten är Försvarsmakten, Naturvårdsverket, Statens energimyndighet, Trafikverket, Trafikverket Färjerederiet, Transportstyrelsen, Havs- och vattenmyndigheten och VTI, Statens väg och transportforskningsinstitut.

2.4 Avgränsningar

Rapporten utgår från fartygen som ägs av Kustbevakningen och tar därför inte hänsyn till utsläpp kopplat till lokaler, fordon, flyget eller resor.

Energiåtgång och kostnader för el när fartygen ligger till kaj redovisas, men behandlas inte ytterligare. Orsaken är att myndigheten huvudsakligen köper miljömärkt el och att uppdraget fokuserar på växthusgaser. Däremot ser myndigheten energieffektivisering som viktigt för att minska energianvändningen både under drift och till kaj, samt ser det som en möjlighet att utnyttja landanslutningarna i större omfattning.

Energiåtgång och kostnader för fjärrvärme när fartygen ligger till kaj redovisas inte. Anledningen är att endast två fartyg använder fjärrvärme och att utsläppen från dess uppvärmning uppskattas till endast ca 60 promille av de totala utsläppen från kustbevakningens fartyg. Detta innebär ca 1 ton koldioxid.

Det saknas också materialrelaterad klimatpåverkan för byggnation och skrotning av fartyg, men bedömningen är att utsläppen av växthusgaser från användningen helt dominerar.³

Teoridelen i kapitel 4 har tagits fram av konsulter på SSPA och Gothia Marine i samarbete med Sjöfartsverket som besvarar ett liknande regeringsuppdrag. Utöver detta har Kustbevakningen och Sjöfartsverket också haft gemensamma referensgruppsmöten med samverkande myndigheter.

2.5 Osäkerheter

Att bedöma kostnaden för omställning till fossilfrihet är komplicerat. Detta eftersom vi utgår från dagens kunskaper och endast kan uppskatta hur de alternativa bränslenas tillgång och framtida pris utvecklas. Men även vilken teknisk utveckling som sker inom de närmaste 25 åren utgör en osäkerhet. Dessutom krävs det att våra fartyg är driftsäkra och kan operera i händelse av kris, höjd beredskap och krig, vilket närmare beskrivs i kapitel 5.

Då strategin baseras på nuvarande förutsättningar kan det inte heller uteslutas att strategin behöver revideras över tid. Lämpligen görs översyner med intervall som inte överstiger fyra år.

³ Burman, M., Kutteneuler, J. (2010). Comparative Life Cycle Assessment (LCA) of the Hull of a High Speed Craft. KTH Centre for Naval Architecture.

3. Kustbevakningen

3.1 Verksamhet

Kustbevakningens verksamhet vilar på tre uppdrag. Räddningstjänst till sjöss, sjöövervakning, samt krisberedskap och totalförsvaret.

Vi organiseras under Justitiedepartementet men vår verksamhet omfattar ansvarsområden inom flera departement.

Vår nationella ledning består av en verksamhetsledning och sex avdelningar. Dessa avdelningar är metodutvecklingsavdelningen, materiel- och lokal-försörjningsavdelningen, operativa avdelningen, IT-avdelningen, personal- och ekonomiavdelningen samt avdelningen för strategisk inriktning och ledningsstöd.

Kustbevakningens operativa verksamhet bedrivs längs hela Sveriges kust samt i Väner, Vättern (*endast miljöräddning*) och Mälaren utifrån 20 kuststationer och en flygkuststation.



Figur 2 Geografisk placering.

3.1.1 Miljöräddning till sjöss

Kustbevakningen ansvarar för miljöräddning till sjöss och arbetar för att skadorna vid utsläpp av olja eller andra farliga ämnen ska minimeras så att naturen kan skyddas så långt det är möjligt. Därför står vi ständigt i beredskap med miljöskyddsfartyg för sanering och flygplan för havsövervakning.

Oljeutsläpp är en internationell angelägenhet och Kustbevakningen är en del i ett omfattande samarbete inom bl.a. HELCOM (*Östersjöländerna inom Helsingforskommissionen*), Bonnavalet (*Belgien, Danmark, Frankrike, Tyskland, Irland, Nederländerna, Norge, Storbritannien, Sverige och EU-kommissionen*), Köpenhamnsavtalet (*Nordiska länderna*) och EU genom EMSA (*Europeiska sjösäkerhetsbyrån*). Inom ramen för dessa avtal hålls regelbundna möten och övningar där länderna tillsammans utvecklar förmågan till samarbete vid olyckor till havs.

3.1.2 Sjöräddning och annan räddningstjänst

Utöver miljöräddningstjänst ska Kustbevakningen även ha förmåga att kunna delta i sjöräddningstjänst och annan räddningstjänst. Vid en olycka till sjöss är vår första prioritet att rädda liv och våra fartyg och flygplan utgör en viktig resurs för den nationella räddningstjänstberedskapen. Vi bistår även med sjuktransporter, sökande av försvunna och brandbekämpning i maritim miljö.

Under 2019 har Kustbevakningen medverkat med en eller flera enheter i ca 30 procent av alla sjöräddningar i Sverige och därigenom bidragit till ökad sjösäkerhet, att människoliv kunnat räddas och att personskador kunnat begränsas.

3.1.3 Sjöövervakning

Kustbevakningen ansvarar för att övervaka maritima miljöer och tillhandahålla sjöinformation till andra myndigheter. Vi bedriver övervakning till sjöss och ordningshållning i sjötrafiken, samt utövar tillsyn och kontroll inom fiskeri, tull, gräns, sjötrafik och jakt. Kustbevakningen förebygger och utreder även vissa brott i den maritima miljön.

Vår fiskeritillsyn bidrar också till ett långsiktigt hållbart fiske och att förekomsten av illegalt fiske minskar.

Dessutom jobbar Kustbevakningen i våra hamnar med lastsäkring av avgående transporter och kontroll av farligt gods som antingen är ankommande eller avgående transporter.

3.1.4 Krisberedskap och totalförsvar

Kustbevakningen med flera myndigheter ingår i samhällets krisberedskap. Den myndighet som har ansvar för en viss verksamhet under normala fredstida förhållanden har motsvarande ansvar för verksamheten under en kris, förhöjd beredskap och krig. För Kustbevakningen gäller dock att personal och materiel under höjd beredskap eller krig ska användas inom Försvarmakten för övervakning, transporter och andra uppgifter.

3.1.5 Internationella åtaganden

Den nya förordningen om den europeiska gräns- och kustbevakningen innebär att det ställs krav på medlemsstaterna att ställa tekniska och operativa resurser till förfogande för gemensamma insatser inom Frontex.

3.2 Fartygsflotta

Kustbevakningens fartygsflotta består av ca 140 enheter med olika förmågor. Av dessa är 33 stycken fördelat på kombinationsfartyg, miljöskyddsfartyg, övervakningsfartyg och sväware. Övriga är olika former av båtar och vattenskotrar.

Kombinationsfartyg tjänstgör som miljöskydds- och övervakningsfartyg med alla de uppgifter som Kustbevakningen har idag.

Miljöskyddsfartyg används i första hand för oljebekämpning och i andra hand för övervakning.

Övervakningsfartygen används nästan uteslutande till övervakning, men vissa fartyg har också viss oljebekämpningskapacitet.

Högfartsbåtar är speciellt framtagna för att kunna köra snabbt och används till sjötrafikövervakning, sjöräddning och sjuktransporter.

RIB-båtar används som komplement till fartygen och är placerade ombord dessa. De är mångsidiga och kan användas för bordning av andra fartyg, men också snabbt undsätta nödställda i vattnet.

Arbetsbåtar är byggda för att vara slitstarka och stabila arbetsplattformar till sjöss. De kan t.ex. användas i samband med oljebekämpning och är ofta placerade ombord större fartyg.

Vattenskotrar används för sjötrafikövervakning i huvudsakligen kustnära områden.

Strandbekämpare är en form av arbetsbåt som är specialbyggda för strandnära oljebekämpning och kan ta upp olja ur vattnet.

Svävare används främst för övervakning i norra Sverige, men finns också på ostkusten. Deras styrka är att de kan färdas över både is, vatten och land.



Figur 3 Kombinationsfartyg



Figur 4 Miljöskyddsfartyg



Figur 5 Övervakningsfartyg



Figur 6 Högfartsbåt



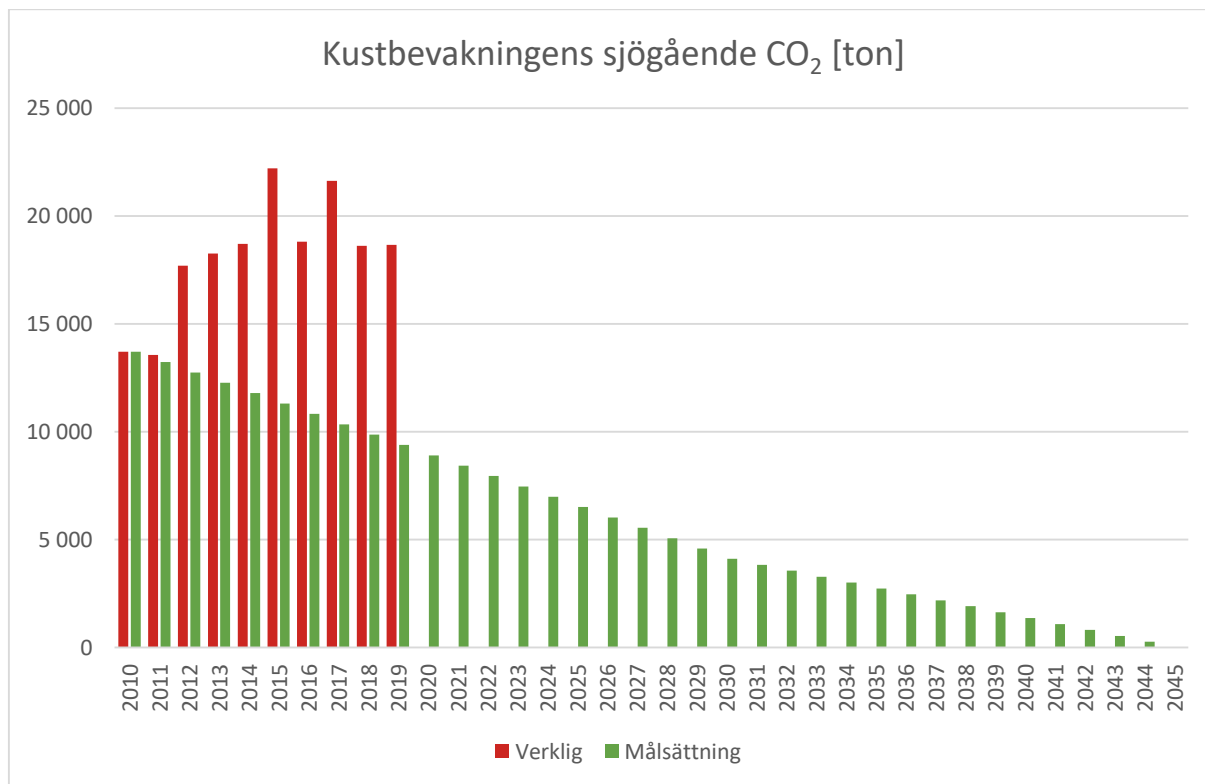
Figur 7 Strandbekämpare



Figur 8 Sväware

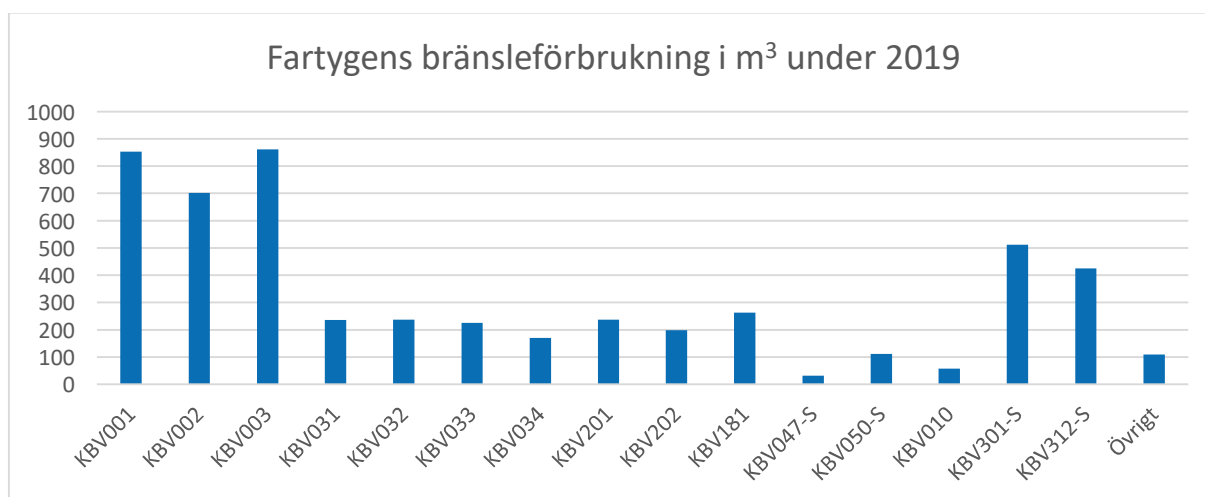
3.3 Lägesbild bränsle och utsläpp

Kustbevakningens sjögående verksamhet förbrukade under 2019 ca 5 222 m³ diesel (*bestående av eldningsolja E10, E32 och diesel Mk1*) och 154 m³ bensin. Detta motsvarar ett utsläpp av 18 566 ton koldioxid. Som jämförelse låg klimatmålen begränsning på 9 386 ton.



Figur 3 Kustbevakningens utsläpp jämfört med klimatmålen i det Klimatpolitiska ramverket.

I tillägg förbrukades ca 3 500 MWh el på fartygen till en kostnad av drygt 4 mnkr. Den totala energimängden (*drivmedel + el*) motsvarade 57 500 MWh eller årsbehovet hos 2 875 stycken genomsnittliga villor (*på 20 000 kWh/år*).



Figur 4 Bränsleåtgången 2019 fördelat per fartyg. Övervakningsfartyg och miljöfartyg är sammanslagna i serier.

4. Förutsättningar för omställningen

4.1 Alternativa bränslen

Trafikverket hade under 2018 ett regeringsuppdrag att analysera förutsättningarna för en omställning till fossilfrihet för statligt ägda fartyg, samt lämna förslag till strategi. Uppdraget omfattade att redovisa lämpliga alternativa drivmedel, dess hållbarhet vid lagring, tillgänglighet till och behov av landinfrastruktur samt kostnader för omställningen.

Totalt identifierades och redovisades tio alternativa bränslen. Den nu aktuella studien tar utgångspunkt i Trafikverkets rapport ”Omställning till fossilfrihet för statligt ägda fartyg – ett regeringsuppdrag”.⁴ För aktuell studie görs kompletteringar och uppdateringar för att avspegla utvecklingen sedan 2018 samt för att redovisningen ska kunna användas för att bedöma och jämföra alternativa lösningar för fossilfri drift av Kustbevakningens och Sjöfartsverkets flotta.

Tabell 4.1 kompletteras med vindpropulsion och som referens och jämförelse omfattas även dagens bränslen, d.v.s. eldningsolja och diesel Mk1. De alternativa bränslena beskrivs utförligare i avsnitt 4.1.1 – 4.1.8.

		Densitet (kg/m ³)	Energiinnehåll per vikt (kWh/kg)	Energiinnehåll per volym (kWh/m ³)
Konventionella	Eldningsolja	840	11,9	10 010
	Diesel Mk1	818	11,9	9 770
Dieselsubstitut	FAME	884	10,35	9 149
	HVO	780	13,3	9 450
	FTD (Fisher-Tropsch diesel)	780	11,9	9 282
Alkoholer	Metanol	795	5,6	4 417
	Etanol	795	7,8	6 183
Gasformiga	DME	735	8,6	6 321
	Biogas	LBG: 440 CBG: 160	13,3	LBG: 5 867 CBG: 2 136
	Ammoniak	Flytande: 603	5,2	Flytande: 3 116
	Vätgas	Flytande: 71 Komp. gas: 17,5	33,3	Flytande: 2 367 Komp. gas: 583
Elektricitet (batterier)		1 500	0,1	150
Vind			-	-

Tabell 4.1 Identifierade alternativa bränslen.

⁴ (2018). Omställning till fossilfrihet för statligt ägda fartyg – ett regeringsuppdrag. Trafikverket.

Av de tre alternativen klassade som dieselsubstitut i tabellen bedöms HVO i dagsläget ha bäst potential att kunna användas för en omställning till fossilfri drift av Kustbevakningens och Sjöfartsverkets flotta. Detta eftersom HVO medför en betydligt lägre miljöpåverkan än FAME och inte heller orsakar tillväxt av mikrober i tankarna vid långtidslagring. För FT-diesel är produktionskostnaderna högre än för HVO. Därför utgår både FAME och FT-diesel ur det fortsatta arbetet. Dock antas så väl bunkerinfrastruktur och bränslesystem ombord vara tillämpbara även för FAME samt FT-diesel om det i framtiden kommer att vara mer fördelaktigt att använda dessa bränslen istället för HVO. Även DME bedöms ha låg potential med anledning av högre produktionskostnader jämfört med såväl etanol, metanol som HVO. Det bedrivs inte heller någon omfattande forskning eller utveckling för att tillgängliggöra DME som ett marint bränsle. Därför omfattas inte heller DME i redovisningen av alternativa bränslen.

För närvarande pågår mycket forskning kring elektrobränslen som produceras genom elektrolys där vatten splittras upp i vätgas och syrgas för att sedan blanda vätgasen med koldioxid och på så vis producera kolhaltiga drivmedel. Teknik finns för att producera många olika typer av elektrobränslen, men beroende på process och bränsletyp varierar dock verkningsgraden. Produktion av enkla alkoholer som metanol innebär lägst omvandlingsförluster med en verkningsgrad som varierar mellan 44 och 65 %⁵. Genom Fisher-Tropsch-reaktion kan även elektrodiesel (*e-MGO*) såväl som elektrobensin produceras från syntesgas framställd genom elektrolys. Alternativt kan även diesel- och bensinliknande bränslen produceras från e-metanol. I dagsläget är produktionskostnaderna för elektrobränslen högre än för motsvarande biobränslen. Produktionskostnaderna förväntas dock sjunka i framtiden från ca 2,0 - 2,8 kr/kWh till 1,6 – 2,1 kr/kWh år 2030. Produktion av e-metan uppskattas innebära lägst kostnader följt av metanol, DME, bensin och diesel.⁶

4.1.1 HVO

HVO (*Hydrated Vegetable Oil*) är ett syntetiskt dieselbränsle vars egenskaper i hög grad liknar fossil diesel och kan därför användas i konventionella dieselmotorer utan behov av några modifieringar. HVO används i stor omfattning som drop-in bränsle i fordonsbränsle men även som rent biodrivmedel (*HVO100*). HVO används också för maritimt bruk av bland annat Waxholmsbolaget, Styröbolaget och Trafikverket. Både Scania och Volvo har godkänt HVO för sina marina motorer av nyare typ och det krävs inga ytterligare säkerhetsåtgärder vid bunkring då regelverk för diesel-installationer kan tillämpas även vid användning av HVO.

HVO kan produceras från olika typer av oljor och fetter, men även från tallolja som är biprodukt vid pappers- och massatillverkning. Den svenska produktionen av HVO använder mest tallolja. Men majoriteten av HVO som säljs i Sverige är dock importerad (95 % år 2018) och produceras främst av PFAD (46 %), vilket är en fettsyra som uppstår vid tillverkningen av palmolja. Palmolja utgjorde dessutom råvara för 3 % av all HVO på den svenska marknaden 2018 och är starkt ifrågasatt som råvara eftersom den riskerar att bidra till avverkning av regnskog.⁷ Men även PFAD som råvara är ifrågasatt eftersom efterfrågan riskerar att bidra till mer

⁵ Nikoleris, A. Nilsson, J. (2013). Elektrobränslen – en kunskapsöversikt. Lunds Tekniska Högskola.

⁶ Brynolf, S. Taljegård, M. Grahn, M. Hansson, J. (2018). Electrofuels for the transport sector: A review of production costs. Renewable and Sustainable Energy Review 81.

⁷ (2020). <https://spbi.se/uppslagsverk/fakta/drivmedel/fornybara-drivmedel/hvo-hydrogenated-vegetable-oil/>. Svenska Petroleum och Biodrivmedel Institutet.

oljepalmplantager och regnskogsavverkning. Sedan juli 2019 klassas därför PFAD inte längre som restprodukt vilket gör att klimatpåverkan för HVO på den svenska marknaden nu bedöms som högre än tidigare.⁸

HVO har god lagringsbeständighet och kan lagras i flera år utan att kvaliteten försämras. Den lagras i standardcisterner för diesel och har inte problem med vatten, korrosion eller bakterietillväxt. Eftersom HVO används som fordonsbränsle finns etablerade distributionskedjor och leverans kan ske med tankbil över hela landet. Trots att storskalig produktion av HVO existerar gör den stora efterfrågan på HVO som fordonsbränsle att tillgången som fartygsbränsle i framtiden kan vara begränsad. Baserat på perioden juli – oktober 2020 ligger priset på HVO för leverans som bunkerbränsle på ca 1,03 kr/kWh.

4.1.2 Metanol

Metanol är den enklaste alkoholen vars kemiska beteckning är CH₃OH. Vid rumstemperatur är metanol en färglös brännbar vätska. Den utvinns huvudsakligen från naturgas men kan även framställas från kol, skogsråvara, skogsavfall och koldioxid.

Tack vare dess höga oktantal är förbränningen av metanol effektiv och resulterar i en hög verkningsgrad och reducerade utsläpp av kväveoxider, partiklar och koldioxid jämfört med diesel och andra petroleumbränslen. Metanol innehåller inte heller svavel varför intresset för bränslet inom SECA-området⁹ har ökat under de senaste åren. Energiinnehållet är dock lägre jämfört med diesel vilket resulterar i ett behov av större bunkertankar. Dess flampunkt på 11 °C gör att den klassas som ett bränsle med låg flampunkt enligt SOLAS vilket ställer krav på utformning av fartyget i enlighet med IGF-koden (*The International Code of Safety for Ships using Gases or other Low flashpoint Fuels*). Metanol är dessutom giftigt och korrosivt vilket ställer ytterligare krav på utrustning och hantering. I jämförelse med naturgas förenklas dock hanteringen eftersom metanol är flytande och inte erfordrar kryogen lagring. Det vill säga lagring vid mycket låg temperatur eller under tryck.

Metanol används i stor omfattning inom kemisk industri och distributionen är därmed etablerad. I Sverige sker distribution av fossil metanol redan idag med tankbil från importterminalerna i Malmö och Södertälje. Det finns även exempel inom sjöfarten där metanol används som fartygsbränsle. Exempelvis konverterade Stena 2015 ropax-fartyget Stena Germanica. De fyra befintliga medelvarvs fyrtaktsmotorerna med en total effekt av 24 MW konverterades för att kunna operera på både metanol och diesel. Konverteringen baseras på erfarenheter från dual fuel-motorer för diesel och naturgas och innebär bl.a. att systemet utrustats med högtryckspumpar för direktinsprutning av metanolen. Diesel fungerar som pilotbränsle och metanolinsprutningen sker efter att pilotbränslet antänts. Driftserfarenheterna betraktas allmänt som positiva bortsett från vissa barnsjukdomar. Stena har inte heller erfarit att ren metanoldrift skulle innebära sämre prestanda vid låg belastning och snabba lastväxlingar jämfört med vid ren dieseldrift. Konvertering till metanoldrift har också genomförts på en lotsbåt inom projektet Green Pilot. Efter konverteringen har biometanol använts för att demonstrera funktionen. Inom

⁸ (2019). Drivmedel 2018 Redovisning av rapporterade uppgifter enligt drivmedelslagen, hållbarhetslagen och reduktionsplikten. Energimyndigheten.

⁹ Sulphur Emission Control Area, sedan 2015 utgör Östersjön, Nordsjön och Engelska kanalen ett sådant område där maximalt tillåtet svavelinnehåll i fartygsbränsle är begränsat till 0,1 vikt%.

ramen för det pågående (2020 – 2023) forskningsprojektet FASTWATER kommer en av Sjöfartsverkets lotsbåtar att konverteras till metanoldrift och användas i operationell drift. I detta fall kommer en etanolmotor för lastbilar från Scania installeras i lotsbåten. FASTWATER-projektet omfattar även konvertering av en belgisk bogserbåt och en grekisk kustbevakningsbåt.

Erfarenhet av metanol som bränsle finns även från fartyg med tvåtaktsmaskineri. MAN har utvecklat en tvåtakts dual fuel-motor för diesel- och metanoldrift; MAN B&W ME-LGI. Första generationen av motorn används i de sju produkttankers som togs i drift under 2016 av Waterfront Shipping, Mitsui O.S.K. Lines, Westfal-Larsen Management och Marinvest. Under 2019 togs ytterligare två tankers i drift vilka båda är utrustade med andra generationen av motorn. Genom vatteninblandning klarar andra generationens motorer också Tier III för NO_x-utsläpp. Stena Bulk har också beställt två nya metanoltankers vilka ska utrustas med motorer för metanoldrift. Det första fartyget ska levereras 2022.

Ingen motortillverkare har ännu någon färdig marin medelvarvs- eller högvarvig fyrtaktsmotor för metanoldrift. De flesta av motortillverkarna säger sig ännu inte ha sett någon efterfrågan eller marknad för detta och har därför inte utvecklat någon. Dock finns det tillverkare som säger sig kunna ta fram och leverera dual fuel-motorer för metanol och diesel vid en beställning. Under 2019 meddelade också Maersk att de ser biometanol som ett framtida bränsle.¹⁰ Eventuell efterfrågan från stora aktörer såsom Maersk kan antas driva på utvecklingen av motorer. Maersk ingår också i ett projekt tillsammans med bland annat SAS, Köpenhamns flygplats, DFDS och Ørsted där en produktionsanläggning för att producera vätgas och metanol från el ska etableras. Anläggningen planeras tas i drift 2023 och den producerade metanolen ska då kunna användas som fartygsbränsle av Maersk.

Biometanol kan framställas på flera olika sätt från bland annat skogsavfall, svartlut och glycerin. I februari 2020 startade produktion av biometanol vid Södras massabruk i Mönsterås. Anläggningen som har en designkapacitet på 5 000 ton/år använder restprodukter från massaproduktionen. I det första skedet säljs metanolen för att användas i framställningen av biodiesel.¹¹ På Island produceras förnyelsebar metanol med icke-biologiskt ursprung från koldioxid och väte med förnyelsebar el. Vid pilotanläggningen i Piteå producerades fram till 2016 både DME och metanol från svartlut som är en biprodukt från massaframställningen. Totalt mellan 2011 och 2016 producerades ca 1 000 ton DME och metanol i anläggningen. Luleå Tekniska Universitet som 2013 köpte anläggningen från Chemrec bedriver fortfarande omfattande forskning på området och det finns även andra projekt i Norrbotten för att producera biobränslen. Inom ramen för projektet FReSMe (*From Residual Steel Gases to Methanol*) ska metanol produceras från koldioxid som avskiljs från masugnsgas i SSAB:s stålverk i Luleå och från vätgas, som dels utvinns från masugnsgasen, dels produceras genom elektrolys av vatten.¹² Metanolen planeras att användas som fartygsbränsle för Stena Germanica. Storskalig produktion av biometanol finns också bland annat i Holland (*BioMCN*) och Kanada (*Enerkem*).

¹⁰ (2019). <https://www.maersk.com/news/articles/2019/10/24/algorithm-biomethane-and-ammonia-are-the-best-positioned-fuels-to-reach-zero-net-emissions>. Maersk.

¹¹ (2020). <https://www.sodra.com/sv/se/om-sodra/pressrum/pressmeddelanden/sodra-forst-i-varlden-med-fossilfri-biometanol/>. Södra.

¹² (2020). <http://fresme.eu/about.php>. FReSMe.

Teknikutveckling sker också för att producera e-metanol, där bland annat det svenska företaget Liquid Wind utvecklar teknik för att producera klimatneutral metanol från förnyelsebar el och infångad koldioxid. Den första anläggningen planeras tas i drift 2023 med en kapacitet på 45 000 ton bränsle per år.¹³

Fartygsdrift med metanol som bränsle

För fartyg med metanoldrift innebär gällande regelverk, såsom IGF-koden och LR:s klassregler¹⁴, krav på särskilda åtgärder och installationer som skiljer sig åt jämfört med krav på konventionella dieseldrivlinor. Detta omfattar bland annat utformning och placering av bunkertankar som ska vara omslutna av kofferdammar eller motsvarande barriär till omkringliggande utrymmen. Däremot är metanolen jämfört med diesel väsentligt mycket mindre skadligt för den marina miljön när den löses med vatten och därför finns inte krav på dubbelbotten på metanoltankar. Metanol är dock korrosivt och insidan av tankarna behöver därför vara ytbehandlade eller vara i ett material som klarar den korrosiva miljön såsom rostfritt stål. Med anledning av metanolens lägre energiinnehåll erfordras också 2,3 gånger större tankvolym jämfört med diesel.

Bunkring av metanol kräver en separat bunkerstation. Bunkring kan ske direkt från tankbil eller mellanlagringstank på kajen för mer frekvent bunkring av mindre volymer. För tankning av fordon finns standardiserade tanklösningar vilka kan användas även för fartygsbunkring. Bunkringsoperationen ska ske i enlighet med framtagna procedurer och rutiner. IGF-koden ställer också krav på dubbelmantlade bränslerör med undantag för rör i utrymmen klassade som farliga områden. Det finns också krav på att pumprummen för metanolpumpar ska vara gastäta och det kan även krävas en luftsluss in till pumprummet. Utrustning i pumprummet och farliga områden behöver vara ex-klassade.

IGF-koden och klassreglerna ställer också krav på inertgasinstallation ombord som fyller upp metanoltankarna med inert gas och trycker ut metanolångor som finns kvar i rör när bränsletillförseln stängs. Inertgasen kan antingen komma från tryckkärl som byts ut allt eftersom dem tar slut eller så kan man ha en inertgasgenerator ombord. Denna typ av installation ombord på mindre fartyg kan vara svår och för konverteringen av en lotsbåt i projektet FASTWATER föreslås en alternativ lösning utan inertgasinstallation vilken förväntas godkännas genom att en alternativ design kan bedömas vara säker.

Ventilationen i utrymmen som kan innehålla metanol behöver modifieras för att uppfylla krav på luftväxlingar och ventilationsöppningar för metanoltankar behöver placeras med tanke på att ett område runt dessa kommer vara klassat som farligt område. Brandskydd och branddetektion behöver också anpassas till metanol.

4.1.3 Etanol

Etanol är den näst enklaste alkoholen och har den kemiska beteckningen C_2H_5OH . Dess egenskaper liknar på många sätt metanol men har ett något högre energiinnehåll. Likt metanol har etanol en låg flampunkt och omfattas därför av motsvarande krav som metanol. Till skillnad från metanol är dock etanol inte klassat som giftigt för människor. Etanol används bland annat

¹³ (2020). <https://www.liquidwind.se/emethanol>. Liquid wind.

¹⁴ (2020). Rules for the Classification of Methanol Fuelled Ships. Lloyd's Register.

som lösningsmedel, bränsletillsats och som bränsle för landbaserad trafik och är det mest använda biodrivmedlet i världen. Etanol är dock inte testat som drivmedel för kommersiell sjöfart på grund av det högre priset jämfört med fossil metanol. Därför finns det för närvarande inga marinklassade motorer för etanol på marknaden. Dock finns lastbilmotorer för etanoldrift som bör kunna användas för marint bruk. Exempelvis har Scania kompressionstända motorer för etanoldrift på 9 liter (208 kW) och 13 liter (305 kW).¹⁵ På grund av liknande egenskaper bör etanol också kunna ersätta metanol i metanolmotorer.

Etanol framställs i första hand från biomassa. I Brasilien som är en stor producent framställs etanol från sockerrör och i USA framställs etanol från majs. I Europa och Sverige använder bioetanolproduktionen vete och sockerbetor som råvara. Den vanligaste produktionsmetoden innefattar jäsning och destillation av biomassan för att skapa etanol.

Ren etanol är lagringsbeständigt och kan lagras över tid. Genom att etanol används i stor omfattning som fordonsdrivmedel finns ett väl fungerade distributionssystem för etanol som är baserat på lastbilstransporter. Bunkring bör kunna genomföras direkt från tankbil eller från en mellanlagringstank på kajen likt metanol. Etanoldrift av fartyg omfattas av i princip samma krav som vid metanoldrift, och för en installation ombord krävs därför samma system och säkerhetsåtgärder.

4.1.4 Biogas (LBG)

Förnyelsebart bränsle motsvarande naturgas (LNG) kallas ofta biogas eller LBG (*Liquified Bio Gas*) och består av biometan vilken kan kondenseras likt naturgas till kryogen vätska. Biometan produceras vanligen genom rötning eller andra förgasnings- och metaniseringsprocesser av biologiskt avfall eller skogsprodukter. Energiinnehållet i biogas är högre än i diesel men i gasform är densiteten låg vilket medför att trycksättning eller kylning krävs för att hantering och distribution ska bli effektiv. Biogas som har uppgraderats för att kunna användas som fordonsbränsle har ett metaninnehåll på ca 97 % men ett något lägre energiinnehåll än naturgas eftersom det saknar tyngre kolväten som butan och propan. Detta medför att det krävs en något högre bränsletillförsel när LBG ersätter LNG.

Totalt finns ca 280 anläggningar runt om i Sverige där biogas produceras genom rötning av hushållsavfall, avloppsvatten eller liknade.¹⁶ Totalt producerade dessa anläggningar 2 044 GWh biogas under 2018. Swedish Biogas Internationals anläggning i Lidköping är en av de största anläggningarna i Sverige där biogas produceras genom rötning. Anläggningen har en årlig produktion av ca 60 GWh vilket innebär ca 6 400 ton biogas. Vid anläggningen i Lidköping sker även förvätskning för regional distribution med tankbil. I början av 2020 togs även Tekniska verken och Svensk biogas anläggning i Linköping i drift för produktion och förvätskning av biogas.

Användning av LNG som marint drivmedel har ökat de senaste åren och tillgängligheten på LNG i Sverige har ökat. Detta medför också att det finns regelverk och tekniska lösningar som är applicerbara på biogas.

¹⁵ (2019). <https://www.scania.com/se/sv/home/experience-scania/news-and-events/News/archive/2019/scania-om-laengdskidslandslandslaget/nya-etanolmotorn.html>. Scania.

¹⁶ (2019). <https://www.energigas.se/fakta-om-gas/biogas/statistik-om-biogas/>. Energigas Sverige.

Trycksatt komprimerad naturgas (*CNG*) och biogas (*CBG*) som marint drivmedel är fortfarande relativt oprövat men har testats i Nederländerna på en färja med regelbundna kajanlöp som möjliggör frekvent bunkring. Komprimerad gas förvaras då i tryckkärl vid ca 200 bar men har trots detta en låg densitet och kräver därför 2,4 gånger större volym ombord jämfört med flytande gas. Förutsättningarna för konvertering till CBG-drift av Färjerederiets vägfärjor på Hönöleden, vilka förutsätts kunna bunkra ofta och därmed inte behöva ett stort energilager ombord, har utretts. Studien visar att en konvertering är möjlig men förenad med höga investeringskostnader beroende på höga kostnader för lämpliga motorer. Kostnaden uppskattades till ca 24 mnkr per färja med fyra motorer, vilket kan jämföras med ca 5 mnkr för maskinbyte och installation av nya dieselmotorer.

De flesta marina tillämpningar av LNG-motorer är dual fuel-motorer som kan köras antingen på diesel eller naturgas. I fyrtakts dual fuel-motorer sker förbränningen av gas som sprutas in under lågt tryck i insugningsluften och i dessa fall används pilotbränsle för att initiera förbränningsprocessen enligt Otto-principen. Pilotbränslet utgörs av diesel och motsvarar ca 1 % av den totala bränslekonsumtionen. Flera motortillverkare tillhandahåller denna typ av motorer. Däribland Wärtsilä, MAN och Caterpillar. Det finns även single fuel-gasmotorer på marknaden i vilka det förgasade bränslet under lågt tryck sprutas in och antänds med hjälp av ett tändstift i motorn.

Även större marina två-takts dieselmotorer har anpassats för användning av LNG som bränsle. Konvertering av befintliga dieselmotorer har genomförts så att varierande andel diesel och gas under högt tryck sprutas in och förbränns av kompressionen. Dessa motorer benämns ofta gas-diesel. Numera finns även två-takts dual fuel-motorer med lågtrycks-insprutningssystem på liknande sätt som i de mindre fyrtakts dual fuel-motorerna. Dock är gasdrift vanligare för större fartyg varför tillgången på mindre motorer är mer begränsat.

Vid förbränning i en Otto-motor, vilket de flesta gasmotorer på marknaden är, uppstår ett metan-slip vilket innebär att en liten mängd metangas släpps ut till atmosfären. Metangas är en mycket potent växthusgas och har 25 gånger starkare klimatpåverkan på 100 års sikt än koldioxid. På 20 års sikt är dock växthuseffekten ännu starkare för metan. Detta gör att den totala reduktionen av växthusgaser för exempelvis LNG jämfört med diesel begränsas till ca 1 % ur ett livscykelperspektiv. Beräknat på 20 års sikt orsakar dock förbränning av LNG i en fyrtakts medelvarvmotor ca 70 – 82 % större utsläpp av växthusgaser jämfört med diesel sett ur ett livscykelperspektiv för bränslet.¹⁷ Även vid utvärdering av biogas bör metan-slip beaktas. För låg-trycks dual-fuel-motorer uppgår i metan-slipet till mellan 2,3 och 4,1 % av bränsletillförseln beroende på teknologi. För hög-trycks dual-fuel-motorer är metan-slipet avsevärt lägre.¹⁸

Vid gasdrift enligt Otto-cykeln är dual-fuel-motorn känslig för att blandningsförhållandet gas/luft är korrekt och avvikelser kan leda till knackning eller dålig förbränning och ökat metan-slip. Detta kan begränsa möjligheterna till snabba lastväxlingar vid gasdrift och låg belastning bidrar i regel också till förhöjt metan-slip, medan gaskvalitet med lågt metan-tal ökar risken för

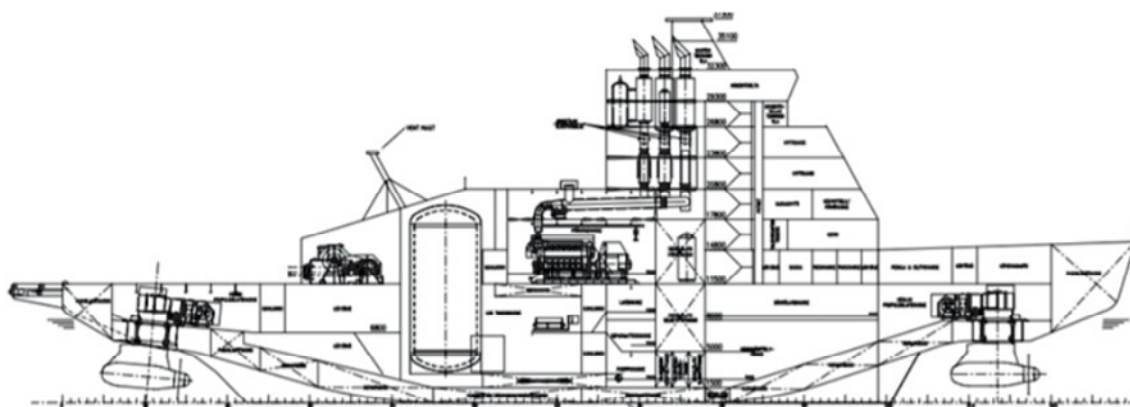
¹⁷ Pavlenko, N. Comer, B. Zhou, Y. Clark, N. (2020). The climate implications of using LNG as a marine fuel. International Council on Clean Transportation.

¹⁸ Winnes, H. Fridell, E. Ellis, J. Forsman, B. Ramsay, W. Westermark, H. (2020). Aftertreatment of methane slip from marine gas engines. Lighthouse.

knackning. För att förebygga denna typ av problem konstrueras styrsystemen för snabb sömlös växling till dieseldrift vid ofördelaktiga belastningsförhållanden.

Biogas är fritt från svavel och vid förbränning enligt Otto-principen uppfylls även kraven för NO_x Tier III. För gasdrift med diesel-cykel kan det i en del fall krävas avgasrening med SCR-system, då NO_x-utsläppen ligger över tillåtet gränsvärde.

Det finns relativt mycket operationella erfarenheter från användning och drift av diesel och naturgas från sjöfart kring svenska farvatten. Två finska exempel på fartyg som drivs med LNG är gränsbevakningsfartyget Turva och isbrytaren Polaris. Båda dessa fartyg har dual fuel-motorer och kan drivas med både diesel och LNG. Turva har ca 230 m³ LNG ombord och Polaris har ca 800 m³ fördelat på två tankar. Mängden LNG på Polaris skall räcka för 10 dagars isbrytning.



Figur 5 Isbrytaren Polaris med en 400 m³ LNG-tank i genomskärning. Bild: www.akerarctic.fi



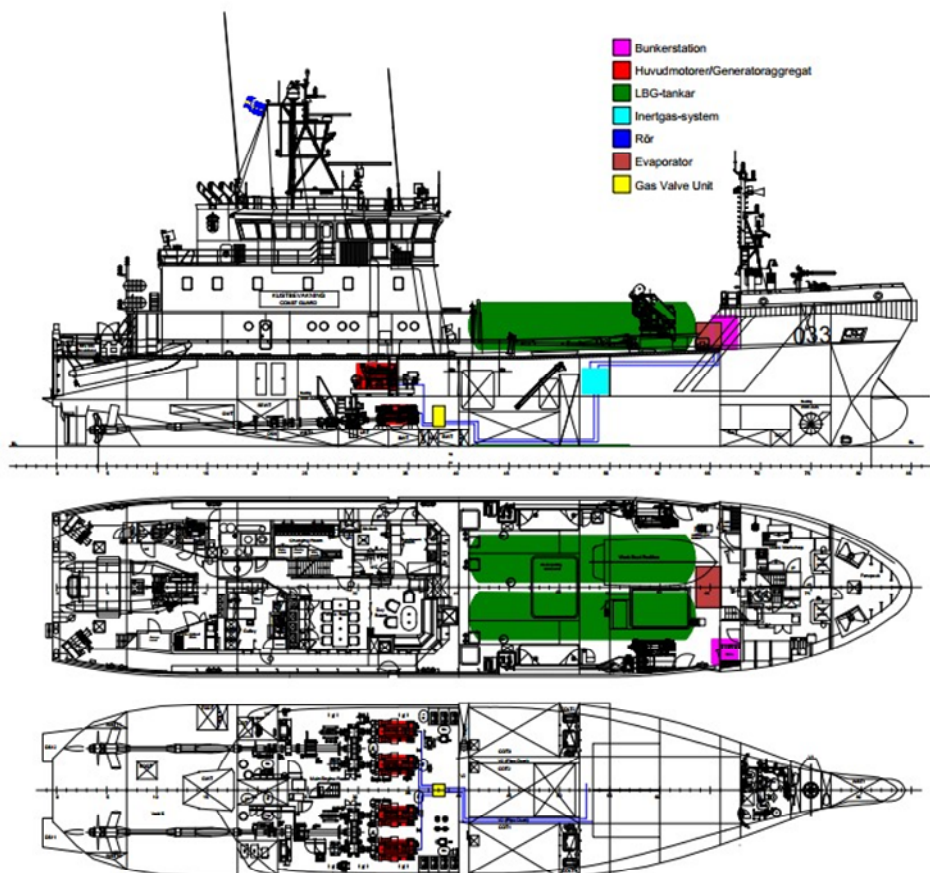
Figur 6 LNG-tank (vit) vid installationen på Turva vid varvet i Rauma. Bild: www.raja.fi

Det finns redan idag relativt väl utbyggt distributionssystem både för tryckt och kyld naturgas i större delen av landet. Detta kan även nyttjas för biogas. Bunkring av LBG kan ske från en tankbil på kajen, från bunkerfartyg eller via pipeline från en terminal eller mellanlagringstank. Den enklaste lösningen är från tankbil och kräver inga större investeringar i anläggningar på land. För större fartyg med behov av stora volymer LNG är bunkerfartyg mer effektivt och under de senaste åren har också antalet LNG-bunkerfartyg ökat avsevärt.

För konvertering av vägfärjorna på Hönöleden utreddes en distributionslösning av bränsle som innebar att LBG transporterades med tankbilar till färjeläget på Hönö där en lagringstank för LBG etablerades. I anslutning till tanken avsågs också en högtrycksförångare att installeras för på så vis möjliggöra bunkring av CBG till färjan med liknande teknik och utrustning som används för tankning av lastbilar och bussar. Anläggningen avsågs ägas av bränsleleverantören och lösningen beräknades då medföra ett bränslepris för Färjerederiet på ca 1,3 – 1,7 kr/kWh.

Fartygsdrift med biogas som bränsle.

Flytande metan förvaras i kryogen form vid en temperatur av $-162\text{ }^{\circ}\text{C}$. För att förvara så kall vätska behövs särskilt isolerande tankar. Gasen förvaras i cylindriska dubbelmantlade tankar av rostfritt stål. Isoleringen mellan de två tankarna utgörs av vacuum eller av det isolerande materialet perlit. Att gastankar är cylindriska gör dem skrymmande jämfört med en dieseltank. Nedan visas ett schematiskt exempel på hur tankar och utrustning för gasdrift skulle kunna integreras ombord på KBV 031-S.



Figur 7 Illustration av hur tankar och utrustning för gasdrift skulle kunna integreras på KBV031-S.

För att fartyget skall få lika lång räckvidd som med dagens dieseltankar på 55 m³ behövs för LBG en tankvolym på 98 m³. I det aktuella exemplet bedöms det inte möjligt att rymma dessa tankar under däck och tankarna har därför placerats på väderdäck. Beroende på fartygets uppdrag används dock däckets i dagsläget för transport av material och utrustning m.m. Tankplaceringen i exemplet innebär då att merparten av det flexibla arbetsdäckets yta försvinner.

Vid bunkring av LBG ställs höga krav på såväl utrustning som utformning av säkerhetsrutiner eftersom läckage eller spill inte får uppstå då metan är en brandfarlig gas. Den låga temperaturen på LBG kan också skada fartygsskrovet vid ett läckage vilket bidrar till att droppfria kopplingar måste användas samt att bunkringsförfarandet måste utformas så att spill eller läckage inte kan uppstå.

Flytande metan kan förvaras i isolerade tankar mellan 60 - 90 dagar. Därefter har gasens temperatur stigit så mycket att den förångas. När gasen förångas ökar trycket i tanken och vid ett övertryck av ca 7 bar släpps den förångade gasen ut.

Innan förbränning i motorn förångas den flytande metanen till gas i en evaporator (*förångare*). Flytande gas förångas normalt till gasform utan tillsats av energi, men i evaporatorn måste dock värme tillföras antingen från fartygets värmesystem eller från sjövattnet.

Från evaporatorn leds gasen i dubbelmantlade bränsleledningar till maskinrummet. I maskinrummet hanteras gasen av en gasregleringsenhet. Denna fördelar gas till rätt tryck och mängd till motorerna. I övrigt är en motor för gasdrift i stort lik en motor för dieseldrift.

Eftersom gasen är så lättantändlig har bränslesystemet ett flertal säkerhetsskydd. Gasregleringsenheten och det yttre utrymmet i de dubbelmantlade bränsleledningarna spolas konstant med luft. Denna luft passerar sensorer som ger utslag till ett nödavstängningssystem i det fall gas skulle läcka. Efter bunkring och vid avstängning av gasdriften spolas bränsleledningar med inert gas. Inertgasen förvaras ombord i komprimerad form och på stora fartyg finns också en inertgasgenerator för kontinuerlig tillförsel av inert gas.

4.1.5 Vätgas

Vätgas innehåller inget kol och de enda emissionerna som uppstår vid förbränning är vattenånga. Vätgas har testats och använts i både förbränningsmotorer och i bränsleceller ombord på mindre fartyg. Passagerarbåten Hydroville som opererar i Antwerpen var 2017 det första certifierade fartyget att använda vätgas som bränsle i en förbränningsmotor.¹⁹ Under 2020 förväntas passagerarfärjan Water Go Round sättas in i kommersiell trafik i San Francisco. Färjan är utrustad med bränsleceller för att konvertera vätgas till el för framdrift. Även i Norge pågår flera projekt med utveckling av färjor som utrustas med bränsleceller och användning av vätgas. Exempel är Norleds färja som förväntas tas i drift i april 2021²⁰ samt projektet Zero Emission Fast Ferry – Zeff.

Vätgas har mycket låg densitet vilket gör att även vätgas i flytande form har betydligt lägre energidensitet än andra alternativa bränslen. Den låga kokpunkten på -253 °C gör att flytande vätgas förutsätter kryogen hantering och kontinuerlig kyla eller kontinuerlig förbrukning av avkoket. Vätgasmolekylerna är mycket små vilket gör att tankarna måste utformas i speciella material för att molekylerna över tid inte ska diffundera genom tankväggen. Vätgas är också explosivt och brandfarligt vilket ställer höga krav på säkerheten. Men trots den låga vikten på vätgas gör behovet av stora tankar p.g.a. volymen att vikten för en vätgasinstallation blir hög.

Vätgas används i första hand inom processindustri och i raffinaderi. Endast en mindre del används som bränsle. Det mesta av den vätgas som produceras globalt i dag är framställd från fossil naturgas. Vätgas kan dock produceras från el genom elektrolys.²¹ Tekniken är under utveckling och det pågår flera projekt för att öka produktionen av vätgas från exempelvis vind- och solel. Produktion av vätgas blir då ett sätt att kunna lagra förnyelsebar el när det finns ett överskott. Vätgas producerad från förnyelsebar el anses av många vara ett intressant framtida alternativ som marint bränsle. I en studie av Chalmers och IVL Svenska Miljöinstitutet genomfördes en multikriterieanalys för utvärdering av möjliga marina bränslen. I studien där flera olika aktörer, så väl redare som myndighetsrepresentanter, medverkade rankades förnyelsebar vätgas högst trots dess högre pris.²² I andra prognoser avseende användning av framtida bränslen globalt förutspås dock vätgas inte få en betydande roll p.g.a. ett högt pris på bränslecellerna.²³

Än finns inga klassregler för användning av vätgas som marint bränsle men regler och standarder är under utveckling. Hydroville, som var det första klassade fartyget fick sitt godkännande genom riskbaserad design.²⁴ Eftersom vätgas är en gas omfattas användningen som bränsle ombord fartyg också av IGF-koden.

Det finns ett fungerande system för distribution av vätgas i Sverige idag baserat på biltransporter av trycksatt gas. Dock används denna gas i liten omfattning som energibärare vilket gör att distributionssystemet inte är dimensionerat för stora leveranser av vätgas. I Sverige finns i dag fem tankstationer för vätgastankning till fordon.

¹⁹ (2020). <http://www.hydroville.be/en/hydroville/>. Hydroville.

²⁰ (2019). <https://fuelcellworks.com/news/norway-norleds-hydrogen-ferry-begins-to-take-shape/>. Fuelcellworks

²¹ (2020). <http://www.vatgas.se/faktabank/faq/>. Vätgas Sverige

²² Hansson, J. Månsson, S. Brynolf, S. Grahm, M. (2019). Alternative marine fuels: Prospects based on multi-criteria decision analysis involving Swedish stakeholder. Biomass and Bioenergy 126

²³ (2020). Maritime Forecast to 2050. Energy Transition Outlook 2020. DNVGL

²⁴ (2017). <https://www.lr.org/en/latest-news/first-lr-classed-hydrogen-powered-vessel-launched/>. Lloyd's register.

Fartygsdrift med bränsleceller

En bränslecell är en energiomvandlare som omvandlar ett vätebränsle till elektricitet. Elektriciteten används sedan för att driva fartyget med en elmotor. Omvandlingen sker med hög verkningsgrad med endast vatten och värme som restprodukt.

Genom att leda det vätehaltiga bränslet genom bränslecellen, som likt ett batteri består av en anod och en katod, tillsammans med komprimerad luft, sker en kemisk reaktion som producerar elektricitet. En enskild bränslecell producerar en spänning på endast 0,7 – 1 V. På motsvarande sätt som för ett batteri kopplas flera celler ihop till en så kallad stack/paket för att få önskad driftspänning. Bränsleceller levererar typiskt 10 – 100 kW per enhet. Vid behov av större effekter måste fler bränsleceller användas.

Det bränsle som driver en bränslecell bör vara rikt på väte. Typiska bränslen är alkoholer och vätgas. Energiomvandlingen i en bränslecell är effektiv. Men trots ett högt energiinnehåll kräver bränslet en stor volym på grund av mycket låg densitet. De första inledande försöken med bränsleceller på fartyg har använt komprimerad vätgas som t.ex. på Zemship. Vätgasen förvaras i tryckkärl med ett tryck på 200 – 700 bar. Även under så stora tryck blir mängden vätgas liten per behållare vilket gör att vikten för hela installationen blir stor. Likt i fallet med biogas är det effektivare att förvara vätgasen i flytande form. Men de isolerade kryogena tankarna medför också en stor vikt samt tar ett relativt stort utrymme i anspråk.

En bränslecell driven av vätgas har högre verkningsgrad. Ca 60 % jämfört med en driven av metanol som har ca 40 % verkningsgrad. Förvaring av väte är däremot mer komplicerat än metanol.

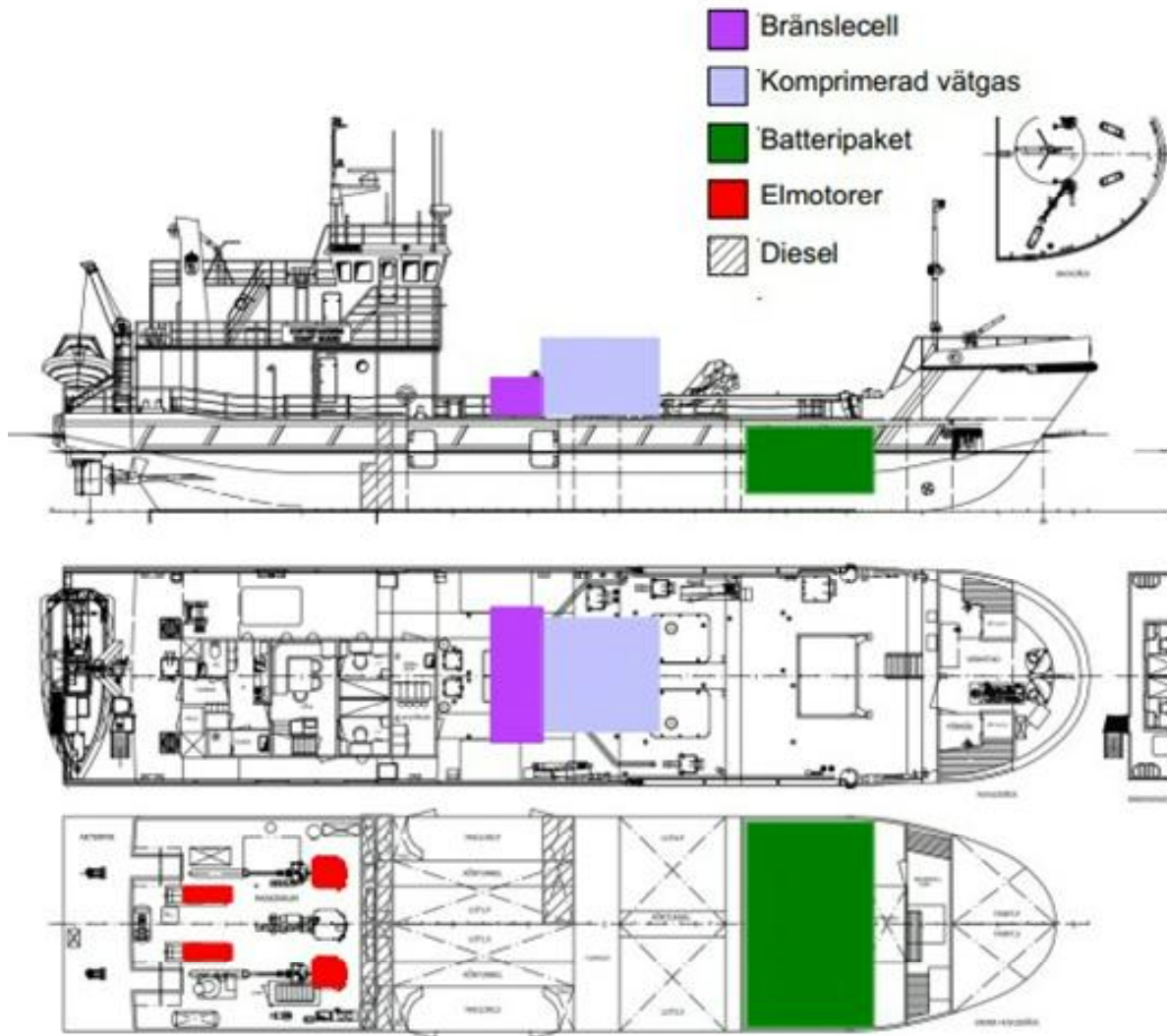
Hittills är exempel på bränsleceller ombord på fartyg få och i de existerande installationerna täcker inte bränslecellerna hela fartygets effektbehov. För att få önskad toppeffekt lagras den elektriska energin i batterier. Bränslecellen laddar kontinuerligt batterierna och effekter större än den bränslecellen kan leverera ensamt tas från batterierna. Det begränsar tiden under vilken hög effekt kan användas.

Utöver bränsleceller, bränslefförråd och batteribank behöver en bränslecellsinstallation också en kompressor för tillförsel av luft (*syre*) och ett kylsystem. Bränsleceller är en dyr teknik och kostnaden för en 100 kW bränslecell är ca 1 700 000 kr.

Den uppenbara fördelen med bränsleceller är att det är en noll-emissionsteknik. Utsläppen kommer från framställningen av bränslet. Nackdelen med tekniken är att den väger mycket, tar stor plats och är dyr. Exempel på tillverkare av bränsleceller är Ballard och svenska Powercells.

Exempel på bränslecellsinstallation på KBV050

Figuren nedan visar ett exempel på hur en bränslecellsinstallation kan se ut på Kustbevakningens miljöfartyg KBV050. Fartyget har valts eftersom det har en begränsad maskineffekt (800 kW) och inte allt för stor mängd bränsle ombord (28 m^3).



Figur 8 KBV050 med bränsleceller

De ursprungliga dieseltankarna rymmer 28 m^3 . Det ger fartyget en räckvidd på ca 3300 nm (nautiska mil) i 9 knop. En installation av vätgas-bränsleceller är tung. 300 kW bränsleceller väger ca 1,3 ton, ett bränslelager om 750 kg vätgas väger 17 ton och ett batteripack på 2 500 kWh för att klara högre belastningar än 300 kW blir 30 ton. Totalt innebär detta en totalvikt på 48,3 ton. Detta ger fartyget en räckvidd på ca 450 nm i nio knop. Alltså 13,5 % av motsvarande räckvidd för diesel. Vikten av ursprunglig dieselininstallation, för 100 % räckvidd, är ca 26 ton.

4.1.6 Ammoniak

Ammoniak (NH_3) består av kväve och väte och likt för vätgas uppstår inga emissioner av koldioxid vid förbränning. Ammoniak används främst inom industrin för tillverkning av konstgödsel men har under de senaste åren identifierats som ett potentiellt framtida marint bränsle. Förnärvarande pågår flera forskningsprojekt kring ammoniak som bränsle i förbränningsmotorer men också som energibärare för användning i bränsleceller ombord på fartyg. Bland annat har ett projekt för att utveckla och testa bränsleceller ombord på offshore-fartyget Viking Energy blivit beviljat stöd. Installationen förväntas vara installerad 2024 och enligt planen ska ammoniak då svara för 60 - 70 % av det årliga energibehovet ombord. Resterande del kommer från naturgas.²⁵

Hittills finns inga kommersiella applikationer där ammoniak används som fartygsbränsle och erfarenheterna är begränsade till tester i laboratoriemiljö. Det saknas därför också regelverk för användning ombord. I prognoser avseende framtida marina bränslen förutspås e-ammoniak (*från elektrolys*) globalt kunna användas i betydande omfattning kring år 2040.²⁶ Tekniken antas dock i första hand vara anpassad för större oceangående fartyg.²⁷ De första fartygen att använda ammoniak som bränsle kommersiellt antas bli produkttankers som har ammoniak i lasten.²⁸

Vid rumstemperatur och normalt tryck är ammoniak gasformigt men genom trycksättning till 10 bar eller nedkyllning till -33 °C blir ammoniak flytande och kan transporteras i trycktankar. Tack vare betydligt högre densitet blir även energitätheten avsevärt högre än för flytande vätgas. Ammoniak är dock en giftig gas vilket medför hälso- och säkerhetsrisker. Eftersom ammoniak har en hög antändningstemperatur krävs pilotbränsle för förbränning i en dieselmotor och kan utgöras av vätgas eller diesel.²⁹ Det finns för närvarande ingen tillgänglig marinmotor på marknaden för ammoniak, men MAN har utrett möjligheten att modifiera sin två-takts dual fuel-motor (*ME LGI*) så att den kan köras på ammoniak. Utvecklingstiden för en sådan modifierad motor uppskattas till 2 - 3 år och kan utvecklas när efterfrågan finns.³⁰ Priset på motorn förväntas bli ca 30 % högre jämfört med priset för samma motor för redan godkända bränslen (*LNG, LPG*).³¹ Med anledning av att ammoniak är giftigt och att en installation kräver omfattande säkerhetssystem och trycksatta tankar kan den totala installationskostnaden förväntas bli hög.

Ammoniak produceras i första hand från kol och naturgas men kan även tillverkas från biomassa eller framställas från elektrolys. När det produceras med elektrisk energi omsätts väte, producerat ur elektrolys av vatten, med kväve erhållet från luftavskiljning.³² Tillgången på

²⁵ (2020). <https://www.equinor.com/en/news/2020-01-23-viking-energy.html>. Equinor.

²⁶ (2020). Maritime Forecast to 2050. Energy Transition Outlook 2020. DNVGL.

²⁷ (2020). Brinks, H. Alternative Fuels Online Conference. DNVGL.

²⁸ (2020). Ammonfuel - An industrial view of ammonia as a marine fuel. Alfa laval, Hafnia, Haldot Topsoe, Vestas, Siemens Gamesa.

²⁹ Vries, N. (2019). Safe and effective application of ammonia as a marine fuel. TU Delft Mechanical, Maritime and Materials Engineering.

³⁰ (2018). Ship Operation Using LPG and Ammonia As Fuel on MAN B&W Dual Fuel ME-LGIP Engines. 15th Annual NH_3 Fuel Conference, MAN.

³¹ (2020). Ammonfuel - An industrial view of ammonia as a marine fuel. Alfa laval, Hafnia, Haldot Topsoe, Vestas, Siemens Gamesa.

³² Bennani, Y. Perl, A. Patil, A. van Someren, C. Heijne, L. van Steenis, M. (2016). Power-to-ammonia: rethinking the role of ammonia – from a value product to a flexible energy carrier (Flex NH_3). Hanzehogeschool Groningen.

ammoniak från förnyelsebara källor är nu mycket begränsad men flera projekt för produktion av e-ammoniak pågår. Bland annat projektet ZEED (*Zero Emission Energy Distribution at Sea*) som utvecklar koncept för produktion av ammoniak, vätgas och biogas från havsbaserad vindkraft. Konceptet ska också möjliggöra bunkring till havs i anslutning till produktionsplatsen.³³ Men priset på fossilfri ammoniak är idag ca 2 - 3 gånger så högt som priset på konventionell ammoniak.³⁴

4.1.7 Elektricitet

Elektricitet som produceras i Sverige har sedan 2011 krav på ursprungsmärkning. Det gör att elektricitet som köps kan beställas som fossilfri. Sveriges elproduktion består idag av cirka 40 % kärnkraft, 40 % vattenkraft, 10 % vindkraft och 10 % kraftvärmeverk i fjärrvärmesystem och i industrin.

Sverige har ett väl utbyggt elnät där stamnätet går med viss närhet till samtliga kuster och med närhet till Sveriges större sjöar. Beroende på var ett elektriskt drivet fartyg behöver ladda kan tillräcklig effekt i överföringen mellan land och fartyg vara begränsande eftersom snabb laddning kräver hög effekt från det lokala elnätet. Utöver att förstärka nätet eller bygga nytt nät kan en förstärkning även ske genom ett landlager, vilket har gjorts på vissa platser i Norge

Det finns idag flera fartyg, främst för persontrafik, som har helt elektrisk framdrivning. En fördel med elektricitet som drivmedel är att elektriska motorer och system generellt har hög verkningsgrad. Största nackdelen är att lagring ombord som sker med hjälp av batteri eller kondensatorer är skrymmande och tungt. Det medför att helt elektriska lösningar med endast batterier ombord för energilagring främst lämpar sig för fartyg som opererar korta avstånd med frekvent möjlighet att ladda. För andra typer av fartyg med annan typ av operationsprofil kan hybridlösningar med batterier i kombination med ett annat bränsle vara ett alternativ. Beroende på operationen och fartygstypen kan installationen av batterier utformas för att kunna tillgodose en varierande andel av energibehovet. 2019 fanns över 320 fartyg med hybrid- eller ladd-hybridinstallation i drift eller i order.³⁵ Ökningen av antalet fartyg med batteriinstallation har gjort att regelverk och klassregler har utvecklats och tagits fram.

De senaste årens ökade elektrifiering av fordonsflottan samt den ökade efterfrågan på batteriinstallationer för marint bruk har lett till en snabb utveckling av batterier och sjunkande priser. Utvecklingen med sjunkande priser på batterier förväntas också fortsätta under de kommande åren.³⁶ Eftersom batterier uppskattas ha en livstid på ca 8 - 10 år och sedan behöver bytas ut bidrar det till höga kostnader för fartyg med eldrift.³⁷

³³ (2019). <https://new.abb.com/news/detail/46259/the-floating-filling-station-bunkering-zero-emission-fuel-at-sea>. ABB.

³⁴ (2020). Brinks, H. Alternative Fuels Online Conference. DNVGL.

³⁵ (2019). Comparison of Alternative Marine Fuels. DNVGL.

³⁶ (2020). Fuel production cost estimates and assumption This is part of Zero-Emission Vessels: Transition pathways. Lloyd's Register.

³⁷ (2019). Comparison of Alternative Marine Fuels. DNVGL.

4.1.8 Vind

Vindkraft användes för framdrivning av fartyg i flera tusen år innan den konkurrerades ut av ångmaskiner och förbränningsmaskiner för omkring hundra år sedan. Medvetenhet om miljö och klimat har tillsammans med teknisk utveckling åter ökat intresset kring olika typer av vindpropulsion. En rad olika tekniska lösningar har presenterats och implementerats ombord på fartyg av olika storlek. I de flesta fall har det handlat om system för att generera kompletterande propulsionskraft (*Wind Assisted Propulsion System*) för att reducera bränsleförbrukningen för det ordinarie framdrivningsmaskineriet. Nivån på de bränslebesparingar som kan uppnås varierar beroende på storlek och typ som installeras. För modifieringar av mindre anläggningar kan det röra sig om enstaka procent men för nybyggnation som designas och optimeras för vindpropulsion finns exempel som siktar mot 90 procentig besparing.

Alla vindpropulsionsarrangemang är utrymmeskrävande och tar ofta stora däcksytor i anspråk. Höjden kan innebära begränsningar för val av storlek och typ på vindpropulsionsarrangemang, liksom möjligheten att begränsa de krafter som genereras när vindpropulsionen inte används. Utrustningens vikt, placering och genererad kraft kan också påverka fartygets stabilitet och begränsa förutsättningarna för val och utformning av arrangemang för vindpropulsion.

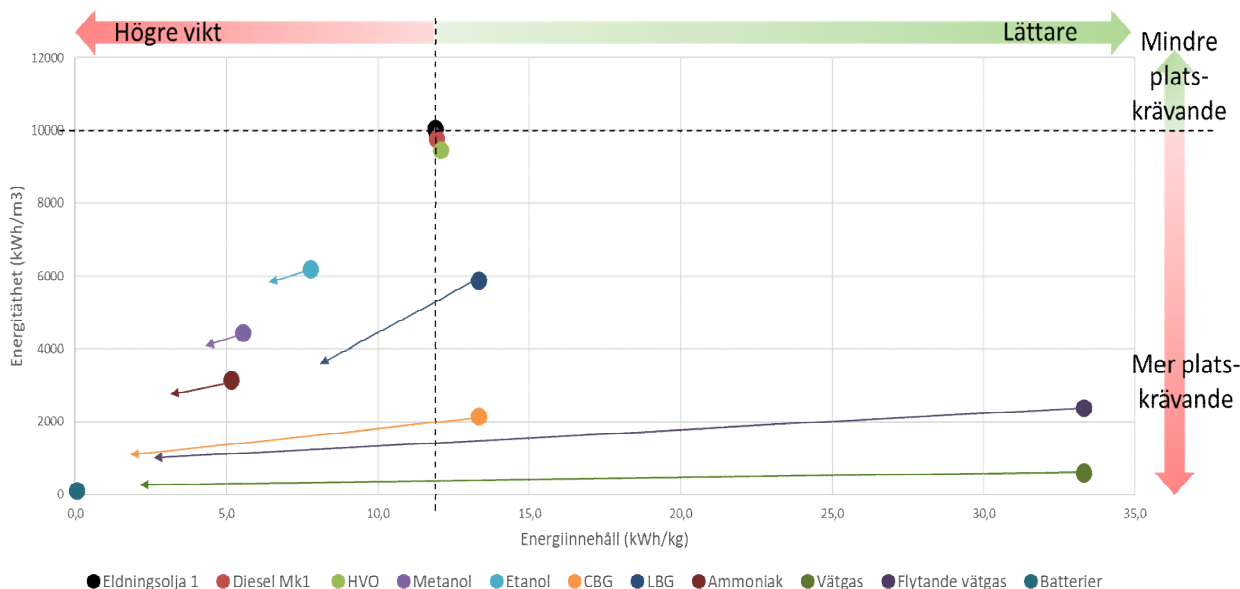
Ett flertal forsknings- och pilotprojekt pågår och några koncept är väl etablerade av tillverkare som erbjuder typgodkända enheter som kan installeras på existerande fartyg eller i nybyggnadsprojekt. De flesta aktörer på området är anslutna till International Windship Association (*IWSA*) som också har sammanställt och kategoriserat koncept i sju huvudtyper enligt följande tabell. Tabellen anger vissa karaktäristiska och indikativa för- och nackdelar samt exempel på tillverkare och installationer.

Typ, huvudprincip	Karaktäristiska egenskaper	För- och nackdelar	Exempel installationer
Flettnerrotor	Vertikal cylinder drivs att rotera varvid en dragkraft uppstår när vind blåser mot cylinderytan.	+ relativt liten yta krävs - energi krävs för rotationen	Tillverkare: Norsepower, Finland Eco Flettner, Tyskland Ett flertal installationer i drift
Kites (draksegel)	Vinden lyfter en drake som via linan ger framdrivande kraft.	+ utrymmeseffektiv - flygkontroll utmanande	Tillverkare: Skysails, Seawing kite (AirSeas)
Vingsegel	Vertikala vingar som kan roteras för olika anfallsvinkel mot vinden.	+ hög effektivitet - stor höjd	Mest uppmärksammat projekt är Wallenius Marine's WPC Oceanbird
Soft Sail	Segel av dukmaterial spänns upp i master, rån och bommar.	+ låg vikt, revbar, känd teknik - arbetskrävande, segel slits	Dynarig
Suction Wings (Ventifoil, Turbosail)	Dragkraft fås genom att suga luft från sugsidan av vertikal tjock vinge med liten kordalängd.	+ hög effektivitet - fläkt sug kräver energi	Econowind Ventifoil, Holland
Turbiner	Roterande vindturbin driver generator för el-propulsion.	+ känd vindkraftsteknik - stora roterande vingar	Endast småskaliga marina applikationer prövade
Skrovform	Fribordsytorna mellan däck- och vattenlinjekonturerna bildar en kort vertikal vinge.	+ integrerad i skrovet - retrofit ej möjligt	Vindskip AS (Høglund Marine Solutions), Norge

Tabell 4.2 Sju huvudtyper av vindpropulsionstekniker.

4.2 Jämförande sammanställning

Figuren visar en sammanställning av energiinnehåll och energidensitet för alternativa bränslen. De alternativa bränslena jämförs med eldningsolja och diesel. Många av bränslena och i synnerhet gasformiga bränslen innebär tankinstallationer som medför att energitätheten och energiinnehållet för installationen som helhet sänks avsevärt. Det leder till ett stort behov av utrymme ombord och påverkar även fartyget med en ökad vikt som i sin tur måste kompenseras med högre installerad effekt och förbrukning. Pilarna i figuren indikerar hur dessa parametrar förändras för respektive bränsle när tankinstallation ombord beaktas.



Figur 9 Jämförelse av vikt och utrymmesbehov för alternativa bränslen i jämförelse med eldningsolja. Pilarna i figuren indikerar hur energidensitet samt energiinnehåll förändras för respektive bränsle när tankinstallation ombord beaktas.³⁸

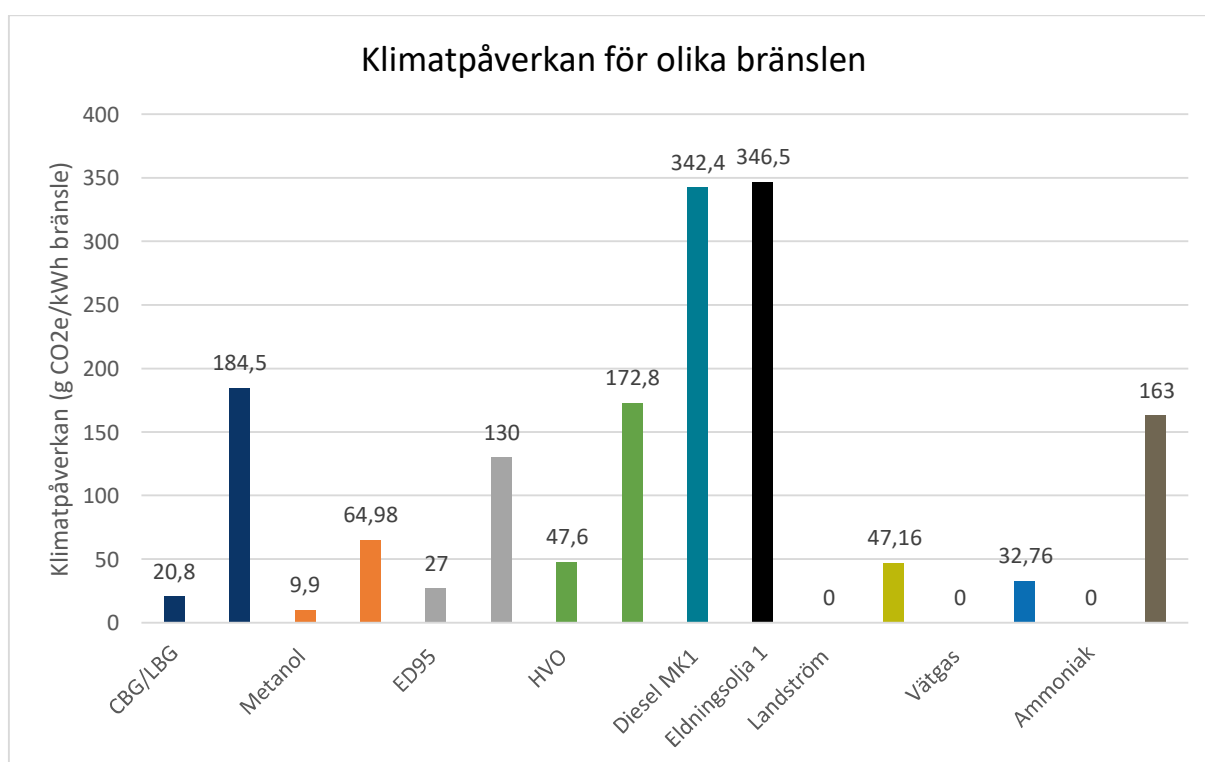
Av figuren framgår att alla bränslen förutom HVO medför en högre vikt och är mer platskrävande om dessa ska ersätta samma energimängd av eldningsolja ombord.

Fossilfria bränslen producerade från biomassa ger inte upphov till några nettoutsläpp av CO₂ till atmosfären vid förbränning eftersom biomassan antas ha bundit in koldioxid och på sikt binds denna koldioxid in igen i ny biomassa. Framställningen av dessa bränslen ger dock upphov till utsläpp vilket gör att även dessa bränslen medför viss klimatpåverkan.

Många av bränslena kan produceras på flera olika sätt och från flera olika råvaror. Beroende på produktionsmetod och råvara varierar även klimatpåverkan från det färdiga bränslet. Beräkningar av klimatpåverkan görs också på olika sätt i olika studier vilket bidrar till att klimatpåverkan från ett specifikt bränsle kan variera mycket mellan olika källor.

³⁸ (2019). Comparison of Alternative Marine Fuels. DNVGL.

Figur 16 visar en sammanställning av klimatpåverkan för olika bränslen. För att påvisa hur beräknad klimatpåverkan varierar för respektive bränsle presenterar figuren för de flesta av bränslena två värden; ett högt och ett lågt. Presenterade siffror är hämtade från olika källor. Beroende på hur stort metan-slip som uppstår vid förbränningen av biogas och beroende på i vilket tidsperspektiv (20 eller 100 år) klimatpåverkan från detta bedöms varierar klimatpåverkan stort. Den höga stapeln (184,5 g CO₂e per kWh bränsle) avser förbränning av LBG producerad från Vide och med ett metan-slip på 4 % av bränsletillförseln beräknat på 100 år³⁹. Den lägre stapeln (20,8 g CO₂e per kWh bränsle) avser LBG producerad vid Kartåsen i Lidköping och ett scenario utan att metan-slip uppstår vid förbränning.



Figur 10 Klimatpåverkan för respektive bränsle. Klimatpåverkan varierar beroende på produktionssätt, råvara och beräkningsmetod. Figuren redovisar ett högt respektive lågt värde för bränslena. För landström motsvarar värdet 0 miljömärkt el och högra stapeln en svensk elmix. Nollvärdet för vätgas och ammoniak är teoretiskt värde vid framställning från miljömärkt el.

Tabell 4.3 visar en sammanställning av verkningsgrader för olika teknologier för respektive bränsle. Tabellen omfattar också ett intervall av beräknad reduktion av klimatpåverkan för respektive konfiguration i jämförelse med drift på eldningsolja. Ammoniak omfattas inte av tabellen eftersom det saknas tillförlitliga data avseende verkningsgrad. Klimatpåverkan för respektive bränsle varierar också beroende på råvara och produktionssätt. Specifika emissionsfaktorer kan även variera beroende på vilken beräkningsmetod som har använts. Detta gör att det i vissa fall fattas jämförbara värden mellan olika bränslen och att flera alternativa källor har använts för värdena i tabellen.

³⁹ Brynolf, S. (2014). Environmental Assessment of Present and Future Marine Fuels. Chalmers University of Technology.

	Motortyp o energigenerator	Bränsle	Verkningsgrad	g CO ₂ e/kWh bränsle	g CO ₂ e/kWh propeller	Reduktion klimatpåverkan
Mekanisk framdrivning	Gasmotor (metan)	CBG/LBG	32 – 41 %	20,8 - 184,5	49,9 - 572	93 – 41 %
	Metanolförbränningsmotor gnisttänd	Metanol	33 – 39 %	9,9 - 65	25,7 - 194,9	96 – 80 %
	Metanolförbränningsmotor kompressionständer	Metanol MD95	36 – 45 %	9,9 - 65	21,8 - 181,9	97 – 81 %
	Etanolförbränningsmotor kompressionständer	ED95	32 – 42 %	27 - 130	64,8 - 403	91 – 58 %
	Dieselmotor	HVO	36 – 44 %	47,6 - 172,8	109,5 - 483,8	84 -50 %
		Diesel MK1 (färgad)	36 – 44 %	324,4	787,4 - 958,6	1 - 1 %
		Eldningsolja 1	36 – 44 %	299 - 346,5	687,7 - 970,2	0 %
Elektrisk framdrivning	Batteri	Landström	83 – 90 %	0 - 47,2	0 - 57	100 – 94 %
	Bränslecell	Vätgas	40 – 44 %	0 - 32,8	0 - 81,9	100 – 92 %
	Diesलगenerator	HVO	29 – 40 %	47,6 - 172,8	119 - 587,5	83 – 39 %
	Metanolförbränningsgenerator	Metanol MD95	29 – 41 %	9,9 - 65	23,8 - 220,9	97 – 77 %
	Biogassgenerator	CBG/LBG	26 – 37 %	20,8 - 184,5	56,2 - 701,1	92 – 28 %

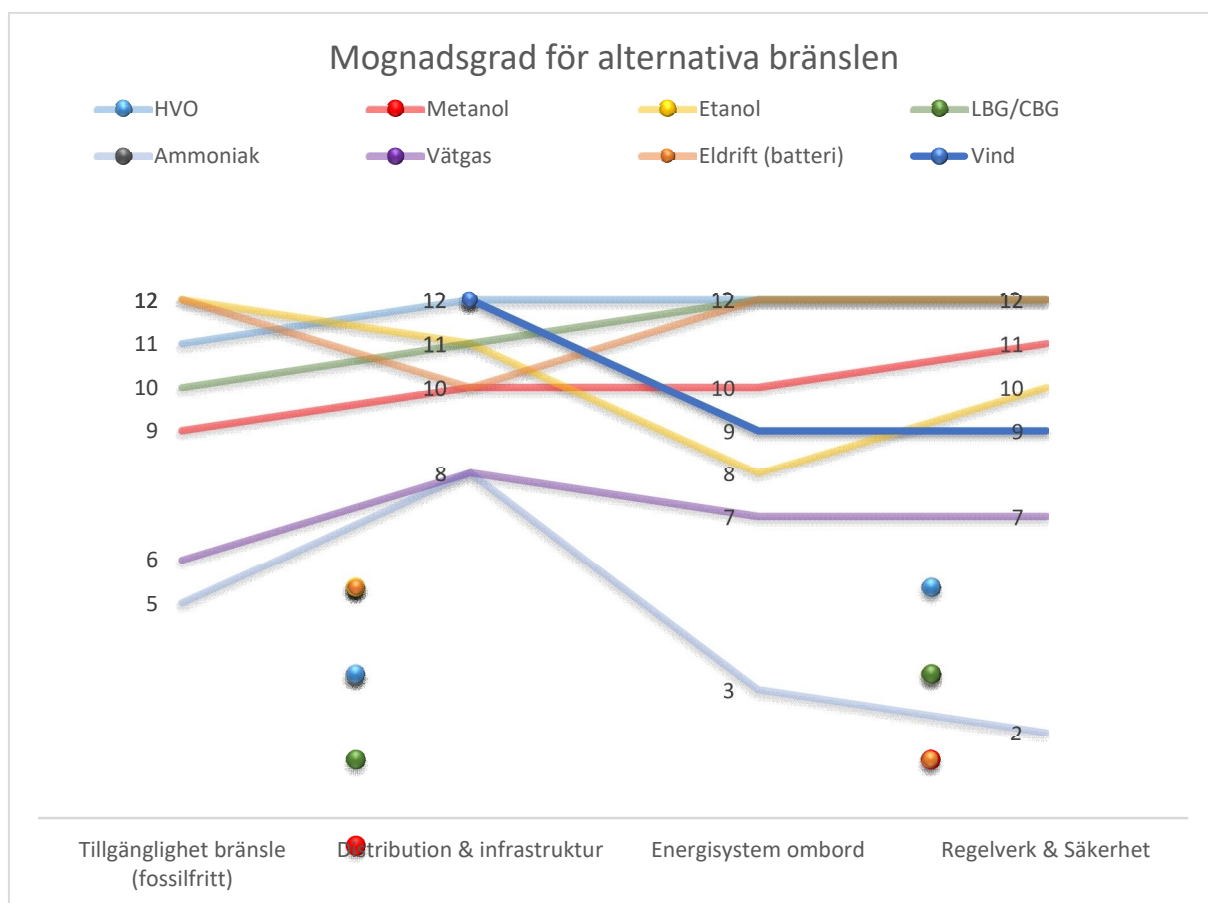
Tabell 4.3 Sammanställning av verkningsgrader och klimatpåverkan för olika typer av motorer, energigeneratorer och bränslen.⁴⁰ Reduktion av klimatpåverkan jämförs med eldningsolja och har beräknats för olika bränslen framställda med förnybar råvara och för Kustbevakningens respektive Sveriges genomsnittliga elmix.

Mognadsgraden för respektive bränsle har bedömts enligt fyra parametrar. Tillgänglighet av fossilfritt bränsle, distribution & infrastruktur, energisystem ombord samt regelverk & säkerhet. Skalan för bedömning är baserad på den niogradiga TRL-skalan (*Technology Rediness Level*) för produkter.⁴¹ För att differentiera bränslen som alla har uppnått nivå nio men där det bedöms finnas skillnader avseende i vilken omfattning tekniken och bränslet är beprövat har skalan utökats med ytterligare tre nivåer upp till tolv.

Figuren på nästa sida visar ett diagram med bedömd mognadsgrad enligt dessa fyra parametrar för respektive bränsle.

⁴⁰ (2018). Omställning till fossilfrihet för statligt ägda fartyg – ett regeringsuppdrag. Trafikverket.

⁴¹ (2020). Technology Readiness Level. Energimyndigheten.



Figur 11 Bedömd mognadsgrad för alternativa bränslen.

Av de identifierade och utvärderade bränslena är det bara HVO som direkt kan ersätta dagens bränslen utan att medföra en högre vikt eller bli mer platskrävande, förutsatt att samma mängd energi ska kunna lagras ombord för att upprätthålla dagens räckvidd. Eftersom HVO antas kunna användas i konventionella marina dieselmotorer utan modifikationer medför detta alternativ inte heller några tillkommande investeringskostnader. Samtliga övriga bränslen antas medföra höga installations- och investeringskostnader.

De fossilfria bränslena är alla, med undantag för el, avsevärt mycket dyrare än eldningsolja och diesel. HVO kostar exempelvis mer än dubbelt så mycket. Dagens priser för så väl fossilfri metanol som etanol levererat med tankbil för bunkring är ca 3 gånger så höga jämfört med eldningsolja och diesel. Av de utvärderade bränslena, och med el undantaget, är bränslepriset lägst för LBG och CBG. För att få en effektiv distributionskedja i fall där bunkervolymer per bunkring är relativt liten kan det krävas en mellanlagringstank på kajen och infrastrukturkostnaderna kan då bli relativt höga. Mellanlagring av CBG eller LBG bedöms medföra högre kostnader än mellanlagring av metanol eller etanol.

Tabell 4.4 på kommande tre sidor visar en övergripande sammanställning av bränslena som har analyserats.

		Konventionella		Dieselsubstitut	Alkoholer		Gasformiga			Elektricitet (batterier)	Vind
		Eldnings- olja E10	Diesel Mk1	HVO	Metanol	Etanol	Biogas	Ammoniak	Vätgas		
Fysikaliska egenskaper	Energiinnehåll (kWh/kg)	11,9	11,9	12,1	5,6	7,8	13,3	5,2	33,3	0,1	-
	Densitet (kg/m³)	840	818	780	795	795	LBG: 440 CBG: 160	Flytande: 603	Flytande: 71 Komp. gas: 17,5	1 500	
	Energitäthet (kWh/m³)	10 010	9 770	9 450	4 417	6 183	LBG: 5 867 CBG: 2 136	Flytande: 3 116	Flytande: 2 367 Komp. gas: 583	100	
Klimatpåverkan (g CO ₂ e/kWh)		346,5	324,4	47,6 - 172,8	9,9 - 65,0	27 - 130	20,8 - 184,5	65,9 - 163 Producerad från förnybar el: 0 (teoretiskt)	32,8 Producerad från förnybar el: 0 (teoretiskt)	Förnybar: 0 Svensk elmix: 46,8	
Mognadsgrad	Tillgänglighet bränsle	12	12	11	9	12	10	5	6	12	-
	Distibution och infrastruktur	12	12	12	10	11	11	8	8	10	12
	Energisystem ombord	12	12	12	10	8	12	3	7	12	9
	Regelverk och säkerhet	12	12	12	11	10	12	2	7	12	9
	Bedömd sammanlagd mognadsgrad 2020	12,0	12,0	11,8	10	10,25	11,25	4,5	7	11,5	10

	Bedömd framtida utveckling 2030 - 2040	-	-	Teknik för HVO är mogen. Hög efterfrågan på biodiesel medför högt pris. Teknikutveckling kan på sikt medföra tillgänglighet av ny typ av e-diesel.	Mognadsgraden förväntas öka. Utveckling av samtliga parametrar pågår.	Det pågår ingen omfattande utveckling av etanolmotorer. I prognoser avseende framtida fartygsbränsle spås etanol inte användas i betydande omfattning.	Tekniken för LBG är mogen. Teknik för produktion av bränsle finns och utveckling pågår. Fler anläggningar för förvätskning av biogas krävs för att öka tillgängligheten på LBG.	Forskning och utveckling pågår. Ammoniak förutspås användas i betydande omfattning kring 2040. Dock först för större oceangående fartyg.	Projekt med mindre fartyg pågår vilket antas leda till högre mognadsgrad för energisystem ombord. Tillgången på grön vätgas förväntas öka.	Ökad elektrifiering av fordonsflottan kan medföra förstärkning av elnätet och därmed bättre möjligheter avseende distribution och infrastruktur.	Flera pågående projekt för utveckling av teknik, vilket förväntas öka mognadsgraden för vissa tekniker.
Komplexitet	Enkel konvertering	-	-	X							
	Konvertering vid LTF	-	-	X	X	X	X			X	X
	Vid nybyggnation	-	-		X	X	X	X	X	X	X
Kostnader	Investerings- och installationskostnader (jmf konventionell drift med eldningsolja)			Låga, inga modifieringar	Medel	Medel	Höga	Höga	Höga	Höga	Höga
	Bränslekostnader (kr/kWh)	0,40	0,48	1,03	1,43	1,46	LBG: 0,64 CBG: 1,3 – 1,8	1,27	2,70	0,42	-
	Underhållskostnader (jmf konventionell drift med eldningsolja)	-	-	Något minskande	Liknande - något minskande	Liknande - något minskande	Liknande	Osäkert Förväntas minska med bränsleceller	Osäkert Förväntas minska med bränsleceller	Minskande	Osäkert

	Infrastruktur-kostnader			Låga	Medel (tank för mellanlagring)	Medel (tank för mellanlagring)	Medel (tank för mellanlagring)	Medel (tank för mellanlagring)	Höga (mellanlagring av kryogen H ₂ , alt. mellanlagring av CH ₂ samt förvätskningsanläggning)	Låga - medel (eventuellt behov av förstärkning av elnät samt etablering av laddstation)	Låga
	Framtida kostnads-utveckling			Ökande	Sjunkande	Stabil	Stabil	Sjunkande	Sjunkande	Sjunkande	Sjunkande
				Tekniken utvecklad, ev. uppgång på bränsle p.g.a. ökad efterfrågan	Produktionskostnaderna för fossilfri metanol kan förväntas gå ner om produktionen ökar. Även investeringskostnaderna kan gå ner i framtiden när motorer för metanol har utvecklats.	Etanol produceras redan i stor skala och bränslepriserna förväntas därmed vara relativt oförändrade.	Tekniken utvecklad.	Utveckling pågår, kan medföra sänkta kostnader för både investering och bränsle i framtiden	Utveckling pågår, kan medföra sänkta kostnader för både investering och bränsle i framtiden	Utvecklingen av batterier har medfört lägre kostnader, utvecklingen kan förväntas fortsätta.	Teknik under utveckling som kan medföra lägre kostnader i framtiden.
Emissioner	SO_x	Högre än diesel.		0	0	0	0	0	0	0	0
	NO_x	Kräver efterrening för Tier III	Kräver efterrening för Tier III	Kräver efterrening för Tier III	Reducerade utsläpp jmf eldningsolja. Beroende på motortyp kan Tier III utan efterrening uppfyllas.	Beroende på motortyp kan Tier III utan efterrening uppfyllas.	Otto-motorer klarar Tier III utan efterrening. Diesel-motorer kräver efterrening.	Höga utsläpp kräver efterrening. Även utsläpp av N ₂ O samt NH ₃ (förbränningsmotor).	Ingen efterrening krävs.	0	0
	Partiklar	Högre än diesel.		Minskar jmf diesel.	Minskar jmf diesel.	Minskar jmf diesel.	Minskar jmf diesel.	Minskar jmf diesel.	Minskar jmf diesel.	0	0

Tabell 4.4 Jämförande sammanställning av alternativa bränslen.

4.3 Matris för bedömning av möjliga alternativa bränslen

Kritiska parametrar för vilket typ av bränsle som väljs för en fartygstyp är exempelvis önskad räckvidd och fart, effektbehov, energilagringsbehov, utrymme för energilagring och vikt känslighet. Räckvidd, fart och effektbehov och som följd av detta energilagring behov är operationella parametrar som kan anses öppna för diskussion medan tillgängligt utrymme för energilagring och enhetens vikt känslighet är fysiska begränsningar.

Nämnda parametrar är bedömda tillsammans med fem olika fartygskategorier och den övergripande bedömningen är sammanställd i nedanstående matris. De fem kategorierna innehåller såväl Kustbevakningens som Sjöfartsverkets nuvarande fartyg. Enheter har kategoriserats utifrån liknande konstruktion och operationsprofil oavsett vilken myndighet dem tillhör. Den fullständiga bedömningen av varje bränsle eller bränslekombination presenteras inte här, men har lämnats över till Kustbevakningen.

Utöver ovan parametrar kan bunkringsmöjligheter i form av infrastruktur, tillgång och produktion av bränslet vara faktorer att ta hänsyn till inför val av bränsle. Men i bedömningen av vilket bränsle som fungerar för en viss fartygskategori har bunkringsmöjligheterna ej tagits med eftersom bunkringsmöjligheter inte är beroende av fartygskategori. Vad som krävs säkerhetsmässigt för att hantera ett visst bränsle tas inte heller hänsyn till i matrisen, då ett bränsles godkännande som faktiskt fartygsbränsle får anses vara tillräckligt och regleras av säkerhetsbestämmelser kring bränslet i sig.

Kolumnen mognadsgrad i matrisen ger dock en snabb överblick över varje bränsles aktuella mognadsgrad, se figur 17 och kapitel 4.2. I matrisen har bränslen som inte är bedömda mogna idag markerats med orange. Hybridlösningen i matrisen förutsätts vara el i kombination med dieselsubstitut. Andra kombinationer där ett annat bränsle ersätter dieseln kan vara möjliga men tas inte upp för bedömning för varje enskild kombination.

För att tydligt visualisera vilka bränslen som är mest lämpade för olika kategorier av fartyg färgkodas möjligheten att använda ett visst bränsle eller bränslekombination i grönt, gult och rött.

	= Möjlig
	= Möjlig, men med reducerad förmåga
	= Ej möjlig

Där färgkodningen visar rött eller gult ges en kort förklaring till avgörande faktor för den aktuella bedömningen. Exempelvis menas med "räckvidd" behov av räckvidd så som fartyget opereras idag. För fartyg där det finns ett behov av lång räckvidd är generellt sett bränslen som kräver litet eller normalt lagringsutrymme mer lämpade. Är det möjligt att acceptera kortare räckvidd eller om möjlighet finns att bunkra ofta är alternativet fortfarande möjligt.

Bedömningen är konservativ, d.v.s. om en parameter är röd för ett bränsle i kombination med en fartygskategori sätts kombinationen som "Ej möjlig". Likaså gäller för bränslen som bedöms som både gula och gröna i kombination med en viss fartygskategori. Då blir bedömningen "Möjlig, men med reducerad förmåga". Huruvida bedömningen av ett visst bränsle i kombination med ett fartyg kan justeras beror i stort på om den utslagsgivande faktorn är av operationell eller fysisk karaktär.

Indelningen av Kustbevakningens och Sjöfartsverkets fartyg i fem olika kategorier ger ett verktyg för att bedöma lämpligheten av ett bränsle eller kombination av bränslen på en specifik enhet och fungerar som en vägledning. Vid varje tillfälle en åtgärd ska göras på ett fartyg kan matrisen användas för att se vad som behöver påverkas för att fartyget ska kunna flyttas till en kategori där det möjligen finns fler alternativa drivmedel. Operationella justeringar för att möjliggöra ett annat bränsle kan vara att sänka farten eller att bunkra oftare. Energieffektivisering kan också vara ett sätt att möjliggöra ett fossilfritt bränsle. Matrisen är alltså tänkt som ett stöd att beakta vid exempelvis omorganisationer, inför justeringar i operationsmönster eller vid ombyggnation.

Fartygets operationsprofil är viktig för att undersöka möjligheterna för om operationella justeringar är genomförbara och kan möjliggöra ett annat bränsle.

Inför ett faktiskt byte av bränsle med tillhörande system på ett fartyg behöver också dess specifika konstruktion vägas in.

Bränsle- alternativ	Bränslets mognad	Fartygskategorier				
		A1	A2	B	C	D
Dieselsubstitut	11,8					
Metanol	10,0	Räckvidd Utrymme	Utrymme	Räckvidd		
Etanol	10,3	Räckvidd Utrymme	Utrymme			
Biogas, komp.	11,3	Utrymme	Utrymme	Utrymme	Räckvidd Utrymme	Räckvidd Utrymme
Biogas, flytande	11,3	Utrymme Vikt	Utrymme Vikt	Räckvidd Utrymme	Utrymme Bränsle- stabilitet	Utrymme
Ammoniak	4,5	Utrymme	Utrymme	Räckvidd	Räckvidd	Utrymme
Vätgas, komp.	7,0	Räckvidd Utrymme Vikt	Räckvidd Utrymme Vikt	Räckvidd Utrymme	Utrymme	Utrymme
Vätgas, flytande	7,0	Utrymme Vikt	Utrymme Vikt	Utrymme	Räckvidd Bränsle- stabilitet	Räckvidd
El, batteri	11,5	Utrymme Vikt	Utrymme Vikt	Räckvidd	Utrymme Vikt	
Elhybrid med dieselininstallation		Utrymme Vikt	Utrymme Vikt	Utrymme Vikt		

A1: Större båtar - Operation med hög effekt, stort energilagringsbehov, viktkänslig och utrymmesbegränsad.

(T.ex. övervakningsfartyg och snabba lotsbåtar.)

A2: Småbåtar - Operation med hög effekt, stort energilagringsbehov, viktkänslig och utrymmesbegränsad.

(T.ex. högfartsbåtar och RIB-båtar.)

B: Operation med låg och hög effekt, medelstort till stort energilagringsbehov, ej viktkänslig och/eller utrymmesbegränsad.

(T.ex. KBV001-serien och mindre kombinationsfartyg.)

C: Operation med låg effekt, medelstort energilagringsbehov, ej viktkänslig och/eller utrymmesbegränsad.

(T.ex. miljöskyddsfartyg, en del sjömättningsfartyg och långsamma lotsbåtar.)

D: Operation med låg effekt, litet energilagringsbehov, ej viktkänslig och/eller utrymmesbegränsad.

(T.ex. placerande lotsbåtar för kort distans och transportbåtar för kort distans.)

5. Beaktande av behoven inom totalförsvaret

Kustbevakningen utgör en viktig resurs inom totalförsvaret inom både det civila och det militära försvaret. Det senare regleras i förordningen (1982:314) om utnyttjandet av Kustbevakningen inom Försvarsmakten. Första paragrafen fastställer att personal och materiel ur Kustbevakningen ska användas för övervakning, transporter och andra uppgifter enligt närmare överenskommelse mellan Försvarsmakten och Kustbevakningen.

Den överenskommelsen undertecknades i december 2019 av Försvarsmakten och Kustbevakningen med målsättningen att Kustbevakningen första kvartalet 2020 skulle lämna besked om vilken materiel och vilken personal som ska ingå inom Försvarsmakten i händelse av höjd beredskap och krig. Då arbetet har försenats utgår strategin för fossilfrihet tillsvidare från att alla skepp och större båtar ska kunna köras på diesel. På sikt behöver ansvarsförhållanden klargöras i fråga om bränsletillförsel till Kustbevakningens verksamhet samt vilka bränslen som bör finnas i beredskapslager framöver.

Beträffande det civila försvaret ingår Kustbevakningen med särskilt uppdrag i samverkansområdena skydd, undsättning, vård och farliga ämnen. För det civila försvaret ansvarar Energimyndigheten för att det finns bränslereserver för samhället i 90 dagar. Där har totalförsvarsplaneringen ännu inte tagit med frågan och processen runt lagring och utveckling av regelverk kring lagring av hållbara drivmedel är ännu bara i sin linda.

6. Förslag till strategi för fossilfrihet

6.1 Övergripande strategi

Kustbevakningens förslag till strategi för att nå fossilfrihet är att parallellt jobba med byten av drivmedel, större klimatfokus på styrningen av verksamheten, energieffektivisering av fartygen och ökad elektrifiering av flottan. Då det krävs tekniska modifieringar kommer mindre sådana att utföras löpande medan större förändringar bör genomföras vid halvtidsmodifieringar eller livstidsförlängningar.

FN:s internationella sjöfartsorganisation (*IMO*) beräknade 2009 att handelsfartyg i internationell trafik kan minska sin energianvändning 25 - 75 % med befintliga tekniska, operationella och strukturella åtgärder.⁴² För att klara omställningen bör Kustbevakningen ha målsättningen att halvera sin drivmedelsvolym fram till 2045 och orsaken är främst att tillgången till biodrivmedel är begränsad. Målsättningen bedöms möjlig och realistisk och ska ske utan att påverka ambitionsnivån i vårt myndighetsuppdrag.

6.2 Förslag på generella åtgärder

6.2.1 Val av bränsle

I dagsläget finns det få biodrivmedel kommersiellt tillgängliga och ännu färre små marina motorer anpassade för att använda dem. På grund av våra krav på tillgänglighet, samt att det ännu inte finns beslut som säkrar tillgången på alternativa bränslen i händelse av kris, höjd beredskap eller krig blir rekommendationen att satsa på diesel-lik bränslen. Då kan vi minska våra utsläpp av växthusgaser utan att modifiera våra motorer och samtidigt vara redo att använda fossil diesel om det skulle krävas.

Det kan också vara värt att nämna att gasformiga bränslen såsom biogas och vätgas inte förväntas passa Kustbevakningen med driftprofilerna fartygen har idag. Anledningen är att det finns risk för metanutsläpp (*biogas*) eller att bränslet kokar bort (*vätgas*) då fartyget är obemannat under längre tider. På existerande fartyg skulle tankarna ta upp hela däcksytan och leda till att fartygen tappar förmågor som krävs för verksamheten. Dessutom är gasbränslena volym- och viktdrivande och blir troligen därför inte heller aktuellt för nybyggnation. Samma förutsättningar gäller för andra alternativa bränslen som t.ex. metanol där fartygens räckvidd skulle bli betydligt kortare samtidigt som bränslet kräver modifierade motorer och säkerhetshöjande utrustning som luftsluss, pumprum och inertgasanläggning. Dessa blir svåra att få plats med på ett befintligt fartyg och förväntas leda till orimliga investeringskostnader. Däremot kan metanolen fungera vid nybyggnation då fartyget kan optimeras mot bränslet.

Strategin blir därför att fartygsflottan ersätter eldningsoljan med Mk1 diesel B0 (*RME-fri*) som är ett renare bränsle. Minskningen av växthusgaser är endast ca 1 procent, men ger lägre utsläpp av bl.a. partiklar och svavel. Som en ytterligare bouseffekt visar forskningen att ett renare bränsle bidrar till förbättrad luftkvalité för personalen ombord fartygen.⁴³

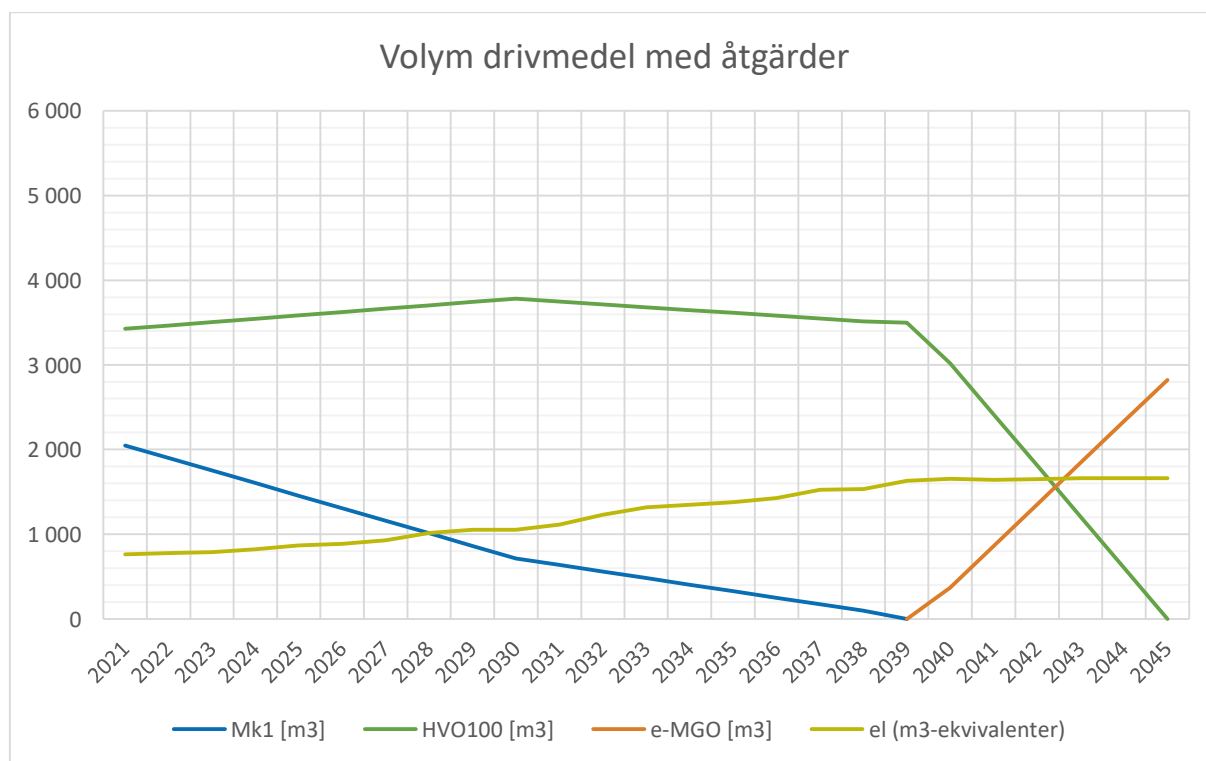
⁴² (2017). Sjöfartens omställning till fossilfrihet ER 2017:10. Energimyndigheten.

⁴³ Langer, S., Österman, C., Strandberg, B., Moldanová, J., Fridén, H. (2020). Impacts of fuel quality on indoor environment onboard a ship: From policy to practice. IVL Svenska Miljöinstitutet.

Samtidigt börjar vi också en gradvis övergång till HVO100. För att komma ner till målsättningen krävs det att vi redan 2021 köper in 3 400 m³ HVO100 (63 % av vår förbrukning). Tillsammans medför detta en ökning av drivmedelskostnaden om drygt 20 mnkr⁴⁴ 2021 jämfört med 2019. Omställningen till HVO100 bör då vara helt genomförd senast 2039 och kräver då en volym om ca 3 550 m³.

Senast 2040 påbörjas övergång till elektrobränsle (*e-MGO*) för att 2045 helt ha bytt drivmedel. Kostnaden för elektrobränsle år 2045 uppskattas till ca 47 mnkr⁴¹. Anledningen till långsiktig övergång till e-MGO bygger på att HVO100 dels inte har tillräckligt låga utsläpp för att bli helt fossilfritt, men framförallt på osäker tillgång då råvaran är begränsad. Dessutom ser vi risker med att den ökade efterfrågan driver på en utveckling mot större användning av palmolja och PFAD i HVO-produktionen vilket påverkar helhetsperspektivet negativt.

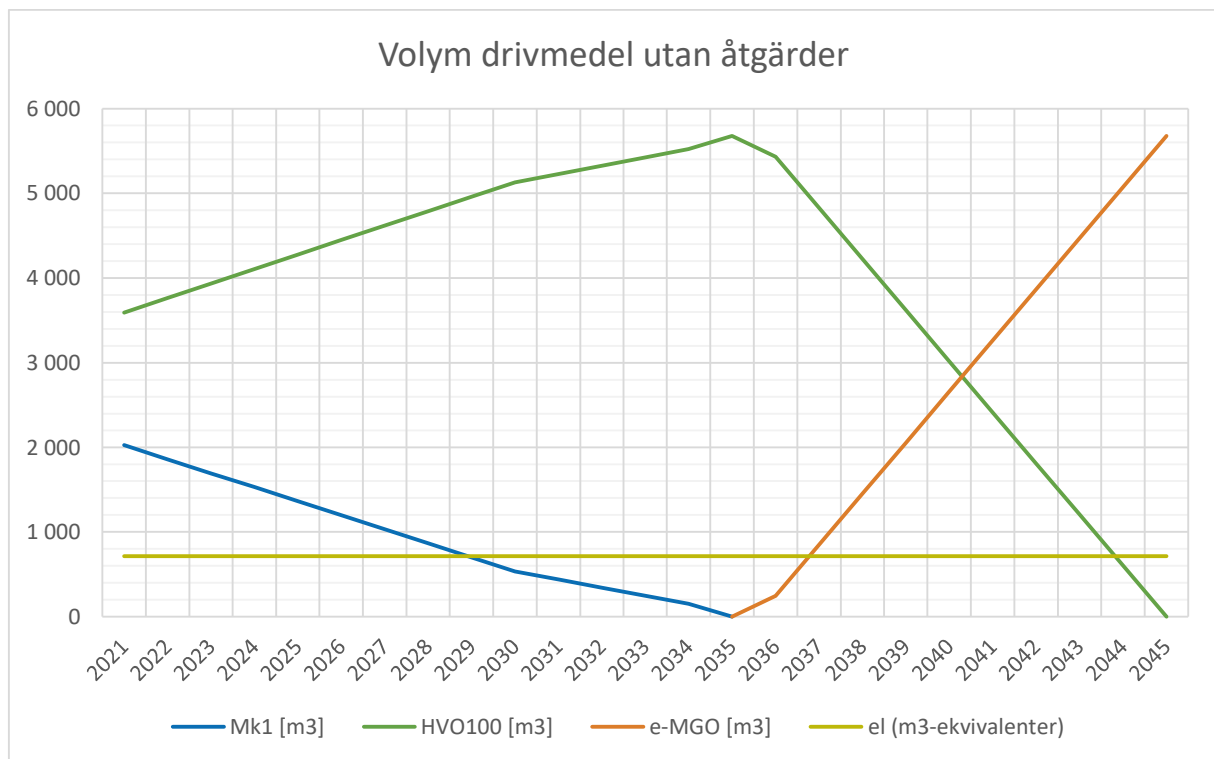
Merkostnaden jämfört med fossil diesel för perioden fram till 2045 blir ca 528 mnkr⁴¹.



Figur 12 Uppskattad mängd drivmedel med ambitionen att sänka drivmedelsvolymen med 50 % till 2045.

Den totala mängden drivmedel i det här scenariot bygger på förutsättningen att Kustbevakningen jämfört med 2019 linjärt halverar sin drivmedelsvolym fram till 2045. Nås inte det målet krävs betydligt större mängder drivmedel.

⁴⁴ Kostnadsberäkningar för omställning till fossilfrihet. Kapitel 2.



Figur 13 Uppskattad mängd drivmedel utan strategins övriga åtgärder.

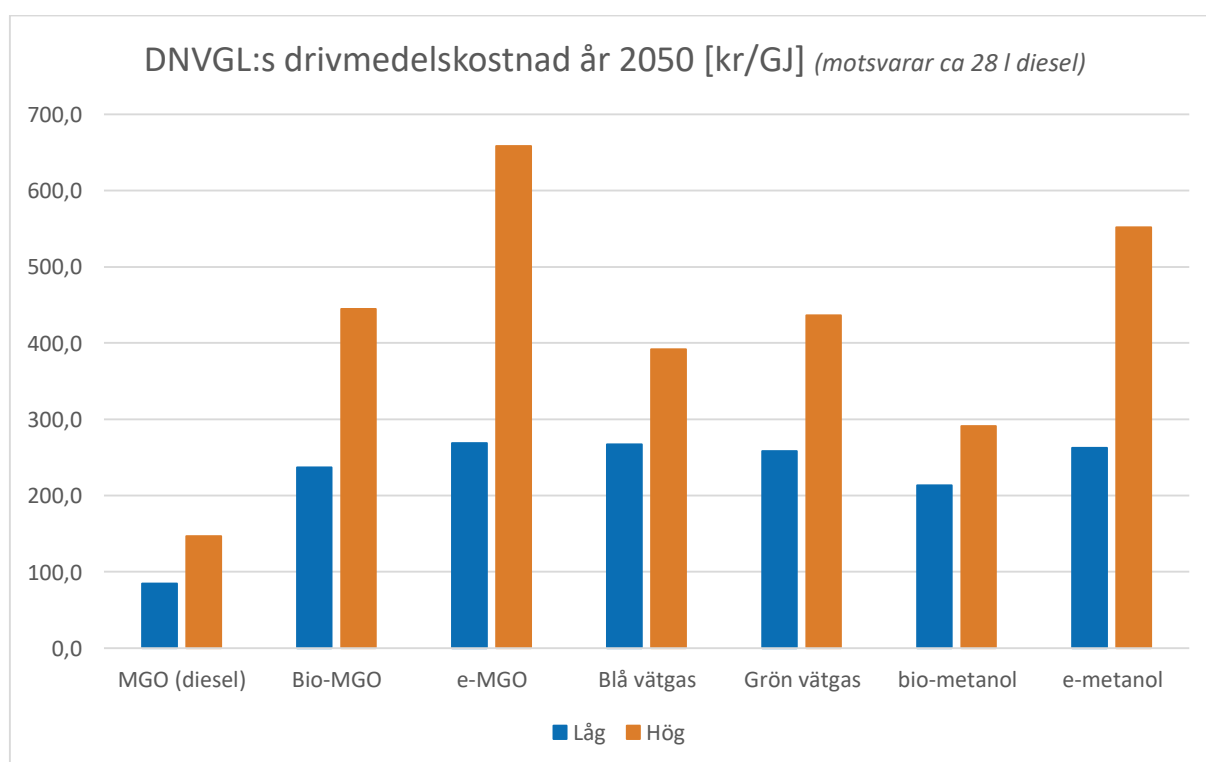
I scenariot som bygger på drivmedelsförbrukningen 2019 uppgår den maximala HVO100-volymen till 5 700 m³ jämfört med målsättningen där vi kan hålla behovet under 3 800 m³. För att få perspektiv kan det nämnas att vår bränsleleverantör garanterat oss 3 000 m³ till 2021, men inte kan göra det 2022. Anledningen är skärpningen av reduktionsplikten som gör att oljebolagen hellre använder HVO-produktionen för att sänka utsläppen i sina andra produkter. Förnybara drivmedel som blandas in i färgat (*skattebefriat*) fartygsbränsle får inte räknas in i oljebolagens uppfyllelse av reduktionsmålen. Eftersom en inblandning då är förknippat med en risk för sanktionsavgifter blir resultatet att vår Mk1 diesel inte följer det övriga samhällets utsläppsreduktion från diesel.

En annan jämförelse är att utan minskning av drivmedelsvolymerna krävs det att vi går över till e-MGO senast 2036 istället för 2040. Dessutom behöver vi 2045 5 700 m³ istället för 2 800 m³. Detta kan utgöra ett hinder då det är osäkert när e-MGO blir kommersiellt tillgängligt och hur snabbt dess produktion kan skalas upp.

Med ovanstående i beaktande blir målsättningen att halvera våra drivmedelsvolymen en förutsättning för att klara klimatmålen. Förutom styrning och energieffektivisering blir en ökad elektrifiering av flottan nödvändig. I dagsläget upptar batterierna en stor volym och innebär hög vikt i förhållande till sitt energiinnehåll. Därför finns det nu inte någon fartygsserie som helt skulle kunna gå över på eldrift. Däremot kommer vi att följa utvecklingen och i närtid undersöka laddhybridlösningar där fartygen kan laddas till kaj och klara korta stunder på el alternativt få en effektivare drivlina.

För att underlätta elektrifieringen skulle staten kunna inkludera el som fartygsbränsle eller utöka skattereduktionen för landanslutning till att även gälla fartyg under 400 bruttoton och 380 V spänning. Dessutom bör laddningen av batterier inkluderas i reduktionen. I nuläget är det billigare att använda fossil skattebefriad diesel i fartygen istället för grön el och detta motverkar omställningen. För att tillgodogöra nyttan med elektrifiering av fartygen krävs det dessutom satsning på infrastrukturen i de hamnar där Kustbevakningen ofta opererar. Detta inkluderar kostnader för att gräva ner kablar, förstärka ställverk och bygga landanslutningar. Kostnaderna för infrastrukturen iland redovisas under energieffektivisering.⁴⁵

Det bör noteras att det finns osäkerheter i totalkostnaden för vårt drivmedel, men att vi kan förvänta oss att kommande fossilfria bränslen kommer vara dyrare än fossil diesel. Kostnaden för Mk1 diesel och HVO100 beräknas på drivmedelsupphandlingen för 2021 - 2024 och kostnaden för elektrobränsle (*e-MGO*) bygger på genomsnittet mellan DNVGL:s lägsta och högsta kostnadsscenario.⁴⁶ Kostnaden för elen är satt till 1,20 kr/kWh.



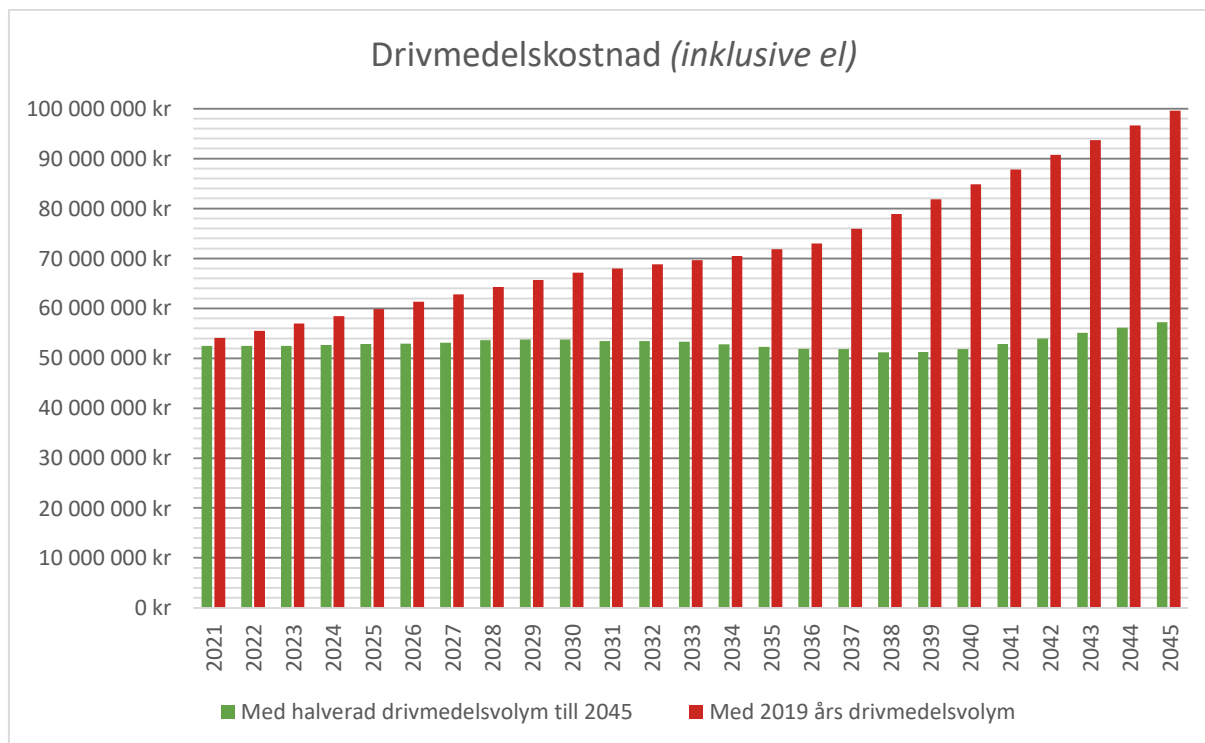
Figur 14 Förväntad kostnad för drivmedel år 2050 (DNVGL)

Drivmedelskostnaderna för omställningen som redovisas i totalkostnaden på nästa sida bygger på scenariot där vi halverat volymerna till 2045. Annars skulle det krävas bränsle för ytterligare 489 mnkr.⁴⁷

⁴⁵ Kostnadsberäkningar för omställning till fossilfrihet. Kapitel 3.

⁴⁶ (2020). Maritime Forecast to 2050. Energy Transition Outlook 2020. DNVGL.

⁴⁷ Kostnadsberäkningar för omställning till fossilfrihet. Kapitel 2.



Figur 15 Drivmedelskostnad enligt scenario med eller utan energireducering.

Både tillgången av förnybara drivmedel och utvecklingen av e-MGO ses som möjliga hinder, men om dess utveckling blir positiv kan det även finnas en möjlighet att sänka utsläppen snabbare än vad klimatmålen kräver. Detta skulle dock kräva ytterligare tillskott i budgeten för att täcka kostnadsökningen eftersom vi räknar med att energieffektiverings- och styrningsarbetet som kan dämpa ökningen kommer att pågå under hela perioden fram till 2045.

För att öka sannolikheten att den statliga flottan lyckas med omställningen kan staten hjälpa till med flera åtgärder. Det första är att antingen prioritera tillgången av HVO100 till statlig sjöfart då detta är en sektor som är svår att ställa om, alternativt inkludera färgat bränsle i reduktionsplikten måluppfyllelse. Det andra är att stödja forskning och produktion av både hållbar biodiesel (*HVO*) och framförallt kommande elektrobränsle (*e-MGO* och *e-metanol*) för att säkerställa att bränslena blir kommersiellt tillgängliga och snabbt skalas upp till de volymer som statlig sjöfart kräver.

6.2.2 Styrning

Myndigheten genomförde en intern kartläggning förra året och identifierade ett flertal fall där styrningen över verksamheten också i slutändan påverkar vår drivmedelsförbrukning. Det bör tillsättas arbetsgrupper som kan fördjupa sig i dessa frågor ur ett miljöperspektiv. Sammansättningen bör vara bred för att få med både operativa behov och tekniska förutsättningar.

Några viktiga förslag är:

- Att grundligt utvärdera och analysera våra fartygsbehov. Finns det uppgifter som kan lösas med UAS (*drönare*), autonoma ytfarkoster eller mindre enheter? Är fartygen rätt placerade utifrån en avvägning mellan miljöaspekter och operativa behov?
- Att grundligt utvärdera och analysera våra riktlinjer för hur fartygen och båtarna används, samt inkludera miljöhänsyn i planeringen av patruller och styrningen från ledningscentralen. Det kan gälla riktlinjer rörande ankring och användning av landanslutning, men också tillvägagångssätt för manskapsbyte och analys av syftet med varför, när och var vi kör. I detta är det också av stor vikt att identifiera vilka incitament som leder till onödigt hög drivmedelsförbrukning.
- Att bryta ut och öronmärka den ekonomiska budgeten för omställningen. I dagsläget hamnar miljöförbättrande åtgärder i skarp konkurrens med avhjälpande underhåll (*reparation av trasiga motorer och utrustning*), förebyggande underhåll (*service och inspektioner*), säkerhetsrelaterade åtgärder och ersättning av föråldrade system. Detta innebär ofta att energieffektiviseringar blir lågt prioriterat också i de fall förslagen skulle vara ekonomiskt lönsamma på kort sikt.
- Att undersöka om inställelsetiden vid ett oljeutsläpp kan kopplas till storleken på utsläppet och sannolikheten för falsklarm så att räddningsledaren kan väga in vår egna klimatpåverkan. Nuvarande krav är en samlad lägesbild inom 4 h och påbörjad begränsning och bekämpning av utsläppet inom 8 h. Ett helhetsperspektiv skulle tillåta fartygen att reducera farten i de fall där räddningsledaren bedömer att detta är lämpligt.
- Att undersöka om en oljeupptagningskapacitet på 10 000 m³ fortfarande är det optimala ur ett miljöräddningsperspektiv. Volymen finns inte längre med som ett krav i regleringsbrevet och i HELCOM har vi förbundit oss till 5 000 m³. Stora tankar ombord leder till större fartyg med större klimatpåverkan. Kan viss kapacitet lösas med oljesäckar eller andra lösningar?
- Att undersöka om utbildning och uppdatering av fartygsmanualerna krävs. Flera av fartygen har avancerade drivlinor där det inte är självklart hur fartygen opereras mest effektivt. Genomtänkta rutiner är kostnadseffektivt och kan påverka förbrukningen omedelbart. Vi har också påbörjat ett arbete på en utbildning för körteknik (*eco-driving*) på snabbgående båtar och vattenskotrar i syfte att minska bränsleförbrukningen och underhållskostnaderna.
- Att om möjligt undvika att köra på grunt vatten. Detta leder till mer friktion när fartygets djupgående ökar (*squat-effekt*) och påverkar bränsleförbrukningen negativt. Effekten märks framförallt när djupet är mindre än 4 gånger fartygets djupgående och den negativa effekten ökar i kvadrat med fartygets fart.

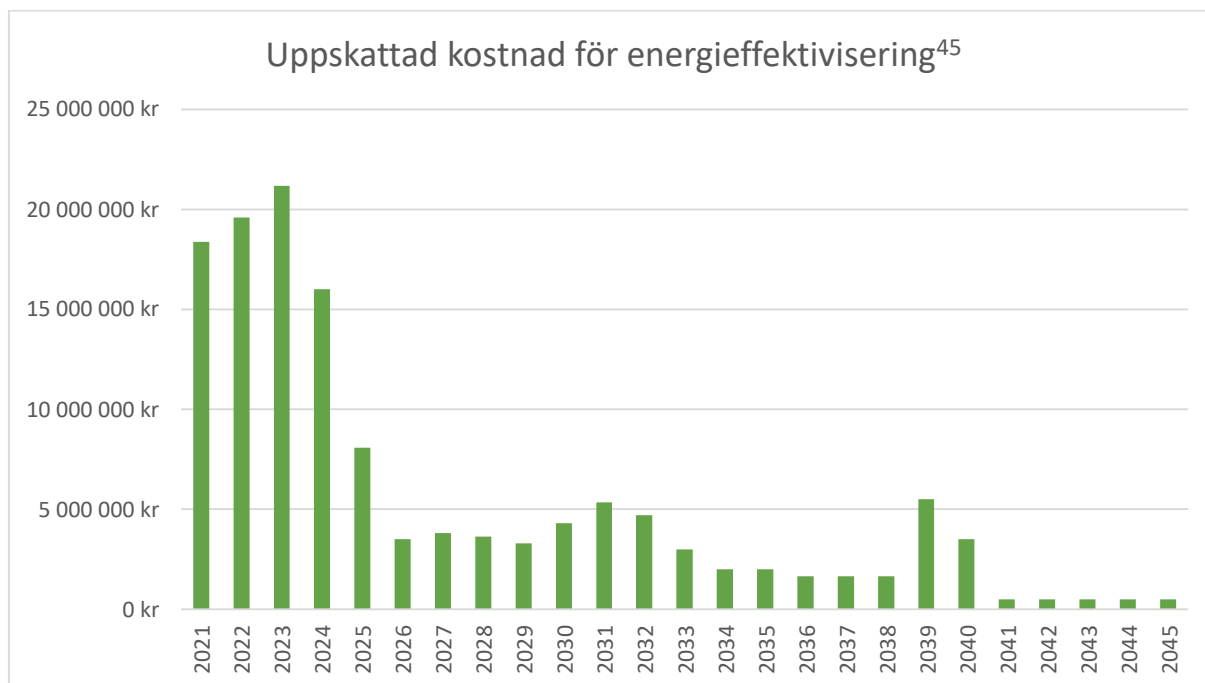
6.2.3 Energieffektivisering

Energieffektivisering behöver prioriteras av flera skäl. Dels finns det ett egenvärde i att få ut lika mycket nyttig verksamhet, men med lägre miljöpåverkan och lägre kostnader. Men det är också en grundförutsättning för att lyckas i omställningen. Genom att arbeta aktivt de kommande åren med både styrning, energieffektivisering och elektrifiering kan vi även delvis kompensera för framtida bränslepriser som troligen blir högre än för dagens fossila bränslen.

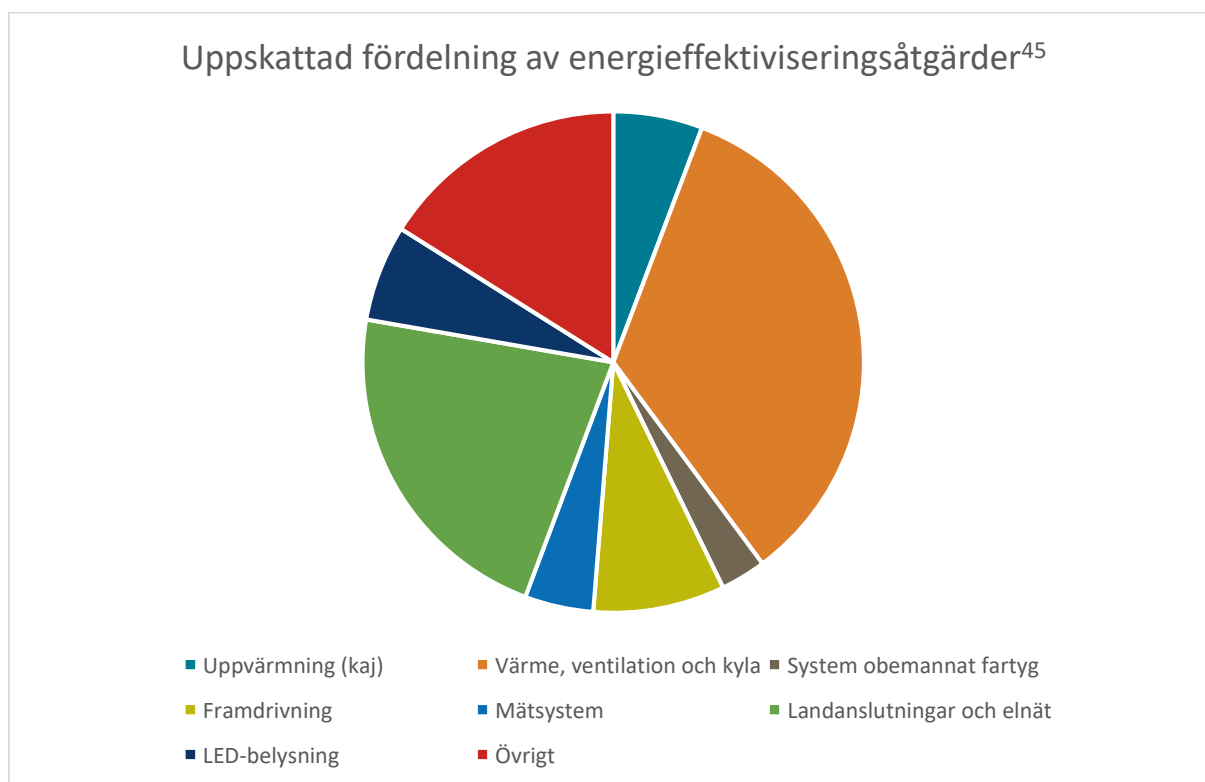
Några rekommendationer är:

- Införa SEEMP-dokument (*Ship Energy Efficiency Management Plan*) för alla fartygsserier. Detta är ett dokument som ska identifiera vilka energieffektiviseringsåtgärder som är lämpliga och kostnadseffektiva för varje fartygsserie. Den ska också innefatta en plan för när den kan införas. Förslagsvis hanteras detta genom befintliga förvaltningar med systemledaren för respektive fartyg som huvudansvarig och med stöd från andra enheter efter behov.
- Starta ett arbete, förslagsvis i samarbete med andra statliga aktörer som Sjöfartsverket och Försvarmakten, där vi verkar för tillgång till landanslutningar vid dem platser och orter där våra fartyg ofta opererar. Förutom minskade utsläpp av växthusgaser skulle en bieffekt vara lägre buller och renare luft. Detta är extra intressant då vi ofta verkar i en stadsnära miljö.
- Påbörja projekt för att ersätta oljepannor som uppvärmningskälla till kaj. Troligen är det bästa valet att installera värmepumpar på kajerna, men vissa fartyg kan också ha möjlighet att klara en stor del av värmebehovet med elpatron. Om det är aktuellt med fjärrvärme för fler fartyg bör utsläppen studeras lokalt för varje projekt då rikssnittet för fjärrvärme (2019) låg på 59 g CO₂/kWh och en oljepanna på HVO100 ligger på 32 g CO₂/kWh. Dock uppger våra leverantörer i Gävle (KBV202) och Oskarshamn (KBV033) ett betydligt lägre utsläpp, vilket innebär att uppvärmningen av dessa två fartyg ger mycket låga utsläpp medan fartygen ligger till kaj.
- Säkerställa att befälhavare och ledningscentral har information om hur mycket bränsle varje fartyg förbrukar per timme och per distans i olika farter. Gärna i grafisk form som ett underlag i planeringen. Varje fartyg bör även ha en rekommenderad högsta marchfart då blåljusverksamhet inte föreligger. Den hastigheten bör förutom miljöhänsyn, sättas efter operativt behov och teknisk lämplighet. En lägre fart än vad fartyget är optimerat för kan också öka bränsleförbrukningen. Dessutom kan låg motorbelastning leda till haverier och högre underhållskostnader.
- Öka kvalitén i tertiärrapporteringen, samt lyfta in fartygens distans och vilket bränsle som använts.
- Undersöka om befintliga IT-lösningar såsom Sjöbasis kan användas som underlag för att analysera driftsprofiler och som stöd för besättningarna i syfte att minska patrullernas miljöpåverkan. Annars bör man utreda en installation av mätsystem som kan ge beslutsstöd åt besättningen och även användas för att upptäcka förändringar av t.ex. beväxning eller tekniska problem på fartyget och utgöra underlag inför nybyggnation.
- Fortsätta att lägga stort miljöfokus vid halvtids-modifieringar, livstidsförlängningar och nybyggnation då de mest kraftfulla åtgärderna lättast planeras och genomförs vid dessa tillfällen.

Investeringskostnaderna för energieffektivisering bedöms ligga på ca 135 mnkr⁴⁸ och innefattar då också installation av fler landanslutningar och förstärkningar i hamnarnas elnät.



Figur 16 Kostnader för energieffektivisering.



Figur 17 Fördelning av energieffektiviseringsåtgärder.

⁴⁸ Kostnadsberäkningar för omställning till fossilfrihet. Kapitel 3.

6.3 Förslag per fartygsserie

6.3.1 KBV001-Serien

Fartygsserien består av 3 kombinationsfartyg som levererades mellan 2009 och 2010. Halvtids-modifiering bedöms ske 2024 och 2025, samt livstidsförlängning runt 2039 och 2040.

Längd	81,2 m
Bredd	16,2 m
Segelfri höjd	31,6 m
Djupgående	5,0 m (max 6,5 m)
Displacement	3 760 ton
Marschfart	12 knop (max 16 knop)
Distans vid 12 knop	9 500 nm
Bogserkapacitet	100 ton
Upptagningskapacitet	1 100 m ³ olja
Gång i obruten is	50 cm vid 4 knop.
Maskineri	Dieselelektriskt; 3 x 1940 kW, 2 x 1362 kW, 1 x 492 kW
Säkerhetsbesättning	9 personer (<i>normalt 13 personer</i>)



KBV001-serien bör gå över på HVO100 som bränsle och senast 2040 antingen vara konverterade till fossilfri framdrift eller gått över till e-MGO.

Fartygsserien har en onödigt hög bränsleförbrukning kopplat till att fartygen opereras med en hög nivå av redundans. Fartygen bör därför hybridiseras och fokus bör ligga på att ersätta redundansen med batteri för att gå med så få motorer som möjligt. Även till kaj bör batterierna nyttjas för att möjliggöra användning av fartyget och dess utrustning utan att egna generatoraggregat startas upp. En djupare analys behövs för att fastställa lämplig storlek på installationen, men ett minimum bör vara 3 000 kWh. Kostnaden för detta bedöms till 96 mnkr vid halvtidsmodifieringen 2024 – 2025. Sedan tillkommer en kostnad på ca 14 mnkr 2037 – 2038 för batteribyte.⁴⁹

Exempel på andra åtgärder som bedöms rimliga är:

- Installation av kondensatorbatteri på KBV001 och KBV003 i syfte att öka kapaciteten på landanslutningen ifall detta krävs för en ökad användning till kaj.
- Installation av uppvärmningssystem baserat på värmepumpsteknologi eller fjärrvärme för att ersätta oljepannan när fartygen ligger till kaj.
- Byta all belysning till LED och kombinera med t.ex. närvarostyrning, ljussensor eller nattläge. För att förenkla installationen kan flera funktioner även lösas med rutiner.
- Analysera fartygens rutiner i syfte att minska bränsleförbrukningen.
- Analysera HVAC-systemet i syfte att identifiera förbättringsåtgärder.
- Översyn av energiförluster för spillvärmeåtervinning när motorerna inte är i drift.
- Undersöka om bränsle-separatorerna kan stängas av helt eller köras effektivare.
- Undersöka om graden av redundans kan minskas för att undvika många gångtimmar med låg belastning på motorerna. Nuvarande driftsprofil leder till högre underhållskostnader, ökad bränsleförbrukning och ökade utsläpp av t.ex. NO_x.

⁴⁹ Kostnadsberäkningar för omställning till fossilfrihet. Kapitel 4.1.

6.3.2 KBV010

Fartygsserien består av 1 miljöskyddsfartyg som levererades 1985 och förlängdes 1990. Livstidsförlängning planeras tidigast 2023 och avveckling runt 2032, vilket kommer att kräva fossilfria ersättningsfartyg.

Längd	46,1 m
Bredd	8,6 m
Segelfri höjd	19,5 m
Djupgående	3,7 m
Deplacement	430 ton
Marschfart	12 knop (max 13 knop)
Distans vid 12 knop	2 000 nm
Bogserkapacitet	16 ton
Upptagningskapacitet	212 + 100 m ³ olja
Gång i obruten is	30 cm vid 4 knop.
Maskineri	Huvudmotor 2 x 551 kW
Säkerhetsbesättning	3 personer (normalt 6 personer)



KBV010-serien fick nya motorer 2017. Då dessa är moderna och att fartyget ska avvecklas inom relativt kort tid bedöms det inte relevant att modifiera framdrivningen. Huvudåtgärden blir därför byte av bränsle genom övergång till HVO100.

Dessutom planerar vi följande miljöförbättrande åtgärder under livstidsförlängningen.

- Extra isolering mot ytterskott.
- Byte av rutor till nya med isolerglas för att minska uppvärmningsbehovet.
- Byte av belysning till LED.
- Översyn av HVAC-anläggningen. T.ex. översyn av slitna detaljer, nya luftflödesdon och flödesreglering i vart utrymme, ny AC och injustering av anläggningen.
- Installation av gråvattentank.

6.3.3 KBV031-Serien

Fartygsserien består av 4 kombinationsfartyg som levererades mellan 2010 och 2013. Halvtidsmodifiering bedöms ske 2027 och 2028, samt livstidsförlängning runt 2042 och 2043.

Längd	52,1 m
Bredd	10,4 m
Segelfri höjd	22,0 m
Djupgående	3,0 m
Deplacement	948 ton
Marschfart	12 knop (max 15,5 knop)
Distans vid 12 knop	2 500 nm
Bogserkapacitet	15 ton
Upptagningskapacitet	255 m ³ olja
Gång i obruten is	40 cm vid 3,5 knop.
Maskineri	Huvudmotor; 4 x 800 kW, 2 x 200 kW PTI
Säkerhetsbesättning	5 personer (<i>normalt 7 - 8 personer</i>)



KBV031-serien bör gå över på HVO100 som bränsle och senast 2043 vara konverterade till fossilfri framdrift eller gått över till e-MGO.

Fartygsserien har en stor del av sin bränsleförbrukning vid låga effekter. Fartygen bör därför hybridiseras, men har inte samma förutsättningar då de har dieselmekanisk drift. Förslaget blir därför att ersätta växlarnas hydrauliska PTI med elmotorer på 2 x 200 kW. Effektnivåerna är fullt tillräckliga för att täcka en stor del av fartygens drift. Batteridriften beräknas kunna ge transit i farter upp till 10 knop och 50 nm, dynamisk positionering i 9 h, extra redundans vid manöver eller täcka förbrukningen till kaj eller ankars under 45 h. Kostnaden bedöms till 110 mnkr vid halvtidsmodifieringen 2027 – 2028. Sedan tillkommer en kostnad på 16 mnkr 2040 – 2041 för batteribyte.⁵⁰

Exempel på andra enskilda åtgärder som bedöms rimliga är:

- Installation av uppvärmningssystem baserat på värmepumpsteknologi eller fjärrvärme för att ersätta oljepannan när fartygen ligger till kaj.
- Byta all belysning till LED och kombinera med t.ex. närvarostyrning. För att förenkla installationen kan flera funktioner även lösas med rutiner.
- Analysera fartygens rutiner i syfte att minska bränsleförbrukningen.
- Analysera HVAC-systemet i syfte att identifiera förbättringsåtgärder, samt genomföra pilotprojekt (*programmering av system för obemannat fartyg, spillvärmeåtervinning, HVAC och frekvensstyrning av AC*) över hela serien.
- Undersöka möjligheten att stänga av arbetsluften vid obemannat fartyg.
- Undersöka möjligheten att reducera tiden som fartygen använder alla motorerna för att undvika många gångtimmar med låg belastning på motorerna. Nuvarande driftsprofil som avviker från specifikationen leder till högre underhållskostnader, ökad bränsleförbrukning och ökade utsläpp av t.ex. NO_x.

⁵⁰ Kostnadsberäkningar för omställning till fossilfrihet. Kapitel 4.1.

6.3.4 KBV047-Serien

Fartygsserien består av 2 miljöskyddsfartyg som levererades 1982 och byggdes om 1996. Livstidsförlängning planeras mellan 2021 och 2022. Avveckling runt 2032, vilket kommer att kräva fossilfria ersättningsfartyg.

Längd	36,4 m
Bredd	7,3 m
Segelfri höjd	17,0 m
Djupgående	3,7 m
Deplacement	340 ton
Marschfart	10 knop (<i>max 10,5 knop</i>)
Distans vid 10 knop	2 200 nm
Bogserkapacitet	7 ton
Upptagningskapacitet	150 + 100 m ³ olja
Gång i obruten is	10 cm vid 4 knop.
Maskineri	Huvudmotor; 2 x 360 kW
Säkerhetsbesättning	3 personer (<i>normalt 4 personer</i>)



Huvudåtgärden för KBV047-serien bedöms vara byte av bränsle genom övergång till HVO100.

Dessutom planerar vi följande miljöförbättrande åtgärder under livstidsförlängningen.

- Utredning om byte av motorer till modernare med renare avgaser (*TIER II eller III*).
- Byte av belysning till LED.
- Installation av ny luftvärmepump.
- Installation av nytt värme- och kylbatteri med fuktning av torr luft.
- Installation av avfuktare i t.ex. lastrum istället för befintliga värmebläktar.
- Installation av gråvattentank.

6.3.5 KBV050-Serien

Fartygsserien består av 2 miljöskyddsfartyg som levererades 1983 och byggdes om 1991 och 2000. Livstidsförlängning planeras mellan 2020 och 2021. Avveckling runt 2031, vilket kommer att kräva fossilfria ersättningsfartyg.

Längd	40,7 m
Bredd	8,5 m
Segelfri höjd	18,5 m
Djupgående	2,5 m
Deplacement	375 ton
Marschfart	11 knop (<i>max 11,8 knop</i>)
Distans vid 10 knop	2 000 nm
Bogserkapacitet	6,6 ton
Upptagningskapacitet	190 + 100 m ³ olja
Gång i obruten is	25 cm vid 4 knop.
Maskineri	Huvudmotor; 2 x 404 kW
Säkerhetsbesättning	3 personer (<i>normalt 5 personer</i>)



Huvudåtgärden för KBV050-serien bedöms vara byte av bränsle genom övergång till HVO100.

Dessutom genomförs följande miljöförbättrande åtgärder under pågående livstidsförlängning.

- Installation av ett system för obemannat fartyg där belysning, ventilation och uppvärmning reduceras när fartyget inte används.
- Byte till nya effektivare huvudmotorer med bättre avgasrening (*TIER II*).
- Byte till nya effektivare hjälpkärror med bättre avgasrening (*TIER II*).
- Ny och bättre isolering i fartyget för att minska uppvärmningsbehovet.
- Byte av rutor till nya med isolerglas för att minska uppvärmningsbehovet.
- Byte av belysningsarmaturer till LED.
- Installation av ett nytt värme- och ventilationssystem. Detta inkluderar återvinning av spillvärme från motorerna och upptag av värme från sjön med hjälp av värmepump.
- En äldre motor för att driva hydrauliken byts ut mot påhängda pumpar på växlar. En eldriven pump finns kvar för mindre lyft och kan också användas till kaj med landanslutning.
- Installation av gråvattentank.

6.3.6 KBV181

Fartygsserien består av 1 miljöskyddsfartyg som levererades 1990 och är under en pågående livstidsförlängning där hon byggs om till kombinationsfartyg och forskningsfartyg i samarbete med Umeå Marina Forskningscentrum. Avveckling runt 2035, vilket kommer att kräva fossilfritt ersättningsfartyg.

Längd	56,0 m
Bredd	10,2 m
Segelfri höjd	21,0 m
Djupgående	5,3 m
Deplacement	991 ton
Marschfart	12 knop (<i>max 15 knop</i>)
Distans vid 15 knop	2900 nm
Bogserkapacitet	35 ton
Upptagningskapacitet	60 m ³ olja
Gång i obruten is	70 cm vid 1 knop.
Maskineri	Huvudmotor; 2 x 1420 kW
Säkerhetsbesättning	5 personer (<i>normalt 7 - 11 personer</i>)



Huvudåtgärden för KBV181 bedöms vara byte av bränsle genom övergång till HVO100.

Dessutom genomförs följande miljöförbättrande åtgärder under pågående livstidsförlängning.

- Nytt ventilationssystem med värmeåtervinning från returluften.
- Byte av belysningen i allmänna utrymmen till LED, samt vissa strålkastare på däck.
- Driftsättning av systemet för återvinning av spillvärme från huvudmaskinerna.
- Installation av värmepump som tar energi från havet i syfte att förvärma vattnet till oljepannan som också byts till en ny, mindre och effektivare variant.
- Installation av ett system för obemannat fartyg där belysning, ventilation och uppvärmning reduceras när fartyget inte används.
- Analysera fartygets rutiner i syfte att minska bränsleförbrukningen.

6.3.7 KBV201-Serien

Fartygsserien består av 2 kombinationsfartyg som levererades 2001. Livstidsförlängning planeras till 2023 och avveckling runt 2038. Fossilfria ersättningsfartyg kommer att krävas.

Längd	52,0 m
Bredd	8,6 m
Segelfri höjd	18,0 m
Djupgående	2,8 m
Displacement	476 ton
Marschfart	16 knop (<i>max 21 knop</i>)
Distans vid 16 knop	1 340 nm
Bogserkapacitet	15 ton
Upptagningskapacitet	104 m ³ olja
Gång i obruten is	30 cm vid 4 knop.
Maskineri	Huvudmotorer; 2 x 2000 kW, 2 x 700 kW
Säkerhetsbesättning	5 personer (<i>normalt 9 personer</i>)



Huvudåtgärden för KBV201-serien bedöms vara byte av bränsle genom övergång till HVO100.

Det bedöms också som lämpligt att under livstidsförlängningen 2023 förbereda fartygsserien för en senare hybridisering där möjlighet ges att installera elmotor i form av PTI på växlar. Batteridriften bör kunna användas som ett lågfartsmaskineri och förberedelserna bedöms kosta 50 mnkr följt av 28 mnkr för själva hybridiseringen som bör genomföras senast 2027.⁵¹

Dessutom planerar vi följande miljöförbättrande åtgärder under livstidsförlängningen.

- Utökad isolering för att minska energiförbrukningen på vintern.
- Byte av fönster i hytter och på brygga till isolerglas.
- Ombyggnad av HVAC-systemet och möjliggörande att använda frikyla från havet.
- Installation av ett system för obemannat fartyg där belysning, ventilation och uppvärmning reduceras när fartyget inte används.
- Huvudsakligt utbyte av belysning till LED.
- Utredning av 4 olika framdrivningsalternativ.
- Installation av värmeåtervinning från motorerna och förberedelse för extern värmekälla för fartyget som inte har fjärrvärme.
- Analysera fartygens rutiner i syfte att minska bränsleförbrukningen.
- Installation av flödesmätare för kommande bränslemätningssystem.
- Utredda om lasten ombord kan minskas för att på så sätt minska klimatpåverkan.

⁵¹ Kostnadsberäkningar för omställning till fossilfrihet. Kapitel 4.1

6.3.8 KBV301-Serien

Fartygsserien består av 10 övervakningsfartyg som levererades 1995. Fartygen ska avvecklas mellan 2023 och 2027 och ersättas av de kommande fartygen i KBV320-serien.

Längd	20,0 m
Bredd	4,7 m
Segelfri höjd	12,0 m
Djupgående	1,2 m
Displacement	35 ton
Marschfart	20 knop (<i>max 34 knop</i>)
Distans vid 12 knop	300 nm
Bogserkapacitet	6,8 ton
Upptagningskapacitet	Nej
Gång i obruten is	5 cm vid 3 knop.
Maskineri	Huvudmotor; 2 x 735 kW
Säkerhetsbesättning	3 personer (<i>normalt 4 personer</i>)



Eftersom KBV301-serien är under avveckling kommer inga investeringar att göras på dessa fartyg. Däremot kan effekt nås med byte av bränsle till HVO100 och övriga åtgärder inom styrning och energieffektivisering nämnda i kapitel 6.

För planande fartyg är det också viktigt att belysa känsligheten för vikt. Små viktökningar kan leda till stora ökningar i förbrukning. Därför bör målsättningen vara att inte transportera runt mer utrustning än vad som krävs.

6.3.9 KBV312-Serien

Fartygsserien består av 5 övervakningsfartyg som levererades mellan 2012 och 2013. Halvtidsmodifiering bedöms ske 2027 och 2028 och avveckling runt 2042 till 2043. Ersättningsfartyg med fossilfri framdrivning kommer då att krävas.

Längd	26,5 m
Bredd	6,2 m
Segelfri höjd	10,3 m
Djupgående	1,5 m
Deplacement	54 ton
Marschfart	25 knop (<i>max 31 knop</i>)
Distans vid 12 knop	350 nm
Bogserkapacitet	6,5 ton
Upptagningskapacitet	Nej
Gång i obruten is	2,5 cm vid 5 knop
Maskineri	Huvudmotor; 3 x 588 kW
Säkerhetsbesättning	3 personer (<i>normalt 4 personer</i>)



KBV312-serien bör gå över på HVO100 som bränsle och mot slutet av sin livslängd använda e-MGO. Utöver detta bör det fokuseras på styrning och energieffektiviseringsåtgärder. Vid halvtidsmodifiering kommer en hybridisering att analyseras och vid ett eventuellt genomförande bedöms detta kosta 60 mnkr 2027 – 2028.⁵²

Exempel på enskilda åtgärder som bedöms rimliga är:

- Byta all belysning till LED och kombinera med t.ex. närvarostyrning. För att förenkla installationen kan flera funktioner även lösas med rutiner.
- Åtgärda seriens problem med elbalansen och eftersträva elpatron istället för oljepanna för uppvärmning när fartygen ligger till kaj med landanslutning.
- Analys och vid behov genomföra förbättringar i ventilationssystemet. Större ombyggnation kan vara lämpligare när systemet har nått sin livslängd.
- Ökat utnyttjande av systemet för obemannat fartyg.
- Göra det möjligt att köra hydrauliken med en eldriven pump.
- Undersöka om solskyddet behöver förbättras. T.ex. kan man måla styrhytten i värmeavvisande färg och installera solfilm på rutorna.
- Undersöka om ankringsförfarandet behöver förenklas för att minska tiden på tomgång.
- Undersöka om styrsystemet kan uppgraderas för att hantera drift med endast en eller två motorer. Detta skulle kunna minska underhållskostnaderna och minska problemen med ineffektiv körning på låg last. Kräver smörjning på de drev som inte är inkopplade.

För planande fartyg är det också viktigt att belysa känsligheten för vikt. Små viktökningar kan leda till stora ökningar i förbrukning. Därför bör målsättningen vara att inte transportera runt mer utrustning än vad som krävs. Drygt 1 000 kg extra på KBV312-serien leder till 3 % mer bränsleförbrukning. Om det inte krävs för verksamheten bör man t.ex. undvika att transportera runt en vattenskoter. Man kan också överväga att minska mängden bränsle, färskvatten m.m. ombord. Dock leder det till lägre uthållighet och räckvidd.

⁵² Kostnadsberäkningar för omställning till fossilfrihet. Kapitel 4.

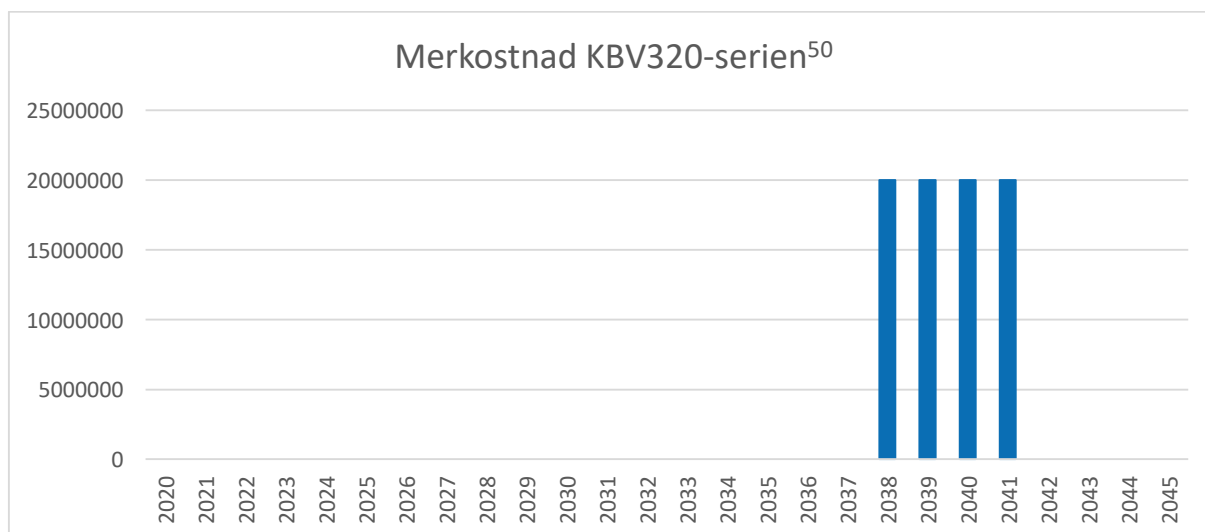
6.3.10 KBV320-Serien

Fartygsserien är tänkt att bestå av övervakningsfartyg med planerad slutleverans runt 2027. Efter halvtidsmodifieringen bör fartygen ha en fossilfri framdrivning. Det är därför förberett för en elektrifiering av fartygen ifall batteriteknologin nått tillräckligt långt. Merkostnaden bygger på en ren eldrift, men vid behov kan även ett hybridalternativ utredas på nytt.⁵³

Erfarenheter är tagna från både KBV301-serien och KBV312-serien för att få ett kompetent fartyg med betydligt lägre bränsleförbrukning.

Exempel på åtgärder som finns med från byggnation är:

- Översyn av designen både under och över ytan för att minska energiåtgången.
- Utredning av skrovmaterial och framdrivningssystem för lägre miljöpåverkan.
- Möjlighet att köra hydraulik med eldriven pump till sjöss eller via landanslutning. (KBV312-S måste starta huvudmotorerna för att få tillgång till hydraulik.)
- Vinkel på styrhyttens fönster för att minska solinstrålningen och energiglas på fartygets fönster. Värmeavvisande färg på styrhyttens tak.
- Isolering av uppvärmda utrymmen.
- Värmeåtervinning från huvudmotorer och hjälpkärror.
- Enklare ankringsinstallation för att undvika tomgångskörning.
- Översikt av fartygsrutinerna tillsammans med referensgruppen för att på ett tidigt stadium få in optimalt hanterande av fartyget i fartygsmanualen.



Figur 18 Merkostnad för elektrifiering av KBV320

⁵³ Kostnadsberäkningar för omställning till fossilfrihet. Kapitel 4.1.

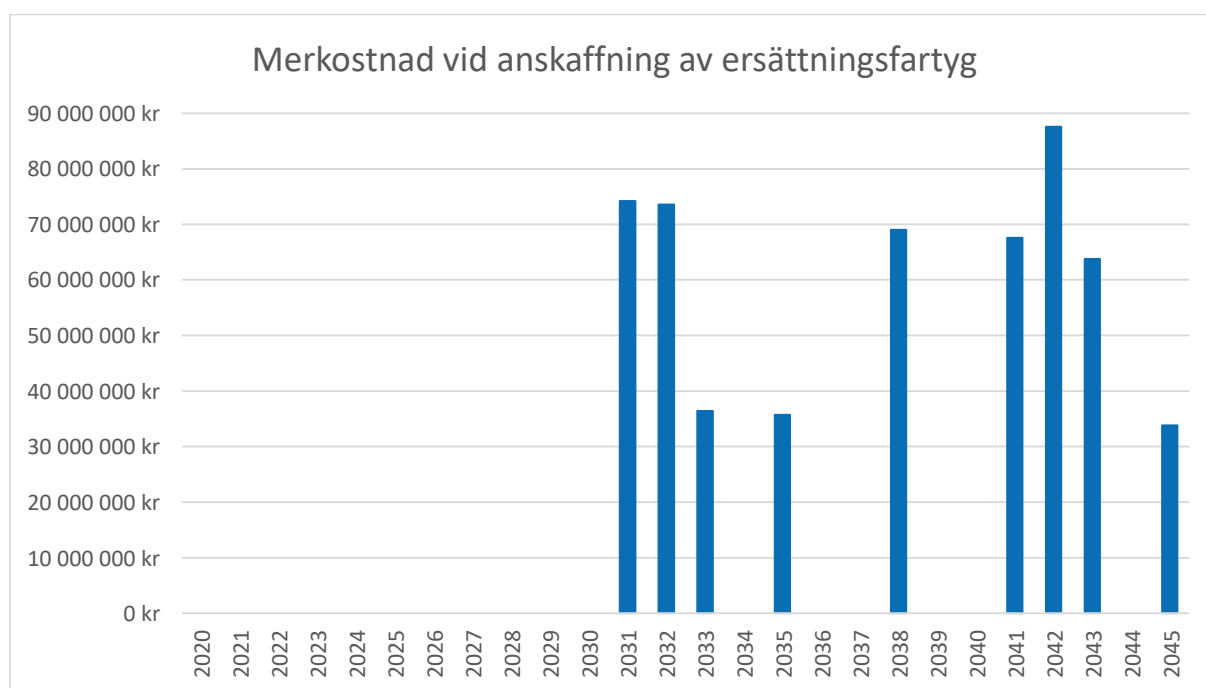
6.3.11 Ersättningsfartyg

Nya miljöskyddsfartyg som ska ersätta KBV010, KBV047-serien och KBV050-serien kommer att vara förberedda för fossilfri framdrivning vid leverans 2031 – 2035. Då arbetsmiljökrav som t.ex. bostäders storlek och utformning ökat bedöms ett nytt miljöskyddsfartyg hamna nära KBV031-serien i storlek. Fartygen får troligen ett bränsle-elektriskt maskineri kombinerat med ett relativt stort batteri för möjlighet till stort effektuttag och förmåga att täcka en stor del av förbrukningen med el. Merkostnaden vid anskaffning jämfört med traditionella fartyg bedöms utgöra 353 mnkr fram till 2045.⁵⁴

Samma fartygsserie bedöms kunna ersätta KBV181 och KBV201-serien med leverans 2035 – 2038. Merkostnaderna för dessa 3 ersättningsfartyg bedöms hamna på 139 mnkr fram till 2045.⁵¹

Mellan 2042 och 2043 behöver övervakningsfartygen i KBV312-serien ersättas med nya. Merkostnaden bedöms vara snarlik elektrifieringen av KBV320-serien och uppskattas till 50 mnkr.⁵¹

Total merkostnad för dessa ersättningsfartyg fram till 2045 blir då 542 mnkr.⁵¹



Figur 19 Bedömd merkostnad vid anskaffning av ersättningsfartyg.

⁵⁴ Kostnadsberäkningar för omställning till fossilfrihet. Kapitel 4.2.

6.3.12 Båtar och vattenskotrar

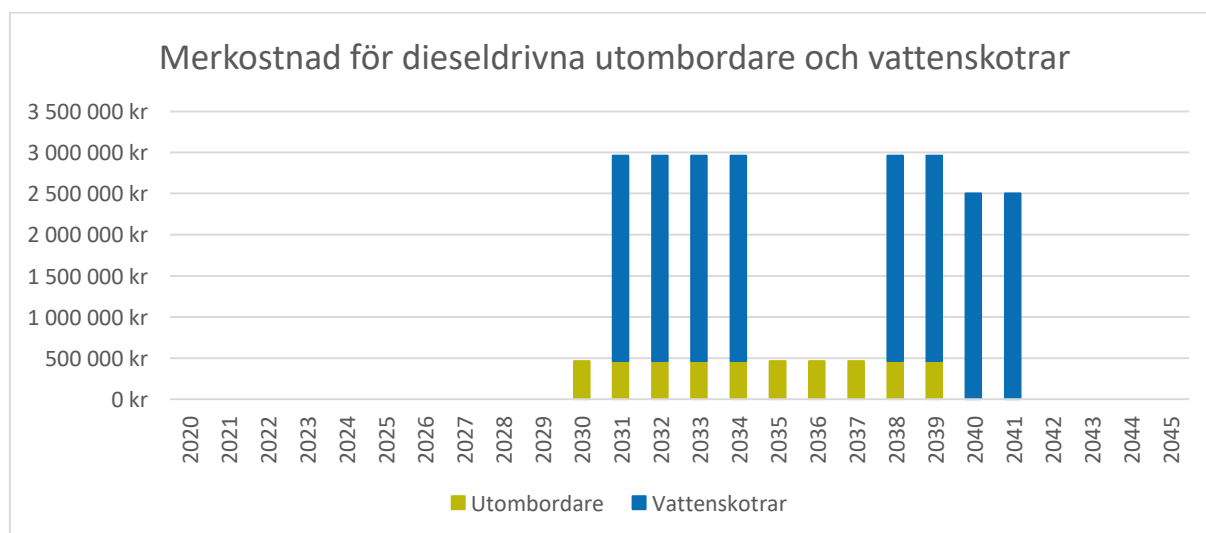
Kustbevakningen har 86 mindre båtar och 20 vattenskotrar. Bedömningen är att samtliga av dessa kommer att vara omsatta innan 2045. Merparten av båtarna använder idag diesel som bränsle och kostnaden för omställning till fossilfrihet hamnar därför under bedömd drivmedelskostnad i kapitel 6.2.1.

Båtarna utgörs huvudsakligen av kommersiella produkter varför det krävs att lämpliga alternativ finns tillgängliga på marknaden. Beroende på vilka framsteg som görs med syntetisk bensin, så kan det krävas att båtarna och vattenskotrarna byter bränsle till antingen diesel eller ett fossilfritt alternativ om detta finns tillgängligt.

Myndigheten har i nuläget 53 stycken bensindrivna utombordare med varierande effekt. För att uppskatta merkostnaden att byta till dieseldrivna motorer tänker vi oss en ersättning mellan 2030 och 2039. Kostnaden sätts till 1000 kr/hk för bensinmotorerna och 1500 kr/hk för dieselmotorerna, vilket innebär en mellanskillnad om 500 kr/hk. Total effekt ligger på 9 250 hk.

Merkostnaden för vattenskotrarna består av mellanskillnaden mellan senaste upphandlingen och ett prisestimat från företaget Safe At Sea för en Guardrunner DXL (*diesel*) eller ElEcoRunner (*el*). Summan utgör i bägge fallen en ökning med ca 500 tkr per enhet.

Merkostnaden för att ersätta bensindrivna utombordare och vattenskotrar bedöms därför till knappt 25 mnkr.⁵⁵



Figur 20 Merkostnad för att ersätta bensindrivna utombordsmotorer och vattenskotrar.

⁵⁵ Kostnadsberäkningar för omställning till fossilfrihet. Kapitel 4.3.

6.3.13 Sväware

Befintliga sväware levererades 1993 (*KBV592*), 2004 (*KBV594*), 2008 (*KBV595*) och 2011 (*KBV590*). Det kommer att utredas om det fortsatt finns ett operativt behov av sväware i myndighet och om så är fallet bör ersättare tas fram för leverans runt 2025. Dessa eventuella sväware bör använda HVO100 som bränsle och sedan övergå till e-MGO.

Omställningskostnaden för svävarna hamnar därför under bedömd drivmedelskostnad.



Figur 22 Sväwaren KBV590



Figur 21 Sväwaren KBV594

6.4 Uppskattad kostnad för fossilfrihet⁵⁶

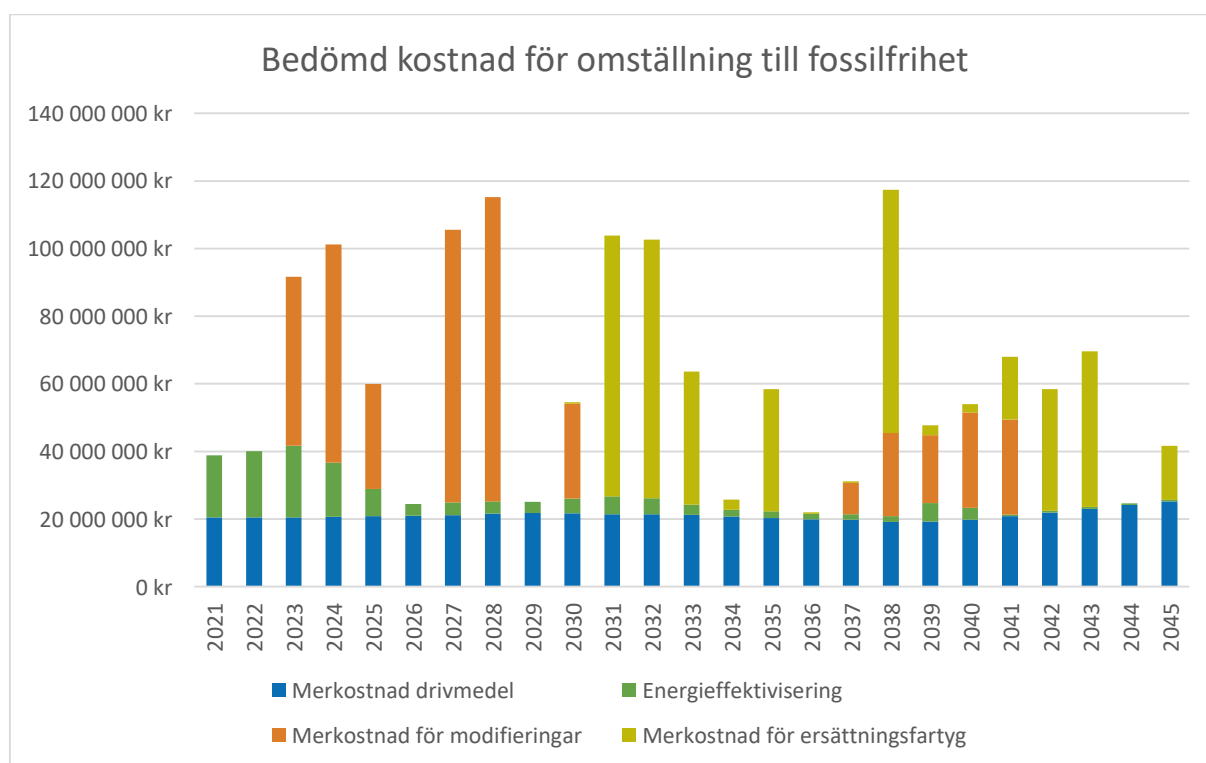
Kostnaden för att uppnå fossilfrihet och klimatmålen bedöms hamna på 1 545 mnkr fram till 2045 utan indexering av framtida kostnader.

Byte av drivmedel från eldningsolja till Mk1 diesel, HVO100 och e-MGO tillsammans med ökad elförbrukning utgör 528 mnkr.

Energieffektivisering och utbyggnad av infrastrukturen för landanslutningar utgör 135 mnkr.

Merkostnad för hybridisering av existerande fartyg hamnar på 454 mnkr och merkostnaden för nyanskaffning av elektrifierade fartyg på 428 mnkr.

Som jämförelse är strategin tänkt att spara 367 662 ton koldioxid som enligt ASEK 7.0 värderas till 7,00 kr per kg koldioxid. Det minskade utsläppet värderas då till 2 573 mnkr varför strategin får anses kostnadseffektiv.



Figur 23 Kostnad fram till 2045 för omställning av Kustbevakningens fartyg.

⁵⁶ Kostnadsberäkningar för omställning till fossilfrihet. Kapitel 6.

7. Slutsatser och Rekommendationer

Med tanke på den snabba utvecklingen av ny teknik och kommande arbete inom totalförsvarsplaneringen bör strategin uppdateras med intervall som inte överstiger fyra år. Nuvarande inriktning bygger på vad som är tekniskt möjligt utifrån dagsläget och med de förutsättningar Kustbevakningen har just nu. Vid varje större investering i form av nybyggnation, halvtidsmodifiering eller livstidsförlängning bör vi därför miljöanpassa våra fartyg utifrån vilken teknologi och bränsle som är tillgängligt och bäst passar vårt uppdrag och vår roll inom totalförsvaret.

Utifrån dagens förutsättningar blir det mest fördelaktiga alternativet på kort sikt att byta till HVO100 som nytt huvudbränsle och därefter övergång till e-MGO på längre sikt. Samtidigt startar vi långsiktiga arbeten inom både energieffektivisering, större miljöfokus på styrningen av verksamheten och ökad elektrifiering av fartygen för att dämpa volymen biodrivmedel som krävs för omställningen. Målsättningen är att dessa åtgärder ska halvera vårt nuvarande drivmedelsbehov utan att påverka vår ambitionsnivå i myndighetsuppdraget och därigenom hantera risken med den begränsade tillgången på HVO100 då råvaran är begränsad.

Anledningen till långsiktig övergång till e-MGO bygger på att HVO100 förutom problemen med tillgången inte har tillräckligt låga utsläpp för att bli helt fossilfritt. Dessutom ser vi risker med att den ökade efterfrågan driver på en utveckling mot större användning av palmolja och PFAD i HVO-produktionen vilket påverkar helhetsperspektivet negativt.

För att öka sannolikheten att den statliga flottan lyckas med omställningen kan staten hjälpa till på flera områden. Det första är att antingen prioritera tillgången av HVO100 till statlig sjöfart då detta är en sektor som är svår att ställa om, alternativt inkludera färgat (*skattebefriat*) bränsle i reduktionsplikten måluppfyllelse. Det andra är att stödja forskning och produktion av både hållbar biodiesel (*HVO*) och framförallt kommande elektrobränsle (*e-MGO* och *e-metanol*) för att säkerställa att bränslena blir kommersiellt tillgängliga och snabbt skalas upp till de volymer som statlig sjöfart kräver.

Problemet med skärpningen av reduktionsplikten är att den försvårar omställningen för den statliga flottan genom att tillgången på HVO100 minskar. Anledningen är att reduktionsplikten med nuvarande utformning inte tillåter oljebolagen att tillgodoräkna sig andelen förnybart drivmedel i färgat (*skattebefriat*) fartygsbränsle. För att undvika sanktionsavgifter används därför HVO-produktionen för att sänka utsläppen i bolagens andra produkter. Resultatet blir att våra inköp av Mk1 diesel inte följer det övriga samhällets utsläppsreduktion från diesel och att det blir svårare att säkra tillräckliga mängder biodrivmedel.

I nuläget är det också billigare med fossil skattebefriad diesel än grön el. För att underlätta ökad elektrifiering skulle staten därför kunna inkludera el som fartygsbränsle, alternativt utöka skattereduktionen för landanslutning till att även gälla fartyg under 400 bruttoton och 380 V. Dessutom bör laddningen av batterier inkluderas i reduktionen och ett arbete starta med att se över landanslutnings-infrastrukturen och dess placeringar för att driva på utvecklingen mot elhybridlösningar och på längre sikt rent eldrivna fartyg. Utan en sådan satsning på infrastrukturen i de hamnar där Kustbevakningen ofta opererar eller lägger till får satsningen på fartygen begränsad effekt. Arbetet som krävs inkluderar kostnader för att gräva ner nya kablar, förstärka ställverk och bygga nya landanslutningar.

Något som inte sänker miljöpåverkan så mycket, men som skulle kunna spara pengar och underlätta omställningen är att låta statliga aktörer samutnyttja cisterner för drivmedel. Lagen om skattebefriade drivmedel kräver nämligen att köparen också använder drivmedlet. På vissa platser måste Kustbevakningen och Sjöfartsverket därför sätta upp egna cisterner bredvid varandra istället för att samutnyttja trots att teknologi finns för att registrera vem som bunkrar. Detta kan bli extra intressant på sikt ifall flera olika typer av bränslen behöver lagras.

Sammantaget blir Kustbevakningens kostnad för omställningen 1 545 mnkr fram till 2045. Detta utgör både merkostnader för dyrare alternativa bränslen och tekniska modifikationer på våra fartyg och i hamnar. Vår bedömning är därför att det inte är möjligt att nå fossilfrihet med bibehållen förmåga utan förstärkning av budgeten.

8. Referenser

- ABB. (den 11 november 2019). *The floating filling station: bunkering zero-emission fuel at sea*. Hämtat från ABB - news: <https://new.abb.com/news/detail/46259/the-floating-filling-station-bunkering-zero-emission-fuel-at-sea>
- Alfa laval, Hafnia, Haldor Topsoe, Vestas, Siemens Gamesa. (2020). *Ammonfuel - An industrial view of ammonia as a marine fuel*.
- Bennani, Y. P. (2016). *Power-to-ammonia: rethinking the role of ammonia – from a value product to a flexible energy carrier (FlexNH3)*. Hanzehogeschool Groningen.
- Brinks, H. (2020). Session 6: Ammonia as a marine fuel. *Alternative Fuels Online Conference*. DNVGL.
- Brynolf, S. (2014). *Environmental Assessment of Present and Future Marine Fuels*. Chalmers University of Technology.
- Brynolf, S. T. (2018). Electrofuels for the transport sector: A review of production costs. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 81, 1887-1905.
- DNVGL. (2019). *Comparison of Alternative Marine Fuels*.
- DNVGL. (2020). *Maritime Forecast to 2050. Energy Transition Outlook 2020*.
- Energigas Sverige. (den 19 oktober 2019). *Statistik om biogas*. Hämtat från Energigas Sverige Fakta om gas: <https://www.energigas.se/fakta-om-gas/biogas/statistik-om-biogas/>
- Energimyndigheten. (2017). *Sjöfartens omställning till fossilfrihet ER 2017:10*. Eskilstuna.
- Energimyndigheten. (2019). *Drivmedel 2018 Redovisning av rapporterade uppgifter enligt drivmedelslagen, hållbarhetslagen och reduktionsplikten*.
- Energimyndigheten. (den 1 oktober 2020). *Technology Readiness Level*. Hämtat från Energimyndigheten.
- Equinor. (den 23 januari 2020). *The world's first carbon-free ammonia-fuelled supply vessel on the drawing board*. Hämtat från Equinor - News: <https://www.equinor.com/en/news/2020-01-23-viking-energy.html>
- FReSMe. (den 22 september 2020). *About FReSMe project*. Hämtat från FReSMe: <http://fresme.eu/about.php>
- Fuelcellworks. (den 15 april 2019). *Norway: Norled's Hydrogen Ferry Begins to take shape*. Hämtat från Fuelcellworks News: <https://fuelcellworks.com/news/norway-norleds-hydrogen-ferry-begins-to-take-shape/>
- Hansson, J. M. (2019). Alternative marine fuels: Prospects based on multi-criteria decision analysis involving Swedish stakeholder. *Biomass and Bioenergy* 126, 159-173.
- Hydroville. (den 21 oktober 2020). Hämtat från <http://www.hydroville.be/en/hydroville/>
- Kustbevakningen. (den 18 12 2020). *Kostnadsberäkningar för omställning till fossilfrihet*. Karlskrona.

- Liquid wind. (den 20 oktober 2020). *Carbon Neutral fuel*. Hämtat från Liquid wind eMetanol: <https://www.liquidwind.se/emethanol>
- Lloyd's register. (den 17 december 2017). *First LR classed hydrogen-powered vessel launched*. Hämtat från Lloyd's register Latest news: <https://www.lr.org/en/latest-news/first-lr-classed-hydrogen-powered-vessel-launched/>
- Lloyd's Register. (2020). *Fuel production cost estimates and assumption This is part of Zero-Emission Vessels: Transition pathways*. Lloyd's Register.
- Lloyd's Register. (2020). *Rules for the Classification of Methanol Fuelled Ships*.
- Maersk. (den 24 oktober 2019). *Press Release: Alcohol, Biomethane and Ammonia are the best-positioned fuels to reach zero net emissions*. Hämtat från Maersk: <https://www.maersk.com/news/articles/2019/10/24/alcohol-biomethane-and-ammonia-are-the-best-positioned-fuels-to-reach-zero-net-emissions>
- MAN. (2018). Ship Operation Using LPG and Ammonia As Fuel on MAN B&W Dual Fuel ME-LGIP Engines. *15th Annual NH3 Fuel Conference*. Pittsburgh.
- Nikoleris, A. N. (2013). *Elektrobränslen - en kunskapsöversikt*. Lunds Tekniska Högskola.
- Pavlenko, N. C. (2020). *The climate implications of using LNG as a marine fuel*. International Council on Clean Transportation.
- Regeringen. (2019). *Prop. 2019/20:65 En samlad politik för klimatet - klimatpolitisk handlingsplan*. Stockholm: Miljödepartementet.
- Scania. (den 20 november 2019). *SCANIA INTRODUCERAR NY ETANOLMOTOR*. Hämtat från Scania Nya etanolmotor: <https://www.scania.com/se/sv/home/experience-scania/news-and-events/News/archive/2019/scania-om-laengdskidslandslandslaget/nya-etanolmotorn.html>
- SPBI. (den 12 mars 2020). *HVO- Hydrogenated Vegetable Oil*. Hämtat från Svenska Petroleum och Biodrivmedel Institutet: <https://spbi.se/upplagsverk/fakta/drivmedel/fornybara-drivmedel/hvo-hydrogenated-vegetable-oil/>
- Södra. (den 20 februari 2020). *Pressmeddelande: Södra först i världen med fossilfri biometanol*. Hämtat från Södra: <https://www.sodra.com/sv/se/om-sodra/pressrum/pressmeddelanden/sodra-forst-i-varlden-med-fossilfri-biometanol/>
- Trafikverket. (2018). *Omställning till fossilfrihet för statligt ägda fartyg - ett regeringsuppdrag*.
- Winnes, H. F. (2020). *Aftertreatment of methane slip from marine gas engines*. Lighthouse.
- Vries, N. (2019). *Safe and effective application of ammonia as a marine fuel*. TU Delft Mechanical, Maritime and Materials Engineering.
- Vätgas Sverige. (den 22 november 2020). *Vanliga frågor om vätgas*. Hämtat från Vätgas Sverige: <http://www.vatgas.se/faktabank/faq/>



KUSTBEVAKNINGEN